

EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE NUEZ PECÁN [*Carya illinoensis* (WANGENH.) K. KOCH] Y MAXIMIZADO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE

por

Marina Graciela Panozzo

Tesis para obtener el grado académico de

DOCTORA EN INGENIERÍA

Mención en Ciencia y Tecnología de Alimentos de las Facultades de Ciencias de la Alimentación, Ciencias Agropecuarias e Ingeniería

de la

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ENTRE RÍOS



Directora de la Tesis: Dra. Luz Marina Zapata

Co-directora de la Tesis: Dra. Andrea Biolatto

Abril de 2023

Universidad Nacional de Entre Ríos

Facultad de Ciencias de la Alimentación

Como miembros del Jurado de Tesis certificamos que hemos leído el documento de la Tesis preparada por la Ing. Marina PANOZZO, titulada “*Evaluación de métodos de conservación de nuez pecán [Carya illinoensis (Wangenh.) K. Koch] y maximizado del proceso de obtención de aceite*” y recomendamos sea aceptada como parte de los requisitos para obtener el grado académico de Doctor en Ingeniería, Mención en Ciencia y Tecnología de Alimentos.

La aprobación final y aceptación de este documento de Tesis estará condicionada a la presentación de la copia final ante el Comité Académico del Doctorado en Ingeniería de la UNER.

[Oro Verde / Concordia¹], [día] de [mes] de [año]

[Firma Jurado 1]
[Título Nombre y APELLIDO Jurado 1]

[Firma Jurado 2]
[Título Nombre y APELLIDO Jurado 2]


[Firma Jurado 3]
[Título Nombre y APELLIDO Jurado 3]

Concordia, [día] de [mes] de [año]

Certificamos haber leído el documento de la Tesis preparada bajo nuestra dirección y recomendamos sea aceptada como parte de los requisitos para obtener el grado académico de Doctor en Ingeniería, Mención en Ciencia y Tecnología de Alimentos.



Director de Tesis: Dra. Luz Marina
ZAPATA



Co-Director de Tesis: Dra. Andrea
BIOLATTO

Concordia, 14 de abril de 2023

DECLARACIÓN DEL AUTOR

Este documento de Tesis ha sido presentado y aprobado como parte de los requisitos para obtener el grado académico de Doctor ante la Universidad Nacional de Entre Ríos. Un ejemplar del mismo ha sido remitido e indexado en la Biblioteca de la Facultad de Ciencias de la Alimentación para que esté disponible a sus lectores bajo las condiciones estipuladas por el Reglamento de la mencionada Biblioteca.

Citas breves de este documento son permitidas sin necesidad de un permiso especial, siempre y cuando la fuente sea correctamente referida. Citas extendidas o la reproducción total o parcial de este manuscrito sólo podrán realizarse previa autorización del portador legal del derecho de propiedad intelectual del mismo.

El trabajo experimental fue desarrollado en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Concordia, en la EEA Concepción del Uruguay y en la Facultad de Ciencias de la Alimentación (FCAL) de la Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER). Como estudiante de doctorado fui beneficiada con una beca de INTA enmarcada en la Resolución 743/12 del Reglamento de formación, según resolución 203/16.

Los resultados del trabajo de investigación derivaron en la escritura de esta Tesis Doctoral, en la publicación de capítulos de libros, presentaciones en congresos nacionales e internacionales, capacitaciones a productores de Argentina, Uruguay y Brasil y concreción de firma de convenios con instituciones conformadas por productores de nuez pecán. En la actualidad se están llevando a cabo gestiones para la incorporación del aceite de nuez pecán en el Código Alimentario Argentino. Se presentan a continuación indicadores de producción de los estudios realizados en el marco de la Tesis Doctoral.

Capítulos de Libros:

PANOZZO, M., BIOLATTO, A., CONSIGLIO DIEZ, L., URBANI, V., ZAPATA, L.M. (2018). “Composición de ácidos grasos de aceites de distintas variedades de nuez pecán [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] cultivadas en la provincia de Entre Ríos”. En: Biolatto, A., Guidi, S., Nanni, M., Troilo, L.G. (eds.) *Desarrollos tecnológicos en el marco del Programa Nacional de Agroindustria y Agregado de Valor*. Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/desarrollos-tecnologicos-en-el-marco-del-programa-nacional-de-agroindustria-y-agregado-de-valor>

PANOZZO, M.G. y ZAPATA, L.M. (2020). “Conservación de nueces pecán [*Carya illinoensis* (Wangenh.) C. Koch] variedad “Kernodle”, acondicionadas en diferentes envases”. En: Rivero, L. y Vazquez, D. (eds.) *Nuevas tecnologías de cosecha y poscosecha, y su impacto en la calidad de frutas. Ediciones INTA frescas*. Disponible en <https://inta.gob.ar/documentos/nuevas-tecnologias-de-cosecha-y-poscosecha-y-su-impacto-en-la-calidad-de-frutas-frescas>

Convenios:

SA 220221. CONVENIO DE COOPERACIÓN TÉCNICA ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA Y LA CÁMARA ARGENTINA DE PRODUCTORES DE PECÁN (CAPP).

SA 28745. CONVENIO DE COOPERACIÓN TÉCNICA ENTRE LA ASOCIACIÓN CIVIL REGIONAL DE LA NUEZ PECÁN Y EL INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA.

CONVENIO DE COLABORACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ALIMENTACIÓN (UNER), EL INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA Y LA CÁMARA ARGENTINA DE PRODUCTORES DE PECÁN.

Presentaciones en congresos nacionales e internacionales:

PANOZZO, M. y ZAPATA, L.M. (2017). Influencia del tamaño de partícula de nuez pecán [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] en el rendimiento de aceite. *Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Presentación oral.

PANOZZO, M., ZAPATA, L.M., ARAUJO, S., FEDERICO, F. (2022). Contenido graso de distintas variedades de nuez pecán [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] cultivadas en la provincia de Entre Ríos. *Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas*.

PANOZZO, M., ZAPATA, L.M., BIOLATTO, A., ARAUJO, S., FEDERICO, F. (2022). Caracterización del contenido de finos, ácidos grasos y del rendimiento de extracción de aceite de nuez pecán Starking [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K.Koch] empleando prensa hidráulica abierta. *Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas*.

Capacitaciones

PANOZZO, M.G. (2019). Acondicionamiento de nuez pecán. *Jornada “Pecanes” de la Asociación de Productores de Pecán del Uruguay*. Canelones, República Oriental del Uruguay.

PANOZZO, M.G. (2019). Conservación de nuez entera. *Jornada “Pecanes” de la Asociación de Productores de Pecán del Uruguay*. Canelones, República Oriental del Uruguay.

PANOZZO, M.G. (2019). Conservación en atmósfera modificada. *Jornada “Pecanes” de la Asociación de Productores de Pecán del Uruguay*. Canelones, República Oriental del Uruguay.

PANOZZO, M.G. (2019). Agregado de Valor. *Jornada “Pecanes” de la Asociación de Productores de Pecán del Uruguay*. Canelones, República Oriental del Uruguay.

PANOZZO, M.G. (2019). Estándares de calidad y métodos de conservación. *Jornada destacada. El pecán: un cultivo en desarrollo*. Salto, República Oriental del Uruguay.

PANOZZO, M.G. (2019). Efecto de diferentes tratamientos de conservación en calidad de pecán pelado. *X Jornadas Técnico Comerciales del Cluster del Pecán*. Entre Ríos, Argentina.

MOLINA, M.S., GRASSI, A.L. PANOZZO, M.G. (2019). Calidad comercial de la nuez pecán. Diversificación y valor agregado. *1° Seminario Internacional de Pecán: desarrollo del cultivo en zonas áridas y semiáridas*. Catamarca, Argentina.

PANOZZO, M.G. (2020). ¿Cómo se elabora el aceite de nuez pecán? ¿Qué condiciones edilicias debo cumplir? *Capacitación: Elaboración de aceite de nuez pecán*. EEA Concordia. Disponible en: <https://youtu.be/WllvoEYGTtM>

PANOZZO, M.G. (2020). Contenido de aceite y composición de ácidos grasos en nueces pecán. Evaluación sensorial de aceites varietales. *Capacitación: Elaboración de aceite de nuez pecán*. EEA Concordia. Disponible en: <https://youtu.be/WllvoEYGTtM>

PANOZZO, M.G. (2021). Padrões de qualidade da noz-pecã na Argentina. Considerações práticas. *VI Seminário da Cultura da Noz-pecã*. Rio Grande do Sul, Brasil.

PANOZZO, M.G. (2021). Uso de Mapeo Proyectivo en la caracterización sensorial de aceite de nuez pecán. Capacitaciones realizadas en el marco del *Nodo Sensorial de la Red de Laboratorios de Calidad e Inocuidad de Alimentos*. Disponible en: https://drive.google.com/file/d/1bP7YA_OE9tIq6pTRKbu0BSVGaoOPMv8M/view

PANOZZO, M.G. y GRASSI, A.L. (2021). Propiedades de la nuez pecán, cosecha, secado, comercialización (calidad de la nuez que llega al consumidor). Valor agregado. *Del árbol a la*

mesa. Cómo mantener la calidad desde la plantación al consumidor. EEA Delta del Paraná.

Disponible en:

https://www.google.com/search?q=del+arbol+a+la+mesa+pecan&rlz=1C1CHBD_esAR1031AR1031&oq=del+arbol+a+la+mesa+&aqs=chrome.0.69i59j69i57.9154j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8#fpstate=ive&vld=cid:42501048,vid:m42Vxwlrhs

PANOZZO, M.G. y GRASSI, A.L. (2022). Propiedades de la nuez pecán, cosecha, secado y calidad comercial. *2° Encuentro Nuez Pecán: del árbol a la mesa.* Agencia de Extensión Rural Delta Frontal. Buenos Aires, Argentina.

A MIS HIJAS Y A MIS PADRES

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por darme la vida y acompañarme siempre.

A la Educación Pública por darme la posibilidad de formarme en mi ciudad desde la primaria hasta la universidad.

Al INTA (mi segundo hogar), especialmente a la Estación Experimental Agropecuaria Concordia, primero, por brindarme la posibilidad de trabajar y estudiar durante mi formación de grado, permitiéndome ausentarme para el cursado de materias, la preparación de exámenes y para la realización de becas de intercambio; luego, promoviéndome a un puesto de trabajo acorde a mi profesión; y finalmente, por propiciar mi formación en este posgrado, otorgándome los recursos y la infraestructura necesarios para su ejecución.

A mi esposo, por la comprensión y el apoyo, y por estar siempre.

A mi Directora de Tesis Dra. Luz Marina Zapata y mi Co-Directora Dra. Andrea Biolatto, por guiarme en este camino.

A Ivana y Mauro de IDEM Alimentos S.H. por introducirme al mundo del aceite de nuez pecán y a la empresa Noyer por apoyar continuidad mi investigación.

Al Cluster del Pecán y a la Cámara Argentina de Productores de Pecán, por brindarme información abiertamente, financiar varias de las actividades y proporcionar las muestras necesarias para los ensayos.

A mis compañeros de trabajo de la EEA Concordia, especialmente a Laura, Nanci, Vane, Fernando, Ignacio, Agustín, Rubén, Lourdes, Alexis y Daniel. También a Cecilia y Matías, que colaboraron durante su práctica profesional.

A Fran, Santiago y Vale de la EEA Concepción del Uruguay.

A la Facultad de Ciencias de la Alimentación por permitirme la utilización de equipos e instalaciones para la realización de ensayos y a la buena predisposición de su personal.

A Dios, por TODO.

Tabla de contenidos

Introducción general	31
1. La nuez pecán	32
1.1. Taxonomía	32
1.2. El fruto de nuez pecán.....	34
1.3. Situación actual del cultivo de nuez pecán.....	37
1.4. Composición de la nuez pecán.....	39
1.5. Factores que afectan la calidad de la nuez pecán.....	40
1.5.1. Humedad.....	43
1.5.2. Temperatura.....	43
1.5.3. Oxígeno.....	44
1.5.4. Variedad.....	46
1.5.5. Envase.....	47
2. Aceite.....	47
2.1. Importancia del aceite a nivel mundial y nacional.....	47
2.2. Obtención de aceite.....	49
2.3. Composición de los aceites.....	51
2.4. Calidad de los aceites.....	53
3. Parámetros de calidad.....	54
3.1. Características de calidad de la nuez pecán.....	54
3.2. Parámetros de calidad del aceite de nuez pecán.....	57
3.2.1. Composición de ácidos grasos.....	58
3.2.2. Acidez.....	58
3.2.3. Índice de peróxidos.....	59
3.2.4. Coeficientes de extinción: dienos y trienos conjugados.....	62
3.2.5. Estabilidad oxidativa.....	62
3.2.6. Color.....	63
3.3. Calidad sensorial.....	64
3.3.1. Pruebas discriminativas.....	65
3.3.2. Pruebas descriptivas.....	66
3.3.2.1. Análisis descriptivo cuantitativo.....	67
3.3.2.2. Mapeo proyectivo.....	68
3.3.2.3. Método CATA.....	69
3.3.3. Pruebas afectivas.....	70
4. Organización de la Tesis Doctoral.....	71
Objetivos	72
Objetivo general.....	73
Objetivos específicos.....	73

Capítulo I. Conservación de nuez pecán.....	74
I.1. Introducción.....	75
I.2. Objetivos.....	76
I.3. Materiales y Métodos.....	77
I.3.1 Primera Parte. Evolución de la calidad de la nuez pecán con cáscara durante el almacenamiento.....	77
I.3.1.1. Muestras.....	77
I.3.1.2. Procedimientos.....	78
I.3.1.3. Técnicas analíticas.....	78
I.3.1.3.1. Índice de peróxidos (IP).....	78
I.3.1.3.2. Humedad de la pepita (H).....	79
I.3.1.3.3. Color de la pepita.....	80
I.3.1.3.4. Evaluación sensorial: Aceptación global.....	80
I.3.1.4. Análisis estadístico.....	81
I.3.2. Segunda Parte. Calidad de nuez pecán con cáscara almacenada en diferentes envases a temperatura ambiente y de refrigeración.....	81
I.3.2.1. Muestras.....	82
I.3.2.2. Procedimientos.....	82
I.3.2.3. Técnicas analíticas.....	83
I.3.2.3.1. Color de la pepita.....	83
I.3.2.3.2. Evaluación sensorial: Mapeo proyectivo.....	83
I.3.2.4. Análisis estadístico.....	84
I.3.3. Tercera Parte. Calidad de nuez pecán con cáscara almacenada en diferentes envases en condiciones de refrigeración.....	84
I.3.3.1. Muestras.....	85
I.3.3.2. Procedimientos.....	85
I.3.4. Cuarta Parte. Atributos de calidad sensorial de variedades de nuez pecán.....	86
I.4. Resultados.....	87
I.4.1. Primera Parte. Evolución de la calidad de la nuez pecán con cáscara durante el almacenamiento.....	87
I.4.1.1. Índice de peróxidos.....	87
I.4.1.2. Humedad de la pepita.....	87
I.4.1.3. Color de la pepita.....	88
I.4.1.4. Evaluación sensorial: Aceptación global.....	89
I.4.2. Segunda Parte. Calidad de nuez pecán con cáscara almacenada en diferentes envases a temperatura ambiente y de refrigeración.....	90
I.4.2.1. Variedad Kernodle.....	90
I.4.2.1.1. Color.....	90
I.4.2.1.2. Evaluación sensorial.....	91
I.4.2.2. Variedad Success.....	94
I.4.2.2.1. Color.....	94
I.4.2.2.2. Evaluación sensorial.....	95
I.4.2.3. Variedad Stuart.....	98
I.4.2.3.1. Color.....	98
I.4.2.3.2. Evaluación sensorial.....	99
I.4.2.4. Variedad Mahan.....	101

I.4.2.4.1. Color.....	101
I.4.2.4.2. Evaluación sensorial.....	103
I.4.3. Tercera Parte. Calidad de nuez pecán con cáscara almacenada en diferentes envases en condiciones de refrigeración.....	106
I.4.3.1. Variedad Kernodle.....	106
I.4.3.1.1. Color.....	106
I.4.3.1.2. Evaluación sensorial.....	107
I.4.3.2. Variedad Success.....	109
I.4.3.2.1. Color.....	109
I.4.3.2.2. Evaluación sensorial.....	109
I.4.3.3. Variedad Shoshoni.....	112
I.4.3.3.1. Color.....	112
I.4.3.3.2. Evaluación sensorial.....	113
I.4.4. Cuarta Parte. Atributos de calidad sensorial de variedades de nuez pecán.....	115
I.4.4.1. Variedad Kernodle.....	117
I.4.4.2. Variedad Success.....	117
I.4.4.3. Variedad Stuart.....	119
I.4.4.4. Variedad Mahan.....	120
I.4.4.5. Variedad Shoshoni.....	121
I.5. Discusión.....	122
I.6. Conclusiones.....	127
Capítulo II. Estrategias de abastecimiento de nuez pecán peladas y envasadas en atmósfera modificada.....	128
II.1. Introducción.....	129
II.2. Objetivo.....	131
II.3. Materiales y Métodos.....	132
II.3.1. Primera Parte. Efecto del pelado, envasado en atmósfera modificada y almacenamiento sobre la calidad de la nuez pecán.....	132
II.3.1.1. Muestras.....	133
II.3.1.2. Procedimientos.....	134
II.3.1.3. Técnicas analíticas.....	134
II.3.1.3.1. Índice de peróxidos (IP).....	134
II.3.1.3.2. Humedad de la pepita.....	134
II.3.1.3.3. Color de la pepita.....	135
II.3.1.3.4. Evaluación sensorial: Aceptación global.....	135
II.3.1.4. Análisis estadístico.....	135
II.3.2. Segunda Parte. Evolución, durante el almacenamiento, de la calidad de la nuez pecán pelada y envasada en atmósfera modificada.....	135
II.3.2.1. Muestras.....	136
II.3.2.2. Procedimientos.....	137
II.3.2.3. Técnicas analíticas.....	137
II.3.2.3.1. Parámetros fisicoquímicos.....	137
II.3.2.3.2. Evaluación sensorial: Análisis descriptivo cuantitativo.....	137
II.3.2.4. Análisis estadístico.....	139
II.4. Resultados.....	141

II.4.1. Primera Parte. Efecto del pelado, envasado en atmósfera modificada y almacenamiento sobre la calidad de la nuez pecán.....	141
II.4.1.1. Humedad de la pepita.....	141
II.4.1.2. Índice de peróxidos.....	142
II.4.1.3. Color de la pepita.....	143
II.4.1.4. Evaluación sensorial: Aceptación global.....	144
II.4.2. Segunda Parte. Evolución, durante el almacenamiento, de la calidad de la nuez pecán pelada y envasada en atmósfera modificada.....	146
II.4.2.1. Humedad de la pepita.....	146
II.4.2.2. Índice de peróxidos.....	148
II.4.2.3. Color de la pepita.....	149
II.4.2.4. Evaluación sensorial: Análisis descriptivo cuantitativo.....	152
II.4.2.4.1. Color.....	152
II.4.2.4.2. Sabor dulce.....	153
II.4.2.4.3. Sabor típico.....	154
II.4.2.4.4. Sabor rancio.....	155
II.4.2.4.5. Sabor amargo.....	156
II.4.2.4.6. Textura.....	157
II.4.2.4.7. Aceptación Global.....	158
II.4.2.4.8. Correlación entre atributos de calidad.....	159
II.5. Discusión.....	164
II.6. Conclusiones.....	170
Capítulo III Aceite de nuez pecán. Caracterización química y sensorial.....	171
III.1. Introducción.....	172
III.2. Objetivos.....	174
III.3. Materiales y Métodos.....	175
III.3.1. Muestras.....	175
III.3.2. Acondicionamiento de las nueces pecán.....	175
III.3.3. Obtención de aceite de nuez pecán.....	176
III.3.3.1. Obtención de aceite de nuez pecán a escala laboratorio.....	176
III.3.3.2. Obtención de aceite de nuez pecán a escala industrial.....	177
III.3.4. Técnicas analíticas.....	179
III.3.4.1. Contenido de aceite de nueces pecán.....	179
III.3.4.2. Perfil de ácidos grasos.....	180
III.3.4.3. Evaluación sensorial de los aceites: Aceptabilidad.....	181
III.3.4.4. Evaluación sensorial de los aceites: Mapeo Proyectivo.....	182
III.3.5. Análisis estadístico.....	182
III.3.5.1. Comparación de medias de parámetros fisicoquímicos.....	182
III.3.5.2. Análisis de componentes principales (ACP).....	183
III.3.5.3. Análisis estadístico de atributos sensoriales.....	183
III.4. Resultados.....	184
III.4.1. Contenido de aceite en nueces pecán.....	184
III.4.2. Ácidos grasos en aceites de nueces pecán.....	185
III.4.3. Comparación de aceites de nuez pecán: Análisis de componentes principales.....	191

III.4.4.1. Caracterización sensorial de aceites de nueces pecán: Aceptabilidad.....	193
III.4.4.2. Mapeo Proyectivo.....	201
III.5. Discusión.....	208
III.6. Conclusiones.....	213
Capítulo IV Rendimiento y calidad de aceite de nuez pecán.....	214
IV.1. Introducción.....	215
IV.2. Objetivos.....	217
IV.3. Materiales y Métodos.....	218
IV.3.1 Primera Parte. Influencia del tamaño de partícula en el contenido de aceite de nuez pecán obtenido.....	218
IV.3.1.1. Muestras.....	218
IV.3.1.2. Procedimientos.....	218
IV.3.1.2.1. Obtención de aceite a escala de laboratorio.....	218
IV.3.1.2.2. Obtención de aceite en industria.....	220
IV.3.1.3. Técnicas analíticas.....	220
IV.3.1.3.1. Humedad de la pepita	220
IV.3.1.3.2. Contenido de aceite de nueces pecán.....	220
IV.3.1.3.3. Cantidad obtenida de aceite	220
IV.3.2. Segunda Parte. Determinación de las mejores condiciones de prensado en la obtención de aceite.....	221
IV.3.2.1. Muestras.....	221
IV.3.2.2. Procedimientos.....	221
IV.3.2.3. Diseño experimental de la etapa de prensado del proceso de obtención de aceite.....	223
IV.3.2.3.1. Elaboración del diseño experimental.....	223
IV.3.2.3.2. Efecto de los factores experimentales en los parámetros fisicoquímicos y sensoriales.....	224
IV.3.2.3.3. Obtención de combinación de factores experimentales que maximizan las variables respuestas.....	225
IV.3.2.3.4. Parámetros de bondad de ajuste de la ecuación de la MSR.....	225
IV.3.2.3.5. Verificación de las condiciones experimentales que maximizaron o minimizaron las variables respuestas.....	226
IV.3.2.4. Técnicas analíticas.....	226
IV.3.2.4.1. Rendimiento de obtención de aceite.....	226
IV.3.2.4.2. Contenido de aceite	226
IV.3.2.4.3. Índice de peróxidos.....	227
IV.3.2.4.4. Coeficientes de extinción específica: dienos (K_{232}) y trienos (K_{270}) conjugados.....	227
IV.3.2.4.5. Estabilidad oxidativa (EO) y tiempo de inducción (TI).....	228
IV.3.2.4.6. Grado de acidez (GA)	228
IV.3.2.4.7. Color.....	229
IV.3.2.4.8. Humedad (H).....	229
IV.3.2.5. Evaluación sensorial.....	229
IV.3.2.5.1. Aceptabilidad.....	229
IV.3.2.5.2. Análisis CATA	230

IV.3.2.6. Análisis estadístico.....	231
IV.4. Resultados.....	232
IV.4.1. Primera Parte. Influencia del tamaño de partícula en el contenido de aceite de nuez pecán obtenido.....	232
IV.4.1.1. Obtención de aceite a escala de laboratorio.....	232
IV.4.2.2. Obtención de aceite a escala industrial.....	233
IV.4.2. Segunda Parte. Determinación de las mejores condiciones de prensado en la obtención de aceite.....	234
IV.4.2.1. Rendimiento de obtención de aceite.....	234
IV.4.2.2. Índice de peróxidos.....	235
IV.4.2.3. Coeficientes de extinción específica: dienos (K_{232}) y trienos (K_{270}) conjugados.....	236
IV.4.2.4. Estabilidad oxidativa (EO) y tiempo de inducción (TI).....	239
IV.4.2.5. Grado de acidez.....	241
IV.4.2.6. Color.....	241
IV.4.2.7. Análisis sensorial.....	244
IV. 4.2.7.1. Aceptabilidad.....	244
IV.4.2.7.2. Análisis CATA.....	250
IV.4.2.8. Efecto de los factores experimentales en los parámetros fisicoquímicos y sensoriales.....	255
IV.4.2.9. Validación del modelo.....	259
IV.5. Discusión.....	261
IV.6. Conclusiones.....	267
Capítulo V Calidad del aceite de nuez pecán durante el almacenamiento.....	268
V.1. Introducción.....	269
V.2. Objetivos.....	271
V.3. Materiales y Métodos.....	272
V.3.1. Muestras.....	272
V.3.2. Procedimientos.....	272
V.3.2.3. Técnicas analíticas.....	275
V.3.2.3.1. Humedad.....	275
V.3.2.3.2. Contenido de aceite.....	275
V.3.2.3.3. Contenido de finos.....	275
V.3.2.3.4. Índice de peróxidos (IP).....	276
V.3.2.3.5. Coeficientes de extinción específica: dienos (K_{232}) y trienos (K_{270}) conjugados.....	276
V.3.3.3.6. Grado de acidez (GA).....	276
V.3.3.3.7. Evaluación sensorial: Análisis descriptivo cuantitativo.....	276
V.3.4. Análisis estadístico.....	277
V.3.4.1. Comparación de medias.....	277
V.3.4.2. Análisis de componentes principales (ACP).....	277
V.4. Resultados.....	278
V.4.1. Caracterización de los aceites obtenidos.....	278
V.4.2. Evolución de la calidad de los aceites de nuez pecán durante el almacenamiento.....	279
V.4.2.1. Índice de peróxidos.....	280

V.4.2.2. Coeficientes de extinción específica: dienos (K232) y trienos (K270) conjugados.....	281
V.4.2.3. Grado de acidez.....	284
V.4.2.4. Evaluación sensorial.....	285
V.4.2.4.1. Sabor dulce.....	285
V.4.2.4.2. Sabor típico.....	287
V.4.2.4.3. Sabor rancio.....	288
V.4.2.4.4. Sabor amargo.....	290
V.4.2.4.5. Aceptación global.....	292
V.4.3. Correlación entre atributos de calidad.....	294
V.4.3. Comparación entre aceites de nuez pecán: Análisis de Componentes Principales.....	296
V.5. Discusión.....	298
V.6. Conclusiones.....	309
Conclusiones finales.....	310
Referencias bibliográficas.....	313

Índice de tablas

Introducción general

Tabla 1 Cultivo de nuez pecán en las provincias de Entre Ríos, Santa Fe y Buenos Aires.....	38
Tabla 2 Composición de nuez pecán.....	40
Tabla 3 Clasificación de la nuez pecán con cáscara según el tamaño.....	54
Tabla 4 Clasificación de la nuez pecán según el color.....	55
Tabla 5 Clasificación de la nuez pecán con cáscara según su calidad.....	56
Tabla 6 Grado de selección de la nuez pecán sin cáscara.....	57

Capítulo I. Conservación de nuez pecán

Tabla I. 1 Puntuación de escala hedónica.	80
Tabla I. 2 Tratamientos aplicados a las nueces pecán.	82
Tabla I. 3 Variación del índice de peróxidos de nuez pecán durante el almacenamiento a 5 ± 1 °C.	87
Tabla I. 4 Variación de humedad durante el almacenamiento de nueces pecán.....	88
Tabla I. 5 Variación de los parámetros de color durante el almacenamiento de nueces pecán.	89
Tabla I. 6 Parámetros de color de nueces pecán de variedad Kernodle.....	91
Tabla I. 7 Tabla de frecuencias de descriptores de nueces pecán de variedad Kernodle....	92
Tabla I. 8 Parámetros de color de nueces pecán de variedad Success.....	94
Tabla I. 9 Tabla de frecuencias de descriptores de nueces pecán de variedad Success.....	95
Tabla I. 10 Parámetros de color de nueces pecán de variedad Stuart.....	99
Tabla I. 11 Tabla de frecuencias de descriptores de nueces pecán de variedad Stuart.....	100
Tabla I. 12 Parámetros de color de nueces pecán de variedad Mahan.....	102
Tabla I. 13 Tabla de frecuencias de descriptores de nueces pecán de variedad Mahan.....	103
Tabla I. 14 Parámetros de color de nueces pecán de variedad Kernodle.....	106
Tabla I. 15 Tabla de frecuencias de descriptores de nueces pecán de variedad Kernodle....	107
Tabla I. 16 Parámetros de color de nueces pecán de variedad Success.....	109
Tabla I. 17 Tabla de frecuencias de descriptores de nueces pecán de variedad Success....	110
Tabla I. 18 Parámetros de color de nueces pecán de variedad Shoshoni.....	113
Tabla I. 19 Tabla de frecuencias de descriptores de nueces pecán de variedad Shoshoni...	114

Capítulo II. Estrategias de abastecimiento de nuez pecán peladas y envasadas en atmósfera modificada

Tabla II. 1 Humedad de nueces pecán de los diferentes tratamientos.....	141
Tabla II. 2 Índice de peróxidos de nueces pecán de los diferentes tratamientos.....	142
Tabla II. 3 Parámetros de color L^* , a^* y b^* de nueces pecán de los diferentes tratamientos.	143
Tabla II. 4 Índice de oscurecimiento de nueces pecán de los diferentes tratamientos.....	144

Tabla II. 5 Coeficientes de correlación de los atributos de calidad de las nueces pecán del T ₁	161
Tabla II. 6 Coeficientes de correlación de los atributos de calidad de las nueces pecán del T ₂	162
Tabla II. 7 Coeficientes de correlación de los atributos de calidad de las nueces pecán del T ₃	163

Capítulo III Aceite de nuez pecán. Caracterización química y sensorial

Tabla III. 1 Variedades de nuez pecán, año de cosecha y localidad de procedencia.....	175
Tabla III. 2 Contenido de aceite de variedades de nuez pecán.....	184
Tabla III. 3 Composición de ácidos grasos monoinsaturados de aceites de distintas variedades de nueces pecán cultivadas en la provincia de Entre Ríos (Argentina).....	187
Tabla III. 4 Composición de ácidos grasos poliinsaturados de aceites de distintas variedades de nueces pecán cultivadas en la provincia de Entre Ríos (Argentina).....	188
Tabla III. 5 Composición de ácidos grasos saturados de aceites de distintas variedades de nueces pecán cultivadas en la provincia de Entre Ríos (Argentina).	190
Tabla III. 6 Aceptabilidad de aceites de nueces pecán de diferentes variedades.....	193
Tabla III. 7 Tabla de frecuencias de descriptores de aceites de diferentes variedades de nueces pecán (primera parte).....	202
Tabla III. 8 Tabla de frecuencias de descriptores de aceites de diferentes variedades de nueces pecán (segunda parte).....	205

Capítulo IV Rendimiento y calidad de aceite de nuez pecán

Tabla IV. 1 Diseño experimental de la etapa de prensado del proceso de obtención de aceite.	224
Tabla IV. 2 Contenido de aceite obtenidos con diferentes tamaño de partículas de nuez pecán a escala laboratorio.	233
Tabla IV. 3 Contenido de aceites obtenidos con diferentes tamaños de partículas de nuez pecán a escala industrial.	233
Tabla IV. 4 Rendimientos de aceites obtenidos con diferentes combinaciones de temperatura y humedad durante la etapa de prensado.	235
Tabla IV. 5 Índice de peróxidos de aceites obtenidos con diferentes combinaciones de temperatura y humedad durante la etapa de prensado.....	236
Tabla IV. 6 Coeficientes de extinción específica: dienos (K ₂₃₂) y trienos (K ₂₇₀) conjugados de aceites obtenidos con diferentes combinaciones de temperatura y humedad durante la etapa de prensado.	238
Tabla IV. 7 Estabilidad oxidativa y tiempo de inducción de aceites obtenidos con diferentes combinaciones de temperatura y humedad durante la etapa de prensado.....	240
Tabla IV. 8 Grado de acidez de aceites obtenidos con diferentes combinaciones de temperatura y humedad durante la etapa de prensado.	241
Tabla IV. 9 Parámetros de color de aceites obtenidos con diferentes combinaciones de temperatura y humedad durante la etapa de prensado.....	243
Tabla IV. 10 Aceptabilidad de aceites obtenidos con diferentes combinaciones de temperatura y humedad durante la etapa de prensado.....	244
Tabla IV. 11 Tabla de frecuencias de descriptores de aceites obtenidos con diferentes combinaciones de temperatura y humedad durante la etapa de prensado.....	251

Tabla IV. 12 Tabla de Análisis de Varianza de los factores experimentales sobre las variables fisicoquímicas y sensoriales.	256
Tabla IV. 13 Combinación de factores experimentales que maximizó el rendimiento de extracción de aceite (Ra) con la metodología de superficie de respuesta (MSR).....	257
Tabla IV. 14 Combinación de factores experimentales que minimizaron el índice de peróxidos (IP) con la metodología de superficie de respuesta (MSR).....	258
Tabla IV. 15 Combinación de factores experimentales que maximizaron la función deseabilidad.....	259
Tabla IV. 16 Comparación entre valores predichos y resultados experimentales para rendimiento de extracción de aceite e índice de peróxidos.....	260
 Capítulo V Calidad del aceite de nuez pecán durante el almacenamiento	
Tabla V. 1 Caracterización de los aceites obtenidos.	279
Tabla V. 2 Coeficientes de correlación de los atributos de calidad de aceite, conservados a 5 ± 1 °C, 25 ± 1 °C y 35 ± 1 °C durante 405 d.....	295

Índice de figuras

Introducción general

Figura 1 Árboles de nuez pecán implantados en la provincia de Entre Ríos.....	33
Figura 2 Morfología del núcleo de nuez pecán en cuatro etapas de desarrollo.....	36
Figura 3 Cultivares inscritos en el Instituto Nacional de Semillas (INASE).....	37
Figura 4 Cosecha de nuez pecán en campo de productora de la provincia de Entre Ríos.....	41
Figura 5 Mecanismo general de autooxidación del ácido linoleico.....	61

Capítulo I. Conservación de nuez pecán

Figura I. 1 Estudio sobre la evolución de la calidad de la nuez pecán con cáscara durante el almacenamiento en condiciones de refrigeración.....	77
Figura I. 2 Estudio sobre la evolución de la calidad de la nuez pecán envasada en diferentes envases y almacenadas a temperatura ambiente y de refrigeración.....	81
Figura I. 3 Estudio sobre la evolución de la calidad de la nuez pecán envasada en diferentes envases y almacenadas a temperatura de refrigeración.	85
Figura I. 4 Intensidad del atributo sensorial “Aceptación Global” de nuez pecán almacenadas a 5 ± 1 °C durante 12 meses.	89
Figura I. 5 Análisis de correspondencia de la variedad Kernodle. (a) Mapa consenso. (b) Grafico de componentes principales.	93
Figura I. 6 Análisis de correspondencia de la variedad Success. (a) Mapa consenso. (b) Grafico de componentes principales.	97
Figura I. 7 Análisis de correspondencia de la variedad Stuart. (a) Mapa consenso. (b) Grafico de componentes principales.	101
Figura I. 8 Análisis de correspondencia de la variedad Mahan. (a) Mapa consenso. (b) Grafico de componentes principales.....	105
Figura I. 9 Análisis de correspondencia de la variedad Kernodle. (a) Mapa consenso. (b) Grafico de componentes principales.	108
Figura I. 10 Análisis de correspondencia de la variedad Success. Representación de las dimensiones 1 y 2. (a) Mapa consenso. (b) Grafico de componentes principales.....	111
Figura I. 11 Análisis de correspondencia de la variedad Success. Representación de las dimensiones 2 y 4. (a) Mapa consenso. (b) Grafico de componentes principales.....	112
Figura I. 12 Análisis de correspondencia de la variedad Shoshoni. (a) Mapa consenso. (b) Grafico de componentes principales.	115
Figura I. 13 Frecuencia de aparición de atributos en evaluación sensorial de nueces pecán variedad Kernodle de nueva temporada (T_0 , año 2014) y almacenadas a 5 ± 1 °C y 20 ± 1 °C (año 2013).	116
Figura I. 14 Frecuencia de aparición de atributos en evaluación sensorial de nueces pecán variedad Kernodle de nueva temporada (T_0 , año 2016) y almacenadas a 5 ± 1 °C (año 2015).	117

Figura I. 15 Frecuencia de aparición de atributos en evaluación sensorial de nueces pecán variedad Success de nueva temporada (T ₀ , año 2014) y almacenadas a 5 ± 1 °C y 20 ± 1 °C (año 2013).	118
Figura I. 16 Frecuencia de aparición de atributos en evaluación sensorial de nueces pecán variedad Success de nueva temporada (T ₀ , año 2016) y almacenadas a 5 ± 1 °C (año 2015).	119
Figura I. 17 Frecuencia de aparición de atributos en evaluación sensorial de nueces pecán variedad Stuart de nueva temporada (T ₀ , año 2014) y almacenadas a 5 ± 1 °C y 20 ± 1 °C (año 2013).	120
Figura I. 18 Frecuencia de aparición de atributos en evaluación sensorial de nueces pecán variedad Mahan de nueva temporada (T ₀ , año 2014) y almacenadas a 5 ± 1 °C y a 20 ± 1 °C (año 2013).	121
Figura I. 19 Frecuencia de aparición de atributos en evaluación sensorial de nueces pecán variedad Shoshoni de nueva temporada (T ₀ , año 2016) y almacenadas a 5 ± 1 °C (año 2015).	121

Capítulo II. Estrategias de abastecimiento de nuez pecán peladas y envasadas en atmósfera modificada

Figura II. 1 Estudio del efecto del pelado, envasado en atmósfera modificada y almacenamiento sobre la calidad de la nuez pecán.	133
Figura II. 2 Estudio de la evolución de la calidad de la nuez pecán pelada y envasada en atmósfera modificada.	136
Figura II. 3 Planilla de evaluación sensorial.	139
Figura II. 4 Intensidad del atributo sensorial “Aceptación global” de nueces pecán de los diferentes tratamientos.	145
Figura II. 5 Evolución del contenido de humedad de nueces pecán almacenadas con diferentes tratamientos.	147
Figura II. 6 Evolución del índice de peróxidos de nueces pecán almacenadas con diferentes tratamientos.	148
Figura II. 7 Evolución del parámetro a* de color de nueces pecán almacenadas con diferentes tratamientos.	150
Figura II. 8 Evolución del parámetro b* de color de nueces pecán almacenadas con diferentes tratamientos.	150
Figura II. 9 Evolución del parámetro L* de color de nueces pecán almacenadas con diferentes tratamientos.	151
Figura II. 10 Evolución del índice de oscurecimiento de nueces pecán almacenadas con diferentes tratamientos.	152
Figura II. 11 Evolución del atributo sensorial de color de nueces pecán almacenadas con diferentes tratamientos.	153
Figura II. 12 Evolución del atributo sensorial “sabor dulce” de nueces pecán almacenadas con diferentes tratamientos.	154
Figura II. 13 Evolución del atributo sensorial “sabor típico” de nueces pecán almacenadas con diferentes tratamientos.	155
Figura II. 14 Evolución del atributo sensorial “sabor rancio” de nueces pecán almacenadas con diferentes tratamientos.	156
Figura II. 15 Evolución del atributo sensorial “sabor amargo” de nueces pecán almacenadas con diferentes tratamientos.	157

Figura II. 16 Evolución del atributo sensorial “textura” de nueces pecán almacenadas con diferentes tratamientos.	158
Figura II. 17 Evolución de la aceptación global de nueces pecán almacenadas con diferentes tratamientos.	159

Capítulo III Aceite de nuez pecán. Caracterización química y sensorial

Figura III. 1 Empaquetado, calentamiento y prensado de nueces pecán en laboratorio (de izquierda a derecha).	176
Figura III. 2 Obtención de aceite a escala laboratorio.	177
Figura III. 3 Calentamiento, empaquetado y prensado de nueces pecán a escala industrial (de izquierda a derecha).	178
Figura III. 4 Obtención de aceite a escala industrial.	179
Figura III. 5 Proporción de ácidos grasos presentes en los aceites de diferentes variedades de nueces pecán.	185
Figura III. 6 Representación de los aceites de nueces pecán y su composición en ácidos grasos en el plano de las 2 primeras componentes principales CP 1 y CP 2.....	192
Figura III. 7 Frecuencia relativa de los niveles de aceptación asignado por los consumidores al aceite de nuez pecán variedad Desirable.	194
Figura III. 8 Frecuencia relativa de los niveles de aceptación asignado por los consumidores al aceite de nuez pecán variedad Success.	195
Figura III. 9 Frecuencia relativa de los niveles de aceptación asignado por los consumidores al aceite de nuez pecán variedad Starking.....	195
Figura III. 10 Frecuencia relativa de los niveles de aceptación asignado por los consumidores al aceite de nuez pecán variedad Cheyenne.	196
Figura III. 11 Frecuencia relativa de los niveles de aceptación asignado por los consumidores al aceite de nuez pecán variedad Stuart.	197
Figura III. 12 Frecuencia relativa de los niveles de aceptación asignado por los consumidores al aceite de nuez pecán variedad Mahan.	197
Figura III. 13 Frecuencia relativa de los niveles de aceptación asignado por los consumidores al aceite de nuez pecán variedad Kernodle.	198
Figura III. 14 Frecuencia relativa de los niveles de aceptación asignado por los consumidores al aceite de nuez pecán variedad INTA Delta 2.....	199
Figura III. 15 Frecuencia relativa de los niveles de aceptación asignado por los consumidores al aceite de nuez pecán variedad Shoshoni escala industrial.....	199
Figura III. 16 Frecuencia relativa de los niveles de aceptación asignado por los consumidores a los aceites de nueces pecán de la variedad Shoshoni, elaborado en laboratorio.	201
Figura III. 17 Análisis de correspondencia de distintos aceites varietales de nuez pecán. Representación de las dimensiones 1 y 2. (a) Mapa consenso. (b) Grafico de componentes principales.	204
Figura III. 18 Análisis de correspondencia de distintos aceites varietales de nuez pecán. Representación de las dimensiones 1 y 2. (a) Mapa consenso. (b) Grafico de componentes principales.	207

Capítulo IV Rendimiento y calidad de aceite de nuez pecán

Figura IV. 1 Obtención, a escala laboratorio, de aceite de nuez pecán a partir de pastas con diferentes granulometrías.	219
--	-----

Figura IV. 2 Obtención de las mejores condiciones de prensado en la obtención de aceite de nuez pecán.	222
Figura IV. 3 Una de las fichas de evaluación utilizada para evaluar las características sensoriales de nueve muestras de aceite mediante una pregunta CATA.....	231
Figura IV. 4 Nueces trituradas y clasificadas según los tamaños de partículas Pequeño (TP<1 mm) Mediano (1>TP< 3 mm) y Grande (3>TP<7 mm).....	232
Figura IV. 5 Variación de la conductividad eléctrica en función del tiempo a flujo de aire de 20 L/h y temperatura de 110 °C.	239
Figura IV. 6 Distribución de frecuencias de niveles de aceptación de aceite obtenido a 55,0 °C de temperatura y 5,0% de humedad, durante la etapa de prensado.....	245
Figura IV. 7 Distribución de frecuencias de niveles de aceptación de aceite obtenido a 18,8 °C de temperatura y 7,5% de humedad, durante la etapa de prensado.....	245
Figura IV. 8 Distribución de frecuencias de niveles de aceptación de aceite obtenido a 40,0 °C de temperatura y 11,0% de humedad, durante la etapa de prensado.	246
Figura IV. 9 Distribución de frecuencias de niveles de aceptación de aceite obtenido a 40,0 °C de temperatura y 7,5% de humedad, durante la etapa de prensado.....	247
Figura IV. 10 Distribución de frecuencias de niveles de aceptación de aceite obtenido a 25,0 °C de temperatura y 10,0% de humedad, durante la etapa de prensado.	247
Figura IV. 11 Distribución de frecuencias de niveles de aceptación de aceite obtenido a 40,0 °C de temperatura y 4,0% de humedad, durante la etapa de prensado.	248
Figura IV. 12 Distribución de frecuencias de niveles de aceptación de aceite obtenido a 61,2 °C de temperatura y 7,5% de humedad, durante la etapa de prensado.	249
Figura IV. 13 Distribución de frecuencias de niveles de aceptación de aceite obtenido a 25,0 °C de temperatura y 5,0% de humedad, durante la etapa de prensado.	249
Figura IV. 14 Distribución de frecuencias de niveles de aceptación de aceite obtenido a 55,0 °C de temperatura y 10,0% de humedad, durante la etapa de prensado.	250
Figura IV. 15 Representación de muestras y términos en la primera y segunda coordenadas del Análisis de Correspondencia realizada sobre la frecuencia de uso de los términos de las preguntas CATA para la evaluación de nueve muestras de aceites obtenidos con diferentes combinaciones de temperatura y humedad durante la etapa de prensado.	254
Figura IV. 16 Superficie de respuesta (gráfico superior) y contornos de la superficie de respuesta (gráfico inferior) para el rendimiento de obtención de aceite en función de la temperatura y la humedad de las nueces trituradas durante la etapa de prensado.....	257
Figura IV. 17 Superficie de respuesta (gráfico superior) y contornos de la superficie de respuesta (gráfico inferior) para el índice de peróxidos en función de la temperatura y la humedad de las nueces trituradas durante la etapa de prensado.....	258
Figura IV.18 Deseabilidad en función de la temperatura y la humedad de las nueces trituradas durante la etapa de prensado.	259
Figura IV. 19 Aceite de nuez pecán obtenido durante la validación del modelo.....	260

Capítulo V Calidad del aceite de nuez pecán durante el almacenamiento

Figura V. 1 Obtención de aceite de nuez pecán. Estudios de evolución de su calidad durante el almacenamiento.....	273
Figura V. 2 Aceites obtenidos en los tratamientos T ₁ (aceite turbio) y T ₂ (aceite límpido)..	278
Figura V. 3 Evolución del índice de peróxidos de aceite de nuez pecán almacenadas a 5 ± 1 °C, 25 ± 1 °C y 35 ± 1 °C. (a) T ₁ : aceite turbio; (b) T ₂ : aceite límpido.	281

Figura V. 4 Evolución de dienos conjugados (K_{232}) de aceite de nuez pecán almacenadas a 5 ± 1 °C, 25 ± 1 °C y 35 ± 1 °C. (a) T ₁ : aceite turbio; (b) T ₂ : aceite límpido.	282
Figura V. 5 Evolución de trienos conjugados (K_{270}) de aceite de nuez pecán almacenadas a 5 ± 1 °C, 25 ± 1 °C y 35 ± 1 °C. (a) T ₁ : aceite turbio; (b) T ₂ : aceite límpido.....	283
Figura V. 6 Evolución del grado de acidez de aceite de nuez pecán almacenadas a 5 ± 1 °C, 25 ± 1 °C y 35 ± 1 °C. (a) T ₁ : aceite turbio; (b) T ₂ : aceite límpido.....	285
Figura V. 7 Evolución del atributo sensorial “sabor dulce” de aceite de nuez pecán almacenadas a 5 ± 1 °C, 25 ± 1 °C y 35 ± 1 °C. (a) T ₁ : aceite turbio; (b) T ₂ : aceite límpido.....	286
Figura V. 8 Evolución del atributo sensorial “sabor típico” de aceite de nuez pecán almacenadas a 5 ± 1 °C, 25 ± 1 °C y 35 ± 1 °C. (a) T ₁ : aceite turbio; (b) T ₂ : aceite límpido.....	288
Figura V. 9 Evolución del atributo sensorial “sabor rancio” de aceite de nuez pecán almacenadas a 5 ± 1 °C, 25 ± 1 °C y 35 ± 1 °C. (a) T ₁ : aceite turbio; (b) T ₂ : aceite límpido.....	289
Figura V. 10 Evolución del atributo sensorial “sabor amargo” de aceite de nuez pecán almacenadas a 5 ± 1 °C, 25 ± 1 °C y 35 ± 1 °C. (a) T ₁ : aceite turbio; (b) T ₂ : aceite límpido.....	291
Figura V. 11 Evolución de la “aceptación global” de aceite de nuez pecán almacenadas a 5 ± 1 °C, 25 ± 1 °C y 35 ± 1 °C. (a) T ₁ : aceite turbio; (b) T ₂ : aceite límpido.....	293
Figura V. 12 Análisis de componentes principales de la caracterización de aceites de nuez pecán T ₁ (aceite turbio) y T ₂ (aceite límpido) almacenados a 5 ± 1 °C, 25 ± 1 °C y 35 ± 1 °C. Resultados del día 405 de almacenamiento.....	297

Resumen

En Argentina se producen aproximadamente 3000 t de nuez pecán [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch], siendo Entre Ríos la principal provincia productora. Estos frutos se comercializan en el mercado interno y externo. Existen diferentes prácticas en cuanto al manejo poscosecha, dependiendo de los recursos e infraestructura con que cuentan los productores. A la fecha son escasos los estudios inherentes a cómo las prácticas de poscosecha afectan la calidad de la nuez pecán. En cuanto a su composición, estos frutos tienen un elevado contenido de lípidos, lo que posibilita la obtención de aceite. Esto es de interés para los productores ya que constituye una posibilidad de agregado de valor y una alternativa a la comercialización de nueces pecán con escaso valor comercial. Sin embargo, la presencia de ácidos grasos insaturados los hace susceptibles a reacciones de oxidación, reduciendo la vida útil de frutos y aceites. El objetivo de la Tesis Doctoral fue: Proporcionar a productores y PyMEs estrategias para la conservación de variedades de nuez pecán cultivadas en la provincia de Entre Ríos al menor coste; brindar información sobre el contenido y calidad de ácidos grasos presentes en las nueces y proponer un método de obtención y conservación de aceite aplicable a pequeños productores. Inicialmente se estudió la evolución de la calidad de la nuez pecán con cáscara en el almacenamiento durante 12 meses a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ y el uso de diferentes envases para el almacenamiento de nuez con cáscara a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ y $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Al finalizar el almacenamiento las nueces tuvieron calidad aceptable, ya que los jueces expertos las calificaron con una aceptación global entre “Ni me gusta, ni me disgusta” y “Me gusta un poco”, destacándose los atributos “Dulce”, “Crujiente” y “Sabor típico”; aun cuando fue perceptible el sabor rancio y los frutos se fueron oscureciendo con el transcurrir del tiempo. Por su parte, las nueces envasadas en envases de poliolefina, especialmente en polietileno de 100μ y polipropileno 30μ , y almacenadas a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ conservaron mejor sus atributos de calidad. Además, con el fin de minimizar el uso de frío para reducir costes, se estudiaron distintas estrategias de conservación, tales como momento de pelado, envasado en atmósfera modificada (AM) y tiempo de almacenamiento. Las nueces conservadas por un mayor período de tiempo fueron las nueces peladas inmediatamente luego de la cosecha, envasadas en AM y almacenadas a $20 \pm 1^\circ\text{C}$; o bien, las nueces conservadas con cáscara a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ por un período de tiempo no superior a los 3 meses, luego peladas, envasadas en AM y almacenadas a $20 \pm 1^\circ\text{C}$. En estas condiciones las nueces mantuvieron una calidad aceptable 180 d y 270 d, respectivamente. Cuando el período de tiempo entre la cosecha y el pelado superó los 3 meses las nueces mostraron

mayor pérdida de calidad, la que se puso de manifiesto por el incremento del índice de peróxidos, oscurecimiento de los frutos, aumento en la humedad, disminución de los sabores “Dulce” y “Típico” e incremento en los sabores “Rancio” y “Amargo”. Posteriormente se evaluó el contenido de aceite de diferentes variedades de nueces pecán y el perfil de ácidos grasos de aceites varietales. En el perfil de ácidos grasos se cuantificaron ácidos grasos saturados (entre 7,8 y 9,7%), monoinsaturados (entre 49,8 y 68,1%) y poliinsaturados (entre 23,6 y 40,7%). Las proporciones registradas de ácidos grasos, respecto del contenido total de lípidos, estuvieron comprendidas entre: $0,91 \pm 0,00\%$ – $1,73 \pm 0,01\%$ para el ácido linolénico; $22,56 \pm 0,02\%$ – $38,94 \pm 0,02\%$ para el ácido linoleico y $49,44 \pm 0,01\%$ – $67,71 \pm 0,04\%$ para el ácido oleico. En cuanto a la aceptabilidad la mayoría de los aceites fueron catalogados entre “Me gusta un poco” y “Me gusta moderadamente”. Los resultados mostraron que las variedades Desirable, Success, Starking, Cheyenne, Stuart, Mahan, Kernodle, INTA Delta 2 y Shoshoni tienen potencialidad para la obtención de aceite. En este sentido, se investigó la influencia de variables de proceso –tamaño de partícula, temperatura de prensado y humedad de la nuez triturada– en el rendimiento de obtención de aceite y en la calidad del mismo. Cuanto menor fue el tamaño de partícula en el prensado mayor fue la cantidad de aceite, alcanzando el máximo de 504,3 mL de aceite/kg de nuez, para tamaños de partícula menores a 1 mm. Las condiciones de la etapa de prensado que maximizaron el rendimiento de obtención de aceite y la calidad del mismo fueron 35°C y 5,5% de humedad. Finalmente se realizaron estudios sobre el efecto de la separación de finos a través de las etapas de decantación y centrifugación del aceite, además de la evolución de la calidad de aceites con y sin separación de finos durante el almacenamiento a $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$, $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $35 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Los aceites almacenados a $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ con o sin las etapas de separación de finos y los conservados a $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ sin las etapas de separación de finos; mantuvieron calidad aceptable durante 14 meses. Esta Tesis Doctoral, que proporciona información científica, constituye un aporte valioso de estrategias disponibles, para su adopción por parte de productores y PyMEs, en pos de preservar la calidad de sus productos por un mayor período de tiempo y al menor coste posible.

Abstract

In Argentina, approximately 3000 t of pecan nuts [*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch] are produced, with Entre Ríos being the main producing province. These fruits are commercialized in the internal and external market. There are different postharvest management practices, depending on the resources and infrastructure of the producers. There are few studies related to how postharvest practices affect the quality of pecans. Regarding its composition, these fruits have a high lipid content, which allows oil extraction. This is of interest to producers since it constitutes a possibility of adding value and an alternative to the commercialization of pecan nuts with limited commercial value. However, the presence of unsaturated fatty acids makes them susceptible to oxidation, reducing the shelf life of fruits and oils. The main objective of this Doctoral Thesis was to give producers and Small and Midsize Businesses (SMB) storage strategies of the conservation of different cultivars of pecan nuts grown in Entre Ríos at the lowest possible cost; to provide information about the content and quality of fatty acids present in nuts and suggest a useful method to obtain and conserve oil for small producers. Firstly, the evolution of the quality of in-shell pecans in storage for 12 months at $5 \pm 1^\circ\text{C}$ and the use of different packagings for its storage at $5 \pm 1^\circ\text{C}$ and $20 \pm 1^\circ\text{C}$ were studied. At the end of storage, the nuts were rated with acceptable quality by a panel of trained judges with a global acceptance between "Neither like nor dislike" and "Like a little", highlighting the attributes "Sweet", "Crunchy" and "Typical flavor"; even when the rancid taste was noticeable and the fruit darkened during storage. The nuts that better preserved their quality attributes were those packed in polyolefin packages, especially in polyethylene with 100μ thickness and polypropylene with 30μ thickness, and stored at $5 \pm 1^\circ\text{C}$. Furthermore, storage strategies were studied in order to minimize the use of refrigeration to reduce costs, such as, peeling time, modified atmosphere packaging (MA) and storage time. The nuts preserved for a longer period of time were shelled nuts immediately after harvest, packed in AM and stored at $20 \pm 1^\circ\text{C}$; or in shell nuts preserved at $5 \pm 1^\circ\text{C}$ for a period not exceeding 3 months, then shelled, packed in AM and stored at $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Under these conditions, nuts conserved an acceptable quality for 180 days and 270 days, respectively. When the period of time between harvesting and shelling exceeded 3 months, pecans showed greater loss of quality, which was evidenced by the increase in the peroxide value, increase in humidity and darkening of the fruits. Additionally, a decrease in "Sweet" and "Typical" taste and an increase in "Rancid" and "Bitter" flavor, were perceptible. Also, the oil content of different varieties of pecan nuts

and the fatty acid profile of varietal pecans oils were evaluated. The study found saturated (between 7.8 and 9.7%), monounsaturated (between 49.8 and 68.1%) and polyunsaturated (between 23.6 and 40.7%) fatty acids. Regarding the total lipid content, the results indicated linolenic acid ($0.91 \pm 0.00\%$ - $1.73 \pm 0.01\%$), linoleic acid ($22.56 \pm 0.02\%$ - $38.94 \pm 0.02\%$) and oleic acid ($49.44 \pm 0.01\%$ - $67.71 \pm 0.04\%$). In terms of acceptability, most oils were rated between "Like a little" and "Like moderately". The research carried out showed that Desirable, Success, Starking, Cheyenne, Stuart, Mahan, Kernodle, INTA Delta 2 and Shoshoni varieties have potential conditions for oil production. Related to this, the influence of process variables –particle size, pressing temperature and humidity of the crushed nut– on the yield of oil production and its quality, was evaluated. When the particle size in the pressing was smaller, more oil was obtained, reaching the maximum of 504.3 mL of oil/kg of nut, for particle sizes less than 1 mm. The conditions of the pressing stage that maximized the yield and quality of oil of obtaining were 35°C and 5.5% humidity. Finally, studies were carried out on the effect of the separation of fines throughout the stages of decantation and centrifugation of the oils, in addition to the quality evolution of oils with and without separation of fines during storage at $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$, $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ and $35 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Oils stored at $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ with and without the separation of fines, and those stored at $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ without the separation of fines, maintained an acceptable quality for 14 months. This Doctoral Thesis, which provides scientific information, constitutes a useful contribution of available strategies for producers and SMB to adopt, in order to preserve the quality of their products for a longer period of time and at the lowest possible cost.

Introducción General

1. La nuez pecán

El “Reglamento técnico sobre identidad y calidad de la nuez de pecán (*Carya illinoensis* Wangenh K. Koch) con cáscara” la define como nuez de pecán entera, es decir, el endocarpio lignificado que contiene la semilla comestible. El reglamento, entiende los siguientes términos como equivalentes: “pecán”, “nuez pecán”, “nuez de pecana”, “nuez de pacana”, “nuez de pecanero” o “nuez de nogal americano” (Res SENASA 446/2014, Artículo 3, Inciso p). En cambio, el Código Alimentario Argentino (CAA) no menciona específicamente a la nuez pecán. Sin embargo, entre los artículos 885 – 904 (Capítulo XI) están reglamentados una amplia gama de frutos secos: almendras, avellanas, castañas o nueces de Brasil, castañas de cajú, coco, guaraná, maní, sésamo, nueces, piñones, pistachos y sus mezclas. El artículo 899 define con el nombre de nueces a los endocarpios lignificados de los frutos maduros, sanos y secos de los nogales (*Juglans regia* L, etc.); por lo que se entiende que la nuez pecán se encuadra dentro de esta categoría.

1.1. Taxonomía

La nuez pecán, *Carya illinoensis*, es un árbol caducifolio que pertenece a la familia *Juglandaceae* y género *Carya* (Cervantes *et al.*, 2023).

El nogal de pecán es un árbol grande, con unos 20 a 30 m de altura, alcanzando hasta 40 m en condiciones adecuadas; con 12 a 20 m de diámetro de copa y 2 m de circunferencia del tronco. Su período productivo se caracteriza por durar más de cien años, produciendo nueces de gran valor comercial (Fronza *et al.*, 2018). La [Figura 1](#) muestra árboles de pecán implantados en la provincia de Entre Ríos.



Figura 1 Árboles de nuez pecán implantados en la provincia de Entre Ríos.

Los árboles de esta especie crecen bajo diversas condiciones climáticas. Los climas en las áreas nativas son húmedos con temperaturas medias de verano de hasta 27 °C y con extremos de 41 a 46 °C (Cervantes *et al.*, 2023). Las temperaturas anuales superiores a 30 °C no son adecuadas para los nogales, ya que pueden perjudicar la floración, el desarrollo y llenado de frutos, la acumulación de aceite e incluso caída prematura de frutos (Martins *et al.*, 2017). Además, los árboles requieren de suelos profundos, bien drenados, con buenos niveles de nutrientes y materia orgánica, buena capacidad de retención de agua y suelos ligeramente ácidos (pH 5,5) (Wells, 2017; Hussain *et al.*, 2021). Sin embargo, los árboles de pecán pueden crecer en una variedad de diferentes tipos de suelo, incluidos suelos ácidos, alcalinos, arcillosos, húmedos, ricos, arenosos, bien drenados y húmedos (Grauke, 2010).

Las variedades más cultivadas de nuez pecán en el noreste argentino, por su mayor adaptación y rendimiento productivo, son Desirable, Pawnee, Kiowa, Sumner, Oconee y Cape Fear. También se cultivan Choctaw, Mohawk, Nacono y Shoshoni. Esta última variedad es muy apreciada por su precocidad productiva. En el noroeste argentino se

cultivan variedades más adaptadas a climas secos como Western, Wichita, Mahan, Pawnee y Desirable (Delgado y Carabajal, 2018).

La nuez pecán es una planta monoica, que tiene inflorescencias estaminadas y pistiladas separadas en la misma planta; sin embargo, tiene un mecanismo llamado dicogamia (Delgado y Carabajal, 2018). Esto significa que el momento de la liberación del polen y la receptividad del pistilo no pueden superponerse. La dicogamia es un mecanismo morfológico desarrollado por la planta para evitar la autopolinización, lo que puede provocar un aumento de la endogamia, generando frutos más pequeños y menor rendimiento de grano (Wood, 2000). El tipo de dicogamia en los cultivares de nuez pecán no es fijo, sino que varía según el cultivar, región de cultivo, año, edad y vigor de la planta.

En virtud a que hay nogales que maduran primero las inflorescencias estaminadas y otros las inflorescencias pistiladas, Wood (2000) clasificó los cultivares de pecanas en dos grandes categorías. Los cultivares “Tipo I” o “protándrico”, cuya estructura estaminada madura primero y los cultivares “Tipo II” o “protógina”, en la que la estructura del pistilo madura primero, es decir que, el estigma de las flores femeninas se vuelve receptivo antes de que los amentos empiecen a desprender polen.

La polinización de la nuez pecán se lleva a cabo predominantemente por el viento (anemófila) y es efectiva hasta 49 m entre plantas, con una reducción sustancial de la fructificación en espacios más grandes (Wells, 2017).

1.2. El fruto de nuez pecán

La nuez pecán, al igual que otras frutas de la familia *Juglandaceae*, no son verdaderas nueces, sino que, técnicamente, se trata de una drupa (fruta con una sola semilla) (Wells, 2007). Se considera una de las fuentes alimenticias de alta energía, ya que los lípidos y los carbohidratos suelen constituir el 93 % del peso de la nuez (Hussain *et al.*, 2021).

El fruto, es una nuez de forma oblonga y elipsoidea, de 2,5 a 5 cm de largo y 1,5 a 3 cm de ancho; es de color marrón oscuro con una cáscara áspera de 3 a 4 mm de espesor, constituida por un embrión (parte comestible), un endocarpio liso y delgado (cáscara de la nuez) y un epicarpio y mesocarpio carnosos los cuales se abren a la madurez formando cuatro valvas longitudinales (ruezn) (Fronza *et al.*, 2018; Frusso, 2018).

Tras la polinización y fecundación del óvulo, comienza la formación de la semilla (embrión/almendra). Sin embargo, el desarrollo del fruto (nueces), pasa por dos fases:

primero, el crecimiento en tamaño (crecimiento estándar de la variedad) y, posteriormente, el llenado de las nueces (crecimiento de almendras) (Cervantes *et al.*, 2023).

El crecimiento estándar de la variedad, también se puede dividir en dos períodos: “Desarrollo temprano de la nuez”, que ocurre inmediatamente después de la polinización, durante las primeras dos semanas de diciembre. En este período, las nueces tienen un lento crecimiento. Y luego se produce el “desarrollo rápido de la nuez”, entre fines de diciembre y principio de enero. Durante este estado, las nueces crecen rápido pero no desarrollan la parte comestible (embrión). Se produce el inicio del “estado acuoso” (Frusso, 2018; De Marco *et al.*, 2021).

El llenado de las nueces, que generalmente ocurre a fines de enero a marzo, también pasa por diferentes fases (Figura 2), según se menciona a continuación.

“Inicio de llenado parte comestible”: Este período transcurre a partir de la tercera semana de enero hasta principios de febrero. El endospermo se encuentra en “estado acuoso” y en este período la mitad de la cáscara se endurece (Figura 2.a).

“Llenado de la parte comestible”: Ocurre de mediados de febrero hasta mediados de marzo. Es el fin del “estado acuoso”, inicio del “estado de gel” y “pastoso” (Figura 2.b). En esta fase la cáscara se encuentra endurecida. Si bien posteriormente se produce un aumento de las dimensiones de los frutos, no se produce un aumento significativo del tamaño de las nueces, ya que el endurecimiento de la cáscara impide este crecimiento. El crecimiento se debe al aumento del espesor de la cáscara (epicarpio) (De Marco *et al.*, 2021).

“Fin llenado parte comestible”: Este período transcurre desde mediados hasta fines del mes de marzo. Es el fin del “estado pastoso”, siendo este período donde se produce el desarrollo parcial de la parte comestible (Figura 2.c).

“Rajado de cáscara”: Transcurre desde fines de marzo hasta mediados del mes de abril. Se produce el desarrollo completo del embrión (parte comestible) (Figura 2.d), pudiéndose retirar el ruezno de la nuez.

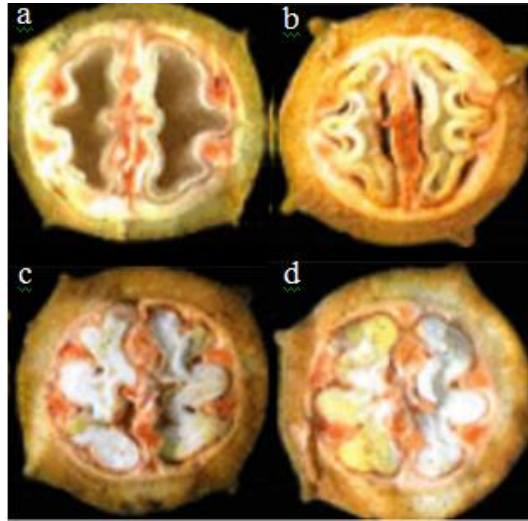


Figura 2 Morfología del núcleo de nuez pecán en cuatro etapas de desarrollo. (a) Inicio de “llenado parte comestible”. (b) “Llenado de la parte comestible”. (c) “Fin llenado parte comestible”. (d) “Rajado de cáscara”. (Zhang *et al.*, 2018).

Para lograr la identificación y caracterización de un cultivar de nuez pecán, uno de los atributos a considerar son la vista ventral y sección transversal de los frutos. Identificado el cultivar se puede proceder a la inscripción del cultivar en el Registro Nacional de Cultivares (RNC) o en el Registro Nacional de la Propiedad de los Cultivares (RNPC) del Instituto Nacional de Semillas (INASE). A la fecha el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (EEA Delta) inscribió 11 cultivares, de los cuáles 2 son de origen argentino y 9 de Estados Unidos. La **Figura 3** muestra fotos de cultivares inscriptos utilizados en la presente Tesis Doctoral.



Figura 3 Cultivares inscriptos en el Instituto Nacional de Semillas (INASE) (Frusso, 2018).

1.3. Situación actual del cultivo de nuez pecán

Estados Unidos y México son los mayores productores de nuez pecán a nivel mundial. En el año 2019, estos países alcanzaron aproximadamente 320.000 ha de producción (USDA, 2020). Los cultivos comerciales de pecán también están establecidos en Brasil, Israel, Australia, Perú, Sudáfrica y Argentina (Wakeling *et al.*, 2001; Ojeda-Barrios *et al.*, 2010). Además, con el desarrollo reciente del mercado chino y su demanda de nueces, se están implantando árboles de pecán a lo largo de la zona costera del sur de China (Zhang *et al.*, 2015).

Se calcula que en Argentina hay una superficie plantada de 10.000 ha (PortalFrutícola, 2022). Actualmente, el 80 % de la producción se concentra en las provincias del Litoral (Entre Ríos, Corrientes y Misiones), Buenos Aires y Santa Fe. En un relevamiento reciente desarrollado por INTA EEA Paraná y el Clúster del Pecán se identificaron en la provincia de Entre Ríos 459 lotes de plantaciones de la nuez pecán, lo que representa una superficie de 3.322 hectáreas (ha) (Calamari, 2021). En tanto, Santa Fe cuenta con 304,5 ha (Nabte, 2022a) y Buenos Aires, con 1049 ha (Nabte, 2022b). En la [Tabla 1](#) se muestra la distribución del cultivo en las provincias de Entre Ríos, Santa Fe y Buenos Aires.

Tabla 1 Cultivo de nuez pecán en las provincias de Entre Ríos, Santa Fe y Buenos Aires

(Calamari, 2021; Nabte 2022a y b).

Provincia	Edad de los árboles (años)	Cantidad de lotes	Superficie (ha)
Entre Ríos	Hasta 5	76	704
	6 – 10	145	1640
	11 – 15	211	871
	16 – 20	27	107
Santa Fe	Hasta 5	33	101,61
	6 – 10	75	133,7
	11 – 15	25	47,03
	16 – 20	28	22,13
Buenos Aires	Hasta 5	24	207,28
	6 – 10	108	515,21
	11 – 15	40	262,51
	16 – 20	10	63,98

En la Región Mesopotámica existen además, tres plantas industriales de pelado y cuatro plantas acondicionadoras. Además, se cuenta con el vivero Santa María, el cual se considera el más importante del país (PortalFrutícola, 2022). En el 2021, este vivero vendió alrededor de 75.000 plantas que, en un marco de plantación de 10 x 10 sería una superficie de 750 hectáreas, mientras que en el año 2022 la estimación de ventas ascendió a 75.000 – 85.000 plantas. En el mercado interno, el Vivero Santa María abastece a productores de Entre Ríos, Buenos Aires norte y centro, Santa Fe, Corrientes, Misiones, Chaco, Tucumán, Salta y Catamarca; además exporta a la República Oriental del Uruguay (Cluster del Pecán, 2022).

En el 2021 se exportaron el equivalente a mil toneladas (t) de nuez pecán con cáscara y otra cantidad similar se destinó al mercado interno. Los destinos de exportación fueron el Sudeste asiático, Medio Oriente, Brasil y la Unión Europea (PortalFrutícola, 2022).

La comercialización de las nueces ocurre tanto con cáscara como peladas. Sin embargo, el pecán con cáscara es mucho más sensible a la variación de baja de precios que cuando se lo comercializa sin cáscara, siendo mayor la estabilidad de los precios cuando mayor es la

participación en el proceso de agregado de valor (Gaido, 2019). En este sentido, en nuestro país las exportaciones de nuez pecán pelada comenzaron en el año 2018, siendo la cantidad exportada hasta el 2020 de 126 t. Los destinos de exportación fueron Arabia Saudita (63,0 %), Rusia (21,5 %), Europa a través de Holanda (13,5 %) y un pequeño porcentaje (1,2 %) a Estados Unidos y Uruguay (Perdomo *et al.*, 2021). Sin embargo, en el año 2021 la situación cambió; observándose un aumento significativo en las exportaciones y un incremento en la comercialización de nueces peladas. En ese año se exportaron 587,88 t de nuez pelada y 417,33 t de nuez con cáscara (Milanich *et al.*, 2022).

Cabe mencionar que mercados como Brasil y Holanda demandan actualmente nuez pelada y se prevé que la demanda de nuez sin cáscara irá en aumento. En este sentido, el sector privado prevé inversiones en el corto plazo para mejorar la capacidad de pelado nacional. El consumo de nuez pecán pelada es tradicional en los países productores y del hemisferio norte. En Holanda se registra un consumo estimado de 288 g/habitante/año, en México es de 279 g/habitante/año y en EEUU de 225 g/habitante/año. En Argentina el consumo ronda apenas los 10 g/habitante/año (Secretaría de Agroindustria, 2019).

Con el fin de incrementar el consumo del mercado interno se creó en el año 2022 el “Fondo de Promoción del Pecán Argentino” que además, pretende posicionar el producto en el mercado internacional.

1.4. Composición de la nuez pecán

El crecimiento constante de la producción y el consumo cada vez más generalizado de nuez pecán, se deben en gran medida a la composición de los ácidos grasos y componentes fitoquímicos, como ácidos fenólicos, flavonoides, saponinas, fitoesteroles, así como aminoácidos y minerales.

Las nueces pecán son una de las fuentes alimenticias de alta energía que proporcionan 691 – 718 kcal/100 g (Tabla 2). Estas nueces tienen la proporción más alta de ácidos grasos insaturados/saturados (13,54) (Atanasov *et al.*, 2018).

La nuez pecán se caracteriza por ser una fruta con alto contenido de lípidos (52,70 % – 78,07 %), baja humedad (2,13 % – 6,36 %) y cantidades relativamente bajas de carbohidratos (4,92 % – 17,74 %), entre ellos azúcares (3,27 % – 5,31 %). Sin embargo, el contenido de fibra puede alcanzar hasta un 15,94 % (Rodrigues *et al.*, 2013; Ribeiro *et al.*, 2020a; Descalzo *et al.*, 2022). El contenido de proteínas varía entre 6,00 % y 17,84 % y el de cenizas entre 1,10 % y 1,79 % (Venkatachalam *et al.*, 2007; Tanwar *et al.*, 2021). Las

variaciones en la composición de la nuez pecán están asociadas a factores genéticos, edafoclimáticos y agronómicos (Beuchat y Pegg, 2013).

Tabla 2 Composición de nuez pecán (Hussain *et al.*, 2021).

Nutriente	Cada 100 g	Nutriente	Cada 100 g
Agua	3,5 g	Fósforo	277 mg
Calorías	691 kcal	Potasio	410 mg
Proteína	9,2 g	Calcio	70 mg
Aceite	72,0 g	Selenio	6,0 µg
Azúcar	4,0 g	Riboflavina	1,0 mg
Cenizas	1,5 g	Niacina	1,2 mg
Carbohidratos	13,9 g	Tocoferol	0,5 mg
Fibra dietaria	9,6 g	Vitamina A	77 IU
Magnesio	121 mg	Vitamina C	1,10 mg

Los principales ácidos grasos presentes en el aceite de nuez pecán son oleico ($C_{18:1} \Delta^9$), linoleico ($C_{18:2} \Delta^6$), palmítico ($C_{16:0}$) y esteárico ($C_{18:0}$). Además contiene pequeñas cantidades de α -linolénico ($C_{18:3} \Delta^3$), araquidónico ($C_{20:0}$), eicosenoico ($C_{20:1} \Delta^9$), palmitoleico ($C_{16:1} \Delta^7$), margárico ($C_{17:0}$), mirístico ($C_{14:0}$) y heptadecenoico ($C_{17:1} \Delta^7$) (Siebeneichler *et al.*, 2023).

Además, estos frutos son una fuente importante de vitaminas y minerales. Entre las primeras se destacan las vitaminas E, especialmente γ -tocoferol, y vitaminas del grupo B como ácido fólico. Entre los minerales, se encuentran calcio, magnesio, fósforo, potasio y zinc (Descalzo *et al.*, 2022). También poseen un elevado contenido de polifenoles, especialmente epigallocatequina-3-galato –reconocido como un compuesto promotor de la salud– y ácido elágico –asociado con actividad hepatoprotectora– (Venkatachalam y Sathe, 2006; de la Rosa *et al.*, 2011; Watson y Preedy, 2019; Wu *et al.*, 2022).

1.5. Factores que afectan la calidad de la nuez pecán

La calidad de los frutos de nuez pecán pueden ser afectados por factores asociados a la precosecha como a la poscosecha (Ribeiro *et al.*, 2020a y b; Yemmireddy *et al.*, 2020;

Thewes *et al.*, 2021b). Debido a su alto contenido en aceite, especialmente ácidos grasos insaturados, el principal problema en el almacenamiento de nueces pecán es la oxidación de los lípidos (Descalzo *et al.*, 2022). Estas reacciones pueden resultar en sabores desagradables perceptibles, que sensorialmente se traducen en baja aceptación global, aparición de rancidez, pérdida de dulzura y sabor típico, oscurecimiento y defectos de textura. Por ello, es crucial conocer los factores críticos y determinantes para mantener la calidad en términos de composición química y aspectos sensoriales, para alargar la vida útil y así asegurar el suministro de nueces de alta calidad en temporada baja (Siebeneichler *et al.*, 2023).

La nuez pecán alcanza la madurez fisiológica cuando el epicarpio se divide en cuatro suturas, dejando al descubierto la nuez, para luego desprenderse de la planta y caer al suelo. En la [Figura 4](#) se muestra la modalidad de cosecha de una productora de la provincia de Entre Ríos.



[Figura 4](#) Cosecha de nuez pecán en campo de productora de la provincia de Entre Ríos.

Después de la caída, la nuez debe recolectarse inmediatamente, ya que el tiempo en contacto con el suelo puede provocar un incremento de su humedad y promover la

aparición de hongos (Taylor *et al.*, 2020). Sin embargo, la nuez pecán se puede cosechar antes de que ocurra el desprendimiento natural, alcanzada la madurez comercial. Ésta última se alcanza cuando el color de la cáscara cambia de blanco a marrón. Para facilitar el proceso de recolección, se utilizan sacudidores hidráulicos. La cosecha en esta etapa requiere que la nuez se seque artificialmente, por lo que el sabor característico se desarrolla durante el secado (Siebeneichler *et al.*, 2023).

Otros factores, como la presión parcial de O₂, la temperatura, la humedad relativa, el procesamiento y el tipo de empaque, también afectan las características de calidad de las nueces; lo que puede acelerar, retrasar o desencadenar reacciones de oxidación y/o microbiológicas (Ribeiro *et al.*, 2020b).

En los últimos años se han abordado estudios relacionados a diferentes condiciones de almacenamiento con el objetivo de prolongar la vida útil de las nueces (Siebeneichler *et al.*, 2023). En este sentido se encontraron publicaciones que señalan que nueces con cáscara almacenadas a temperatura ambiente comienzan a oxidarse entre 6 y 8 meses después de la cosecha (Descalzo *et al.*, 2022). El deterioro se puede evitar o disminuir utilizando bajas temperaturas de almacenamiento, con el fin de llegar al próximo período de cosecha (Descalzo *et al.*, 2021; Ribeiro *et al.*, 2021; Thewes *et al.*, 2021a). Otra estrategia para el comercio minorista es el almacenamiento de nueces sin cáscara, sin embargo, estas son más susceptibles a la oxidación que las nueces con cáscara porque esta última contiene antioxidantes fenólicos que pueden formar una barrera protectora contra la oxidación (Flores-Estrada *et al.*, 2020; Dórame-Miranda *et al.*, 2021; Descalzo *et al.*, 2022).

Muchos autores describen diferentes estrategias para la conservación de los frutos secos. Estas estrategias comprenden nueces sin cáscara con diferentes empaques y ambientes atmosféricos, así como conservación con cáscara, principalmente para almacenamiento a granel en instalaciones de nueces pecán bajo diferentes condiciones de temperatura y oxígeno. El compromiso entre el costo de la energía y el mantenimiento de la calidad de las nueces dependerá de las posibilidades de los productores y minoristas (Descalzo *et al.*, 2022). A continuación se analizan diferentes factores que influyen en la calidad de la nuez pecán.

1.5.1. Humedad

El contenido de humedad de las nueces varía, pudiendo llegar en algunos casos hasta un 30 %. Esto depende de la etapa de maduración, la forma de cosecha y el lugar de cultivo (Zhang *et al.*, 2019).

Un alto contenido de humedad en las nueces favorece el desarrollo de hongos, acelera las reacciones hidrolíticas y oxidativas e induce una mayor germinación; lo que compromete la calidad de los frutos y reduce el valor de mercado (Siebeneichler *et al.*, 2023). La humedad también aumenta la formación de compuestos volátiles, ya que las nueces más húmedas presentan mayores concentraciones de alcoholes como 2-metilbutanol y 3-metilbutanol, formados a partir de la degradación de aminoácidos (Thewes *et al.*, 2021b). Estos alcoholes confieren a las nueces sabores desagradables a rancio y fermentado (Kyrleou *et al.*, 2021).

Es posible mantener la calidad de las nueces hasta 12 meses cuando el contenido de humedad está comprendido entre 5,5 % – 6 % y la temperatura de almacenamiento es de 10 °C (Ribeiro *et al.*, 2020b); o bien, utilizando bajas presiones parciales de O₂ a temperatura ambiente. La humedad ideal para el almacenamiento de la nuez pecán es 4 % (Thewes *et al.*, 2021b).

Otro aspecto importante es el control de la humedad relativa del ambiente de almacenamiento. Para mantener el contenido de humedad ideal (4 %), la atmósfera debe tener entre 65 – 70 % de humedad relativa. Cuando no se realiza este control, la baja humedad provoca un secado excesivo; mientras que el exceso de humedad afecta la textura de las nueces, dejándolas blandas, con apariencia gomosa, y también puede causar pardeamiento, debido a la disolución del ácido tánico, presente en la cáscara de las nueces (Kureck *et al.*, 2018).

1.5.2. Temperatura

Con el fin de reducir el contenido de humedad de las nueces después de su recolección, una de las primeras etapas después de la cosecha es el secado (Siebeneichler *et al.*, 2023). Si el contenido de humedad es elevado se requieren largos períodos de secado, lo que expone a las nueces a altas temperaturas por tiempos prolongados. Este tratamiento favorece la oxidación, disminuye la coloración amarilla, aumenta la fragilidad de las nueces durante el pelado y reduce la aceptación por parte de los consumidores (Gardea *et al.*, 2011; Thewes *et al.*, 2021b).

Para prolongar la vida útil de las nueces, estas deben deshidratarse lo antes posible hasta alcanzar una humedad de aproximadamente 4 %, además de llevar a cabo un monitoreo de la humedad relativa durante el almacenamiento (Siebeneichler *et al.*, 2023). Sin embargo, en provincias como Entre Ríos, en las que la humedad relativa varía, según datos tomados en la Estación Meteorológica de la EEA Concordia, entre 66,0 % (en diciembre) y 82,9 % (en junio) con una media anual de 75,2 %, el almacenamiento constituye una dificultad. Por ello frecuentemente se requiere que éste se lleve a cabo en condiciones de refrigeración, puesto que un almacenamiento prolongado a temperaturas de 20 °C da como resultado nueces oscuras y aumento de compuestos asociados a la oxidación de lípidos (Ribeiro *et al.*, 2020b; Descalzo *et al.*, 2021).

Los métodos que aplican bajas temperaturas, como la refrigeración, son comunes para la conservación de alimentos; debido a la reducción de la tasa de respiración, al retardar la actividad enzimática y las reacciones químicas (Kaale *et al.*, 2011). Además, la refrigeración puede ayudar a controlar la proliferación de hongos toxigénicos, que representan un peligro para la salud de los consumidores (Ribeiro *et al.*, 2021).

Las nueces pecán almacenadas en condiciones de refrigeración mantienen por más tiempo la composición de compuestos volátiles y los atributos sensoriales característicos a frutos secos recién cosechados (Prabhakar *et al.*, 2022). Si bien la refrigeración es un método muy extendido y fácil de asociar con otros métodos de conservación como la atmósfera controlada, la desventaja es el alto costo de mantener la cadena de frío durante largos períodos de almacenamiento (Siebeneichler *et al.*, 2023); lo que puede constituir un problema para productores de baja escala y pequeñas y medianas empresas (PyMEs).

1.5.3. Oxígeno

La concentración de oxígeno es uno de los factores extrínsecos más importantes para la calidad de la nuez durante el almacenamiento, ya que promueve la oxidación de lípidos (Raisi *et al.*, 2015). Ésta es la causa principal del desarrollo de aromas no deseados en las nueces y ocurre cuando el aceite presente en los frutos es expuesto al oxígeno del aire (Ahmed *et al.*, 2016).

Una técnica muy utilizada para prolongar la calidad de la fruta es la atmósfera controlada, que generalmente consiste en reducir la presión parcial de oxígeno (pO_2) y aumentar la presión de dióxido de carbono. Esta combinación reduce el metabolismo de la fruta y, por lo tanto, las reacciones bioquímicas asociadas con el proceso de senescencia.

Sin embargo, la optimización de la composición óptima de los gases atmosféricos para prolongar la vida útil debe probarse y determinarse para cada tipo de fruta (Siebeneichler *et al.*, 2023). Según Descalzo *et al.* (2022) el tratamiento al vacío no contribuye a prolongar la vida útil de las nueces pecán.

Estudios publicados señalaron que nueces pecán almacenadas por 12 meses en ambiente con alta presión de oxígeno (20,9 kPa), provocó pardeamiento, mayores valores de acidez, índice de peróxidos y producción de hexanal, heptanal y octanal. Estos aldehídos son indicadores de degradación de lípidos. Sin embargo, cuando el almacenamiento se llevó a cabo en un entorno con pO_2 reducida (2 kPa) disminuyó significativamente la tasa de respiración de la fruta, lo que se reflejó en el mantenimiento del color característico, menor incidencia de pardeamiento interno y menor acidez (Thewes *et al.*, 2021b).

Ribeiro *et al.*, (2020b) obtuvieron que condiciones de pO_2 de 3 kPa o de 1 kPa y temperaturas de 10 °C o 1,5 °C son efectivas para mantener la calidad y retardar los procesos oxidativos de nueces pecán almacenadas con cáscara hasta 12 meses. En cambio cuando la temperatura de almacenamiento fue 20 °C la calidad de los frutos se mantuvo durante 6 meses. Sin embargo, es preciso tener en cuenta que la reducción de la pO_2 durante el almacenamiento de la nuez pecán provocó cambios en el perfil de los compuestos volátiles, favoreciendo la formación de compuestos ácidos, como el ácido nonanoico (un compuesto asociado con olor “verde” y aroma graso), ácido octanoico (que contribuye a las notas grasas y a queso) y ácido heptanoico (asociado con amargor y rancidez). Mientras que, el almacenamiento a pO_2 atmosférico favoreció la formación de una mayor cantidad de aldehídos, alcoholes y cetonas, como hexanal y 2-heptenal, dos marcadores importantes de la oxidación de lípidos, que están asociados con el olor verde (Zhou *et al.*, 2018; Mu *et al.*, 2019).

Siebeneichler *et al.* (2023) señalaron que bajas concentraciones de oxígeno promueven la estabilidad oxidativa de las nueces, especialmente cuando se combinan con otros métodos de conservación, como la reducción de la temperatura y la humedad. Sin embargo, Ribeiro *et al.* (2020b) publicaron que nueces almacenadas a 1 kPa tuvieron mayor índice de peróxido que las almacenadas a 3 kPa. En este sentido, se encontraron pocas investigaciones sobre la interacción de la pO_2 con otros factores que afectan la conservación de nueces pecán, como la humedad y la temperatura (Thewes *et al.*, 2021b).

1.5.4. Variedad

La nuez pecán es rica en lípidos, carbohidratos y proteínas. Estos frutos también poseen ácidos grasos, vitaminas y minerales. Entre los lípidos están presentes altos niveles de ácidos oleico y linolénico. Además, son una fuente importante de compuestos con actividad antioxidante como α y γ -tocoferoles y compuestos fenólicos (Polmann *et al.*, 2019). Entre los compuestos fenólicos encontrados en nuez pecán se destacan ácidos fenólicos (ácido elágico, ácido gálico), flavonoides (catequina y epicatequina) y taninos condensados (Noperi-Mosqueda *et al.*, 2019).

Existe un gran número de variedades de nueces pecán, las cuales presentan diferencias en su composición nutricional, biometría y contenido fitoquímico. Estas diferencias tienen efecto significativo en el desarrollo de reacciones oxidativas; lo que impacta en el período de vida útil de los frutos. Por lo tanto, la presencia de componentes que retrasen estas reacciones de deterioro (antioxidantes) y la menor concentración de lípidos insaturados contribuirán a su conservación (Ribeiro *et al.*, 2020b). La capacidad antioxidante de las nueces pecán se debe principalmente a la presencia de compuestos fenólicos, los que varían dependiendo la variedad y el estado de madurez de las nueces (Jia *et al.*, 2018).

Se encontraron investigaciones que hacen referencia al efecto de la composición lipídica y a la presencia de antioxidantes sobre la calidad de la nuez pecán durante el almacenamiento. Así, un estudio con la variedad Mahan señala que ésta posee componentes que le imparten alta actividad antioxidante respecto de las variedades Moore y Burkett cultivadas en Túnez; además tiene menores cantidades de ácidos grasos poliinsaturados, por lo que esta variedad tiene un mayor potencial para mantener la calidad durante el almacenamiento y puede utilizarse para el suministro del mercado fuera de temporada (Bouali *et al.*, 2020). En cambio, Ribeiro *et al.* (2020b) señalaron que las variedades Success y Chickasaw poseen mayores concentraciones de compuestos relacionados con la oxidación de lípidos, mostrando menores tiempos de estabilidad oxidativa en la prueba de Rancimat; por lo que concluyeron que estas variedades de nuez pecán cuentan con menor potencialidad para el almacenamiento. Estos investigadores también publicaron que la variedad Imperial duplicó el contenido de compuestos fenólicos respecto de Desirable, por lo que estos compuestos antioxidantes otorgan a la primera variedad mayor potencialidad para la conservación.

Durante el almacenamiento de las variedades Chickasaw, Success y Improved se observó la formación de altas concentraciones de aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos,

lo que puso de manifiesto la ocurrencia de reacciones de oxidación de lípidos y, en consecuencia, la menor capacidad de estos frutos secos a conservar sus atributos de calidad durante el almacenamiento prolongado (Siebeneichler *et al.*, 2023).

1.5.5. Envase

La nuez pecán pelada es elegida por los consumidores, por su gran facilidad y oportunidad de consumo respecto al producto con cáscara; por lo que resulta indispensable la incorporación de un envase que permita mantener su calidad (Gorostiague *et al.*, 2022).

El envase de un alimento constituye una barrera física contra la luz, la humedad, el aire atmosférico, la suciedad y los microorganismos. Además, una tecnología de envasado adecuada, puede aumentar la vida útil de los alimentos (Bhardwaj *et al.*, 2019). Se demostró que el uso de bolsas bilaminadas y atmósfera de nitrógeno conserva la calidad de las nueces pecán, sin necesidad de utilizar almacenamiento a baja temperatura (Descalzo *et al.*, 2022).

Además de los envases tradicionales, los nuevos materiales y los métodos innovadores han aumentado el nivel de funcionalidad de los envases. Los envases activos e inteligentes se están desarrollando cada vez más para preservar y controlar la calidad de los alimentos y maximizar la vida útil (Yousefi *et al.*, 2019). Los estudios que evalúan la calidad de las nueces pecán sujetas a almacenamiento en envases aún son escasos (Siebeneichler *et al.*, 2023).

2. Aceite

2.1. Importancia del aceite a nivel mundial y nacional

La industria del aceite vegetal juega un papel importante en la economía global y la demanda de alimentos (Laoretani *et al.*, 2017; Hails *et al.*, 2020). Durante las últimas décadas, a nivel mundial se observó una tendencia creciente en el consumo de aceites vegetales (Durán Agüero *et al.*, 2015). En el año 2020, como consecuencia del aislamiento social a raíz de la pandemia por Covid-19, a nivel mundial se observó un incremento del 1,7 % en el consumo de aceites vegetales. Sin embargo, las perspectivas de producción de aceites vegetales en el año comercial 2022/23 mantienen un importante grado de incertidumbre, agudizado por la guerra en Ucrania y su impacto aún desconocido en la producción y el comercio aceitero (Bolsa de Cereales de Bahía Blanca, 2022).

Los aceites que dominan el mercado de los aceites vegetales a nivel mundial son 4: aceite de palma, aceite de soja, aceite de colza y aceite de girasol. Estas cuatro variedades constituyen el 75 % del volumen de aceites producido cada año. La producción de aceite de palma representa más del 40 % del total de aceites, con 80,5 millones de toneladas (Mt) producidas en la campaña 2022/23; el aceite de soja representa casi un 33 % y el aceite de colza cuenta con una participación del 15 %. Por otra parte, el cuarto aceite en importancia, el de girasol, tiene una participación menor en la producción mundial, rondando el 11 % (Bolsa de Comercio de Rosario, 2022).

La producción de aceite de girasol se concentra en la región del Mar Negro, siendo Ucrania y Rusia los principales países productores. Además, ambos son los mayores exportadores a nivel global, con el 50 y 28,5 % respectivamente. Le siguen Turquía y la Unión Europea con el 5,6 % y Argentina con el 4,7 %. Sin embargo, el aceite de girasol en Argentina ha mostrado un comportamiento diferente a lo observado en términos globales. En el periodo comprendido entre los ciclos 2002/03 – 2021/22 fue significativa la caída, observándose posteriormente un estancamiento de la producción de semilla de girasol y, por ende, de la producción y comercialización de su aceite (Bolsa de Cereales de Bahía Blanca, 2022).

En el segmento de los aceites vegetales que se producen en la Argentina, en los mercados oleaginosos nacional e internacional son muy importantes los de girasol y de soja. Si bien el maíz participa en menor medida en el mercado de aceites (debido a que es un subproducto), este es muy aceptado y apreciado (Delucchi *et al.*, 2019). En cambio, en nuestro país la preferencia de consumo de aceites recae en el de girasol y en menor medida el de maíz, cuya producción en la campaña 2015/2016 fue de 43,1 Mt (De Bernardi, 2018).

Respecto del aceite de oliva, Argentina se posiciona en el mercado mundial como el décimo productor de aceite de oliva, sexto exportador y es líder en producción y exportación de productos olivícolas en América (Maraulo y Alderete, 2020). Según datos del Consejo Oleícola Internacional (COI), el sector olivícola también experimentó un importante ciclo de crecimiento en producción y exportación. Larrosa *et al.* (2022) indicaron que el sector está orientado mayoritariamente a la exportación, dado que el consumo doméstico es muy bajo. El consumo de aceite de oliva en Argentina es de 140 mL/habitante/año, lo cual es bajo comparado con España, cuyo consumo supera los 13 L/habitante/año).

Los aceites comestibles producidos a partir de frutos secos contribuyen a la creciente demanda de los consumidores, por ser alternativas de aceites vegetales saludables (Maestri *et al.*, 2020). El nicho de mercado de estos aceites está orientado a consumidores que conocen las propiedades saludables de los productos alimenticios, que siguen una dieta equilibrada y que buscan nuevos productos funcionales (Hao *et al.*, 2021; Jakše *et al.*, 2021). En los últimos años, la obtención de aceites de frutos secos ha ganado la atención de la industria y de los productores, orientados a satisfacer la creciente demanda de aceites novedosos y saludables (Fernandes *et al.*, 2017; Du *et al.*, 2022).

Aunque la cuota de mercado de los aceites de frutos secos es baja en comparación con la de las semillas oleaginosas tradicionales, el nicho de mercado internacional del aceite de nuez es considerablemente grande, siendo la nuez pecán una especie prometedora para la producción a gran escala de aceite comestible (Dávila *et al.*, 2022). El aceite de nuez pecán es un producto con creciente interés comercial, hoy en día se comercializa principalmente como ingrediente para la cocina *gourmet* y en la producción de cosméticos (Siebeneichler *et al.*, 2023). El interés por este aceite se debe a la presencia de componentes que le confieren beneficios para la salud, tales como ácidos grasos mono y poliinsaturados, tocoferoles, fitoesteroles, fosfolípidos, esfingolípidos, escualeno, polifenoles, carotenoides y tocotrienoles (Álvarez-Parrilla, 2018).

2.2. Obtención de aceite

Tradicionalmente, los aceites vegetales de diferentes matrices son extraídos por presión y mediante el empleo de disolventes orgánicos (Li *et al.*, 2016; Siger *et al.*, 2017). La elección de los métodos de obtención de aceites de frutos secos es importante, ya que la calidad nutricional, los sabores, la estabilidad oxidativa e incluso las aplicaciones de los aceites dependen en gran medida del proceso de obtención (condiciones experimentales, agente extractor, entre otros) (Martínez y Maestri, 2015; Maestri *et al.*, 2020; Burin *et al.*, 2022; Delgado-Soriano *et al.*, 2022).

Los métodos químicos son ampliamente utilizados para diversas matrices alimentarias, aunque actualmente el uso de solventes en la industria es motivo de preocupación en sectores gubernamentales y medioambientales (Satriana *et al.*, 2019). En la extracción por solventes, el aceite se separa por medio de un solvente líquido, generalmente hexano. Si bien la extracción de aceite con hexano es eficiente, éste es un solvente muy cuestionado desde el punto de vista toxicológico y ambiental (Vargas *et al.*, 2020). En la extracción con

solvente, el aceite presente en la semilla oleaginosa se solubiliza en el solvente y, al final el aceite y la harina son procesados para separarlos del solvente, debido a su alta toxicidad (Castejón *et al.*, 2018).

La controversia del uso de compuestos orgánicos se debe a que a estos se les atribuye la posibilidad de causar enfermedades como cáncer, con el tiempo; además de que, al ser volátiles, se liberan a la atmósfera y a que el solvente puede afectar negativamente la calidad del producto. Por otra parte, la extracción con solvente es un proceso costoso ya que requiere una relación de disolvente : sólido de aproximadamente 1 : 12 (Azadmard-Damirchi *et al.*, 2010; Yang *et al.*, 2013; Delfan-Hosseini *et al.*, 2017; Dedevas *et al.*, 2021).

Otra alternativa para la obtención de aceite es la extracción por fluido supercrítico, una tecnología segura para el consumidor, limpia (libre de disolventes), amigable con el medio ambiente, que permite lograr altos rendimientos de extracción y/o alta selectividad, mediante el control de las condiciones de presión y temperatura. El dióxido de carbono es el disolvente de alta presión más utilizado (Salvador *et al.*, 2016).

Otro alcano que se utiliza como agente extractor es el propano. A diferencia del hexano, éste es una sustancia química no cancerígena y no neurotóxica. Sus propiedades permiten realizar el proceso de extracción en condiciones más suaves (presiones y temperaturas más bajas) en comparación con el dióxido de carbono (Burin *et al.*, 2022). Este gas licuado posibilita la obtención de alto rendimiento de extracción y debido a que es recuperable los costos de obtención de aceite se reducen (Scapinello *et al.*, 2017). Sin embargo, el propano es altamente inflamable, tóxico y por estas características demanda más cuidado, atención y control respecto del uso de dióxido de carbono (Valente *et al.*, 2018).

Cualquiera sea el solvente utilizado, esta forma de extracción requiere de instalaciones costosas, con un nivel tecnológico que no se encuentra al alcance de PyMEs orientadas a la obtención de aceites de nuez pecán; debido a que los volúmenes de aceites especiales se producen en baja escala. Por lo tanto, las instalaciones costosas y el elevado costo de producción de aceites especiales no hacen rentable la producción a escala semi-industrial (Krumreich *et al.*, 2018).

En el proceso de obtención de aceites especiales o de nicho, la tecnología es importante. Se busca que esta sea lo más simple posible y que se encuadre en los principios de desarrollo sostenible (Czwartkowski *et al.*, 2022). En este sentido, la extracción de aceite mediante la extrusión mecánica es un proceso simple, no intensivo en capital y

comúnmente utilizado por productores de bajo volumen (Cockerham *et al.*, 2011). Además, esta tecnología es de fácil manejo y confiable, ya que no existe el riesgo de que quede solvente en los aceites (Martínez *et al.*, 2017; Fantino *et al.*, 2020). El principal motivo por el que el prensado mecánico es de uso frecuente en la obtención de aceite es que los equipos son de construcción simple y resistente, pueden ser mantenidos y operados con facilidad y pueden adaptarse rápidamente al procesamiento de diferentes semillas oleaginosas. Además, a diferencia del método de extracción con solventes, el prensado mecánico permite obtener tortas ricas en proteínas libres de químicos (Yate *et al.*, 2020). Las prensas utilizadas en los métodos mecánicos pueden ser hidráulicas o de tornillo helicoidal. Ambas permiten obtener aceite de uso directo (Konopka *et al.*, 2016).

Diversos autores han reportado mayores rendimientos en aceite utilizando prensas helicoidales en comparación con las hidráulicas (Álvarez-Ortí *et al.*, 2012; Rabadán *et al.*, 2017; Delgado-Soriano *et al.*, 2022); sin embargo, el aceite extraído mediante prensado hidráulico ha mostrado mejores índices de calidad en comparación con el aceite obtenido por prensado en prensas de tornillo (Sena-Moreno *et al.*, 2015; Maestri *et al.*, 2020).

Teniendo en cuenta que varios factores pueden influir en la eficiencia de extracción y la calidad química del aceite en los procesos de prensado, los parámetros del proceso deben determinarse para cada materia prima, debido al hecho de que no es factible asumir un comportamiento similar, incluso cuando la comparación se realiza entre nueces y semillas oleaginosas (Fantino *et al.*, 2020).

2.3. Composición de los aceites

Los aceites son alimentos fundamentalmente calóricos (Martínez y Maestri, 2015). Los aceites vegetales poseen mayormente acilglicéridos (forman ésteres de ácidos grasos con el glicerol), siendo los más comunes y abundantes los triglicéridos (Bouali *et al.*, 2022).

Los ácidos grasos poseen en su estructura largas cadenas hidrocarbonadas. Si bien estos son abundantes en la naturaleza, difieren fundamentalmente en la longitud de la cadena, en la presencia o no de insaturaciones, en el número de estas últimas y en sus posiciones. Los más comunes poseen 16 y 18 átomos de carbono (Martínez y Maestri, 2015). Los ácidos grasos naturales presentan isomería de posición, esto es, los dobles enlaces pueden ocupar distintas posiciones. Además, adoptan la configuración *cis* y solo unos pocos presentan configuración *trans* (Griguol *et al.*, 2007; Martínez y Maestri, 2015).

Dependiendo de la distancia entre el último doble enlace y el grupo metilo terminal de la cadena carbonada, los ácidos grasos se clasifican en las series o familias de ω -9, ω -6 y ω -3. El ácido oleico constituye un ejemplo de la serie ω -9, mientras que ácido linoleico es un ácido graso ω -6, y el linolénico constituye la serie ω -3 (Wang *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2022).

Es sabido que los ácidos grasos saturados contienen enlaces sencillos entre los carbonos y responden a la fórmula general $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$. Dentro de los aceites de origen vegetal con mayor grado de saturación se encuentran los aceites de palma, palmiste, y coco (Martínez y Maestri, 2015). Por lo que respecta a su uso, pueden soportar altas temperaturas y se pueden conservar durante 12 meses a temperaturas de refrigeración (4 - 8 °C) al abrigo de la luz (De Almeida *et al.*, 2020).

Los ácidos grasos insaturados contienen al menos uno o más dobles enlaces entre los carbonos. El ácido graso monoinsaturado más común es el ácido oleico (Delucchi *et al.*, 2019). Con predominio de ácidos grasos monoinsaturados se encuentran los aceites de oliva, o aceites de semillas “alto oleico” como algunas variedades de girasol, maní o colza y aceites de nuez pecán (Martínez y Maestri, 2015; Atanosov *et al.*, 2018; Bouali *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2022). Otros ácidos grasos presentes en los aceites son los ácidos linoleico y linolénico, que contienen dos y tres dobles enlaces, respectivamente. Cuanto mayor es el grado de insaturación más reactivos son (Delucchi *et al.*, 2019). Los aceites de soja y maíz están compuestos mayoritariamente por ácidos poliinsaturados (Martínez y Maestri, 2015). En cambio, el aceite de nuez pecán presenta altos contenidos de ácidos grasos monoinsaturados (~ 68 %), cantidades moderadas de poliinsaturados (~ 25 %) y bajas proporciones de ácidos grasos saturados (~ 7 %) (Maestri *et al.*, 2020). En un estudio realizado por Bouali *et al.* (2022) encontraron en aceites de nuez pecán de las variedades Moore y Mahan cultivadas en Túnez, que el ácido predominante fue el ácido oleico, seguido de los ácidos linoleico y palmítico. Mientras que Zhang *et al.* (2022) encontraron que la composición de ácidos grasos de nuez pecán de 10 variedades seleccionadas en China, fue principalmente ácido oleico y ácido linoleico, seguido por ácido palmítico, ácido esteárico, ácido linolénico y trazas de ácido cis-11-docosenoico y ácido araquídico.

En proporción mucho menor a la de los triglicéridos, en los aceites vegetales se encuentran ácidos grasos libres o no esterificados, fosfátidos (habitualmente en la forma de fosfoglicéridos), ceras y compuestos insaponificables que incluyen esteroides,

hidrocarburos, carotenoides y vitaminas liposolubles como tocoferoles, entre otros (Maestri *et al.*, 2020).

Además del aporte calórico ya mencionado, los aceites vegetales son fuente de numerosas sustancias de importancia biológica. Los ácidos linoleico y linolénico se consideran esenciales, por lo que deben estar presentes necesariamente en los alimentos que se consumen (Martínez y Maestri, 2015).

Además de los ácidos grasos, están presentes compuestos en cantidades menores a los que se les atribuye propiedades antioxidantes, nutricionales y con efectos beneficiosos para la salud; tales como vitamina E, principalmente α - y γ -tocoferoles, escualeno, esteroides, pigmentos y compuestos fenólicos (Alasalvar y Pelvan, 2011; Alasalvar y Bolling, 2015; Fernandes *et al.*, 2017; Juhaimi *et al.*, 2018).

2.4. Calidad de los aceites

La calidad de los aceites está íntimamente relacionada con la composición química que poseen y puede estar afectada por características ambientales y genéticas asociadas al sitio de colecta (Vasco-Leal *et al.*, 2017). Referida a los alimentos en general y a los aceites en particular, la calidad puede expresarse como el conjunto de propiedades físicas, químicas, nutricionales y organolépticas que posee y que determinan el grado de aceptación del consumidor respecto a un uso determinado. Se ha observado que a diferencia de muchos aceites tradicionales extraídos de semillas (soja, girasol) o tejidos de frutos (coco, palma), los aceites de frutos secos (nuez, almendra, pistacho) y de algunas semillas (chía, sésamo), obtenidos por procedimientos puramente físicos o mecánicos (prensado), pueden consumirse crudos, sin necesidad de una etapa de refinación posterior a la extracción, conservando íntegra su composición en ácidos grasos y componentes menores de valor nutricional o terapéutico (Martínez y Maestri, 2015).

El análisis de la calidad global de un aceite podría involucrar un sinnúmero de determinaciones físicas, químicas e incluso organolépticas que habitualmente no es posible realizar en pequeños o medianos establecimientos de producción, debido a que esto requiere de equipamiento de alta tecnología y personal calificado. Existen una serie de parámetros clave para conocer el valor nutricional y la calidad general de un aceite, de uso generalizado y valor universal. Entre las características de calidad deben considerarse parámetros físicos, químicos y características organolépticas (González *et al.*, 2017).

En cuanto a las propiedades físicas y químicas de los aceites de nicho es importante conservar los nutrientes enumerados precedentemente, mientras que las características organolépticas más destacadas en los aceites de nicho son el color, claridad, aroma y palatabilidad (Narayanankutty *et al.*, 2018; Yu *et al.*, 2020).

3. Parámetros de calidad

3.1. Características de calidad de la nuez pecán

Se mencionó anteriormente que existe una normativa de SENASA específica para nuez pecán, mientras que el CAA hace referencia a frutos secos y, entre ellos a nueces. La Resolución de SENASA 446/2014 en sus artículos 7, 8 y 9 clasifica a la nuez pecán de acuerdo a su tamaño, color y calidad; mientras que el CAA en su capítulo XI clasifica las nueces por tipo, tamaño y grado de selección. Si bien en algunos casos no se observan los mismos criterios de clasificación, ambas normativas se complementan.

La Resolución de SENASA 446/2014 en su artículo 7 señala que para la clasificación por tamaño se debe tener en cuenta la cantidad de nueces pecán con cáscara en un kg, mientras que el CAA en el artículo 899 inciso b clasifica las nueces según su medida transversal en la parte más ancha (Tabla 3).

Tabla 3 Clasificación de la nuez pecán con cáscara según el tamaño.

Resolución de SENASA 446/2014 (artículo 7 y Anexo I)		CAA (Capítulo XI, artículo 899, inciso b)	
Tamaño o calibre	Número de nueces por kg	Tamaño	Medida transversal en parte más ancha
Gigante	122 o menos	Gigantes	más de 35 mm
Extra grande	123 – 139	Grandes	más de 30 a 35 mm
Grande	140 – 170	Medianas	más de 28 a 30 mm
Medio	171 – 210	Chicas	más de 25 a 28 mm
Pequeño	211 o más	Enanas	menos de 25 mm

El color es otro indicador importante de la calidad de la nuez pecán (McKay *et al.*, 2022). Nueces más oscuras indican mayor oxidación y, por ende, sabor y aroma rancios más pronunciados (Ribeiro *et al.*, 2020b).

La Resolución de SENASA 446/2014 establece una clasificación según el color de la superficie del contenido comestible de la nuez pecán: claro, ámbar claro, ámbar y ámbar oscuro (Tabla 4); en tanto que, el CAA especifica para nueces sin cáscara que el color debe ser “aproximadamente uniforme” en el lote que se comercializa.

Tabla 4 Clasificación de la nuez pecán según el color (Res. SENASA 446/2014, Anexo II).

Clasificación de Color	SENASA 446/2014 Código de color PMS *
Claro	458 C, 459 C, y 460 C
Ámbar claro	110 C, 116 C, y 117 C
Ámbar	470 C y 471 C
Ámbar oscuro	478 C, 490 C y 491 C

* Color especificado de acuerdo al código de color Pantone Matching System (PMS).

A pesar de no ser un análisis de alta precisión, la escala colorimetría puede ser una herramienta práctica, rápida y de bajo costo, la que podría ser utilizada por la industria en los controles de recepción de materia prima y almacenamiento (Prabhakar *et al.*, 2022). Sin embargo, las publicaciones científicas dan cuenta de la evaluación del color mediante métodos instrumentales, como es el caso del uso de colorímetro, que mide los parámetros de luminosidad "L" (brillo), "a" (matiz, de verde a rojo) y "b" (saturación, de azul a amarillo). En nuez pecán es deseable que el parámetro “b” se mantenga alto (tonos amarillentos) y el parámetro “a” bajo (tonos rojos y marrones) (Ribeiro *et al.*, 2020b).

Otros aspectos a tener en cuenta es que las nueces de pecán con cáscara deben cumplir con los requisitos generales de estar enteras, limpias, sanas, llenas, bien formadas, secas, libres de contaminantes biológicos, químicos y de materias extrañas, libres de manchas, roturas y rajaduras y exentas de olores y sabores extraños. En este sentido, la nuez pecán con cáscara es clasificada por la Resolución de SENASA 446/2014 según su calidad en 3 categorías de acuerdo a la tolerancia de defectos (Tabla 5).

Tabla 5 Clasificación de la nuez pecán con cáscara según su calidad (Res. SENASA 446/2014, artículo 11 y Anexo IV).

Defectos	Tolerancia de defectos (% de unidades defectuosas)		
	Categoría I	Categoría II	Categoría III
Externos Graves	2	3	5
Externos Leves	4	8	12
Total de defectos externos	5	10	15
Internos (Alteraciones internas)	4	12	20
Total de defectos	8	15	25
Materias extrañas (% peso/peso)	0,5	1	1,5
Rancidez (Índice de peróxido en meq O ₂ /kg de aceite)	≤ 0,05	> 0,06 – ≤ 2	> 2 – ≤ 5
Humedad de la parte comestible (%)	≤ 5,5	≤ 5,5	≤ 5,5

La normativa hace referencia a que los defectos externos graves son lotes con unidades rotas, vanas, con ruezno o pelón adherido en un porcentaje mayor al 20 % de la superficie de la unidad afectada y/o partidas; mientras que los defectos leves son nueces deformadas, agrietadas, rajadas, con ruezno adherido en menos del 20 % de la superficie de la unidad afectada y/o manchadas o con defectos de color.

Se puede observar en la tabla anterior que el índice de peróxido no debe superar el valor de 0,05 meq O₂/kg de aceite. Según el Clúster de la Nuez Pecán, al momento de la redacción de la normativa se propuso para este parámetro de calidad el valor de 0,50 meq O₂/kg de aceite; sin embargo, por error se introdujo un cero más después de la coma. Por tal motivo, es que desde el clúster se iniciaron acciones para corregir este valor. Para fundamentar esta solicitud el Clúster de la Nuez Pecán tomó como referencia estudios realizados en el marco de la presente Tesis Doctoral, mostrados en el Capítulo II.

A diferencia de la Resolución de SENASA que clasifica la nuez pecán en las categorías I, II y III; el CAA establece criterios de calidad para nueces en 3 grados de selección: Superior, Elegido y Común, según se muestra en la [Tabla 6](#). En términos generales las nueces deben reunir las condiciones de madurez apropiada, totalmente comestibles, sanas, limpias, sin manchas, tamaño uniforme, color aproximadamente uniforme, libres de nueces con cáscara, sin trozos ni cuartos cuando se trate de mitades, sin trozos cuando se trate de cuartos y deben estar exentas de impurezas.

Tabla 6 Grado de selección de la nuez pecán sin cáscara (CAA, artículo 899).

Defectos	Tolerancia de defectos (% de unidades defectuosas)		
	Superior	Elegida	Común
Unidades con manifestaciones de plagas, enfermedades y alteraciones internas	1	3	5
Con manchas	5	10	20
Con defectos de color	10	20	30
Fragmentos de nueces (trozos), en peso	3	10	20
Cuartos mezclados en mitades, en peso	3	10	20
Unidades no comestibles	1	2	4
Impurezas, en peso	0,5	1	1,5
Otros defectos	2	4	8
Total de defectos (exclusivo el % de color)	< 5	< 15	< 30

3.2 Parámetros de calidad del aceite de nuez pecán

Se consideran aceites comestibles los admitidos como aptos para la alimentación por el CAA. Según dicho código, los aceites alimenticios deben obtenerse a partir de semillas o frutos oleaginosos mediante procesos de elaboración que se ajusten a las condiciones de higiene establecidas en el mismo. Además, tienen que presentar aspecto límpido a 25 °C, sabor y olor agradables y contener componentes propios del aceite que integra la composición de las semillas o frutos de que provienen y los aditivos que estén autorizados. Esta normativa establece criterios de calidad de aceites de algunos frutos secos como maní, sésamo, coco y el obtenido de la semilla del fruto de distintas palmeras. Sin embargo, el aceite de nuez pecán aún no está registrado en el CAA. La Cámara Argentina de Productores de Pecán (CAPP) está procurando su registro y para ello firmó un convenio de cooperación técnica con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (EEA Concordia) con la finalidad de lograr la inscripción de dicho aceite y de otros subproductos, tomando como referencia resultados obtenidos en el marco de la presente Tesis Doctoral.

El Codex Alimentarius tampoco hace referencia a aceite de nuez pecán, como sí lo hace con aceites de otros frutos secos como pistacho, frutos de palma, nuez, almendra, coco y avellana.

El conocimiento de las propiedades físicas, químicas y nutricionales de los aceites son de gran importancia en la identificación de especies de plantas y el uso de estas semillas oleaginosas por parte de la industria durante el procesamiento y almacenamiento (Meireles *et al.*, 2022). En virtud de la falta de normalización específica para aceite de nuez pecán, se describen a continuación criterios de calidad fisicoquímicos y sensoriales para otros tipos de aceites para ser tomados como referencia.

Los principales indicadores de calidad química señalados por el Codex Alimentarius para aceites vegetales comestibles son la composición de ácidos grasos, índice de acidez, índice de peróxidos, coeficientes de extinción K_{232} , K_{270} y la estabilidad oxidativa (Martínez y Maestri, 2015).

3.2.1. Composición de ácidos grasos

La composición de ácidos grasos en los aceites permite conocer el porcentaje en el que se encuentra cada ácido graso. Esta información es clave ya que por un lado está vinculada al valor nutricional de los aceites y, además, porque está relacionada con la estabilidad oxidativa. Con referencia al valor nutricional, los ácidos grasos son el componente principal de los lípidos y juegan un papel relevante en los sistemas biológicos; mientras que la estabilidad está directamente asociada al grado de insaturación de los lípidos que componen un aceite (Martínez y Maestri, 2015; Hewavitharana *et al.*, 2020). A pesar del rol que tienen los ácidos grasos, la información sobre la composición de aceite de nuez pecán es aún limitada en la literatura científica (Murley *et al.*, 2020; Du *et al.*, 2022).

3.2.2. Acidez

La acidez libre es una de las características químicas que mejor definen la calidad de un aceite o grasa, pues indica la alteración de los triglicéridos debida a hidrólisis química o enzimática dando lugar a la formación de ácidos grasos libres (AGL) (García-Martínez *et al.*, 2014). La aparición de altos niveles de AGL está asociada a una disminución de la calidad de los aceites. Las tasas más altas de contenido de AGL (>3 %) pueden causar rancidez, así como cambios en el sabor y el color del aceite (Cowan *et al.*, 2012; Ifa *et al.*, 2021). El efecto de los AGL sobre el sabor y el aroma depende básicamente de la longitud

de la cadena carbonada de los ácidos grasos y del grado de insaturación, siendo los más susceptibles a la oxidación los que no se encuentran esterificados con glicerol. Los ácidos grasos con menos de 12 átomos de carbono producen sabores acres y aromas desagradables y los que poseen más de 12 átomos de carbono incrementan la acidez, pero si estos presentan insaturaciones se pueden desarrollar aromas rancios con relativa rapidez.

La humedad que presentan naturalmente los frutos y semillas que se destinan a la extracción de aceites influye en la calidad de estos últimos, ya que puede dar lugar a la hidrólisis enzimática por la acción de enzimas lipasas en la interfase aceite/agua. Las lipasas catalizan diversas reacciones como la hidrólisis de triglicéridos, la esterificación y transesterificación de lípidos (Alcala-Galiano Morel *et al.*, 2021). Debido a que en semillas y frutos oleaginosos existe una gran cantidad de lipasas endógenas activas, que dependen del genotipo (Likeng-Li-Ngue *et al.*, 2016), este efecto se puede observar tanto en las materias primas como en los aceites; sobre todo cuando estas son almacenadas en condiciones inadecuadas como altas temperaturas y humedades (Martínez y Maestri, 2015). Durante el proceso de obtención de aceites, existen etapas como el triturado y calentamiento que también favorecen la hidrólisis enzimática, acompañado de incremento de la acidez y rancidez. Por otra parte, es necesario destacar que cuando los frutos o granos oleaginosos se encuentran dañados mecánicamente más fácilmente son atacados por microorganismos (Godswill *et al.*, 2017).

Por su efecto directo sobre las propiedades sensoriales y sobre la estabilidad de los aceites, la concentración de ácidos grasos libres es un parámetro clave para evaluar la calidad de los mismos. La acidez es una expresión convencional del contenido de ácidos grasos libres en una muestra de aceite, la que se puede calcular como grado de acidez o índice de acidez. En el primer caso el resultado es referido en porcentaje de ácido oleico y en el segundo caso, es expresado como mg de hidróxido de potasio necesarios para neutralizar 1 g de muestra de aceite (Martínez y Maestri, 2015).

3.2.3. Índice de peróxidos

Las reacciones de oxidación producidas en alimentos provocan disminución de la calidad nutricional, pérdida de color y deterioro de la calidad sensorial (Bakkalbasi, 2019). Además, algunos productos de oxidación son potencialmente tóxicos (Martínez y Maestri, 2015).

Una de las principales causas de pérdidas de alimentos o deterioro de la calidad son las reacciones de autooxidación de lípidos. Los sustratos de estas reacciones son, fundamentalmente, ácidos grasos insaturados que cuando están libres se oxidan más rápidamente que cuando son parte de moléculas de triglicéridos o fosfolípidos (Shahidi y Zhong, 2010). Los ácidos grasos saturados se oxidan a temperaturas superiores a 60 °C, mientras que los poliinsaturados se oxidan incluso durante el almacenamiento de los alimentos en estado congelado. También compuestos como carotenoides y vitamina E pueden sufrir reacciones de oxidación (Bakkalbasi *et al.*, 2022).

La luz y el calor favorecen las reacciones de oxidación. La remoción de un átomo de hidrógeno de un grupo CH₂ produce un radical alquilo inestable, el cual se estabiliza formando un híbrido de resonancia. En condiciones de presión normal de oxígeno, el radical alquilo reacciona rápidamente con el oxígeno para formar radicales peróxido, los que luego sustraen un átomo de hidrógeno a una nueva molécula de ácido graso para dar hidroperóxidos y un nuevo radical alquilo libre. Estas reacciones constituyen la etapa de propagación en cadena de radicales libres, denominada autooxidación de lípidos (Figura 5) (Martínez y Maestri, 2015).

A continuación, los hidroperóxidos se descomponen dando lugar a una amplia variedad de productos de descomposición entre los que se encuentran hidrocarburos, aldehídos, cetonas, ácidos, epóxidos, etc. Desde el punto de vista práctico, los aldehídos volátiles que se forman tienen gran importancia debido a que imparten sabores y olores rancios a las grasas, a los aceites y a los alimentos que los contienen. Compuestos como el hexanal pueden considerarse marcadores de oxidación lipídica durante la poscosecha de nuez pecán (Descalzo *et al.*, 2021). Se debe resaltar que los hidroperóxidos se descomponen según se van formando. En las primeras etapas de la autooxidación la velocidad de formación es mayor que la de descomposición, pero en las últimas etapas ocurre lo contrario (Valdés García *et al.*, 2021).

Por otro lado, en el reino vegetal existen abundantes lipoxidasas que catalizan la oxidación de ácidos grasos insaturados con dobles enlaces no conjugados. Las lipoxigenasas oxigenan ácidos grasos poliinsaturados (libres) y/o sus ésteres (acilglicéridos y fosfoglicéridos), particularmente los ácidos linoleico, linolénico y araquidónico. Se cree que estas enzimas extraen primero un átomo de hidrógeno del grupo metileno (C₃) ubicado entre los átomos de carbono enlazados mediante doble ligadura (C₂, C₄) y adiciona luego oxígeno a uno u otro lado del radical libre resonante, para dar hidroperóxidos isómeros en

carbono 9 y 13. Estos hidroperóxidos sufren finalmente reacciones de descomposición dando productos de oxidación similares a los que se forman durante la oxidación química o autooxidación (Buranasompob *et al.*, 2007).

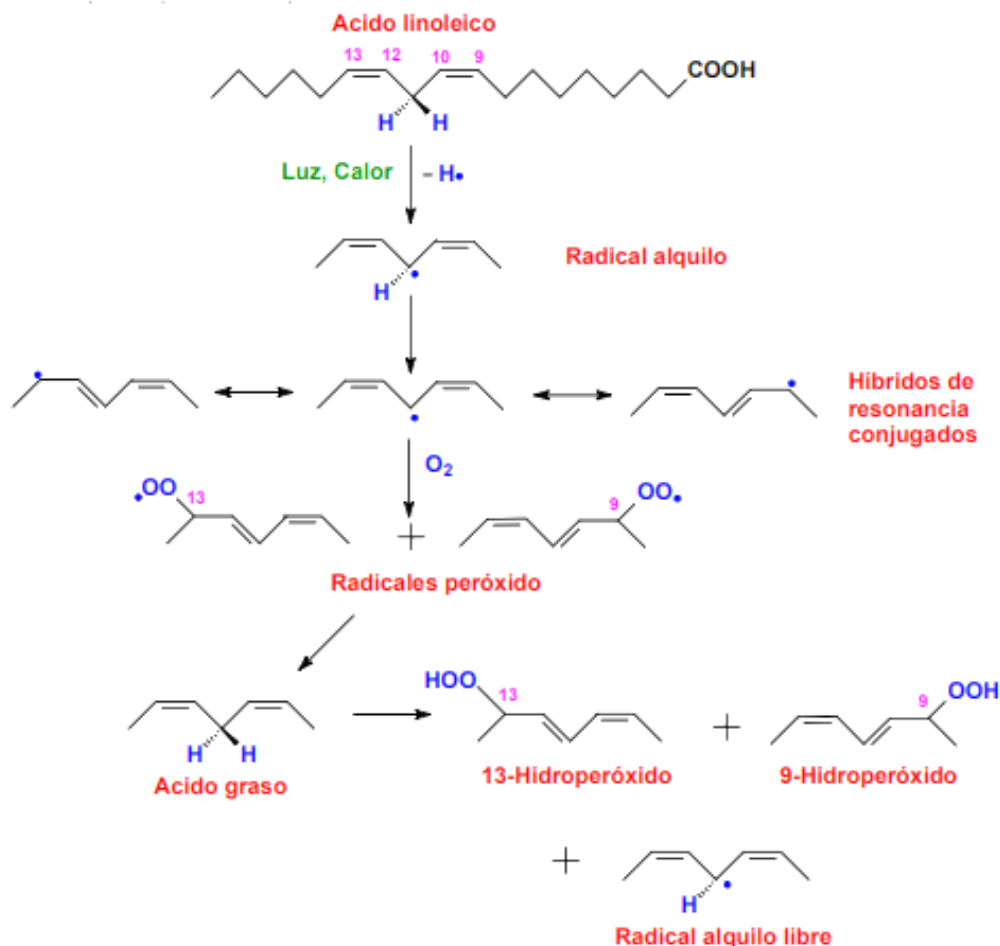


Figura 5 Mecanismo general de autooxidación del ácido linoleico (Martínez y Maestri, 2015).

Los peróxidos lipídicos o hidroperóxidos son los productos iniciales mayoritarios de la oxidación de los lípidos, por lo que su valoración es una medida del grado de oxidación de aceites. Este índice, calculado como índice de peróxidos (IP), se expresa como la cantidad de miliequivalentes (meq) de oxígeno activo que están presentes en 1 kg de aceite (Martínez y Maestri, 2015).

3.2.4. Coeficientes de extinción: dienos y trienos conjugados

Como consecuencia del desplazamiento de los dobles enlaces de su posición original, los hidroperóxidos producidos a partir de los ácidos grasos poliinsaturados tienen estructura de dienos conjugados. La oxidación del aceite se puede determinar ópticamente mediante absorción de luz ultravioleta (UV) por parte de los compuestos de degradación a las longitudes de onda de 232 y 270 nanómetros (nm) (De Oliveira *et al.*, 2017). La absorción a 232 nm constituye un método simple para evaluar las primeras etapas de la autooxidación. Como ocurre con la determinación del IP, los valores de dienos conjugados (frecuentemente referida como determinación de K_{232}) alcanzan un máximo durante el progreso de la oxidación para luego disminuir cuando la velocidad de descomposición de hidroperóxidos excede a la de su formación. Los aceites vegetales, en las primeras etapas de la oxidación, pueden alcanzar valores de hasta el 6 % de dienos conjugados, luego su concentración se estabiliza e incluso puede disminuir con el tiempo. Si se tienen en cuenta las observaciones mencionadas, la medida de K_{232} representa una técnica simple y reproducible y de escasos requerimientos metodológicos y de habilidad del operador. Los resultados se expresan como porcentaje de dienos conjugados. En la mayoría de los aceites los valores de este parámetro muestran una buena correlación con los del IP. Como medida complementaria, también se utiliza la determinación de la absorbancia a 270 nm como indicadora de trienos conjugados, (K_{270}) (Shahidi y Zhong, 2005; Martínez y Maestri, 2015).

3.2.5. Estabilidad oxidativa

La estabilidad oxidativa distingue la capacidad de los aceites para evitar o retrasar la oxidación y es un parámetro significativo para determinar su calidad (Karrar *et al.*, 2020).

Muchos autores describen la estabilidad oxidativa de las nueces y aceites con ensayos acelerados como el método Rancimat (Descalzo *et al.*, 2021). Este método fue aceptado por normas internacionales como la American Oil Chemists Society y la norma española UNE-EN ISO 6886:2016. Permite la determinación de la estabilidad a la oxidación en grasas y aceites bajo condiciones extremas que inducen oxidación de forma rápida: elevadas temperaturas y elevado caudal de aire (García *et al.*, 2013; Rodríguez *et al.*, 2015). Los resultados pueden ser útiles para comprender la relación entre las propiedades bioquímicas y sensoriales. Sin embargo, tiene la limitación de no predecir adecuadamente los mecanismos en condiciones reales de almacenamiento, ya que las temperaturas más

altas pueden acelerar la oxidación/degradación de los lípidos y las reacciones de Maillard con la formación concomitante de productos de Strecker (fenilacetaldehído, metional, isobutiraldehído, 3-metilbutanal y 2-metilbutanal) que no se esperan o se producen menos bajo almacenamiento a baja temperatura (Descalzo *et al.*, 2021).

Si bien existen métodos acelerados que son indicadores de la calidad de los aceites, para determinar la vida útil resulta imprescindible llevar a cabo experimentos de almacenamiento a temperatura ambiente (Li *et al.*, 2019).

3.2.6. Color

El color es uno de los atributos de calidad que determina la aceptación de aceites vegetales y de los alimentos, en general (Garitta *et al.*, 2013; Karrar *et al.*, 2020). Según Czwartkowski *et al.* (2022), un buen aceite de nicho, como es el de nuez pecán, se caracteriza por un color muy claro, uniforme y límpido.

Dependiendo de la coloración, los aceites pueden o no tener una etapa de decoloración. Aceites de almendra, argán, semillas de uva, lino y onagra presentan color amarillo claro transparente; los de nuez (*Junglans regia* L.) y camelina tienen coloración amarillo verdosa; los aceites de maíz y tomate son de color naranja dorado y los de mostaza, marrón dorado. Estos aceites no se someten a decoloración (Czwartkowski *et al.*, 2022). En tanto que, el aceite crudo de palta posee color marrón verdoso oscuro; el aceite de semillas de calabaza, color verde oscuro y el aceite de algodón tiene color oscuro; por lo tanto, en estos aceites se recomienda la decoloración (Andjelkovic *et al.*, 2010; Czwartkowski, *et al.*, 2022).

Por otra parte, el proceso de obtención de aceite puede afectar el color de un aceite. Algunos autores han observado aumentos en la coloración roja de los aceites al utilizar microondas o tostado como pretratamiento para mejorar el rendimiento de obtención (Azadmard-Damirchi *et al.*, 2010; Zheng *et al.*, 2018; Karrar *et al.*, 2020). Una profundización del color rojo o un color oscuro durante el calentamiento puede deberse a las reacciones de Maillard o a la degradación de los fosfolípidos (Karrar *et al.*, 2020).

Otro factor que influye en la calidad de los aceites es el contenido de finos. Los llamados finos sólidos están constituidos por partículas de la muestra que, por su pequeño tamaño, pueden atravesar los orificios de la tela filtrante utilizada durante la elaboración de aceite con prensa hidráulica, o los orificios del barral cuando se utiliza prensa helicoidal. Esta variable es de considerable importancia ya que condiciona la etapa de clarificación del

aceite, la cual se lleva a cabo habitualmente por sedimentación, centrifugación y/o filtración. Es deseable que el aceite extraído contenga la menor cantidad posible de partículas sólidas para facilitar su eliminación (Martínez y Maestri, 2015), especialmente teniendo en cuenta el bajo nivel de tecnificación de la mayoría de los productores de aceite de nuez pecán.

3.3. Calidad sensorial

El análisis sensorial es una ciencia que, mediante una serie de metodologías definidas y validadas, permite estudiar las respuestas del cuerpo humano a través de los sentidos, ante diferentes estímulos (Severiano-Pérez, 2019). Esta disciplina científica es utilizada para invocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a las características de los alimentos y los materiales a medida que los perciben los sentidos de la vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído (Pérez-González *et al.*, 2023).

Los parámetros de calidad descriptos precedentemente influyen en la percepción sensorial, entre los que se destacan la composición lipídica. Los factores que afectan la tasa de oxidación de los lípidos que se encuentran en la nuez pecán pueden resultar en cambios sensoriales no deseados en las nueces. En este sentido, vale recordar que las pruebas de análisis sensorial se dividen en tres grupos principales según su finalidad y la información que se desee obtener. Estas pruebas son: Discriminativas, descriptivas y afectivas (Cadena y Coyago, 2023; Moreno-Martínez *et al.*, 2019).

Se encontraron investigaciones que señalan que con el paso del tiempo los perfiles de sabor de muestras de nuez pecán desarrollan características negativas, específicamente disminución en la dulzura y el sabor típico y aumento en atributos indeseables, como sabor amargo, acidez y rancidez (Magnuson *et al.*, 2015; Descalzo *et al.*, 2021). A pesar de la información disponible sobre la nuez pecán, existe escasa información sobre los ácidos grasos presentes en las nueces y las diferencias sensoriales entre muestras de distintas variedades (Murley *et al.*, 2020).

Con referencia al aceite de nuez pecán, si bien existe cada vez más demanda de aceites novedosos son pocas las publicaciones referidas a propiedades sensoriales de aceite de nuez pecán. Oro *et al.* (2009) evaluaron los cambios en atributos sensoriales durante el almacenamiento de un aceite de nuez pecán prensado en frío proveniente de una mezcla de variedades en Brasil (Barton, Shoshone, Shawnee, Choctaw y Cape Fear). El análisis sensorial realizado por dichos autores (perfil descriptivo y aceptación), mostró que las

características sensoriales del aceite de nuez pecán permanecieron inalteradas por 60 días de almacenamiento. Después de 90 días, hubo un aumento significativo en el sabor oxidado y amargor, con una reducción en el sabor a nuez y la aceptabilidad del aceite. Después de 120 días de almacenamiento, los cambios sensoriales se hicieron más pronunciados y consideraron que los aceites eran inaceptables, por lo que concluyeron que el aceite crudo de nuez pecán almacenado en frascos de vidrio ámbar a temperatura ambiente tuvo una vida útil de 90 días. En publicación del año 2022, Du *et al.* realizaron un estudio con el objetivo de comparar la calificación hedónica del consumidor y la calidad sensorial de cinco aceites varietales procesados en frío en Estados Unidos (Western, Texas Native, Pawnee, Sioux y Caddo). En este estudio se investigó la aceptación del consumidor, la calidad sensorial y la respuesta emocional en 5 aceites de pecán, tomando como referencia el aceite de oliva. Los cinco aceites de nuez pecán tuvieron calificaciones hedónicas positivas para la aceptación general y la aceptación del sabor del aceite, sabor a nuez cruda y espesor (> 5 , en una escala hedónica de 9 puntos); mientras que el aceite de oliva obtuvo una calificación ligeramente inferior a 5 para estos atributos. Los aceites de nuez pecán fueron calificados con intensidades más altas en el sabor a nuez cruda, pero más bajas en el sabor general del aceite, el sabor graso, la astringencia y la densidad en comparación con el aceite de oliva. El sabor desagradable no se percibió en los aceites de nuez, mientras que sí se percibió en el aceite de oliva.

3.3.1. Pruebas discriminativas

Las pruebas discriminativas son aquellas en las que se desea establecer si hay diferencia o no entre dos o más muestras (Xia *et al.*, 2015; Jeong *et al.*, 2016; Bloom *et al.*, 2019). Estas pruebas son, dentro del análisis sensorial, técnicas clásicas (Ennis y Christensen, 2014), pero constituyen una herramienta de trabajo tanto en el ámbito de investigación como en el de aplicación. Principalmente en el ámbito de aplicación estas pruebas se emplean en la industria alimentaria y cuidado personal (Ishii *et al.*, 2014; Bi *et al.*, 2018). A lo largo del tiempo, se han empleado y realizado pruebas discriminativas para comprobar la existencia de una diferencia entre 2 productos y pruebas estadísticas binomiales para determinar si la diferencia entre esos dos productos es significativa. Con el paso del tiempo se produjeron avances y se comenzó a tener en cuenta el poder de las pruebas tanto teórico como operativo (Ennis y Christensen, 2014). Más adelante, a las pruebas discriminativas se les dio un enfoque comercial y se avocaron a proporcionar

información detallada y fiable tanto a los productores como a los consumidores (Ennis y Jesionka, 2011).

Estas técnicas de análisis sensorial se pueden aplicar dentro de la industria alimentaria en estudios sobre: los efectos de los diferentes cambios o alteraciones de la formulación de productos, el desarrollo de nuevos productos, el estudio del efecto del almacenamiento y los cambios que puedan afectar al producto en cuanto al proceso de envasado (Xia *et al.*, 2015). Estas pruebas se emplean también para el entrenamiento y evaluación de los paneles de catadores o jueces expertos (Bloom *et al.*, 2019). Son ejemplo de estas pruebas la prueba triangular, prueba de comparación apareada simple y la prueba dúo-trío.

Para realizarlas se necesitan jueces entrenados y el nivel de entrenamiento depende del tipo de prueba a realizar y del alimento a evaluar (Severiano-Pérez, 2019).

Para poder facilitar la elección de la prueba discriminativa se han dividido como: evaluación sensorial de tipo I, dentro de esta categoría se incluyen las pruebas específicas en las cuales se indica el atributo objeto de la diferenciación, y evaluación sensorial de tipo II en las cuales no se indica el atributo específico, estas se acercan más a las condiciones de consumo normales (O'Mahony, 2013).

3.3.2. Pruebas descriptivas

Los métodos descriptivos son los más utilizados en el análisis sensorial, pero son los más complejos, ya que implican la detección y la descripción de los componentes sensoriales cualitativos (apariencia, sabor, textura, aroma, regusto y propiedades de sonido) y cuantitativamente (grado de intensidad de esos aspectos) de un producto por parte de jueces capacitados (Murray *et al.*, 2001; Özdoğan *et al.*, 2021). Dentro de estas técnicas de análisis descriptivo se incluye el Análisis Descriptivo Cuantitativo desarrollado por Stone *et al.* en 1974.

Sin embargo, en las últimas décadas han aparecido nuevas metodologías de caracterización sensorial con el fin de recoger información sobre la percepción que tienen los consumidores al consumir determinado producto. Estas metodologías buscan disminuir los costes económicos, asociados con la selección y el entrenamiento de los jueces (Varela y Ares, 2012), por lo que tienen como punto en común el hecho de no necesitar una fase de entrenamiento. Este tipo de pruebas puede ser realizada tanto con consumidores, como por expertos, o incluso llevar a cabo con panelistas entrenados. El interés principal de estos métodos es el de proporcionar rápidamente un posicionamiento sensorial y una descripción

de las características principales de un conjunto de productos (Gómez-Corona *et al.*, 2020). Aunque durante mucho tiempo se ha considerado que los consumidores no son capaces de realizar tareas de caracterización sensorial por las dificultades para entender los atributos de un producto y las escalas, cada vez se tiene más claro que los consumidores pueden describir productos con precisión, proporcionando resultados similares a los de paneles de jueces capacitados (Lopez Ayúcar, 2020).

Las metodologías basadas en consumidores para la caracterización sensorial presentan la posibilidad de obtener información del consumidor sobre las características sensoriales de los productos, de modo que puede contribuir al desarrollo de productos más exitosos en el mercado y a campañas de *marketing* mucho más efectivas. Entre estas nuevas metodologías de análisis sensorial se incluyen el Mapeo Proyectivo y el análisis Marque Todo lo que Corresponda (*Check All That Apply* o CATA) (Varela y Ares, 2012; Ares y Varela, 2018).

3.3.2.1. Análisis descriptivo cuantitativo

El Análisis descriptivo cuantitativo se considera como el método ideal para la caracterización sensorial de los alimentos, debido a que proporciona una descripción completa y detallada de las propiedades sensoriales de la muestra en estudio (Ramírez-Rivera *et al.*, 2016) y permite conocer la descripción completa de las características sensoriales de los productos que ingresan a mercado, esta técnica permite describir de forma sistemática las características sensoriales de un producto (Cárdenas-Mazón *et al.*, 2018). Es un método para calificar el tipo y cuantificar la intensidad de las propiedades sensoriales inmediatamente después de la estimulación sensorial (Stone y Sidel, 2004; Chuquipoma *et al.*, 2022).

Se utilizan, entre otros métodos, la calificación con las escalas no-estructuradas. En este tipo de pruebas, solamente se cuenta con puntos extremos, o sea mínimo y máximo, y el juez debe expresar su apreciación de la intensidad de un atributo de un alimento, marcando con una raya o una cruz, sobre una línea comprendida entre ambos extremos (Anzaldúa-Morales, 1994).

La alta capacitación de los paneles descriptivos permite obtener resultados detallados, consistentes, reproducibles y estables en el tiempo (Varela y Ares, 2012; Lopez Ayúcar, 2020).

3.3.2.2. Mapeo proyectivo

El Mapeo proyectivo (MP) es un método utilizado para la determinación rápida de perfiles sensoriales y la medición de la percepción del consumidor (Berget *et al.*, 2019). Este método considera un enfoque holístico para la elaboración de perfiles de productos, lo que constituye en cierto modo un enfoque más cercano a lo que sucede en un evento de elección de un producto, en comparación con las clásicas técnicas descriptivas o basadas en atributos (Varela *et al.*, 2017). El MP puede aplicarse con jueces entrenados y con consumidores, teniendo en cuenta que si se realiza con consumidores el número de participantes debe ser mucho mayor (Lopez Ayúcar, 2020).

Este tipo de evaluación sensorial fue introducida por Risvik en el año 1994 con el fin de proponer una técnica rápida de análisis sensorial, que consiste en proyectar muestras en una superficie en dos dimensiones para obtener características de productos en función de la similitud o diferencia entre ellas.

Originalmente los datos de mapeo proyectivo se analizaban mediante Análisis de Componentes Principales o Análisis Generalizado de Procrustes (Valentin *et al.*, 2018). En 2005 Pagès propuso una variante de MP denominada Napping®. El Napping® utiliza las mismas instrucciones para evaluar los productos, pero introduce una nueva forma de analizar los datos basada en el Análisis Factorial Múltiple (AFM), de modo que se obtiene un gráfico en el que las distancias entre las muestras corresponden a la opinión global del panel, de esta forma se tienen en cuenta las diferencias individuales entre los consumidores en lugar de promediar los datos (Varela y Ares, 2012). La ventaja del método es que las diferencias y/o similitudes de las muestras, se evalúan todas a la vez y, por lo tanto, resulta en una menor carga de trabajo para cada participante. Además, se puede obtener información sobre cómo cada consumidor “interpreta” el espacio común y la técnica puede proporcionar elipses de confianza alrededor de cada muestra para evaluar las diferencias entre productos (Valentin *et al.*, 2018).

Una de las limitaciones de la técnica es el número de productos que se pueden probar al mismo tiempo, lo cual depende de las características sensoriales del producto, pero suele ser inferior a 12 (Ares y Varela, 2018). No obstante, hay que destacar que el MP es una herramienta rápida y potente para obtener información sobre las características sensoriales de distintos tipos de productos. Además, es una técnica potencialmente útil para vincular el análisis sensorial y los datos de investigación del consumidor, ya que permite comprender

la percepción hedónica y hallar los factores de gusto de los consumidores (Varela y Ares, 2012).

3.3.2.3. Método CATA

El método CATA se creó debido a la necesidad de desarrollar un método confiable y rápido para la caracterización sensorial de productos debido a las dificultades en la industria alimentaria para aplicar rutinariamente análisis descriptivos a los procesos de desarrollo y alteración de productos (Henrique *et al.*, 2015). Se diferencia de las pruebas de escala porque los atributos no se evalúan en términos de intensidades (Gunaratne *et al.*, 2019). Además, los términos no se limitan a los atributos sensoriales, sino que también pueden estar relacionados con el uso del producto o los contextos en los que se utilizan (Henrique *et al.*, 2015). Este método es rápido, potente, versátil y permite obtener información sobre la percepción de los consumidores tanto de características sensoriales como no sensoriales de distintos productos (Jaeger *et al.*, 2018; Gunaratne *et al.*, 2019).

El cuestionario CATA se ha utilizado en estudios de consumo para determinar los atributos sensoriales característicos de un producto específico de forma simplificada (Lopez Ayúcar, 2020). Para ello se presenta a los evaluadores un producto para ser evaluado y una pregunta de múltiple opción en la que se permite a los participantes elegir todos los atributos posibles de una lista previamente preparada para describir el producto que se está evaluando (Ares *et al.*, 2014). Según Dooley *et al.* (2010) los términos pueden ser generados por un panel sensorial entrenado o por un grupo de consumidores, por ejemplo, usando un grupo focal. Varios estudios han demostrado que los resultados de las preguntas CATA utilizadas con los consumidores son muy similares a los obtenidos con paneles capacitados (Ares *et al.*, 2010; Dooley *et al.*, 2010; Bruzzone *et al.*, 2012; Ares *et al.*, 2014).

Este método fue desarrollado por Adams *et al.*, en año 2007. Si bien el método CATA se ha utilizado con evaluadores capacitados, el principal interés radica en su potencial para obtener caracterizaciones confiables de productos a partir de la participación de los consumidores (Ares *et al.*, 2014).

El punto clave del método es la selección de los términos a incluir en la pregunta, deben ser fáciles de entender, siendo conveniente que la lista esté compuesta entre 10 y 30 términos. La cantidad de evaluadores necesarios para obtener resultados fiables, depende del grado de diferencia entre las muestras, por lo que si las muestras son muy similares el

número de consumidores debe aumentar. En el método CATA, en primer lugar, se determina si los consumidores observaron diferencias significativas entre las muestras para cada término mediante la prueba Q de Cochran. Posteriormente, se utiliza el Análisis de Correspondencias para obtener una representación bidimensional de las muestras. El mapa sensorial que se obtiene a partir del Análisis de Correspondencias permite observar las similitudes y diferencias entre las muestras, además de sus principales atributos sensoriales (Varela y Ares, 2012; Meyners *et al.*, 2013; Ares y Varela, 2018).

3.3.3. Pruebas afectivas

A nivel sensorial, atributos como apariencia, color, olor, sabor, textura en todos los productos, juegan un papel importante que definen la calidad y aceptabilidad de los mismos, así como la acción de re-compra (Grillo *et al.*, 2014). Por lo anterior, se hace necesario realizar estudios de aceptabilidad sensorial donde se pretende determinar diferencias entre los productos en cuanto a la aceptación del consumidor (Estrada-López *et al.*, 2018). Es decir, el juez expresa su relación subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro (Anzaldúa-Morales, 1994). Con estas pruebas se puede conocer información adicional, si hay algún atributo sensorial que esté determinando la preferencia hacia algún producto o si por el contrario hay alguna característica que no le gusta (Severiano-Pérez, 2019).

En este tipo de pruebas se trabaja con consumidores habituales (es decir, personas que consumen de manera regular el producto) o no habituales (que lo consumen de forma esporádica); además pueden estar definidos en función de sus características sociodemográficas (edad, género, escolaridad, nivel socioeconómico, etc.) (Severiano-Pérez, 2019).

Para las pruebas de aceptabilidad, se utilizan puntajes de agrado hedónico para representar el nivel de satisfacción de los consumidores hacia las muestras, generalmente se trabaja con escalas de 9 puntos (Estrada-López *et al.*, 2018; Torrico *et al.*, 2018). Estos métodos consumen mucho tiempo y son costosos, ya que requiere un gran número de evaluadores (Torrico *et al.*, 2018). El número de consumidores recomendados depende del diseño experimental, generalmente se considera un número de 100 personas o más.

4. Organización de la Tesis Doctoral

La presente Tesis Doctoral está organizada por una Introducción general en la que se describió la situación de actual del cultivo de nuez pecán e importancia del aceite a nivel mundial y nacional, aspectos normativos, composición, parámetros de calidad y factores que afectan dicha calidad.

A continuación, se exponen los objetivos de los estudios llevados a cabo en el marco de la tesis.

En el Capítulo I se abordan aspectos vinculados a la conservación de nuez pecán, específicamente se exponen los estudios referidos a la influencia del tiempo y de la temperatura de almacenamiento y el empleo de diferentes envases sobre la calidad de la nuez pecán.

En el Capítulo II, se analizan estrategias de conservación de la nuez pecán con el fin de que productores puedan abastecer diferentes mercados tratando de minimizar el uso de frío durante el almacenamiento para reducir los costes. En este sentido se evaluaron el efecto del pelado y del envasado en atmósfera modificada de la nuez pecán, como así también del tiempo de almacenamiento en estas condiciones.

En el Capítulo III se muestran los estudios llevados a cabo en 8 variedades de nuez pecán, referidos al contenido de aceite, perfil de ácidos grasos y la calidad sensorial; con el fin de ofrecer a los productores alternativas de agregado de valor e información sobre la potencialidad de las nueces de pecán cultivadas en la provincia de Entre Ríos para la obtención de aceites ricos en ácidos grasos de interés nutricional y con un perfil sensorial aceptable por parte de consumidores.

En el Capítulo IV, se expone la investigación referida a la evaluación de variables de proceso de obtención de aceite de nuez pecán con fin de obtener la combinación de factores experimentales que maximicen el rendimiento de obtención de dicho aceite y su calidad.

En el Capítulo V se presentan los resultados de la simulación de condiciones de almacenamiento a 3 temperaturas diferentes, con el fin de evaluar la evolución de la calidad de aceites de nuez pecán y determinar el período en el que estos aceites mantuvieron una calidad aceptable.

Por último, se exponen las conclusiones finales de la Tesis Doctoral, en la que se sintetizan los aportes a productores, exportadoras e industriales en cuanto a nuez y aceite de pecán.

Objetivos

Teniendo en cuenta los antecedentes descriptos, para este trabajo de Tesis Doctoral se definieron los objetivos que se indican a continuación.

Objetivo general

Proporcionar a productores y PyMEs estrategias para la conservación de variedades de nuez pecán cultivadas en la provincia de Entre Ríos al menor coste; brindar información sobre el contenido y calidad de ácidos grasos presentes en las nueces y proponer un método de obtención y conservación de aceite aplicable a pequeños productores.

Objetivos específicos

- I. Evaluar el efecto del tiempo, la temperatura de almacenamiento y el empleo de diferentes envases en la calidad de la nuez pecán.
- II. Analizar estrategias de conservación que tienen los productores para abastecer los mercados con nueces pecán con cáscara y peladas, tratando de minimizar el uso de frío en la etapa de almacenamiento.
- III. Evaluar el contenido de aceite de diferentes variedades de nuez pecán y el perfil de ácidos grasos de aceites varietales obtenidos a partir de dichas materias primas y estudiar la calidad sensorial de aceites varietales de nuez pecán.
- IV. Estudiar la influencia de variables de proceso sobre el rendimiento de obtención de aceite de nuez pecán y la calidad del aceite obtenido.
- V. Estudiar la evolución de la calidad de aceites de nuez pecán conservados a distintas temperaturas de almacenamiento.

Capítulo I.
Conservación de nuez pecán

I.1. Introducción

El pecán se destaca entre los alimentos naturales, por sus efectos beneficiosos para la salud, ya que tienen compuestos fenólicos, ácidos grasos mono y poliinsaturados, fitoesteroles, tocoferoles y micronutrientes a los que se les atribuye reducir el riesgo de contraer enfermedades (Fronza *et al.*, 2018). Sin embargo, su alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados hace que estos frutos sean propensos a sufrir oxidación a lo largo del tiempo, dando lugar al desarrollo de olor y sabor desagradables (Adkison *et al.*, 2021).

En la introducción general se mencionó que su cultivo crece paulatinamente a un ritmo sostenido y que los frutos se comercializan en el mercado interno y en mercados internacionales durante el año. La conservación de la nuez pecán durante los 10 meses posteriores a la cosecha es de interés, ya que permite a los productores comercializar su producto hasta el próximo período de cosecha (Descalzo *et al.*, 2022). Esto requiere poner especial atención en las condiciones de almacenamiento de los frutos, puesto que alta temperatura y humedad pueden favorecer el desarrollo de rancidez (Walton *et al.*, 2017).

Los productores de la provincia de Entre Ríos tienen diversas prácticas en cuanto al manejo poscosecha. Además, se observó, que un mismo productor lleva a cabo prácticas diversas de una campaña a la otra e incluso durante una misma campaña. Es así que las nueces son conservadas con o sin cáscara, en distintos envases, con o sin atmósfera modificada y a diferentes temperaturas de almacenamiento. Según Descalzo *et al.* (2022) son muchos los autores que describen diferentes estrategias para la conservación de los frutos una vez recolectados y secos. Estas estrategias comprenden nueces sin cáscara con diferentes empaques y atmósferas modificadas; así como conservación con cáscara, principalmente para almacenamiento a granel en instalaciones bajo diferentes condiciones de temperatura y oxígeno. Sin embargo, el compromiso entre el costo de la energía y el mantenimiento de la calidad de las nueces depende de las posibilidades y recursos con que cuentan los productores.

A la fecha no se han realizado investigaciones que evalúen el efecto de estas prácticas sobre atributos de calidad de diferentes variedades de nuez pecán cultivadas en la provincia de Entre Ríos durante su almacenamiento. En este sentido, se considera de interés estudiar diferentes formas de conservación de estos frutos, tendientes a proponer alternativas para llegar con buena calidad al consumidor cuando los tiempos de almacenamiento son prolongados.

I.2. Objetivos

El objetivo de la investigación presentada en este capítulo fue evaluar el efecto del tiempo, la temperatura de almacenamiento y el empleo de diferentes envases en la calidad de la nuez pecán.

I.3. Materiales y Métodos

El estudio se dividió en 4 partes según se menciona a continuación.

- Primera parte. “Evolución de la calidad de la nuez pecán con cáscara durante el almacenamiento”.
- Segunda parte. “Calidad de nuez pecán con cáscara almacenada en diferentes envases a temperatura ambiente y de refrigeración”.
- Tercera parte. “Calidad de nuez pecán con cáscara almacenada en diferentes envases en condiciones de refrigeración”.
- Cuarta Parte. “Atributos de calidad sensorial de variedades de nuez pecán”.

I.3.1 Primera Parte. Evolución de la calidad de la nuez pecán con cáscara durante el almacenamiento

El propósito de este ensayo fue evaluar el efecto del tiempo de almacenamiento en condiciones de refrigeración sobre la calidad de la nuez pecán con cáscara.

En la **Figura I. 1** se muestra un esquema de cómo se procedió en este estudio.

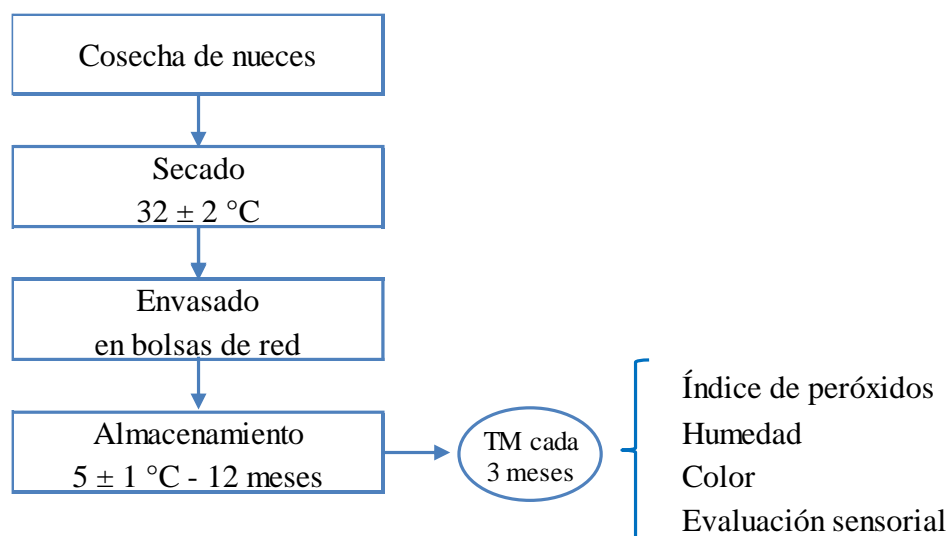


Figura I. 1 Estudio sobre la evolución de la calidad de la nuez pecán con cáscara durante el almacenamiento en condiciones de refrigeración. TM: Toma de muestra.

I.3.1.1. Muestras

Se trabajó con mezcla de nuez pecán de las variedades Mohawk (5 kg), Stuart (3 kg), Starking (3 kg) y Pawnee (6 kg) de cosecha 2015 provenientes de fincas rurales de la provincia de Entre Ríos. Cabe destacar que la mayoría de los productores realizan una cosecha no diferenciada de la nuez pecán, debido a que el volumen de producción es

relativamente bajo. Por lo que en este ensayo se trabajó con las nueces tal cual la cosechan los productores.

Una vez recolectadas las nueces se secaron a 32 ± 1 °C en estufa con circulación forzada de aire (Instrumentalia, DHG 9240), hasta alcanzar aproximadamente un 4 % de humedad en la pepita.

La muestra original se dividió en 3 fracciones, una de las cuales se utilizó para este estudio de “Evolución de la calidad de la nuez pecán con cáscara durante el almacenamiento”, mientras que las otras 2 se emplearon en ensayos presentados en el Capítulo II.

1.3.1.2. Procedimientos

Las nueces con cáscara se envasaron en bolsas de red conteniendo 200 g de nueces cada una y se conservaron en cámara modular (Coirón) a 5 ± 1 °C durante 12 meses.

Cada 3 meses se analizó la evolución de la calidad de las nueces mediante determinaciones de índice de peróxidos, humedad, color y evaluación sensorial.

1.3.1.3. Técnicas analíticas

1.3.1.3.1. Índice de peróxidos (IP)

El índice de peróxidos, el método químico más común para determinar el grado de deterioro oxidativo de las grasas y aceites; evalúa el estado de oxidación primaria del aceite a través de la cuantificación del contenido de hidroperóxidos. En la reacción, que tiene lugar en medio ácido, se libera un mol de yodo por cada mol de oxígeno peroxídico. El yodo liberado se valora con una disolución de tiosulfato sódico utilizando almidón como indicador.

La determinación de IP se realizó en aceite obtenido de la pepita por prensado en frío, según el método AOAC 965.33.2005. De cada muestra de aceite se pesaron $5,00 \pm 0,05$ g en balanza analítica (Ohaus Pioneer) y se colocó en un Erlenmeyer de 250 mL. Se agregaron 30 mL de solución de ácido acético: cloroformo (3:2, v/v) y se agitó hasta disolución. Se adicionó 0,5 mL de solución saturada de ioduro de potasio, se agitó vigorosamente en forma manual y luego se dejó en reposo en oscuridad durante 1 min.

Posteriormente, se agregaron 30 mL de agua destilada y se tituló, agitando continuamente para que el yodo liberado pase a fase acuosa, con solución 0,01 N de tiosulfato de sodio hasta desaparición del color amarillo. Se adicionaron 0,5 mL de solución de almidón (1 % p/v) y se continuó titulando hasta desaparición del color azul. El IP, expresado como mili-equivalentes de O₂/kg de aceite, se calculó en base a la siguiente ecuación:

$$IP \left(\frac{\text{meq O}_2}{\text{kg aceite}} \right) = \frac{1000 \times (S \times N)}{P}$$

Ecuación I. 1

Dónde:

S = Volumen de solución de tiosulfato de sodio consumidos (mL).

N = Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

P = Peso de aceite (g)

Cada determinación se realizó por triplicado y los resultados se expresaron como promedio \pm desviación estándar.

I.3.1.3.2. Humedad de la pepita (H)

La humedad de la pepita se determinó según lo indica la AOAC 925.40.2005. Para ello se picó con cuchillo una muestra de nueces y se colocó entre 1,0 y 2,0 g en cápsula de porcelana, previamente secada en estufa a $105,0 \pm 1,0$ °C y enfriada a temperatura ambiente en desecador.

Las muestras se secaron en estufa con circulación forzada de aire (Instrumentalia DHG 9240) a $105,0 \pm 1,0$ °C hasta peso constante. La humedad se obtuvo a partir de la siguiente fórmula:

$$H \left(\frac{\text{g}}{100 \text{ g}} \right) = \frac{(M_1 - M_2) \times 100}{(M_1 - M_0)}$$

Ecuación I. 2

Dónde:

M₀ = Peso de la cápsula (g).

M₁ = Peso de la cápsula y la muestra antes del secado (g).

M₂ = Peso de la cápsula y la muestra después del secado (g).

Cada determinación se realizó por triplicado y los resultados se expresaron como promedio \pm desviación estándar.

I.3.1.3.3. Color de la pepita

El color se estudió evaluándose los parámetros correspondientes al sistema CIE: L^* , a^* , b^* . Las determinaciones de luminosidad (L^*), parámetros a^* y b^* se efectuaron con colorímetro triestímulo (Minolta CR300, Japón) en las siguientes condiciones: iluminante D65, ángulo del observador 10° , SCE (componente especular excluido). El parámetro L^* mide el grado de blanco ($L^* = 100$) y negro ($L^* = 0$) que tiene la muestra, el a^* , el grado de componente rojo o verde ($a^* > 0$: rojo; $a^* < 0$: verde) y el b^* el grado de componente amarillo o azul ($b^* > 0$: amarillo $b^* < 0$: azul).

La lectura se realizó en nueces peladas, en la cara inferior de 15 mitades por repetición y los resultados se expresaron como promedio \pm desviación estándar.

I.3.1.3.4. Evaluación sensorial: Aceptación global

El panel sensorial se conformó con 11 jueces entrenados, 5 hombres y 6 mujeres, de entre 25 y 60 años. Se trabajó en una sala acondicionada según lo establece la Norma IRAM 20003 (2012). Las muestras se sirvieron en forma aleatoria a los jueces en cabinas individuales iluminadas con luz blanca, acondicionadas a temperatura de 20°C , codificadas con números de tres dígitos al azar, diferentes en cada evaluación. A cada juez se le proporcionó nueces peladas y troceadas servidas en pirotines.

Se valoró la aceptación global (AG) empleando una escala hedónica de 9 puntos (Civille y Carr, 2015). Para el análisis de los resultados emitidos por los jueces a cada nivel de aceptación se asignó la puntuación que se muestra en la [Tabla I. 1](#).

Tabla I. 1 Puntuación de escala hedónica.

Nivel de aceptación	Puntuación
Me gusta muchísimo	9
Me gusta mucho	8
Me gusta moderadamente	7
Me gusta un poco	6
Ni me gusta ni me disgusta	5
Me disgusta un poco	4
Me disgusta moderadamente	3
Me disgusta mucho	2
Me disgusta muchísimo	1

La marcación 5 fue definida como el límite de calidad o aceptabilidad (*cut-off*), marcación que se corresponde con el nivel de aceptación “Ni me gusta ni me disgusta” (Franklin *et al.*, 2017).

1.3.1.4. Análisis estadístico

Los ensayos estadísticos se realizaron con el software STATGRAPHICS Centurión XV Versión 15.2.06. Las medias de los diferentes tratamientos se compararon mediante Análisis de Varianza (ANOVA) y Test de Rango Múltiple según Tukey ($p < 0,05$).

1.3.2. Segunda Parte. Calidad de nuez pecán con cáscara almacenada en diferentes envases a temperatura ambiente y de refrigeración

La finalidad de este ensayo fue evaluar, en 4 variedades de nuez pecán, el efecto de diferentes envases, de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la calidad de nuez pecán almacenadas durante 12 meses. Para una mejor comprensión, se muestra el esquema de los ensayos realizados en la **Figura I. 2**.

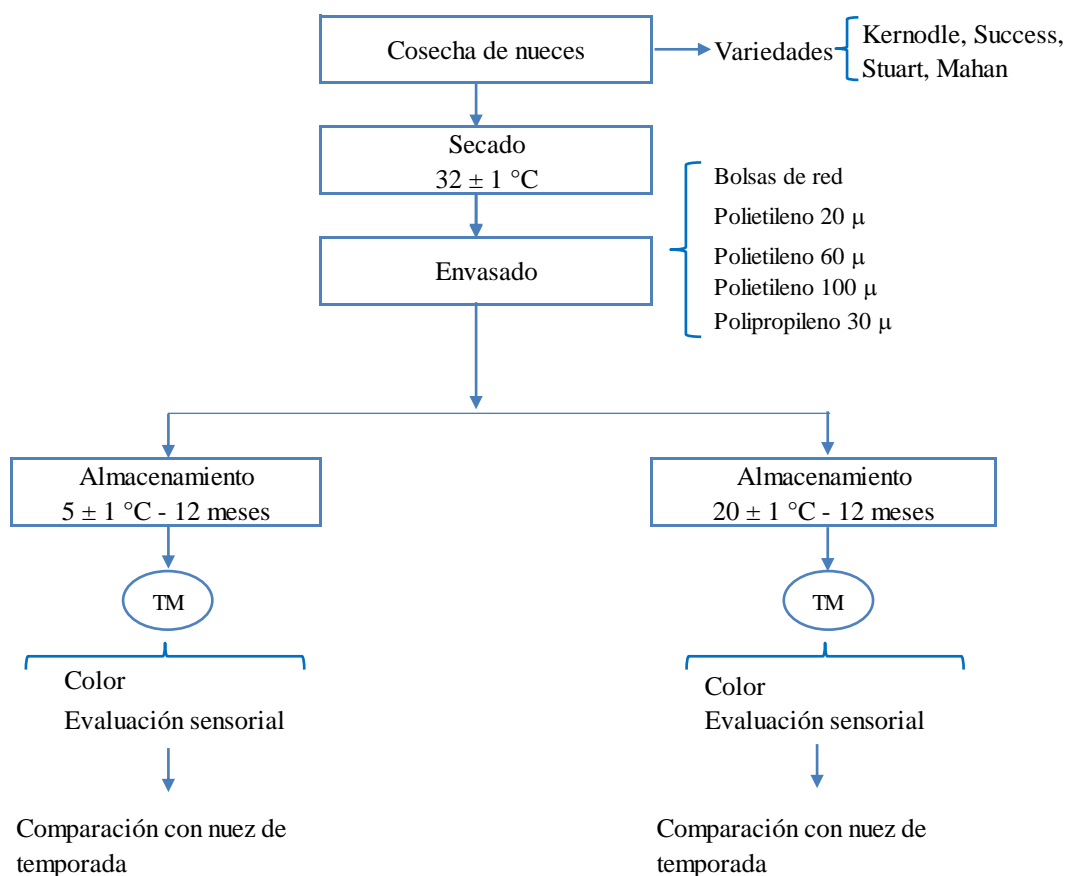


Figura I. 2 Estudio sobre la evolución de la calidad de la nuez pecán envasada en diferentes envases y almacenadas a temperatura ambiente y de refrigeración.

1.3.2.1. Muestras

Se realizaron ensayos con las variedades Kernodle, Success, Stuart y Mahan, cosecha 2013 y 2014. En este ensayo se trabajó con las nueces separadas por variedades. Las muestras fueron proporcionadas por productores del Cluster de la Nuez Pecán de Entre Ríos.

1.3.2.2. Procedimientos

Una vez recolectadas las nueces, se secaron a 32 ± 1 °C en estufa (Instrumentalia DHG 9240) con renovación de aire hasta alcanzar ~4 % de humedad. A continuación se llevó a cabo el envasado de las nueces 2013, según se muestra en los tratamientos de la [Tabla I. 2](#) y fueron conservadas durante 12 meses en cámara modular (Coirón) a 5 ± 1 °C y en recinto oscuro a 20 ± 1 °C.

Tabla I. 2 Tratamientos aplicados a nuez pecán.

Tratamiento	Envase	Temperatura de almacenamiento
T ₁	Bolsas de red	
T ₂	Polietileno 20μ	
T ₃	Polietileno 60μ	5 ± 1 °C
T ₄	Polietileno 100μ	
T ₅	Polipropileno 30μ	
T ₆	Bolsas de red	
T ₇	Polietileno 20μ	
T ₈	Polietileno 60μ	20 ± 1 °C
T ₉	Polietileno 100μ	
T ₁₀	Polipropileno 30μ	
T ₀	Nueces de la nueva temporada	

Al finalizar el período de conservación se evaluó la calidad de las nueces mediante determinaciones de color y evaluaciones sensoriales. Adicionalmente, se comparó la calidad de las nueces de cosecha 2013 con la calidad de nueces de la nueva temporada, es decir de la temporada 2014 (T₀). La incorporación de las nueces del T₀ tuvo el objetivo de comparar los atributos de calidad de las nueces conservadas durante 12 meses con los atributos de las

nueces frescas, de igual modo que lo haría un consumidor que encuentra dichas nueces en un mercado.

Se realizaron 3 repeticiones de cada tratamiento.

1.3.2.3. Técnicas analíticas

1.3.2.3.1. Color de la pepita

Se evaluó el color de mitades de 15 pepitas por repetición en el espacio CIEL*a*b*, midiendo L*, a* y b* con colorímetro triestímulo Minolta CR300 según se explicó en el Apartado I.3.1.3.3.

1.3.2.3.2. Evaluación sensorial: Mapeo Proyectivo

Se efectuó un análisis sensorial por cada variedad, utilizando la técnica de Mapeo Proyectivo. Para ello se trabajó con jueces entrenados del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria; en sala acondicionada según lo establece la Norma IRAM 20003 (2012). Las muestras se atemperaron a la temperatura de 20 ± 1 °C y se sirvieron a los jueces codificadas con números de tres dígitos aleatorios, en cabinas individuales iluminadas con luz roja para ocultar el color. A cada juez se le proporcionó nueces peladas y troceadas servidas en pirotines. Además, se le entregó una hoja A3 y se solicitó que ubique en el plano de la hoja las muestras según sus semejanzas y diferencias. Se explicó que dos muestras colocadas juntas en la hoja corresponden a muestras muy similares y que las muestras diferentes debían colocarse lejos una de otra. Además, a cada juez se le otorgó una hoja y se les pidió que describa las muestras con un máximo de cuatro atributos de calidad por muestra. Los jueces disponían de agua para limpiar el paladar entre muestras.

A continuación, para cada mapa de juez, se determinaron las coordenadas X e Y de cada muestra, considerando la esquina inferior izquierda de la hoja como el origen de las coordenadas. Los términos utilizados para describir cada una de las muestras se analizaron cualitativamente. Las palabras con significados similares se agruparon en categorías y se contó el número de jueces que mencionaron cada categoría para describir cada muestra (Ares y Varela, 2018).

La matriz de datos se estructuró en dos tablas. Una tabla con las coordenadas X e Y de cada muestra para cada juez, una al lado de la otra; y una segunda tabla conteniendo, para cada muestra, la frecuencia de mención de las categorías. Para que un atributo sea considerado en la tabla de frecuencias se tomó el criterio de que sea mencionado por al menos 2 jueces, aunque sea en tratamientos diferentes. Para obtener una representación

consensuada de las muestras y una proyección de los términos utilizados para describirlas, se realizó análisis factorial múltiple (AFM). Se tomó como criterio, para evaluar los atributos seleccionados por los jueces, que el vector de la variable tenga al menos $2/3$ del tamaño de los ejes de las dimensiones; ya que, si el vector es pequeño, significa que la información sobre esa variable puede estar en otra dimensión o que la característica no difirió entre las muestras.

En adición, se construyeron elipses de confianza en mapas consenso para cada variedad. Cuando las elipses de confianza de dos tratamientos no se cruzan, significa que estos dos tratamientos pueden considerarse como significativamente diferentes (Abdi *et al.*, 2007; Cadoret y Husson, 2013).

1.3.2.4. Análisis estadístico

Los resultados de color de las distintas muestras del ensayo se compararon estadísticamente con ANOVA y Test de Rango Múltiple; mientras que las evaluaciones sensoriales se estudiaron mediante un AFM que se realizó usando el lenguaje R (R Development Core Team, 2007), como propuso Pagès (2005). Finalmente, con FactoMineR (Lê *et al.*, 2008) del programa estadístico R versión 3.4.3, se construyeron elipses de confianza para ver entre qué muestras existieron diferencias estadísticamente significativas (Cadoret y Husson, 2013).

1.3.3. Tercera Parte. Calidad de nuez pecán con cáscara almacenada en diferentes envases en condiciones de refrigeración

El propósito de los ensayos de esta tercera parte fue evaluar el efecto de diferentes envases en la calidad de nuez pecán almacenadas durante 12 meses en condiciones de refrigeración. A diferencia, de la segunda parte, y atendiendo a los resultados obtenidos se decidió eliminar el efecto de la temperatura de almacenamiento. Se muestra a continuación un esquema del procedimiento llevado a cabo en la tercera parte del estudio de conservación (Figura I. 3).

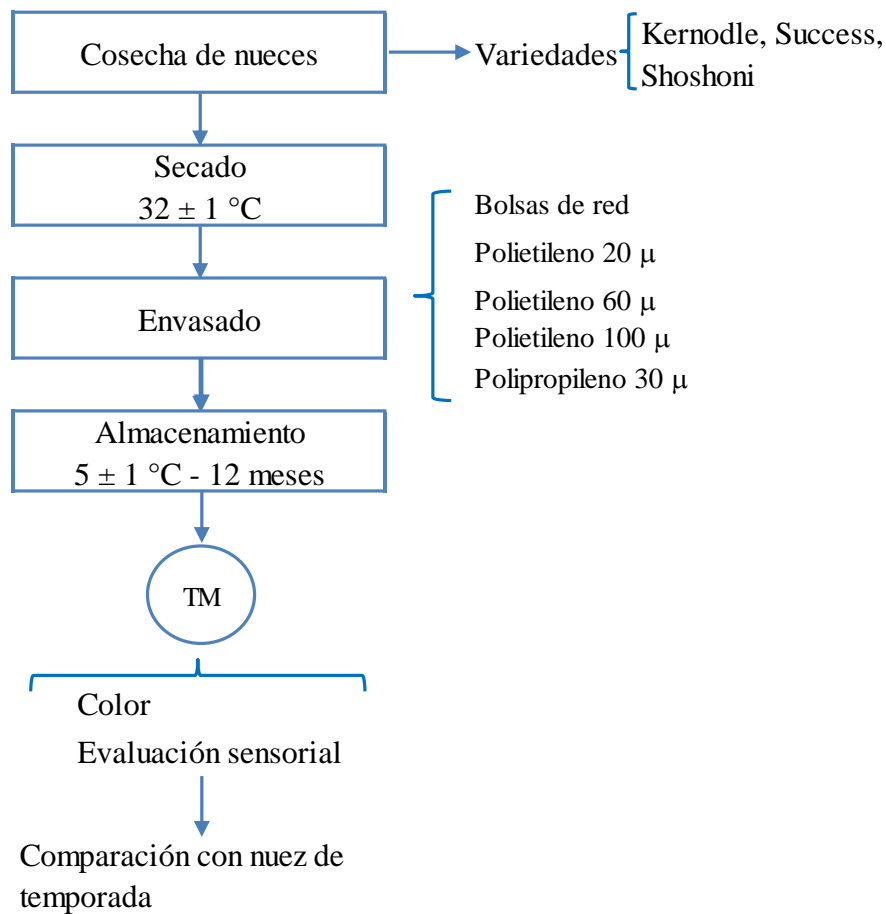


Figura I. 3 Estudio sobre la evolución de la calidad de la nuez pecán envasada en diferentes envases y almacenadas a temperatura de refrigeración.

1.3.3.1. Muestras

Se realizaron ensayos con las variedades Kernodle, Success y Shoshoni, cosecha 2015 y 2016. Las nueces fueron proporcionadas por productores del Cluster de la Nuez Pecán de Entre Ríos.

1.3.3.2. Procedimientos

Tomando como referencia los resultados obtenidos en los ensayos de la segunda parte de este capítulo, las nueces se recolectaron, secaron y envasaron de la misma forma que se describió en el Apartado I.3.2.2 (Tabla I. 2). Sin embargo, el almacenamiento se llevó a cabo únicamente a 5 ± 1 °C en cámara modular (Coirón) durante 12 meses.

En estos ensayos también se incorporaron nueces de la nueva temporada (temporada 2016), que se correspondieron con el tratamiento T_0 .

Al finalizar el período de almacenamiento se evaluaron las características de calidad de color (Apartado I.3.1.3.3) y evaluación sensorial por Mapeo Proyectivo (Apartado I.3.2.3.2). El análisis estadístico de los resultados se llevó a cabo según se describió en el Apartado I.3.2.4.

I.3.4. Cuarta Parte. Atributos de calidad sensorial de variedades de nuez pecán

El propósito de este apartado fue analizar, por variedad, atributos de calidad de nuez pecán que no se almacenaron y comparar dichos atributos con los de nuez pecán luego de ser almacenadas 12 meses a las temperaturas de 5 ± 1 °C y de 20 ± 1 °C.

Con los resultados de evaluación sensorial de la segunda y tercera parte del presente capítulo se analizaron los atributos de calidad señalados por los jueces expertos. Con dichos resultados se calcularon las frecuencias relativas de aparición de los atributos citados por los jueces con la ecuación que se muestra a continuación.

$$\text{Frecuencia (\%)} = \frac{N_i}{N_t} \times 100 \quad \text{Ecuación I. 3}$$

Dónde:

N_i = Cantidad de veces que se repitió un atributo

N_t = Cantidad total de ponderaciones.

Así se obtuvieron para cada variedad frecuencias relativas de cada atributo respecto de la cantidad total de ponderaciones para T_0 , para los tratamientos correspondientes a 5 ± 1 °C y para los tratamientos a 20 ± 1 °C.

I.4. Resultados

I.4.1. Primera Parte. Evolución de la calidad de la nuez pecán con cáscara durante el almacenamiento

En estos ensayos se evaluó el efecto del tiempo de almacenamiento sobre la calidad de la nuez pecán con cáscara almacenada a 5 ± 1 °C. Se explicó en la metodología que cada 3 meses se tomaron muestras de nueces en las que se analizó el IP, la humedad, parámetros de color y AG.

I.4.1.1. Índice de peróxidos

El IP tuvo un comportamiento fluctuante durante el almacenamiento; variando entre $0,11 \pm 0,03$ y $3,40 \pm 0,16$ meq O₂/kg aceite (Tabla I. 3). Este parámetro presentó el máximo valor a los 9 meses de almacenamiento, luego a los 12 meses el IP fue menor, lo que se podría explicar debido a que los hidroperóxidos se descomponen rápidamente generando productos secundarios como aldehídos, alcoholes, cetonas, ácidos, entre otros (Aminane *et al.*, 2022).

Tabla I. 3 Variación del índice de peróxidos de nuez pecán durante el almacenamiento a 5 ± 1 °C.

Tiempo de almacenamiento (meses)	Índice de peróxidos (meq O ₂ /kg de aceite)
0	$0,11 \pm 0,03$ c
3	$2,99 \pm 0,20$ ab
6	$2,45 \pm 0,31$ b
9	$3,40 \pm 0,16$ a
12	$2,60 \pm 0,53$ b

Valores expresados como promedio de 3 determinaciones \pm desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas en las medias de IP para los distintos tiempos de almacenamiento ($p < 0,05$).

I.4.1.2. Humedad de la pepita

La humedad de las nueces inicialmente aumentó con el tiempo, desde un valor inicial de $3,41 \pm 0,35$ g/100 g hasta $6,51 \pm 0,15$ g/100 g a los 6 meses de conservación (Tabla I. 4). Esta evaluación fue realizada a fines de diciembre. Posteriormente la humedad descendió. Estas variaciones se explican por las modificaciones de la humedad relativa del ambiente, ya que a cada humedad relativa ambiente le corresponde una humedad de equilibrio de la nuez, que depende de su actividad acuosa (Mitcham *et al.*, 2022). Según datos tomados en

la Estación Meteorológica de la EEA Concordia, diciembre de 2015 fue un mes particularmente húmedo, alcanzando la humedad relativa ambiente el 73 %.

Tabla I. 4 Variación de humedad durante el almacenamiento de nuez pecán.

Tiempo de almacenamiento (meses)	Humedad (g/100 g)	
0	3,41 ± 0,35	c
3	4,27 ± 0,09	b
6	6,51 ± 0,15	a
9	3,40 ± 0,16	c
12	3,21 ± 0,31	c

Valores expresados como promedio de 3 determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas en las medias de humedad para los distintos tiempos de almacenamiento ($p < 0,05$).

1.4.1.3. Color de la pepita

Referido a los parámetros de color se observa que la luminosidad se mantuvo sin diferencias significativas durante el almacenamiento, mientras que el parámetro a* aumentó significativamente con el tiempo del almacenamiento; siendo a los 12 meses el valor de a* 64 % superior al correspondiente al ingreso de las nueces a cámara. En tanto la componente b*, mostró un leve aumento durante los primeros meses de almacenamiento y luego disminuyó un 13,8 % por debajo de los valores iniciales (Tabla I. 5).

El incremento de a* señaló un aumento de las tonalidades rojas de la escala, mientras que el descenso de b* indicó disminución de las tonalidades amarillas; lo que se interpretó como un oscurecimiento de las nueces a medida que fue transcurriendo el tiempo de almacenamiento.

Tabla I. 5 Variación de los parámetros de color durante el almacenamiento de nuez pecán.

Tiempo (meses)	L*	a*	b*
0	49,34 ± 3,21 a	6,23 ± 1,30 c	33,10 ± 1,80 b
3	47,91 ± 2,30 a	8,50 ± 1,08 b	35,38 ± 1,83 a
6	48,20 ± 2,04 a	9,15 ± 1,40 b	34,86 ± 1,90 a
9	49,19 ± 3,52 a	8,59 ± 1,18 b	34,89 ± 2,98 a
12	48,05 ± 3,91 a	10,22 ± 1,33 a	28,52 ± 2,27 c

Valores expresados como promedio de 15 determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas en las medias de los parámetros de color para los distintos tiempos de almacenamiento ($p < 0,05$).

1.4.1.4. Evaluación sensorial: Aceptación global

En las evaluaciones sensoriales, se observa que el valor inicial de la AG fue 8,0 y que este atributo disminuyó constantemente hasta alcanzar el valor 5,7 a los 12 meses (Figura I. 4). Este valor se corresponde con una calificación entre “Ni me gusta, ni me disgusta” y “Me gusta un poco”.

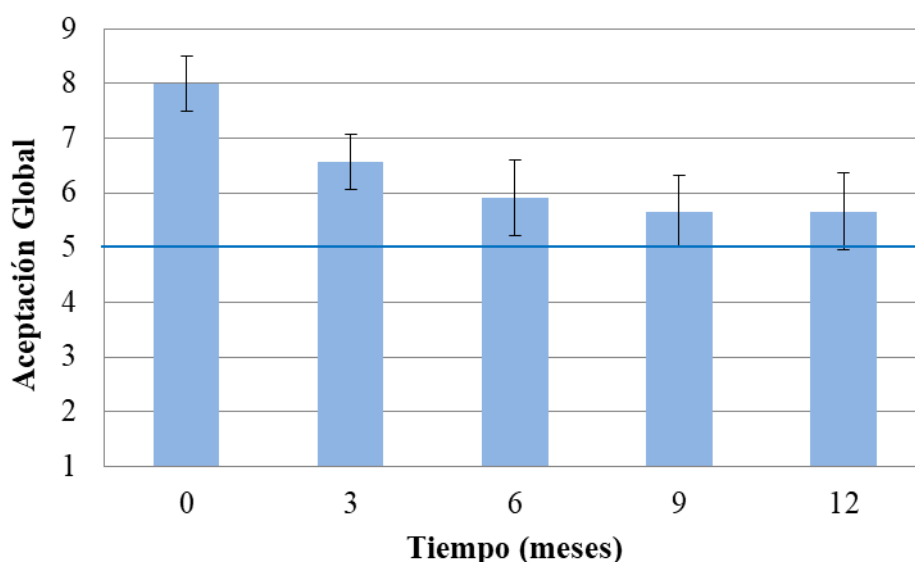


Figura I. 4 Intensidad del atributo sensorial “Aceptación Global” de nuez pecán almacenadas a 5 ± 1 °C durante 12 meses. La línea azul corresponde al valor definido como límite de calidad o aceptabilidad “Ni me gusta, ni me disgusta” (*cut-off*).

Adicionalmente, se puede observar en la [Figura I. 4](#) que los jueces notaron un deterioro mayor de las nueces en los primeros 6 meses de almacenamiento, mientras que para tiempos de almacenamientos superiores la AG no mostró diferencias estadísticas significativas.

Los resultados obtenidos en este ensayo permiten concluir que hubo un deterioro gradual de la calidad de las nueces durante los 12 meses de almacenamiento a 5 ± 1 °C. Sin embargo, al finalizar este período, las nueces aún tuvieron una calidad aceptable para su comercialización.

I.4.2. Segunda Parte. Calidad de nuez pecán con cáscara almacenada en diferentes envases a temperatura ambiente y de refrigeración

En esta segunda parte se estudiaron las variedades de nuez pecán Kernodle, Success, Stuart y Mahan. En cada una se analizaron el efecto del tipo de envase y la temperatura de almacenamiento sobre la calidad de las nueces. Cabe recordar que los envases utilizados fueron: bolsas de red, polietileno 20 μ , 60 μ y 100 μ y polipropileno 30 μ . Parte de las nueces envasadas se almacenaron a 5 ± 1 °C y otra parte a 20 ± 1 °C. El tiempo de almacenamiento fue de 12 meses. Los atributos de calidad evaluados fueron color y evaluación sensorial.

I.4.2.1. Variedad Kernodle

I.4.2.1.1. Color

Los valores de luminosidad de las nueces conservadas a 5 ± 1 °C y a 20 ± 1 °C fueron más bajos que los de las nueces Kernodle de la nueva temporada, es decir del año 2014 (T_0). En la [Tabla I. 6](#) se observa que las nueces que se conservaron a 5 ± 1 °C (T_1 a T_5) resultaron más luminosas que aquellas mantenidas a temperatura de 20 ± 1 °C (T_6 a T_{10}), siendo sus valores más próximos a T_0 .

Las nueces de los tratamientos conservadas en frío no presentaron diferencias significativas entre sí en los valores de a^* . Sin embargo, tuvieron valores de a^* superiores a T_0 . Es deseable obtener valores bajos de a^* , ya que la nuez al envejecer, se torna marrón, lo cual otorga la tonalidad en el componente rojo de la escala. Las nueces conservadas a 20 ± 1 °C tuvieron valores más altos de a^* que las conservadas a 5 ± 1 °C, siendo mayor el correspondiente al T_8 .

La componente b^* no presentó diferencias significativas entre T_0 y los tratamientos a 5 ± 1 °C, excepto en el T_2 ; mientras que las nueces conservadas a 20 ± 1 °C no mostraron diferencias significativas en los valores de b^* y estos, a su vez, fueron inferiores a los demás tratamientos. Se espera obtener valores altos de este parámetro, debido a que nueces frescas

presentan coloraciones ámbar claro, lo que se expresa analíticamente por valores positivos de b^* (componente amarillo).

Tabla I. 6 Parámetros de color de nuez pecán de variedad Kernodle.

Tratamiento	L^*	a^*	b^*
T ₁	40,97 ± 2,65 b	14,38 ± 0,96 c	29,75 ± 2,08 ab
T ₂	39,36 ± 2,40 bc	14,06 ± 1,11 c	28,07 ± 2,26 bc
T ₃	40,87 ± 3,20 b	14,15 ± 0,89 c	29,52 ± 2,43 ab
T ₄	39,53 ± 3,08 bc	13,73 ± 0,84 c	28,77 ± 2,13 ab
T ₅	40,99 ± 3,05 b	13,50 ± 1,27 c	29,52 ± 2,20 ab
T ₆	35,13 ± 2,68 d	16,68 ± 1,20 ab	25,51 ± 1,93 d
T ₇	36,70 ± 3,07 d	16,36 ± 1,49 b	25,27 ± 2,48 d
T ₈	37,30 ± 2,27 cd	17,49 ± 1,24 a	26,70 ± 1,77 cd
T ₉	36,31 ± 2,54 d	16,52 ± 0,90 b	25,40 ± 1,79 d
T ₁₀	36,09 ± 2,86 d	16,80 ± 0,79 ab	25,79 ± 2,22 d
T ₀	44,13 ± 1,88 a	10,58 ± 0,85 d	30,16 ± 1,31 a

Valores expresados como promedio de 45 determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas en las medias de los parámetros de color para los distintos tratamientos ($p < 0,05$). Nueces conservadas a 5 ± 1 °C en T₁=bolsas de red, T₂=polietileno de 20 μ , T₃=polietileno de 60 μ , T₄=polietileno de 100 μ , T₅=polipropileno de 30 μ ; conservadas a 20 ± 1 °C en T₆=bolsas de red, T₇=polietileno de 20 μ , T₈=polietileno de 60 μ , T₉=polietileno de 100 μ , T₁₀=polipropileno de 30 μ ; T₀=nueces de la nueva temporada.

I.4.2.1.2. Evaluación sensorial

De la evaluación sensorial participaron 11 jueces entrenados, de los cuales 9 fueron mujeres y 2 hombres. Esta cantidad de jueces estuvo comprendida entre los valores que señala la literatura para cuando se trabaja con catadores entrenados. En el Mapeo Proyectivo se recomienda trabajar con 9 a 15 catadores, como en el análisis descriptivo tradicional (Risvik *et al.*, 1994; Perrin *et al.*, 2008; Sanz Castrodeza, 2018).

Para la variedad Kernodle los jueces entrenados señalaron 9 descriptores, con cuya información se construyó la [Tabla I. 7](#).

El mapa consenso y el gráfico de componentes principales obtenidos del análisis sensorial muestran 2 grupos bien definidos, uno formado por las nueces conservadas a temperatura de 20 ± 1 °C caracterizadas por ser “rancias”, “amargas” y “aceitosas”; y un segundo grupo

constituido por T₀ y las muestras conservadas a 5 ± 1 °C definidas como “dulces”, “crujientes” y de “sabor típico”.

Tabla I. 7 Tabla de frecuencias de descriptores de nuez pecán de variedad Kernodle.

Tratamiento	Sabor típico	Crujiente	Dulce	Rancio	Pastosa
T ₁	3	2	5	3	2
T ₂	4	3	8	2	0
T ₃	3	4	5	3	0
T ₄	4	3	5	3	3
T ₅	3	2	4	4	2
T ₆	0	0	0	11	0
T ₇	0	0	1	10	1
T ₈	0	1	2	11	1
T ₉	0	4	1	11	1
T ₁₀	0	2	2	8	1
T ₀	2	6	8	1	0
Tratamiento	Picante	Amarga	Blanda	Aceitosa	
T ₁	1	0	1	0	
T ₂	0	1	0	0	
T ₃	2	1	1	0	
T ₄	1	0	1	1	
T ₅	0	1	3	0	
T ₆	1	1	4	1	
T ₇	3	3	3	2	
T ₈	2	3	1	3	
T ₉	1	1	1	2	
T ₁₀	1	4	2	1	
T ₀	0	0	0	0	

Nueces conservadas a 5 ± 1 °C en T₁=bolsas de red, T₂=polietileno de 20 μ, T₃=polietileno de 60 μ, T₄=polietileno de 100 μ, T₅=polipropileno de 30 μ; conservadas a 20 ± 1 °C en T₆=bolsas de red, T₇=polietileno de 20 μ, T₈=polietileno de 60 μ, T₉=polietileno de 100 μ, T₁₀=polipropileno de 30 μ; T₀=nueces de la nueva temporada.

En la **Figura I. 5** se indicaron en negritas los atributos seleccionados por los jueces, cuyo vector de la variable tuvo al menos 2/3 del tamaño de los ejes de las dimensiones. Se mencionó en la metodología que, si el vector es pequeño, significa que la información sobre esa variable puede estar en otra dimensión o que las muestras no presentaron diferencias significativas en esa característica de calidad.

Las elipses de confianza indicaron que los tratamientos que más se asemejaron a T₀ fueron T₃ y T₅. Por otro lado, T₂ y T₄ no tuvieron diferencias significativas, con dichos tratamientos. Este análisis explicó el 72,11 % de la variabilidad de los resultados.

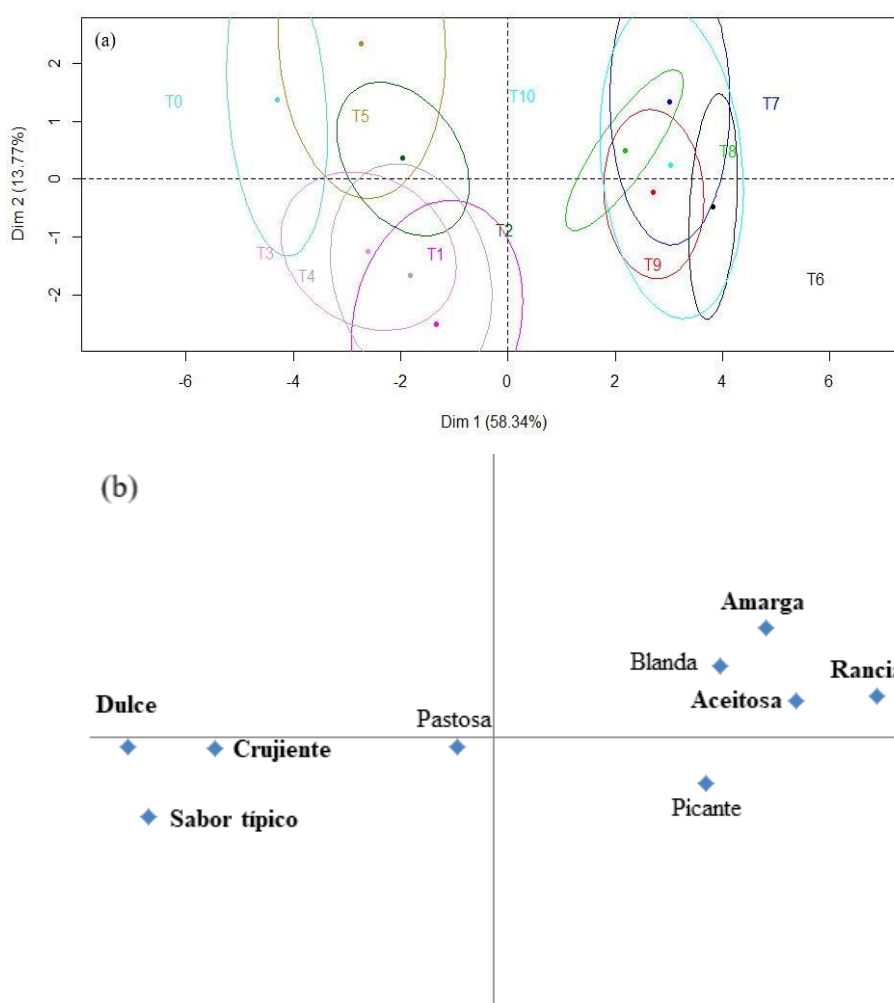


Figura I. 5 Análisis de correspondencia de la variedad Kernodle. (a) Mapa consenso. (b) Grafico de componentes principales.

Por lo expuesto se concluye que los tratamientos que mejor preservaron el color de las nueces de Kernodle fueron los que utilizaron bolsas red, polietileno 60 μ y 100 μ y polipropileno 30 μ (T₁, T₃, T₄ y T₅, respectivamente) durante la conservación a 5 ± 1 °C;

mientras que, con respecto al análisis sensorial las nueces mejor calificadas por los jueces fueron las conservadas a 5 ± 1 °C en polipropileno 30 μ y en polietileno 60 μ ; seguidas por 20 μ , y 100 μ .

I.4.2.2. Variedad Success

I.4.2.2.1. Color

Las nueces conservadas a 5 ± 1 °C de los T₁, T₂ y T₅ no mostraron diferencias con las del T₀ en el parámetro L*, mientras que las nueces de T₃ y T₄ tuvieron valores más altos de luminosidad (Tabla I. 8). Por otra parte, los frutos conservados a 20 ± 1 °C mantuvieron la luminosidad característica de las nueces de la nueva temporada (T₀).

Tabla I. 8 Parámetros de color de nuez pecán de variedad Success.

Tratamiento	L*	a*	b*
T ₁	42,38 ± 2,31 cd	12,08 ± 1,1 b	29,18 ± 2,73 ab
T ₂	45,21 ± 5,10 abc	8,91 ± 1,15 cd	29,20 ± 2,25 ab
T ₃	47,96 ± 4,29 a	8,61 ± 1,19 cd	31,00 ± 2,29 a
T ₄	48,19 ± 3,50 a	8,38 ± 0,82 cd	31,00 ± 1,67 a
T ₅	46,31 ± 4,26 ab	9,19 ± 0,94 c	30,13 ± 2,66 a
T ₆	42,66 ± 3,56 cd	13,11 ± 1,25 a	27,57 ± 2,47 bc
T ₇	41,50 ± 3,01 d	13,05 ± 1,31 a	27,55 ± 1,97 bc
T ₈	43,81 ± 3,20 bcd	12,30 ± 0,83 ab	27,21 ± 2,00 c
T ₉	42,61 ± 4,27 cd	13,04 ± 1,02 a	27,56 ± 2,88 bc
T ₁₀	41,95 ± 4,14 d	12,52 ± 0,88 ab	27,74 ± 2,32 bc
T ₀	44,44 ± 3,57 bcd	8,05 ± 1,16 d	29,96 ± 2,22 a

Valores expresados como promedio de 45 determinaciones \pm desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas en las medias de los parámetros de color para los distintos tratamientos ($p < 0,05$). Nueces conservadas a 5 ± 1 °C en T₁=bolsas de red, T₂=polietileno de 20 μ , T₃=polietileno de 60 μ , T₄=polietileno de 100 μ , T₅=polipropileno de 30 μ ; conservadas a 20 ± 1 °C en T₆=bolsas de red, T₇=polietileno de 20 μ , T₈=polietileno de 60 μ , T₉=polietileno de 100 μ , T₁₀=polipropileno de 30 μ ; T₀=nueces de la nueva temporada.

En lo que respecta a los valores de a*, los tratamientos T₂, T₃ y T₄ presentaron los menores valores de este parámetro y no tuvieron diferencias significativas con T₀; lo que estaría indicando que las nueces conservadas durante un año a 5 ± 1 °C no sufrieron incremento en

las tonalidades rojizas. Por su parte los frutos de T₁ y T₅, como también los almacenados a 20 ± 1 °C mostraron valores de a* muy superiores a T₀, indicando un amarronamiento de las nueces luego del período de almacenamiento.

Las nueces conservadas a 5 ± 1 °C tuvieron los mayores valores de b*, no observándose diferencias con las nueces de T₀; por lo que la conservación de los frutos a temperaturas de refrigeración permitió conservar la coloración ámbar claro característico de las nueces frescas. Las nueces conservadas a 20 ± 1 °C mostraron una disminución del parámetro b*, indicando una disminución de las tonalidades amarillas.

I.4.2.2.2. Evaluación sensorial

En la evaluación sensorial de las nueces Success participaron 14 jueces entrenados, de los cuales 9 fueron mujeres y 5 hombres. Para esta variedad los jueces seleccionaron 15 descriptores, según se muestra en la [Tabla I. 9](#). El análisis sensorial explicó el 57,80 % de la variabilidad de los resultados.

Tabla I. 9 Tabla de frecuencias de descriptores de nuez pecán de variedad Success.

Tratamiento	Sabor típico	Crujiente	Dulce	Suave	Buen sabor
T ₁	3	5	9	1	2
T ₂	2	4	6	1	1
T ₃	3	4	8	2	0
T ₄	4	5	8	1	0
T ₅	3	7	9	3	0
T ₆	0	1	2	0	0
T ₇	0	5	2	1	0
T ₈	0	5	5	1	1
T ₉	1	5	3	1	1
T ₁₀	1	7	4	1	0
T ₀	4	7	9	1	4

Tabla I. 9 Tabla de frecuencias de descriptores de nuez pecán de variedad Success (continuación).

Tratamiento	Rancio	Aceitosa	Olor Rancio	Pastosa	Seca
T ₁	2	0	0	1	0
T ₂	5	1	0	1	0
T ₃	1	1	0	1	0
T ₄	0	2	0	1	0
T ₅	2	0	0	2	0
T ₆	14	4	2	1	0
T ₇	12	1	1	1	0
T ₈	9	0	1	2	0
T ₉	3	1	0	0	2
T ₁₀	6	3	1	0	0
T ₀	0	1	0	1	1

Tratamiento	Desabrida	Untuosa	Picante	Amarga	Blanda
T ₁	0	1	0	1	1
T ₂	0	1	0	1	2
T ₃	1	0	0	0	2
T ₄	1	0	0	0	2
T ₅	1	0	0	0	0
T ₆	0	0	1	0	3
T ₇	0	0	0	2	1
T ₈	0	0	0	1	2
T ₉	2	1	2	2	1
T ₁₀	0	1	0	1	0
T ₀	0	2	0	1	1

Nueces conservadas a 5 ± 1 °C en T₁=bolsas de red, T₂=polietileno de 20 μ , T₃=polietileno de 60 μ , T₄=polietileno de 100 μ , T₅=polipropileno de 30 μ ; conservadas a 20 ± 1 °C en T₆=bolsas de red, T₇=polietileno de 20 μ , T₈=polietileno de 60 μ , T₉=polietileno de 100 μ , T₁₀=polipropileno de 30 μ ; T₀=nueces de la nueva temporada.

Se observa en el cuadrante izquierdo de la [Figura I. 6](#), un grupo separado, formado por los tratamientos T₆ y T₇ que corresponde a nueces conservadas a 20 ± 1 °C y envasadas en bolsas de red y polietileno de 20 μ , respectivamente; las que fueron señaladas con “olor y sabor rancios”.

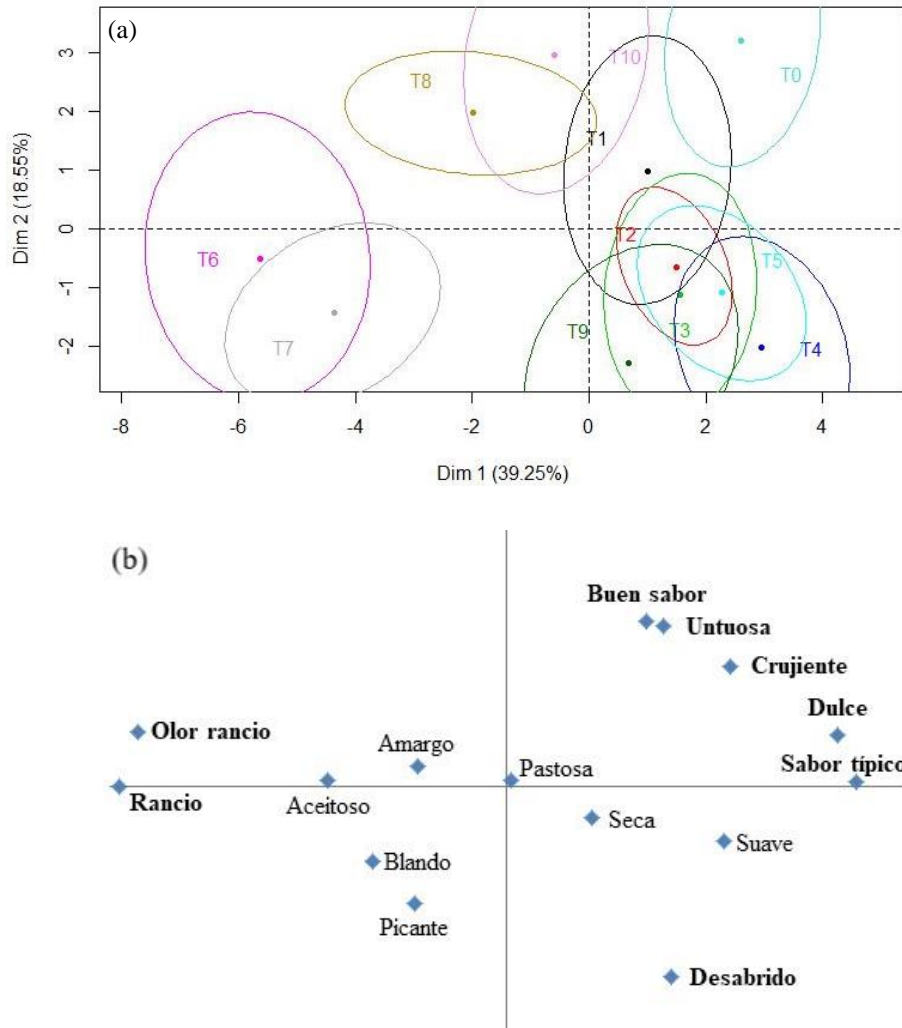


Figura I. 6 Análisis de correspondencia de la variedad Success. (a) Mapa consenso. (b) Grafico de componentes principales.

En contrapartida, en el cuadrante derecho se ubicaron los tratamientos con atributos positivos T₁, T₂, T₃, T₄, T₅, T₉ y T₀; destacándose el “sabor típico”, “dulce” y la textura “crujiente”. El tratamiento que más se pareció a T₀ en este análisis fueron las nueces colocadas en bolsas de red y almacenadas a 5 ± 1 °C (T₁), compartiendo los atributos “untuosa”, “buen sabor” y “crujiente”.

En la [Tabla I. 9](#) se puede observar que T₄ (polietileno de 100 μ y temperatura de 5 ± 1 °C) fue el único tratamiento, aparte de T₀, que no tuvo ninguna mención del atributo “rancio”. Además, las nueces de T₄ y T₅ se destacaron por su “sabor típico”, “crujiente” y “dulce”. Estos atributos también se pueden explicar gráficamente teniendo en cuenta la posición relativa de T₄, T₅ y T₀ con respecto al eje de la primera dimensión. Las diferencias entre T₀ y estos tratamientos radicaron en los atributos “untuosa” y “buen sabor”, que ya se mencionaron con anterioridad.

El análisis instrumental de color señaló que las nueces de la variedad Success que mejor preservaron el color fueron las envasadas en bolsas de polietileno de 60 μ y 100 μ. En cuanto al análisis sensorial la mejor calidad la presentaron las nueces envasadas en bolsas de red, seguidas de las envasadas en polietileno 100 μ y polipropileno 30 μ.

1.4.2.3. Variedad Stuart

1.4.2.3.1. Color

La componente L* de las muestras de nuez Stuart correspondientes a todos los tratamientos, inclusive T₀, no mostraron diferencias estadísticas significativas. También los valores de a* de las nueces almacenadas a 5 ± 1 °C fueron comparables a los de las nueces de la nueva temporada (T₀) ([Tabla I.10](#)). Sin embargo, en las muestras almacenadas a 20 ± 1 °C aumentaron las tonalidades en la componente roja; señalando un amarronamiento de las nueces.

En lo que respecta al parámetro b*, las nueces de todos los tratamientos mostraron valores inferiores a las nueces del T₀; aunque en condiciones de refrigeración las nueces conservaron mejor las tonalidades amarillas, lo que se puede visualizar en la tabla anterior como valores superiores en esta componente.

Tabla I. 10 Parámetros de color de nuez pecán de variedad Stuart.

Tratamiento	L*	a*	b*
T ₁	44,78 ± 4,05 ab	9,02 ± 0,89 bc	30,90 ± 2,44 b
T ₂	45,17 ± 4,24 ab	10,18 ± 1,65 b	31,52 ± 2,20 b
T ₃	43,88 ± 2,48 ab	9,37 ± 0,92 bc	30,05 ± 1,86 bcd
T ₄	46,22 ± 3,36 a	8,50 ± 0,72 c	30,80 ± 2,90 b
T ₅	44,29 ± 4,26 ab	9,77 ± 1,25 bc	30,68 ± 2,79 bc
T ₆	41,40 ± 3,03 b	13,22 ± 1,46 a	27,63 ± 2,14 de
T ₇	42,01 ± 3,46 b	13,05 ± 1,37 a	28,01 ± 2,28 de
T ₈	42,63 ± 3,77 ab	13,20 ± 1,55 a	27,88 ± 2,70 de
T ₉	41,49 ± 1,89 b	12,71 ± 1,40 a	26,88 ± 1,82 e
T ₁₀	42,54 ± 2,56 ab	13,21 ± 1,17 a	28,14 ± 1,50 cde
T ₀	43,62 ± 2,83 ab	9,05 ± 1,08 bc	34,59 ± 1,69 a

Valores expresados como promedio de 45 determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas en las medias de los parámetros de color para los distintos tratamientos ($p < 0,05$). Nueces conservadas a 5 ± 1 °C en T₁=bolsas de red, T₂=polietileno de 20 μ , T₃=polietileno de 60 μ , T₄=polietileno de 100 μ , T₅=polipropileno de 30 μ ; conservadas a 20 ± 1 °C en T₆=bolsas de red, T₇=polietileno de 20 μ , T₈=polietileno de 60 μ , T₉=polietileno de 100 μ , T₁₀=polipropileno de 30 μ ; T₀=nueces de la nueva temporada.

I.4.2.3.2. Evaluación sensorial

De la evaluación sensorial de esta variedad participaron 10 jueces entrenados, de los cuales 6 fueron mujeres y 4 hombres. Para los ensayos de la variedad Stuart los jueces marcaron 12 descriptores, cuya distribución de frecuencia se observa en la Tabla I. 11. Este análisis explica el 57,06 % de la variabilidad de los datos obtenidos.

Según el mapa de consenso (Figura I. 7), las nueces de los T₃, T₄ y T₅, al igual que T₀, fueron señaladas como nueces con “sabor típico”, “crujientes” y “dulces”; siendo las nueces de T₄ las que más se asemejaron a T₀. Adicionalmente, los frutos ubicados en los cuadrantes de la izquierda, se mostraron con sabores marcadamente “amargos”, “rancios” y “aceitosos” y se correspondieron con muestras cuya temperatura de almacenamiento fue 20 ± 1 °C (T₆, T₇, T₈, T₉ y T₁₀).

Tabla I. 11 Tabla de frecuencias de descriptores de nuez pecán de variedad Stuart.

Tratamiento	Sabor típico	Crujiente	Dulce	Rancio	Aceitosa	Áspera
T ₁	1	2	1	4	0	1
T ₂	2	2	2	4	1	0
T ₃	3	3	6	0	0	1
T ₄	1	6	4	0	0	1
T ₅	2	4	6	0	0	1
T ₆	0	0	1	7	1	0
T ₇	0	0	1	9	1	1
T ₈	0	2	0	4	1	0
T ₉	0	2	4	3	0	0
T ₁₀	0	1	1	4	0	0
T ₀	1	5	5	0	0	1

Tratamiento	Sabor extraño	Untuosa	Pastosa	Picante	Amarga	Blanda
T ₁	1	1	1	1	0	0
T ₂	0	2	1	0	1	0
T ₃	0	2	1	0	0	1
T ₄	0	1	0	0	0	0
T ₅	0	3	2	0	0	0
T ₆	1	1	1	0	1	1
T ₇	0	1	0	1	1	0
T ₈	1	0	1	0	1	0
T ₉	0	0	0	1	1	0
T ₁₀	0	1	0	2	1	0
T ₀	0	2	0	0	0	0

Nueces conservadas a 5 ± 1 °C en T₁=bolsas de red, T₂=polietileno de 20 μ , T₃=polietileno de 60 μ , T₄=polietileno de 100 μ , T₅=polipropileno de 30 μ ; conservadas a 20 ± 1 °C en T₆=bolsas de red, T₇=polietileno de 20 μ , T₈=polietileno de 60 μ , T₉=polietileno de 100 μ , T₁₀=polipropileno de 30 μ ; T₀=nueces de la nueva temporada.

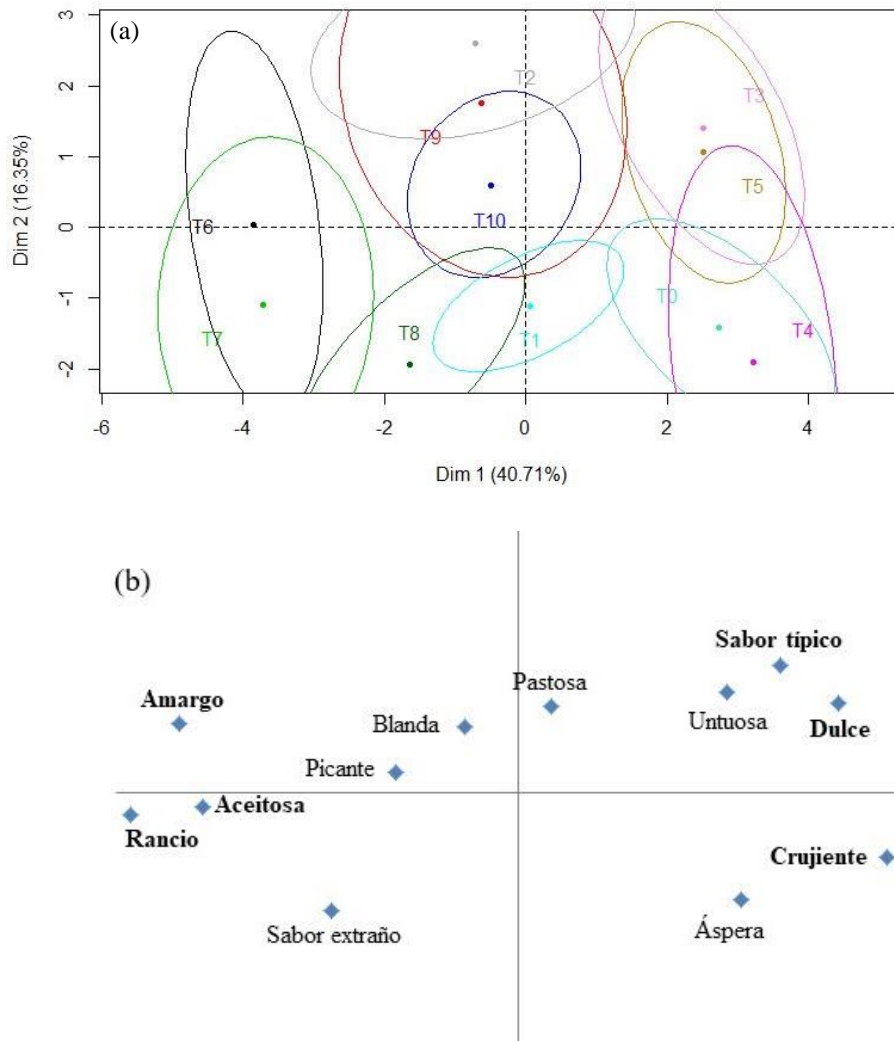


Figura I. 7 Análisis de correspondencia de la variedad Stuart. (a) Mapa consenso. (b) Grafico de componentes principales.

De lo expuesto se puede señalar que las nueces de la variedad Stuart que mejor conservaron el color fueron las conservadas a 5 ± 1 °C y las que fueron calificadas con mejores atributos sensoriales luego de 12 meses de almacenamiento fueron las nueces envasadas en polietileno de 100μ y almacenadas a 5 ± 1 °C, seguidas de las nueces envasadas en polietileno 60μ y polipropileno 30μ , ambas almacenadas a 5 ± 1 °C.

1.4.2.4. Variedad Mahan

1.4.2.4.1. Color

Las nueces de los T₁ y T₄ no tuvieron diferencias significativas en la componente L* con las nueces de T₀, mientras que las nueces de los demás tratamientos cuya temperatura de almacenamiento fue 5 ± 1 °C disminuyó aproximadamente en un 2 % la luminosidad

(Tabla I. 12). Cuando el almacenamiento se llevó a cabo a 20 ± 1 °C las nueces presentaron los menores valores de este parámetro.

Tabla I. 12 Parámetros de color de nuez pecán de variedad Mahan.

Tratamiento	L*	a*	b*
T ₁	44,96 ± 2,94 ab	10,69 ± 1,25 b	29,92 ± 2,13 b
T ₂	44,34 ± 3,67 b	10,22 ± 1,23 bcd	29,10 ± 2,47 b
T ₃	44,00 ± 3,32 b	9,94 ± 1,62 bcd	28,70 ± 2,52 b
T ₄	44,71 ± 3,86 ab	9,56 ± 1,05 cd	29,40 ± 2,16 b
T ₅	43,23 ± 3,20 bc	10,33 ± 1,58 bc	29,32 ± 2,08 b
T ₆	40,21 ± 3,24 d	12,76 ± 1,41 a	24,99 ± 1,99 d
T ₇	41,65 ± 2,84 cd	13,21 ± 1,16 a	27,01 ± 1,89 c
T ₈	39,84 ± 3,27 d	13,05 ± 1,58 a	25,61 ± 2,72 cd
T ₉	40,56 ± 3,20 d	12,77 ± 1,26 a	26,02 ± 2,80 cd
T ₁₀	40,55 ± 3,84 d	12,44 ± 1,11 a	24,61 ± 2,90 d
T ₀	46,77 ± 3,28 a	9,41 ± 1,40 d	32,82 ± 1,82 a

Valores expresados como promedio de 45 determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas en las medias de los parámetros de color para los distintos tratamientos ($p < 0,05$). Nueces conservadas a 5 ± 1 °C en T₁=bolsas de red, T₂=polietileno de 20 μ, T₃=polietileno de 60 μ, T₄=polietileno de 100 μ, T₅=polipropileno de 30 μ; conservadas a 20 ± 1 °C en T₆=bolsas de red, T₇=polietileno de 20 μ, T₈=polietileno de 60 μ, T₉=polietileno de 100 μ, T₁₀=polipropileno de 30 μ; T₀=nueces de la nueva temporada.

Referido a la componente que cuantifica las tonalidades rojas de la escala se puede observar en la Tabla I. 12 que las nueces de los T₂, T₃ y T₄ no tuvieron diferencias con T₀, los demás tratamientos que consistieron en almacenar las nueces en condiciones de refrigeración mostraron valores ligeramente superiores de a*; mientras que las nueces almacenadas a 20 ± 1 °C tuvieron valores muy superiores a los de T₀.

Todos los tratamientos mostraron valores inferiores en la componente b* respecto de las nueces de la nueva temporada; no obstante, esta disminución fue menor cuando el almacenamiento fue a 5 ± 1 °C.

I.4.2.4.2. Evaluación sensorial

De la evaluación sensorial de la variedad Mahan participaron 13 jueces entrenados, 8 fueron mujeres y 5 hombres. Para esta variedad los jueces señalaron 15 descriptores, cuyas frecuencias se muestran en la [Tabla I. 13](#). Este análisis explicó el 64,90 % de la variabilidad de los resultados.

Tabla I. 13 Tabla de frecuencias de descriptores de nuez pecán de variedad Mahan.

Tratamiento	Sabor típico	Buen sabor	Crujiente	Seca	Dulce
T ₁	1	2	3	0	6
T ₂	0	1	1	2	5
T ₃	2	2	3	0	7
T ₄	2	2	6	0	5
T ₅	4	2	1	0	5
T ₆	0	0	1	2	0
T ₇	0	0	1	1	0
T ₈	0	0	1	1	0
T ₉	0	0	3	1	2
T ₁₀	0	0	1	1	1
T ₀	4	5	4	0	9

Tratamiento	Pastosa	Picante	Blanda	Olor Rancio	Rancio
T ₁	1	1	1	0	2
T ₂	1	1	1	0	7
T ₃	0	0	0	0	2
T ₄	3	2	0	0	0
T ₅	2	0	1	0	1
T ₆	2	2	2	1	10
T ₇	1	2	0	2	12
T ₈	2	2	0	1	12
T ₉	0	2	1	1	10
T ₁₀	1	0	0	0	11
T ₀	0	0	1	0	0

Tabla I. 13 Tabla de frecuencias de descriptores de nuez pecán de variedad Mahan (continuación).

Tratamiento	Aceitosa	Oscura	Amarga	Untuosa	Insulsa
T ₁	2	1	1	1	1
T ₂	1	0	1	0	0
T ₃	1	1	0	1	2
T ₄	2	0	2	3	2
T ₅	3	1	1	2	4
T ₆	0	1	3	0	0
T ₇	3	2	4	1	0
T ₈	1	2	4	2	0
T ₉	1	4	2	1	0
T ₁₀	3	4	3	1	0
T ₀	1	0	0	2	4

Nueces conservadas a 5 ± 1 °C en T₁=bolsas de red, T₂=polietileno de 20 μ , T₃=polietileno de 60 μ , T₄=polietileno de 100 μ , T₅=polipropileno de 30 μ ; conservadas a 20 ± 1 °C en T₆=bolsas de red, T₇=polietileno de 20 μ , T₈=polietileno de 60 μ , T₉=polietileno de 100 μ , T₁₀=polipropileno de 30 μ ; T₀=nueces de la nueva temporada.

Los tratamientos ubicados a la derecha en el mapa consenso, T₁, T₃, T₄ y T₅ no mostraron diferencias con las nueces de la nueva temporada (T₀) y se caracterizaron por poseer “sabor típico”, “dulce” y “buen sabor” (Figura I. 8). El T₂ se separó del resto de los tratamientos por ser “dulce” y a su vez “rancio”. Al igual que en la variedad Success, T₄ fue el único tratamiento, aparte de T₀, que no tuvo ninguna mención del atributo “rancio”.

Las nueces almacenadas a 20 ± 1 °C no mostraron diferencias, cualquiera sea el envase empleado. Estos tratamientos se ubicaron en cuadrantes a la izquierda y las nueces se caracterizaron por los atributos “oscuros”, “amargos”, “secos” y poseer “olor y sabor rancios”.

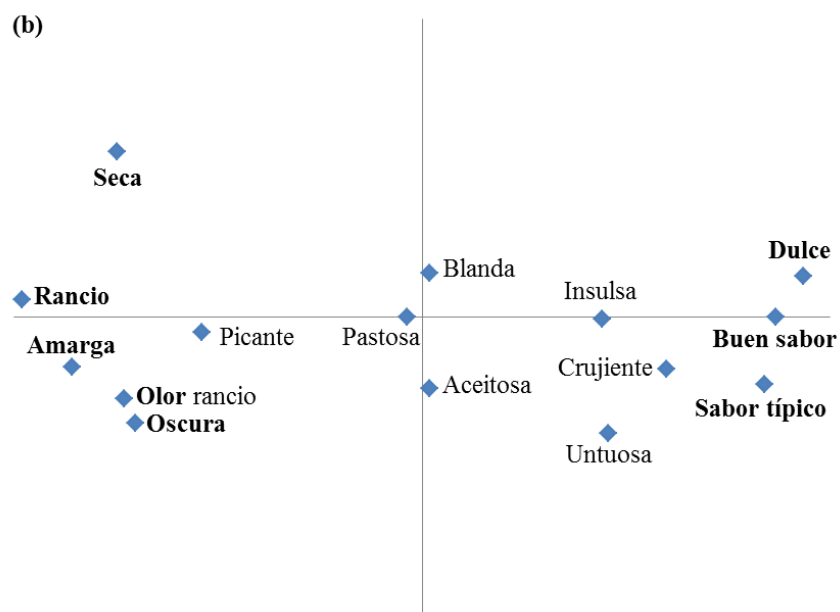
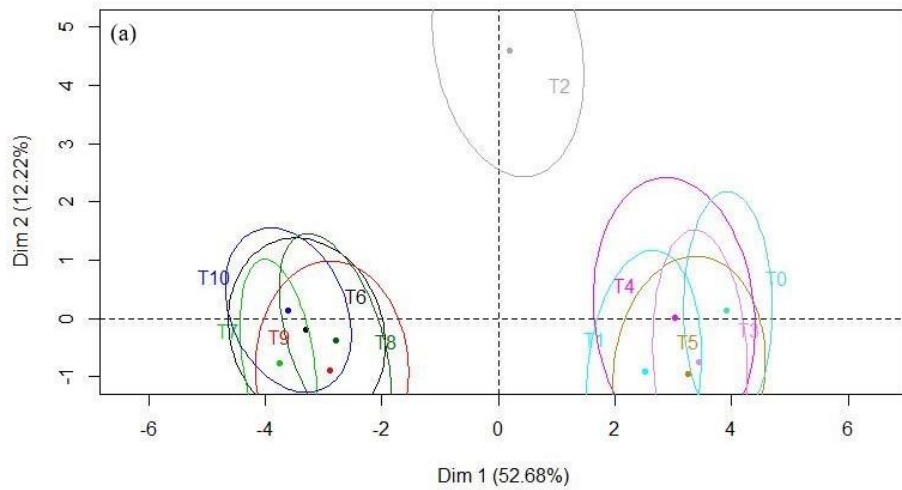


Figura I. 8 Análisis de correspondencia de la variedad Mahan. (a) Mapa consenso. (b) Grafico de componentes principales.

En términos generales se puede concluir que las nueces conservaron mejor el color estando envasadas en bolsas de polietileno de 100 μ . En cuanto al análisis sensorial, todos los tratamientos conservados en frío podrían utilizarse indistintamente, exceptuando a T₂, cuyas nueces recibieron la calificación “rancia”.

I.4.3. Tercera Parte. Calidad de nuez pecán con cáscara almacenada en diferentes envases en condiciones de refrigeración

En la tercera parte del estudio se decidió eliminar el efecto de la temperatura, ya que quedó confirmado con los ensayos anteriores que las nueces se conservaron mejor en condiciones de refrigeración; y se estudió únicamente el efecto de los envases sobre atributos de calidad de nuez pecán almacenadas a 5 ± 1 °C durante 12 meses.

I.4.3.1. Variedad Kernodle

I.4.3.1.1. Color

Como se puede observar en la [Tabla I.14](#), en las nueces almacenadas no hubo diferencias significativas entre los tratamientos con respecto a la luminosidad. Además, T₂ y T₅ no mostraron diferencias con T₀. Con respecto a los parámetros a* y b*, tampoco se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de las nueces almacenadas en frío, pero sí difirieron con las nueces de la nueva temporada, la cual presentó menor a* y mayor b*; lo que puso de manifiesto el oscurecimiento de las nueces envasadas y almacenadas por el período de 12 meses.

Tabla I. 14 Parámetros de color de nuez pecán de variedad Kernodle.

Tratamiento	L*	a*	b*
T ₁	41,62 ± 2,51 b	11,64 ± 1,12 a	26,84 ± 1,72 b
T ₂	45,90 ± 3,11 ab	11,00 ± 0,92 a	26,24 ± 2,15 b
T ₃	41,82 ± 3,46 b	11,36 ± 0,99 a	26,10 ± 1,98 b
T ₄	41,85 ± 3,34 b	11,36 ± 1,61 a	26,99 ± 2,68 b
T ₅	43,00 ± 2,25 ab	11,83 ± 1,06 a	27,16 ± 2,14 b
T ₀	43,90 ± 2,44 a	9,33 ± 1,19 b	29,48 ± 2,39 a

Valores expresados como promedio de 45 determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas en las medias de los parámetros de color para los distintos tratamientos ($p < 0,05$). Nueces conservadas a 5 ± 1 °C en T₁=bolsas de red, T₂=polietileno de 20 μ, T₃=polietileno de 60 μ, T₄=polietileno de 100 μ, T₅=polipropileno de 30 μ; T₀=nueces de la nueva temporada.

I.4.3.1.2. Evaluación sensorial

De la evaluación sensorial de la variedad Kernodle participaron 9 jueces, 5 mujeres y 4 hombres; los que señalaron 12 descriptores (Tabla I. 15). Las 2 primeras dimensiones explicaron el 55,30 % de la variabilidad de los datos.

Tabla I. 15 Tabla de frecuencias de descriptores de nuez pecán de variedad Kernodle.

Tratamiento	Sabor típico	Crujiente	Dulce	Rancio	Aceitosa	Áspera
T ₁	1	2	2	5	3	0
T ₂	2	4	3	4	2	0
T ₃	3	3	1	5	3	0
T ₄	1	2	1	7	6	1
T ₅	5	5	2	3	0	1
T ₀	6	5	3	0	0	0

Tratamiento	Sabor extraño	Untuosa	Quebradiza	Picante	Amarga	Blanda
T ₁	2	2	0	1	1	3
T ₂	3	3	1	0	0	1
T ₃	1	2	0	0	2	5
T ₄	1	0	0	1	2	3
T ₅	0	2	0	0	1	2
T ₀	1	1	2	0	0	2

Nueces conservadas a 5 ± 1 °C en T₁=bolsas de red, T₂=polietileno de 20 μ , T₃=polietileno de 60 μ , T₄=polietileno de 100 μ , T₅=polipropileno de 30 μ .; T₀=nueces de la nueva temporada.

Los atributos “sabor típico”, “dulce” y “crujiente”, se ubicaron en el cuadrante inferior derecho en el gráfico de componentes principales (Figura I. 9); atributos que se correspondieron con las nueces de las muestras de los tratamientos T₀ y T₅ (nueces de la nueva temporada y nueces conservadas a 5 ± 1 °C en bolsas de polipropileno de 30 μ).

En contrapartida, en el cuadrante superior izquierdo se observan los atributos negativos “rancio”, “aceitosa” y “amargo”, que caracterizaron a los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄ (nueces conservadas a 5 ± 1 °C en bolsas de red, polietileno de 20, 60 y 100 μ). Estos 2 últimos tratamientos además se caracterizaron por corresponder a nueces blandas y amargas.

Adicionalmente, en el cuadrante inferior izquierdo, donde se localizaron los tratamientos T_1 y T_2 , las nueces fueron señaladas con “sabor extraño”.

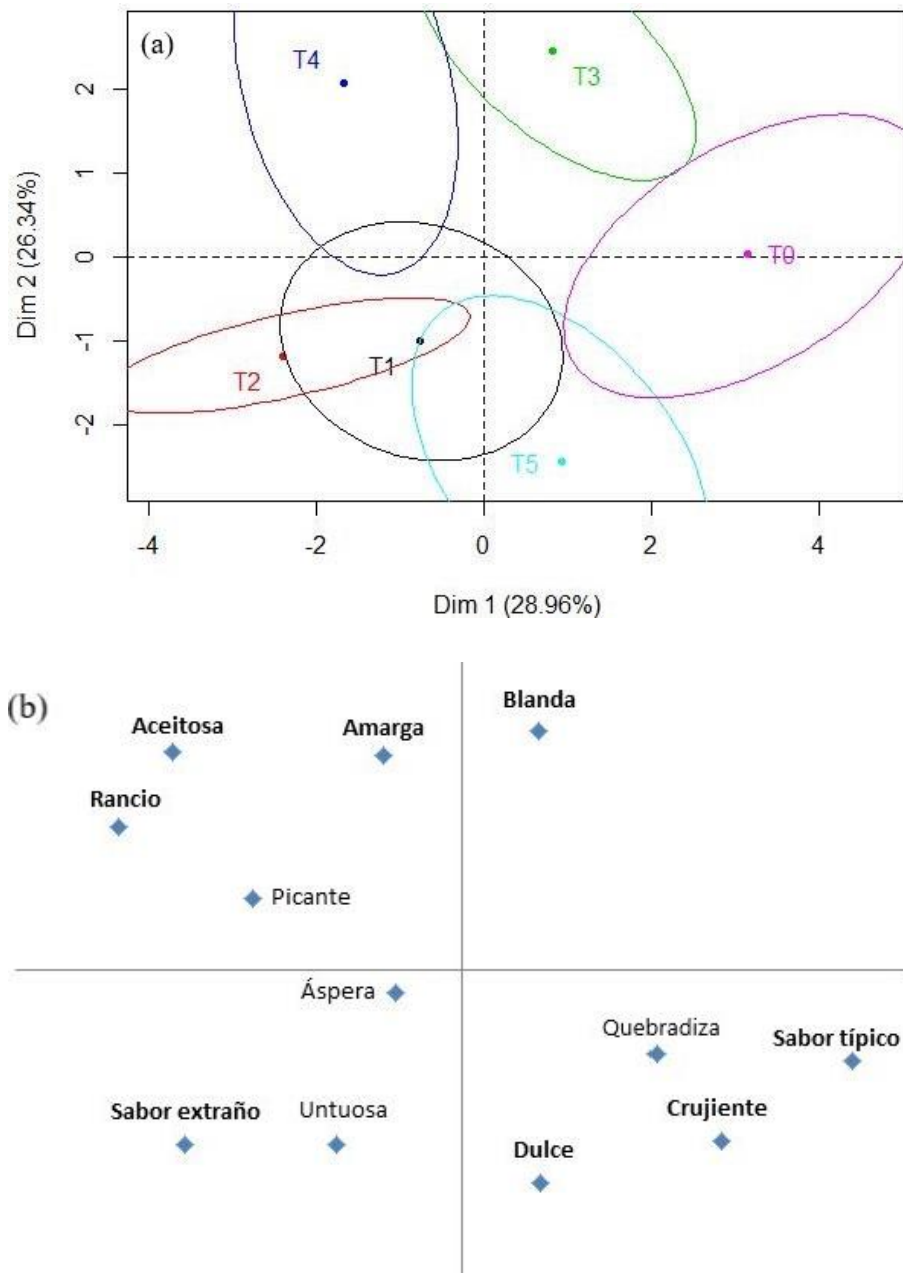


Figura I. 9 Análisis de correspondencia de la variedad Kernodle. (a) Mapa consenso. (b) Grafico de componentes principales.

En conclusión, las nueces de la variedad Kernodle que mejor conservaron el color fueron las envasadas en polietileno de 20 μ y polipropileno de 30 μ ; mientras que en el análisis sensorial se observó que el tratamiento que más se asemejó a las nueces de la nueva temporada fueron las envasadas en polipropileno de 30 μ .

1.4.3.2. Variedad Success

1.4.3.2.1. Color

En esta variedad, el parámetro L* no presentó diferencias significativas entre los tratamientos correspondientes a nueces almacenadas como tampoco entre estos con el T₀ (Tabla I. 16). En lo que respecta a la componente a*, las nueces de todos los tratamientos mostraron un incremento de las tonalidades rojas, presentando T₅ el menor valor. El T₂ fue el único tratamiento que no mostró diferencias significativas con T₀ en la componente b*, mientras que las nueces de los demás tratamientos tuvieron una disminución de la componente amarilla.

Tabla I. 16 Parámetros de color de nuez pecán de variedad Success.

Tratamiento	L*	a*	b*
T ₁	46,45 ± 3,16 a	8,41 ± 1,09 a	36,88 ± 2,62 bc
T ₂	46,67 ± 3,10 a	8,08 ± 1,02 ab	38,36 ± 3,05 ab
T ₃	46,71 ± 2,77 a	8,25 ± 0,96 ab	36,93 ± 2,02 bc
T ₄	47,49 ± 2,80 a	7,86 ± 1,10 ab	36,66 ± 2,17 c
T ₅	47,46 ± 3,95 a	7,60 ± 1,26 b	36,82 ± 2,40 bc
T ₀	48,36 ± 3,75 a	5,23 ± 1,50 c	38,88 ± 3,24 a

Valores expresados como promedio de 45 determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas en las medias de los parámetros de color para los distintos tratamientos ($p < 0,05$). Nueces conservadas a 5 ± 1 °C en T₁=bolsas de red, T₂=polietileno de 20 μ, T₃=polietileno de 60 μ, T₄=polietileno de 100 μ, T₅=polipropileno de 30 μ; T₀=nueces de la nueva temporada.

1.4.3.2.2. Evaluación sensorial

De la evaluación sensorial de esta variedad participaron 10 jueces entrenados, 8 mujeres y 2 hombres; los que calificaron a las muestras con 12 atributos cuya distribución de frecuencia se presenta en la Tabla I. 17. Las dimensiones 1 y 2 explicaron e 61,67 % de la variabilidad de los resultados.

Tabla I. 17 Tabla de frecuencias de descriptores de nuez pecán de variedad Success.

Tratamiento	Sabor típico	Crujiente	Dulce	Rancio	Aceitosa	Áspera
T ₁	1	2	3	3	1	0
T ₂	4	2	5	2	0	2
T ₃	2	1	5	5	3	0
T ₄	6	6	3	3	2	1
T ₅	5	5	2	1	0	1
T ₀	5	3	3	3	2	0

Tratamiento	Sabor extraño	Untuosa	Quebradiza	Picante	Amarga	Blanda
T ₁	2	3	2	0	1	3
T ₂	2	4	1	1	0	2
T ₃	1	3	0	1	0	6
T ₄	1	3	1	0	0	2
T ₅	1	0	0	1	1	4
T ₀	2	2	2	0	1	3

Nueces conservadas a 5 ± 1 °C en T₁=bolsas de red, T₂=polietileno de 20 μ , T₃=polietileno de 60 μ , T₄=polietileno de 100 μ , T₅=polipropileno de 30 μ .; T₀=nueces de la nueva temporada.

En la [Figura I. 10](#) se puede observar que la mayoría de los atributos positivos no quedaron bien representados en las dimensiones 1 y 2, por lo que se agregó al análisis la dimensión 4. De este modo se pudo explicar el 74,13 % de la variabilidad de los datos ([Figura I. 11](#)).

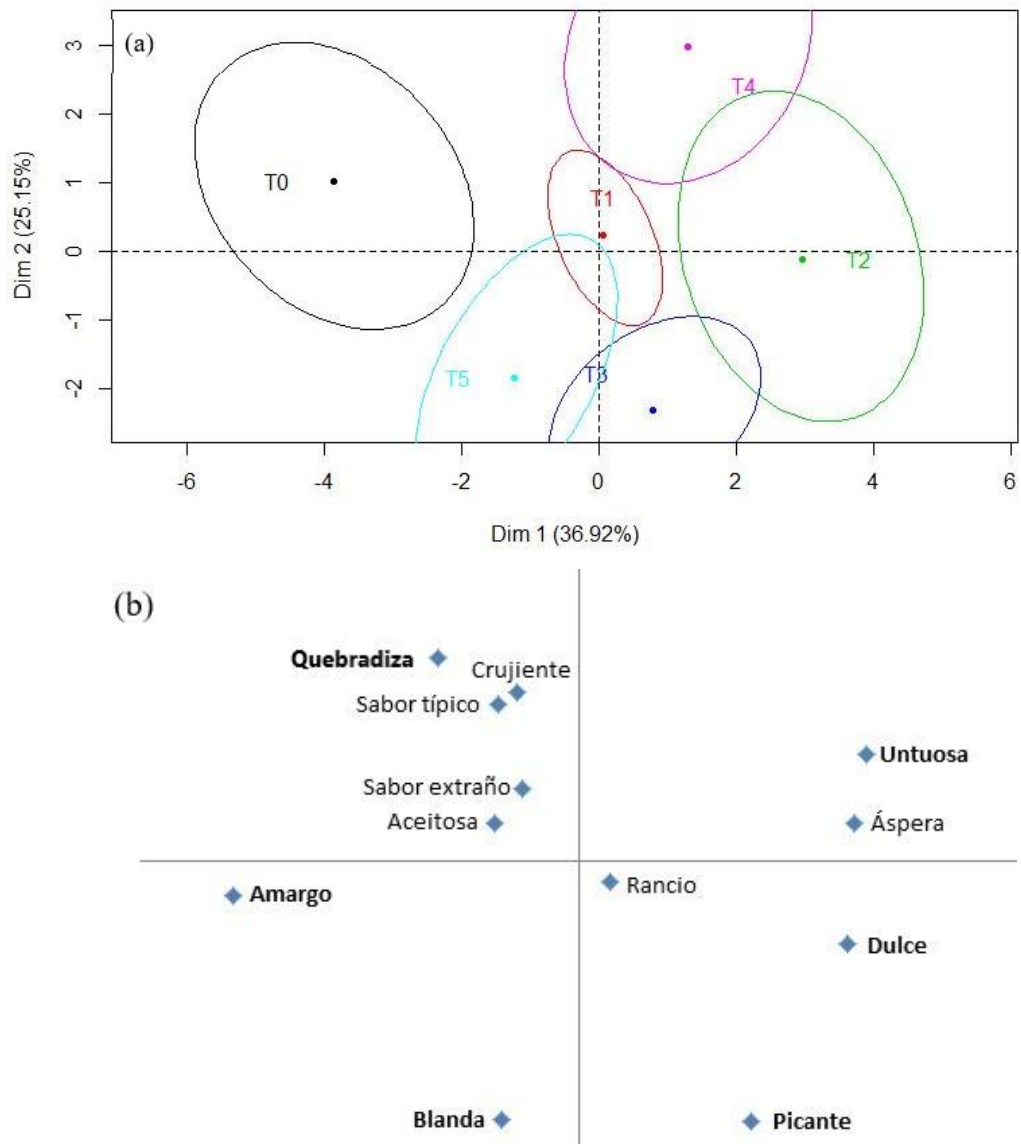


Figura I. 10 Análisis de correspondencia de la variedad Success. Representación de las dimensiones 1 y 2. (a) Mapa consenso. (b) Grafico de componentes principales.

Tanto en las Figura I. 10 como en la Figura I. 11 se puede observar que las nueces de T₅ y T₃ se caracterizaron por ser “blandas” y “picantes”. También se observa que los frutos de T₄ presentaron los atributos “untuosa”, “crujiente” y “sabor típico”. Por otro lado, en la tabla anterior se observa que T₃ obtuvo la mayor puntuación con respecto al atributo “rancio”, si bien este atributo no quedó bien representado en las dimensiones analizadas.

En la Figura I. 11 se puede ver que a T₁, T₂ y T₀ se les asignaron los atributos “sabor extraño” y “quebradiza”.

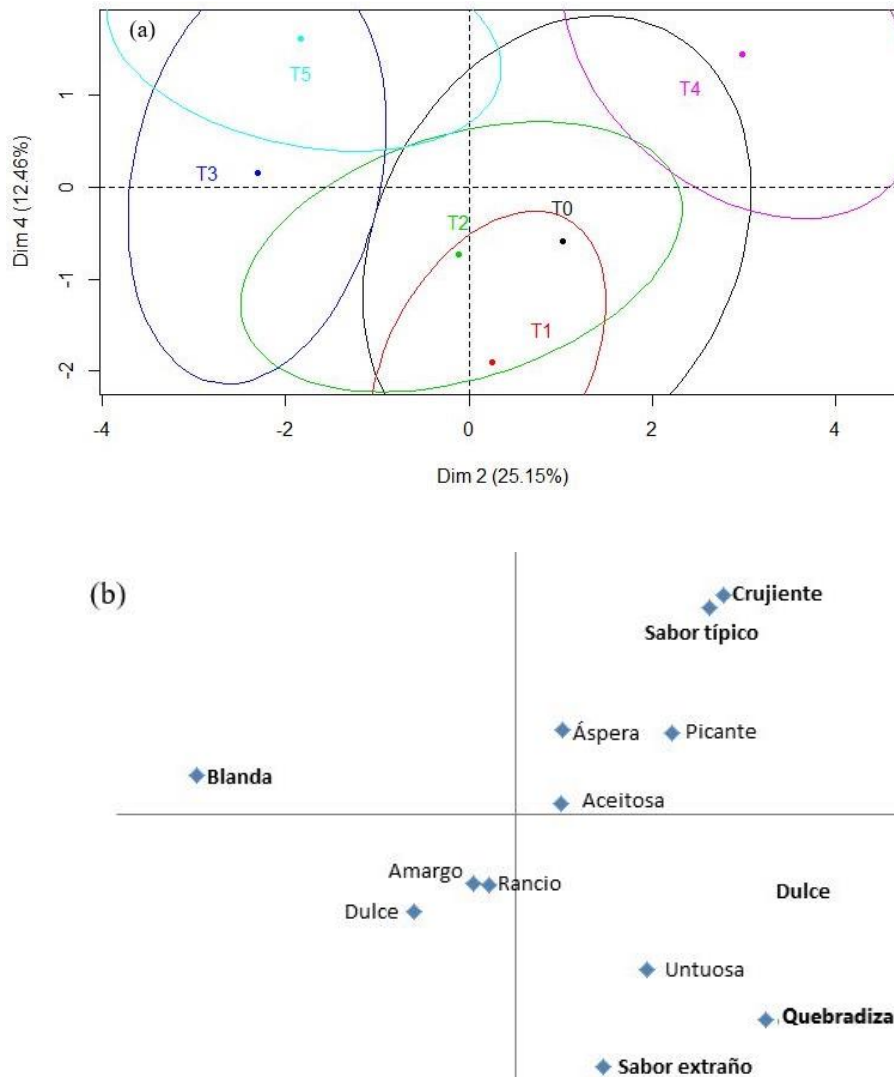


Figura I. 11 Análisis de correspondencia de la variedad Success. Representación de las dimensiones 2 y 4. (a) Mapa consenso. (b) Grafico de componentes principales.

Del análisis de los estudios para la variedad Success se puede señalar que las nueces envasadas en polietileno 100 μ fueron las que mejor conservaron los atributos de calidad luego de 12 meses de almacenamiento en condiciones de refrigeración.

1.4.3.3. Variedad Shoshoni

1.4.3.3.1. Color

La luminosidad de las nueces de todos los tratamientos no tuvieron diferencias con las del T₀, con excepción de las del T₃ que tuvieron menor valor de L*, señalando nueces más oscuras para ese tratamiento (Tabla I. 18). La componente que indica tonalidades rojas de las nueces de todos los tratamientos almacenados durante 12 meses no mostró diferencias

con las nueces de la nueva temporada. Referido a la componente b^* , las nueces de los T_1 y T_5 mantuvieron el color ámbar claro característico de las nueces de la nueva temporada, mientras que las nueces de los demás tratamientos mostraron amarronamiento, marcado por los valores inferiores de b^* .

Tabla I. 18 Parámetros de color de nuez pecán de variedad Shoshoni.

Tratamiento	L^*	a^*	b^*
T_1	47,22 ± 3,09 ab	9,37 ± 1,12 a	30,25 ± 2,62 ab
T_2	48,19 ± 2,85 a	8,91 ± 0,99 a	29,31 ± 2,56 b
T_3	46,02 ± 3,32 b	9,25 ± 1,21 a	27,46 ± 1,89 c
T_4	48,83 ± 3,52 a	9,19 ± 1,10 a	29,36 ± 2,72 b
T_5	48,42 ± 3,04 a	9,32 ± 0,85 a	30,18 ± 3,26 ab
T_0	47,33 ± 2,83 a	9,57 ± 1,18 a	31,39 ± 2,15 a

Valores expresados como promedio de 45 determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas en las medias de los parámetros de color para los distintos tratamientos ($p < 0,05$). Nueces conservadas a 5 ± 1 °C en T_1 =bolsas de red, T_2 =polietileno de 20 μ , T_3 =polietileno de 60 μ , T_4 =polietileno de 100 μ , T_5 =polipropileno de 30 μ ; T_0 =nueces de la nueva temporada.

I.4.3.3.2. Evaluación sensorial

De la evaluación sensorial de esta variedad participaron 9 jueces entrenados, de los cuales 7 eran mujeres y 2 hombres. Para la variedad Shoshoni los jueces señalaron 8 descriptores cuya distribución de frecuencias se muestra en la [Tabla I. 19](#). Con los componentes de la [Figura I. 12](#) se logró explicar el 59,82% de la variabilidad de los resultados.

Tabla I. 19 Tabla de frecuencias de descriptores de nuez pecán de variedad Shoshoni.

Tratamiento	Sabor típico	Crujiente	Dulce	Blanda
T ₁	3	3	4	1
T ₂	1	3	5	1
T ₃	1	2	4	1
T ₄	3	1	8	1
T ₅	1	4	4	1
T ₀	5	5	7	0

Tratamiento	Aceitosa	Rancio	Amarga	Sabor extraño
T ₁	0	4	0	0
T ₂	1	2	1	2
T ₃	1	5	2	3
T ₄	0	1	0	1
T ₅	0	2	1	2
T ₀	0	1	0	0

Nueces conservadas a 5 ± 1 °C en T₁=bolsas de red, T₂=polietileno de 20 μ , T₃=polietileno de 60 μ , T₄=polietileno de 100 μ , T₅=polipropileno de 30 μ .; T₀=nueces de la nueva temporada.

Se observa en la [Figura I. 12](#) una gran polarización de los atributos, sobre todo los ubicados en la primera dimensión. Del lado izquierdo, los atributos “aceitoso”, “amargo”, “sabor extraño” y “blando” que caracterizan a las nueces de los tratamientos T₂ y T₃; y del lado derecho los atributos “sabor típico”, “crujiente” y “dulce” asignados a T₀, T₄ y T₁. Sin embargo, los atributos “crujiente” y “dulce” no quedaron bien representados en el mapa consenso. No obstante, la tabla de frecuencias señala que las nueces de T₄ y T₀ tuvieron un sabor claramente “dulce”.

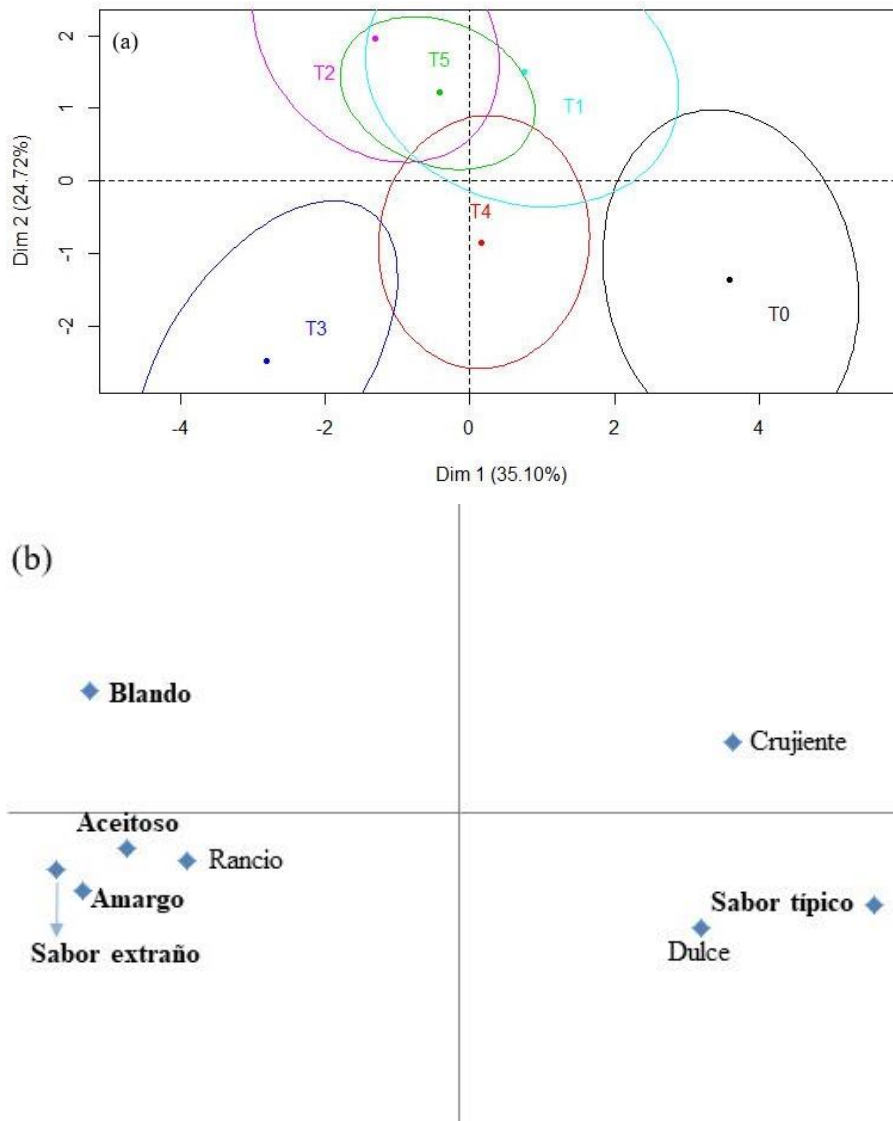


Figura I. 12 Análisis de correspondencia de la variedad Shoshoni. (a) Mapa consenso. (b) Grafico de componentes principales.

Las nueces de la variedad Shoshoni envasadas en bolsas de red y en polipropileno 30 μ tuvieron una coloración comparable a las nueces de la nueva temporada. Los ensayos de evaluación sensorial señalaron que las nueces más parecidas a las de la nueva temporada fueron las almacenadas en bolsas de red y polietileno 100 μ .

I.4.4. Cuarta Parte. Atributos de calidad sensorial de variedades de nuez pecán

Se mencionó anteriormente que con este estudio se buscó efectuar un análisis, por variedad, de los atributos de calidad de nuez pecán que fueron señalados por los jueces expertos para frutos que no han sido almacenados y comparar dichos atributos con los de

nuez pecán luego de haber sido almacenadas 12 meses a las temperaturas de $5 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ y de $20 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$. Para ello se calculó la frecuencia relativa de aparición de cada atributo de calidad.

1.4.4.1 Variedad Kernodle

En nuez pecán de nueva temporada (cosecha 2014) de la variedad Kernodle se destacó el sabor “dulce”, seguido de los atributos “crujiente” y “sabor típico”, los que sumaron una frecuencia de 94,1 %. En cambio al finalizar el período de almacenamiento de nueces colocadas a $5 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ (nueces de cosecha 2013) la suma de frecuencias de estos atributos alcanzó el 61,7 % y a $20 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, 12,0 % (Figura I. 13).

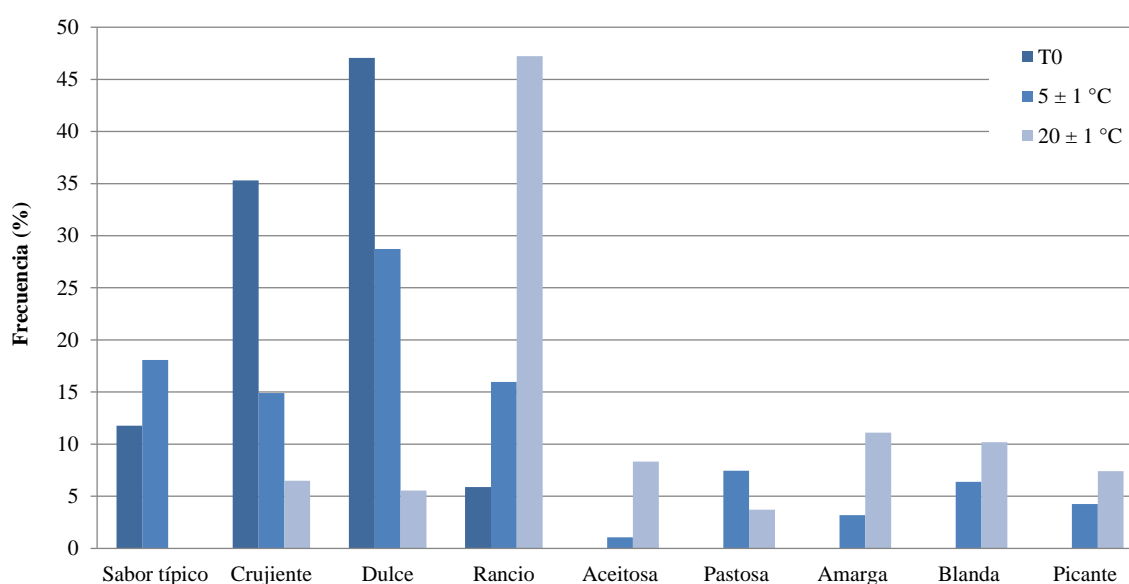


Figura I. 13 Frecuencia de aparición de atributos en evaluación sensorial de nuez pecán variedad Kernodle de nueva temporada (T₀, año 2014) y almacenadas a $5 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ y $20 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ (año 2013).

Se puede ver en la figura que finalizado el almacenamiento los jueces expertos indicaron la aparición de atributos indeseables, especialmente sabor “rancio”, el que a $20 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ tuvo una frecuencia de 47,2 %.

Cuando la variedad se evaluó en el año 2015, los jueces repitieron la mención de los atributos “sabor típico”, “crujiente” y “dulce” sumando una frecuencia de 70,0 % en las nueces de nueva temporada (cosecha 2016) y 31,9 % finalizado el almacenamiento de 12 meses a $5 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ (Figura I. 14). Las nueces almacenadas fueron caracterizadas con atributos como “rancio” (20,7 %), “aceitosa” (12,1 %), entre otros. Llama la atención que tanto en

nueces del T₀ como en nueces que fueron almacenadas apareció el atributo “blanda”, alcanzando una frecuencia de 10,0 % y 12,1 %; respectivamente.

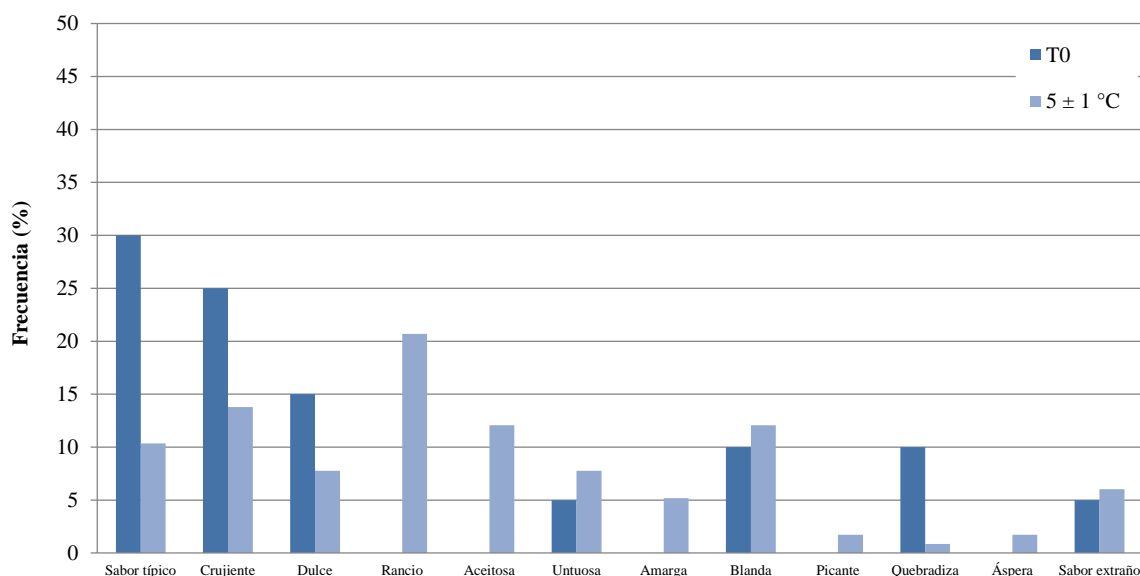


Figura I. 14 Frecuencia de aparición de atributos en evaluación sensorial de nuez pecán variedad Kernodle de nueva temporada (T₀, año 2016) y almacenadas a 5 ± 1 °C (año 2015).

1.4.4.2 Variedad Success

La nuez pecán de variedad Success correspondiente a T₀ (cosecha 2014) fue caracterizada con sabor “dulce”, “crujiente”, “sabor típico”, “buen sabor” y “suave”, sumando una frecuencia de 78,1 % (Figura I. 15). Al finalizar el almacenamiento a 5 ± 1 °C (cosecha 2013) estos mismos atributos sumaron una frecuencia de 72,8 %; porcentaje similar al antes mencionado, lo que estaría señalando que a esa temperatura no hubo un gran deterioro de las nueces. Sin embargo, a 20 ± 1 °C la pérdida de calidad fue significativa; sumando para los atributos antes indicados una frecuencia de 35,9 %. La pérdida de calidad estuvo marcada principalmente por la aparición del sabor “rancio” con una frecuencia de 33,6 %.

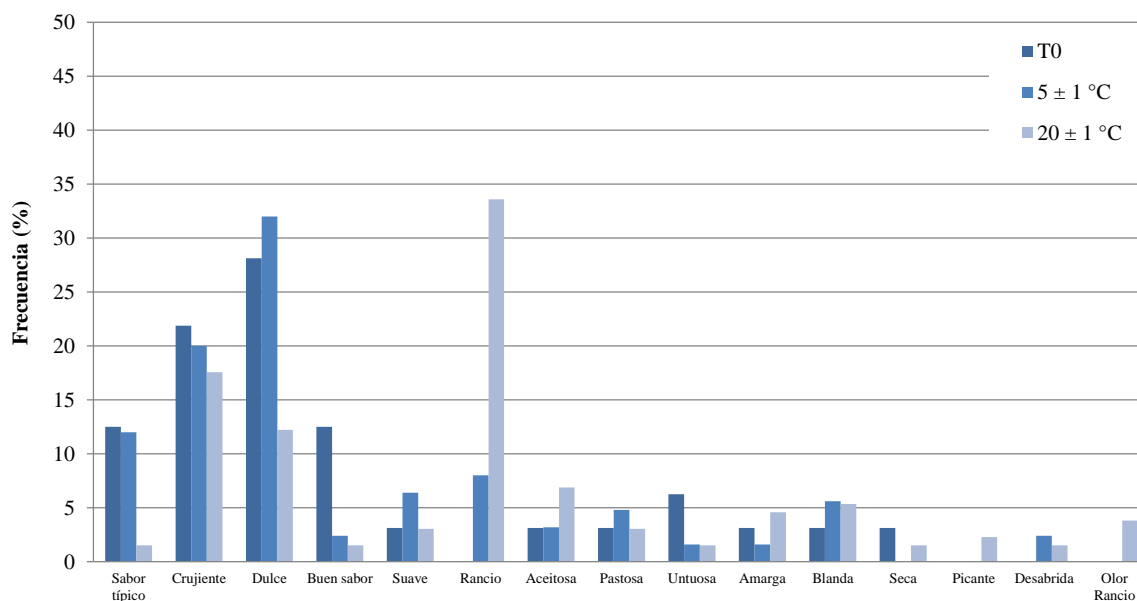


Figura I. 15 Frecuencia de aparición de atributos en evaluación sensorial de nuez pecán variedad Success de nueva temporada (T_0 , año 2014) y almacenadas a $5 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ y $20 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ (año 2013).

Cuando las nueces fueron estudiadas en la temporada 2015 (almacenamiento a $5 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$) los atributos positivos que describieron los jueces fueron “sabor típico”, “crujiente” y “dulce”. La suma de frecuencias de estos atributos en nueces almacenadas y en nueces del tratamiento testigo (nueces cosecha 2016) fueron muy parecidas, 42,3 % y 42,6 %; respectivamente (Figura I. 16). Estos valores fueron los más bajos de todas las variedades. Además, las nueces fueron señaladas como “blandas”, “rancias”, “aceitosas” y “untuosas” tanto en T_0 como para los otros tratamientos.

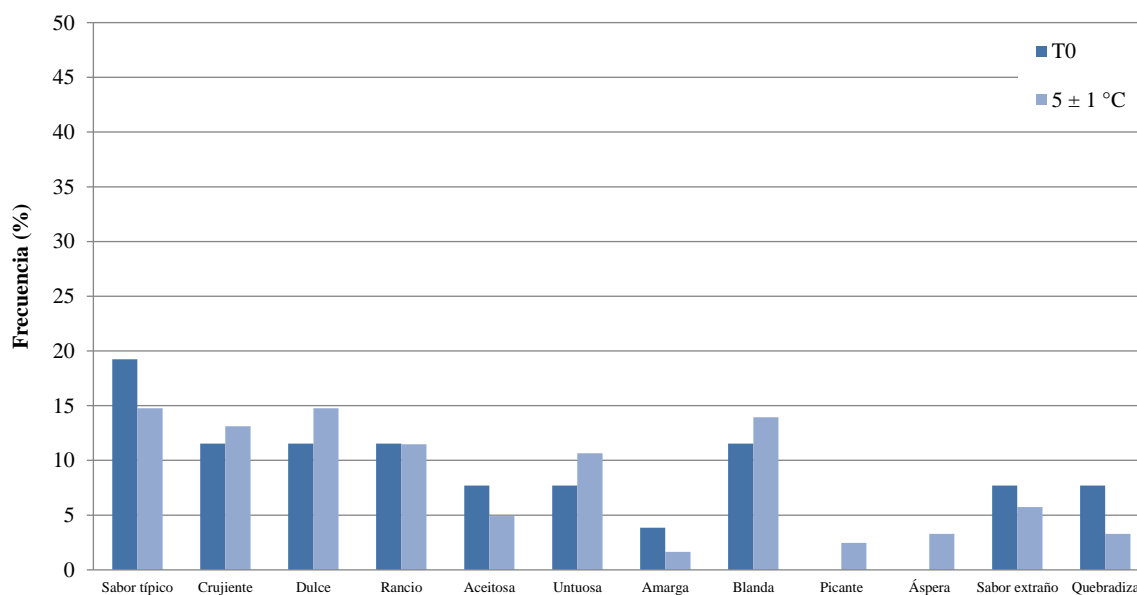


Figura I. 16 Frecuencia de aparición de atributos en evaluación sensorial de nuez pecán variedad Success de nueva temporada (T₀, año 2016) y almacenadas a 5 ± 1 °C (año 2015).

Esta fue la variedad que mejor mantuvo los atributos de calidad a 5 ± 1 °C pasados los 12 meses de almacenamiento respecto de las nueces del T₀.

1.4.4.3 Variedad Stuart

En nueces de variedad Stuart los atributos “dulce”, “crujiente” y “sabor típico” sumaron una frecuencia de 78,6 %; 59,2 % y 20,0 % para T₀ y nueces almacenadas a 5 ± 1 °C y 20 ± 1 °C; respectivamente (Figura I. 17). Estos valores están señalando que las nueces pierden calidad durante el almacenamiento, especialmente las almacenadas a 20 ± 1 °C. A esta temperatura el sabor “rancio” alcanzó una frecuencia de 45,0 %; mientras que a 5 ± 1 °C la frecuencia fue 10,5 %.

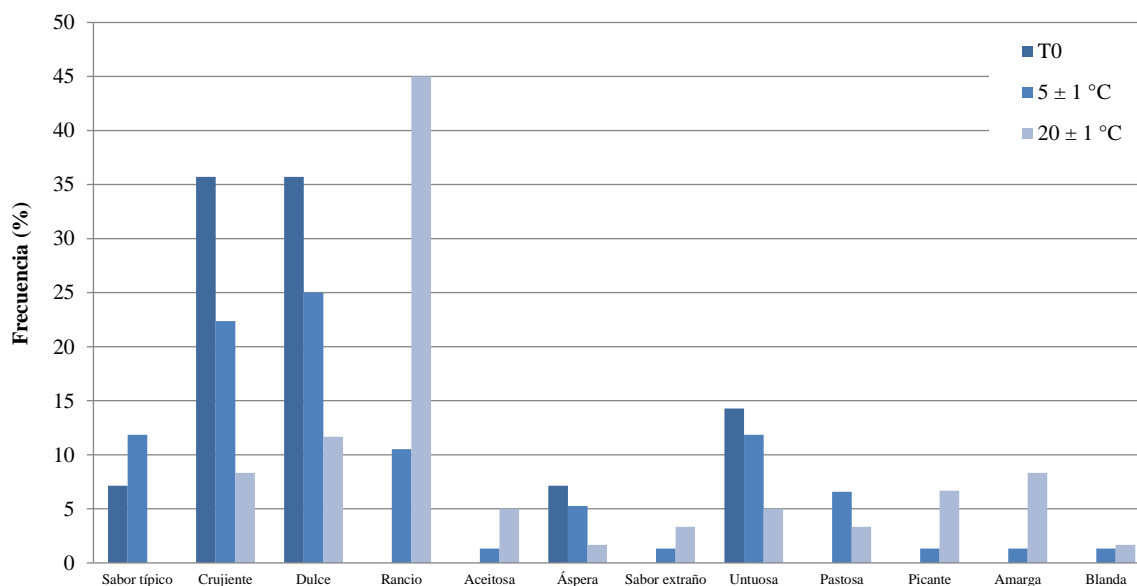


Figura I. 17 Frecuencia de aparición de atributos en evaluación sensorial de nuez pecán variedad Stuart de nueva temporada (T₀, año 2014) y almacenadas a 5 ± 1 °C y 20 ± 1 °C (año 2013).

1.4.4.4 Variedad Mahan

En la Figura I. 18 se puede observar que las nueces de variedad Mahan fueron señaladas con los atributos “dulce”, “crujiente”, “buen sabor” y “sabor típico” cuyas frecuencias sumaron 73,3 %; 49,6 % y 7,3 % para los tratamientos T₀ y los correspondientes a 5 ± 1 °C y 20 ± 1 °C; respectivamente. Claramente se puede observar en esta variedad el efecto negativo del almacenamiento durante 12 meses, especialmente cuando las nueces fueron colocadas a 20 ± 1 °C. En las nueces almacenadas apareció el sabor “rancio” especialmente las que estuvieron a mayor temperatura, cuya frecuencia fue 40,1 %. A esta temperatura aparecieron los atributos “amarga”, “oscura”, entre otros. Además, se puede ver en la figura que las nueces perdieron el buen sabor y el sabor típico.

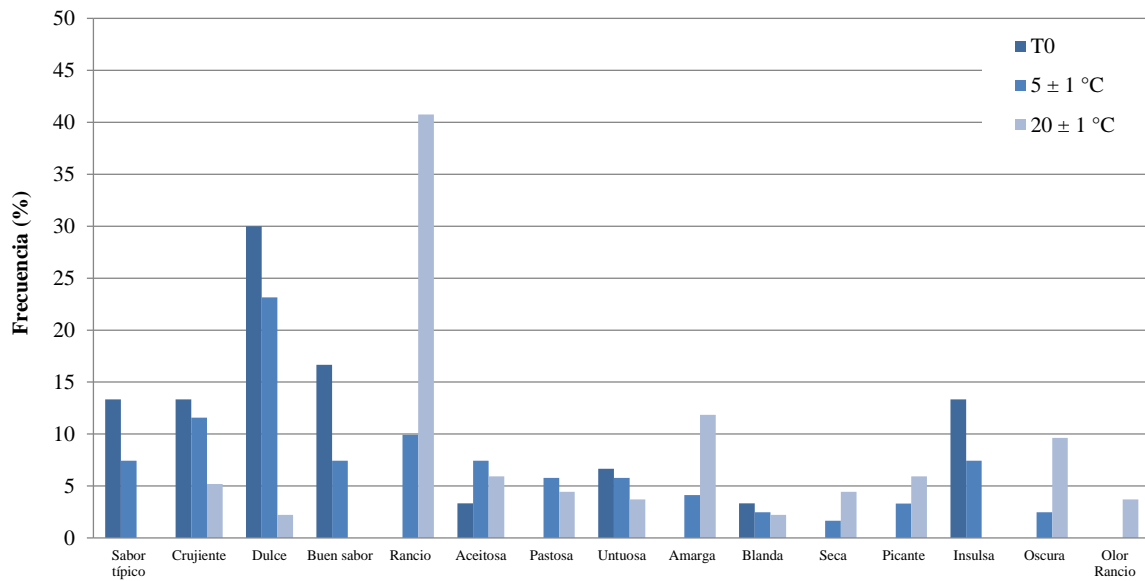


Figura I. 18 Frecuencia de aparición de atributos en evaluación sensorial de nuez pecán variedad Mahan de nueva temporada (T₀, año 2014) y almacenadas a 5 ± 1 °C y a 20 ± 1 °C (año 2013).

1.4.4.5 Variedad Shoshoni

Las nueces de la variedad Shoshoni fueron muy bien calificadas por los jueces expertos en el T₀ (frecuencia 94,4 % en atributos positivos), luego se observó que con el almacenamiento a 5 ± 1 °C perdieron calidad (frecuencia 58,8 % en atributos positivos); lo que fue señalado especialmente por el sabor “rancio” y “sabor extraño” (Figura I. 19).

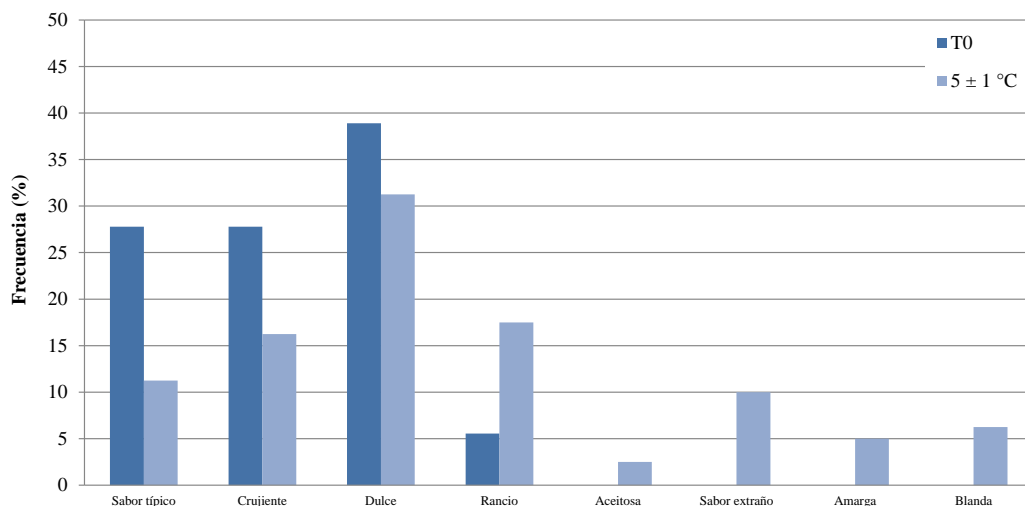


Figura I. 19 Frecuencia de aparición de atributos en evaluación sensorial de nuez pecán variedad Shoshoni de nueva temporada (T₀, año 2016) y almacenadas a 5 ± 1 °C (año 2015).

I.5. Discusión

En la primera parte del Capítulo I, “Evolución de la calidad de la nuez pecán con cáscara durante el almacenamiento”, se observó un gradual deterioro de la calidad de la nuez con el incremento del tiempo de almacenamiento en condiciones de refrigeración. Esta pérdida de calidad se puso de manifiesto con el incremento del índice de peróxidos y de la componente a^* de color, mientras que el parámetro b^* disminuyó; marcando un oscurecimiento de las nueces a medida que fue transcurriendo el tiempo de almacenamiento. En cuanto a la aceptación global valorada en evaluaciones sensoriales, las nueces al inicio tuvieron una calificación de 8,0 de una escala de 9 puntos y luego ésta calificación fue disminuyendo hasta alcanzar, luego de 12 meses, la puntuación de 5,7 que se correspondió en la escala hedónica con los términos “Ni me gusta, ni me disgusta” y “Me gusta un poco”. También Oro *et al.* (2008) encontraron valores iniciales similares de aceptación global para pepitas de nuez pecán envasadas al vacío en envases plásticos de polipropileno y en películas plásticas de nylon-polietileno, almacenadas por 150 días a temperatura media de $23,1 \pm 2,1$ °C y HR de $55,6 \pm 4,5$ %; luego sus valores fueron disminuyendo significativamente con el incremento del tiempo de almacenamiento. No obstante, si bien en la presente investigación, se observó pérdida de calidad en las nueces alcanzado el período de 12 meses de almacenamiento, las nueces tuvieron una calidad aceptable para su comercialización.

En la segunda parte del capítulo, “Calidad de nuez pecán con cáscara almacenada en diferentes envases a temperatura ambiente y de refrigeración”, se observó que, cualquiera sea el envase utilizado y la variedad, las nueces almacenadas a 5 ± 1 °C conservaron mejor sus atributos de calidad que las almacenadas a 20 ± 1 °C. En general, a temperatura de refrigeración las nueces fueron más luminosas y tuvieron valores más bajos de a^* y más altos de b^* indicando un menor amarronamiento de las nueces al final del almacenamiento. Estos resultados coinciden con los publicados por Prabhakar *et al.* (2022), quienes indicaron que la tasa de degradación del color en nuez pecán depende de las condiciones de almacenamiento, particularmente la temperatura y la humedad relativa.

En este sentido, Adkison *et al.* (2021) estudiaron el efecto de la temperatura de almacenamiento (5, 15 y 25 °C) sobre el deterioro de la calidad de nueces, quienes recomendaron que aquellos frutos que se busquen conservar por más de 6 meses se almacenen a 5 °C para evitar el desarrollo de rancidez y el oscurecimiento excesivo.

Raisi *et al.* (2015), estudiaron la influencia de la temperatura (ambiente y refrigeración), y la forma física del producto (granos enteros y molidos) sobre la estabilidad a la oxidación

de almendras durante un período de 10 meses. Como resultado, encontraron que a temperatura ambiente los granos enteros sin envasar permanecieron frescos durante 8 – 9 meses y los granos molidos, por 7 meses. Por su parte, los mismos tratamientos, pero almacenados en condiciones de refrigeración tuvieron una vida útil superior a los 10 meses.

Guiné *et al.* (2015) evaluaron la influencia de diferentes condiciones de almacenamiento en almendras, avellanas y nueces tipo mariposa. Para las distintas temperaturas ensayadas (30 °C, 50 °C, temperatura ambiente, temperatura en condiciones de refrigeración y de congelación) y distintos envases (ningún envase, polietileno de baja densidad de 110 μ y polietileno de baja densidad de 40 μ) encontraron, al igual que en la presente investigación, que a temperaturas más bajas los frutos fueron mejor conservados.

Referido al tipo de envase en el que se llevaron a cabo los ensayos se puede señalar que, a la temperatura de 5 ± 1 °C y luego de 12 meses de almacenamiento, las nueces de variedad Kernodle tuvieron mejor comportamiento en envase de polipropileno 30 μ , seguido de polietileno 60 μ , 20 μ y 100 μ (T₅, T₃, T₂ y T₄ respectivamente), las que fueron calificadas por los jueces expertos como “dulces”, “crujientes” y con “sabor típico”. Las nueces de Success recibieron los atributos de “dulce”, “crujiente”, “sabor típico” y “buen sabor” y se conservaron mejor en bolsas de red (T₁), seguidas de polietileno 100 μ (T₄) y polipropileno 30 μ (T₅). La variedad Stuart conservó mejor su calidad en envases de polietileno de 100 μ , seguidas de las nueces envasadas en polietileno 60 μ y polipropileno 30 μ , y fueron señaladas como con “sabor típico”, “dulce” y “crujiente”. Las nueces de variedad Mahan tuvieron un comportamiento aceptable en bolsas de red y en envases de polietileno 60 μ y 100 μ y polipropileno de 30 μ , y fueron señaladas con los atributos “dulce”, “buen sabor” y “sabor típico”; siendo el mejor tratamiento el envase de polietileno de 100 μ (T₄).

En la tercera parte del Capítulo I, “Calidad de nuez pecán con cáscara almacenada en diferentes envases en condiciones de refrigeración”, el análisis factorial múltiple permitió discriminar mejor el efecto del envase al desestimar la variable temperatura de almacenamiento.

Las nueces que mejor conservaron la calidad fueron Kernodle envasadas en polipropileno 30 μ , seguida de polietileno 20 μ , las que fueron catalogadas con “sabor típico”, “dulce” y “crujiente”; Success almacenada en polietileno de 100 μ , valoradas con “sabor típico” y “crujiente”; mientras que Shoshoni conservó mejor sus atributos de calidad en bolsas de red y polietileno 100 μ , a las que se les atribuyó “sabor típico”, “dulce” y “crujiente”.

Este estudio muestra que en general las nueces se conservaron mejor cuando fueron envasadas en alguna poliolefina; siendo el polietileno de 100 μ y polipropileno 30 μ los que posibilitaron una mejor conservación de los atributos de calidad evaluados.

Los autores Pleasance *et al.* (2018) estudiaron la evolución de la calidad de almendras envasadas en polipropileno y en cartón durante 2 años y observaron que los frutos se mantuvieron mejor en polipropileno, concluyendo que esta poliolefina proporciona una barrera al oxígeno y al vapor de agua cuando se almacenan a baja temperatura y humedad; posibilitando una mejor conservación. En tanto que, Guiné *et al.* (2015) concluyeron que el tipo de paquete (polietileno de baja densidad de 110 y 40 μ) utilizado en su investigación no influyó en los atributos que estudiaron (contenido de humedad, actividad del agua, coordenadas de color y parámetros de textura).

Por su parte, Mexis *et al.* (2009) investigaron el efecto de las condiciones de envasado y almacenamiento sobre la calidad de nueces tipo mariposa sin cáscara. Las nueces se empaquetaron en polietileno de baja densidad, tereftalato de polietileno-polietileno, y en bolsas de un material de alta barrera denominado PET-SiO x. Las muestras se almacenaron bajo luz fluorescente o en la oscuridad a 4 y 20 °C durante un período de 12 meses. Los autores indicaron que de los 3 factores estudiados (temperatura, luz y envase), la temperatura fue el factor que mayor incidencia tuvo en la conservación de las nueces.

El análisis instrumental de los parámetros de color en el espacio CIEL*a*b* mostró que los mismos sufrieron modificaciones a lo largo del almacenamiento, observándose disminución de la luminosidad, incremento de la componente a* y reducción de la componente b*; lo que puso de manifiesto que las nueces se fueron oscureciendo con el incremento del tiempo de almacenamiento. La aparición del color marrón rojizo, ha sido atribuida a la oxidación de compuestos relacionados con los pigmentos (Prado *et al.*, 2013), a la descomposición de los flavonoides (Ribeiro *et al.*, 2020a) y los productos de la reacción de Maillard (Prabhakar *et al.*, 2022).

También autores como Villarreal-Lozoya *et al.* (2009) y Ribeiro *et al.* (2020a) observaron deterioro en el color de nuez pecán con el transcurrir del tiempo. Villarreal-Lozoya *et al.* (2009) investigaron la conservación de nuez pecán de las variedades Kanza y Desirable después de 134 días a 40 °C y 55 – 60 % HR; mientras que Ribeiro *et al.* (2020a) conservaron nuez pecán con cáscara de la variedad Barton durante 6 y 12 meses a tres temperaturas 1,5; 10 y 20 °C y a tres presiones parciales de oxígeno en condición ambiental (20 kPa, 3 kPa y 1 kPa) en recipientes herméticos de 20 litros. Estos últimos investigadores obtuvieron los valores más altos de a* a los 12 meses de almacenamiento para nueces almacenadas a 20 °C;

destacando, al igual que en la presente tesis doctoral, que las nueces se conservaron mejor a temperaturas de refrigeración. Este incremento en la componente roja es inevitable en nuez pecán ya que se correlaciona con el pardeamiento producido en este tipo de frutos (Pannico *et al.*, 2015), que se caracterizan por ser ricos en ácidos grasos insaturados. Además del efecto de oxidación de los ácidos grasos, Prabhakar *et al.* (2020) indicaron que una de las reacciones químicas que ocurre en la matriz de la nuez pecán durante su almacenamiento es la oxidación de los pigmentos, que da como resultado la decoloración. La velocidad de estas reacciones químicas aumenta con el incremento de la temperatura.

La mayoría de los atributos sensoriales señalados por los jueces en las sucesivas evaluaciones sensoriales se fueron repitiendo, destacándose los que hacen referencia al sabor y textura y, en menor medida al aroma. Según Pleasance *et al.* (2018) en los frutos secos los atributos determinantes de la aceptabilidad de los consumidores son el sabor y la textura, coincidiendo con los resultados obtenidos en la presente investigación donde el único aroma que mencionaron los jueces fue “olor rancio”.

La frecuencia relativa con que señalaron los atributos sensoriales en la totalidad de los ensayos fueron: dulce (18,2 %), crujiente (14,5 %), sabor típico (8,9 %), buen sabor (1,7 %), suave (1,0 %), rancio (21,0 %), blanda (6,2 %), aceitosa (5,3 %), amarga (4,8 %), untuosa (4,4 %), pastosa (3,2 %), picante (2,8 %), sabor extraño (2,1 %), oscura (1,2 %), áspera (0,9 %), olor rancio (0,8 %), seca (0,8 %), desabrida (0,4 %) y quebradiza (0,7 %).

Los siguientes atributos corresponden a la frecuencia con que aparecieron los mismos en las nueces de la temporada, es decir en las nueces que no fueron almacenadas por el término de 12 meses: dulce (25,0 %), crujiente (22,1 %), sabor típico (16,4 %), buen sabor (6,4 %), suave (0,7 %), untuosa (6,4 %), blanda (5,0 %), rancia (3,6 %), aceitosa (2,9 %), insulsa (2,9 %), quebradiza (2,9 %), sabor extraño (2,1 %), amarga (1,4 %), pastosa (0,7 %), áspera (0,7 %) y seca (0,7 %). Se puede observar que en estas muestras se destacan los atributos: “dulce”, “crujiente” y “sabor típico”.

Luego de 12 meses de almacenamiento los atributos positivos de las nueces fueron señalados con menor frecuencia y aparecieron atributos que indican pérdida de calidad en las nueces, según se muestra: dulce (17,4 %), crujiente (16,6 %), sabor típico (8,0 %), buen sabor (1,1 %), suave (1,0 %), rancio (23,1 %), blanda (6,3 %), aceitosa (5,6 %), amarga (5,2 %), untuosa (4,2 %), pastosa (3,5 %), picante (2,8 %), sabor extraño (2,1 %), oscura (1,3 %), áspera (0,9 %), olor rancio (0,8 %), seca (0,8 %), desabrida (0,4 %) y quebradiza (0,4 %). En estas muestras aparecen con alta frecuencia los atributos destacados en las nueces de temporada; sin embargo, se observa la calificación de “rancio” y en menor medida

“blanda”, “aceitosa” y “amarga”. Estos últimos atributos prácticamente no aparecían en las nueces de temporada, por lo que la prevalencia de estos atributos claramente se debe al deterioro producido durante el almacenamiento. También Descalzo *et al.* (2021) indicaron que, durante la conservación de nuez pecán Stuart, los perfiles sensoriales cambiaron. Las puntuaciones sensoriales para el sabor dulce y sabor típico disminuyeron, mientras que los sabores rancio y amargo aumentaron durante el almacenamiento a 2 °C y 20 °C.

En la cuarta parte del capítulo, denominada “Atributos de calidad sensorial de variedades de nuez pecán” se analizaron atributos sensoriales para cada variedad de nuez pecán sin y con almacenamiento a las temperaturas de 5 ± 1 °C y 20 ± 1 °C y se observó que las nueces de las variedades Kernodle y Shoshoni sin almacenar fueron las mejor calificadas por los jueces entrenados. Los atributos de calidad con mayor prevalencia en estas nueces fueron: “dulce”, “crujiente” y “sabor típico”. Sin embargo, luego de un período de almacenamiento de 12 meses aparece el término sabor “rancio”, especialmente cuando el almacenamiento se llevó a cabo a 20 ± 1 °C. De las 4 variedades almacenadas a esta temperatura la variedad que experimentó menos efectos negativos derivados de la oxidación fue Success, mientras que las variedades más susceptibles a oxidación fueron Kernodle y Stuart. A 5 ± 1 °C la variedad Success también fue la que experimentó mejor estado de conservación, mientras que las más afectadas fueron las nueces de Kernodle y Shoshoni.

I.5. Conclusiones

De los ensayos realizados en este Capítulo I se puede concluir que las nueces pecán luego de 12 meses de almacenamiento tuvieron calidad aceptable, ya que los jueces expertos las calificaron con una aceptación global entre “Ni me gusta, ni me disgusta” y “Me gusta un poco”, destacándose los atributos “dulce”, “crujiente” y “sabor típico”. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que fue claramente perceptible el sabor rancio y que, según se cuantificó con los parámetros de color, los frutos se fueron oscureciendo con el transcurrir del tiempo de almacenamiento.

En lo que respecta a la temperatura de almacenamiento y a los envases estudiados, las nueces conservaron mejor sus atributos de calidad a 5 ± 1 °C cuando estas fueron colocadas en envases de poliolefina, especialmente en polietileno de 100 μ y polipropileno 30 μ . En estas condiciones la variedad Success fue la que mejor conservó sus atributos de calidad luego del almacenamiento, por lo que de las variedades estudiadas esta fue la que presentó mayor potencialidad para el almacenamiento. Contrariamente, las nueces de Kernodle y Shoshoni fueron las que mostraron mayor pérdida de calidad.

Capítulo II.
Estrategias de abastecimiento de nuez pecán peladas y
envasadas en atmósfera modificada

II.1. Introducción

La nuez pecán argentina se comercializa en los mercados interno y externo. Durante el año, existen productores que logran exportar su producción de nuez pecán, mientras que otros abastecen el mercado local. Se estima que alrededor del 50 % de la producción se exporta (PortalFrutícola, 2022). Las épocas de mayor consumo son durante el invierno y las fiestas de Navidad y Año Nuevo.

La comercialización de las nueces ocurre tanto con cáscara como peladas. Sin embargo, como ya se mencionó en la introducción general, el pecán con cáscara es mucho más sensible a la variación de baja de precios que cuando se lo comercializa sin cáscara, siendo mayor la estabilidad de los precios cuando mayor es la participación en el proceso de agregado de valor (Gaido, 2019).

En nuestro país las exportaciones de nuez pecán pelada comenzaron hace seis años y fueron aumentando considerablemente (Perdomo *et al.*, 2021), hasta que, en el año 2021, la proporción de nuez pecán pelada que se exportó, fue mayor que la cantidad exportada de nuez con cáscara (Milanich, *et al.*, 2022).

Según la Subsecretaria de Negociaciones Económicas Multilaterales y Bilaterales del Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto de la Nación existen gestiones avanzadas para la comercialización de la nuez pecán argentina a China y a México (Secretaría de Agroindustria, 2019). Tanto en el mercado interno como en el de exportación, la mayoría de los productores apuntan al mercado de pelado, no solo por la ampliación de mercados y mejores oportunidades de negocios, sino también por la participación en el agregado de valor, que conduce a una mayor rentabilidad (Torassa, 2023).

Actualmente Argentina cuenta con una baja capacidad de pelado, lo que constituye un obstáculo para llegar a los mercados internacionales. No obstante, el sector privado se encuentra previendo inversiones en el corto plazo para mejorar esta situación (Secretaría de Agroindustria, 2019).

En el Capítulo I de la presente Tesis Doctoral se concluyó que durante el almacenamiento la nuez pecán sufre un deterioro en sus atributos de calidad, relacionados especialmente con el desarrollo de rancidez y amarronamiento. Son múltiples las tecnologías para reducir este deterioro durante la poscosecha. Resultados de la presente investigación, señalados en el mencionado capítulo, permitieron aseverar que las nueces almacenadas a bajas temperaturas (5 ± 1 °C) conservaron mejor sus atributos de calidad que las almacenadas a temperaturas superiores (20 ± 1 °C). En general, a temperatura de refrigeración las nueces sufrieron un menor oscurecimiento luego de 12 meses de almacenamiento. Sin embargo, esta práctica

resulta costosa para pequeños productores, muchos de los cuales no pueden solventar prolongados tiempos de refrigeración. Por lo que requieren de alternativas que contemplen menor uso de cámaras de refrigeración para almacenar las nueces hasta el momento que puedan comercializar las mismas.

En este sentido, ya sea para mercado interno o para exportación, las nueces generalmente se almacenan con cáscara y se pelan cuando se comercializan (Thewes *et al.*, 2021b). Es decir que, los productores, pelan y envasan las nueces en atmósfera modificada al momento de recibir un pedido de compra. El envasado en atmósfera modificada se realiza en cajas conteniendo 2 bolsas de polietileno de 5 kg de nueces cada una.

A pesar de que ésta es una práctica común entre los productores, a la fecha no se han realizado estudios de cómo esas prácticas afectan la calidad fisicoquímica y sensorial de la nuez pecán cultivada en la provincia de Entre Ríos. Por otro lado, de lograr la apertura del mercado chino para la exportación, será imprescindible conocer las condiciones de arribo de la mercadería a ese país.

II.2. Objetivo

El objetivo del trabajo presentado en este capítulo fue analizar estrategias de conservación que tienen los productores para abastecer los mercados con nuez pecán con cáscara o pelada, tratando de minimizar el uso de frío en la etapa de almacenamiento.

II.3. Materiales y Métodos

Los estudios se dividieron en 2 partes según se menciona a continuación.

- Primera parte. “Efecto del pelado, envasado en atmósfera modificada y almacenamiento sobre la calidad de la nuez pecán”.

- Segunda parte. “Evolución, durante el almacenamiento, de la calidad de la nuez pecán pelada y envasada en atmósfera modificada”.

II.3.1. Primera Parte. Efecto del pelado, envasado en atmósfera modificada y almacenamiento sobre la calidad de la nuez pecán.

La finalidad de este ensayo fue comparar el efecto del momento de pelado, del envasado en atmósfera modificada (AM) y del almacenamiento sobre la calidad de la nuez pecán. Se dijo anteriormente que los productores no tienen preestablecido un tiempo en el que pelan sus nueces, sino que llevan a cabo esta operación cuando sus compradores se lo demandan. Esto es, cuando reciben un pedido de nueces listas para consumir.

En atención a lo señalado precedentemente, los momentos de pelado en los estudios de esta primera parte del capítulo fueron definidos a los tiempos; inicial y 4,5 meses de almacenamiento.

Para una mejor comprensión, se muestra el esquema de los estudios realizados en la [Figura II. 1](#).

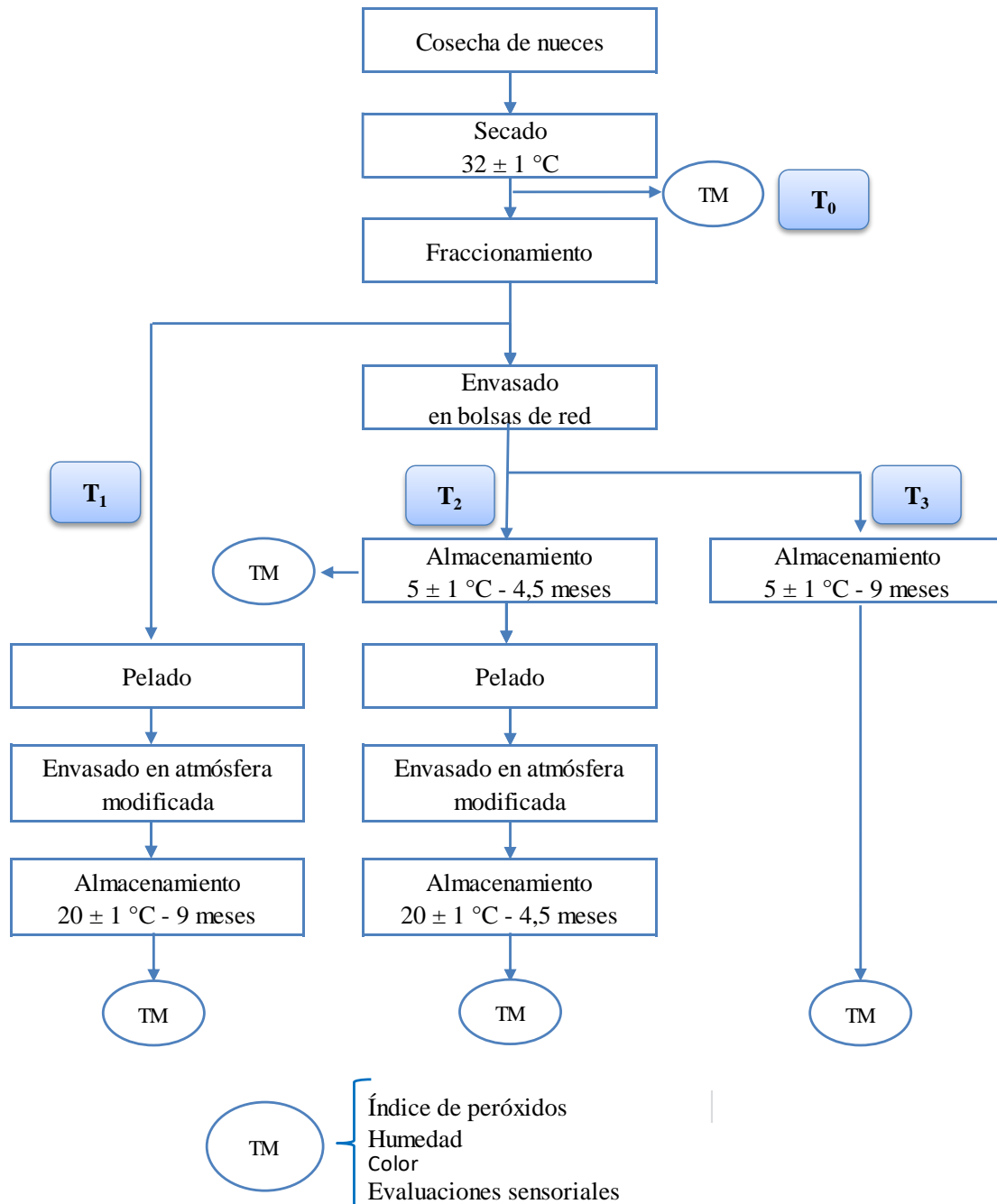


Figura II. 1 Estudio del efecto del pelado, envasado en atmósfera modificada y almacenamiento sobre la calidad de la nuez pecán.

TM: Toma de muestra. T: Tratamiento. T₀: inicio del ensayo.

II.3.1.1. Muestras

Como se mencionó en el Capítulo I, nueces de las variedades Mohawk (5 kg), Stuart (3 kg), Starking (3 kg) y Pawnee (6 kg) de cosecha 2015 fueron recolectadas y secadas en estufa con circulación forzada de aire (Instrumentalia DHG 9240) a 32 ± 1 °C hasta que las pepitas

alcanzaron aproximadamente 4 % de humedad. A continuación, las nueces secas fueron divididas en 3 fracciones. Una fracción se usó en estudios del Capítulo I y la segunda y tercera fracción se utilizaron para estudios de la primera y segunda parte del presente capítulo; respectivamente.

II.3.1.2. Procedimientos

Para los estudios de la primera parte de este capítulo, “Efecto del pelado, envasado en atmósfera modificada y almacenamiento sobre la calidad de la nuez pecán”, una de las fracciones de nueces fue dividida en 3 sub-fracciones para ser utilizadas en los tratamientos que se describen a continuación.

Tratamiento 1 (T₁). Las nueces se pelaron en forma manual, se envasaron en cantidades de 100 g en AM utilizando envasadora de vacío (Ehrlich Múltiple 315) y se almacenaron en oscuridad a 20 ± 1 °C durante 9 meses. Como envases se utilizaron bolsas tricapa (Idelpo) de 90 μ de espesor, confeccionadas con poliamidas de baja permeabilidad [$p_{H_2O} = 0,6 \text{ g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ y $p_{O_2} = 30 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \times \text{d})$ a 23 °C]. El tratamiento de AM consistió en una mezcla de 70 % de nitrógeno y 30 % de dióxido de carbono (Aligal 13 de Air Liquide Argentina).

Tratamiento 2 (T₂). Las nueces con cáscara se conservaron en bolsas de red en cantidades de 200 g a 5 ± 1 °C en cámara modular (Coirón) durante 4,5 meses. Transcurrido este tiempo, se pelaron de forma manual, envasaron en cantidades de 100 g en AM al igual que en el T₁ y se almacenaron en oscuridad a 20 ± 1 °C durante 4,5 meses.

Tratamiento 3 (T₃). Las nueces con cáscara se conservaron en bolsas de red en cantidades de 200 g a 5 ± 1 °C en cámara modular (Coirón) durante 9 meses.

Se tomaron muestras al inicio (T₀) y al final de cada uno de los 3 tratamientos. Los atributos evaluados fueron: índice de peróxidos, humedad, color y evaluación sensorial.

II.3.1.3. Técnicas analíticas

II.3.1.3.1. Índice de peróxidos (IP)

La determinación de IP se realizó en aceite obtenido de la pepita por prensado en frío, según se indicó en el Capítulo I, Apartado I.3.1.3.1.

II.3.1.3.2. Humedad de la pepita (H)

La humedad se determinó según lo indicado en el Capítulo I, Apartado I.3.1.3.2.

II.3.1.3.3. Color de la pepita

Las determinaciones de luminosidad (L^*), parámetros a^* y b^* se efectuaron según se describió en el Capítulo I, Apartado I.3.1.3.3.

Adicionalmente se calculó el Índice de Oscurecimiento (IO) según la fórmula propuesta por Buera *et al.* (1985):

$$IO = \frac{100 \times (x \times 0,31)}{0,172} \quad \text{Ecuación II. 1}$$

$$x = \frac{a^* + 1,75 \times L^*}{5,645 \times L^* + a^* - 3,012 \times b^*} \quad \text{Ecuación II. 2}$$

II.3.1.3.4. Evaluación sensorial: Aceptación global

El panel sensorial estuvo conformado por 11 jueces entrenados, 5 hombres y 6 mujeres, de entre 25 y 60 años. Se trabajó en una sala acondicionada según lo establece la Norma IRAM 20003 (2012) y se procedió según se explicó en el Capítulo I Apartado I.3.1.3.4.

II.3.1.4. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los resultados se realizó con el software STATGRAPHICS Centurión XV Versión 15.2.06. Mediante Análisis de Varianza y Test de Rango Múltiple según Tukey ($p < 0,05$). Se compararon las medias de los parámetros fisicoquímicos y sensoriales con el fin de detectar diferencias significativas entre las medias de los distintos tratamientos.

II.3.2 Segunda Parte. Evolución, durante el almacenamiento, de la calidad de la nuez pecán pelada y envasada en atmósfera modificada

El propósito de este ensayo fue:

1) Analizar la evolución de la calidad de nueces pecán peladas y sin pelar durante 9 meses de almacenamiento.

2) Estudiar el efecto del momento del pelado y del envasado en atmósfera modificada sobre la calidad de la nuez pecán.

En la **Figura II. 2** se muestra un esquema de cómo se procedió en este estudio. Para esta segunda parte del capítulo se consideraron los momentos de pelado a los tiempos inicial, 3 y 6 meses de almacenamiento.

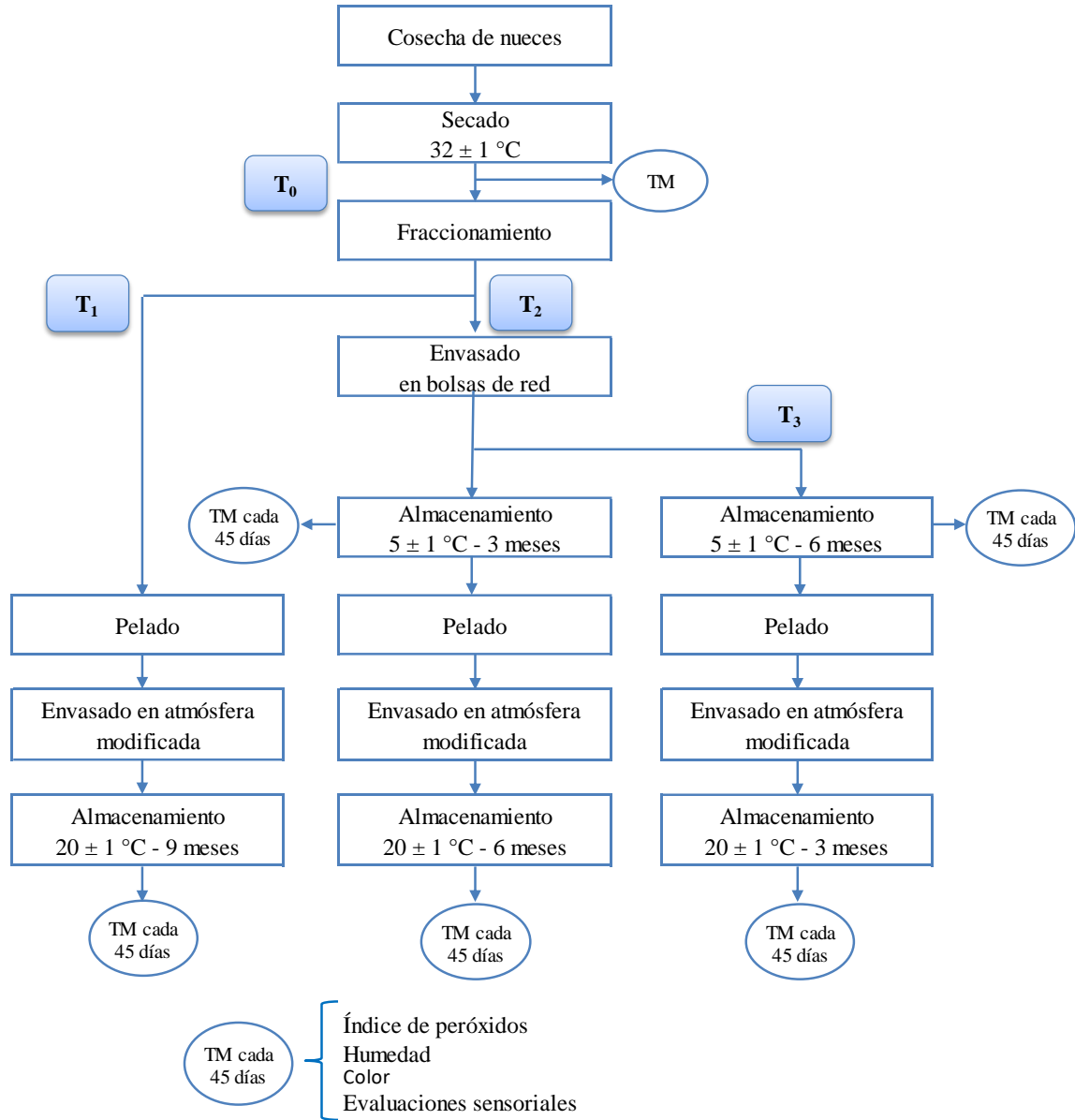


Figura II. 2 Estudio de la evolución de la calidad de la nuez pecán pelada y envasada en atmósfera modificada.

TM: Toma de muestra. T: Tratamiento. T₀: inicio del ensayo.

II.3.2.1. Muestras

Para los estudios realizados en esta segunda parte del Capítulo II se utilizó la tercera fracción de nueces cosecha 2015 recolectadas.

II.3.2.2. Procedimientos

Para los estudios “Evolución, durante el almacenamiento, de la calidad de la nuez pecán pelada y envasada en atmósfera modificada”, la tercera fracción de nueces fue dividida en 3 sub-fracciones para ser utilizadas en los tratamientos que se describen a continuación.

Tratamiento 1 (T₁). Las nueces se pelaron en forma manual, se envasaron en AM en cantidades de 100 g y almacenaron en oscuridad a 20 ± 1 °C durante 9 meses. Como envases se utilizaron bolsas tricapa (Idelpo) de 90 μ de espesor, confeccionadas con poliamidas de baja permeabilidad ($p_{H_2O} = 0,6$ g/m² d y $p_{O_2} = 30$ cm³/m² d a 23 °C). El tratamiento de AM consistió en una mezcla de 70 % de nitrógeno y 30 % de dióxido de carbono (Algal 13 de Air Liquide Argentina) utilizando envasadora de vacío (Ehrlich Múltiple 315).

Tratamiento 2 (T₂). Las nueces con cáscara se conservaron en bolsas de red en cantidades de 200 g a 5 ± 1 °C en cámara modular (Coirón) durante 3 meses. Transcurrido este tiempo, se pelaron en forma manual, luego se envasaron en cantidades de 100 g en AM al igual que en el T₁ y se almacenaron en oscuridad a 20 ± 1 °C durante 6 meses.

Tratamiento 3 (T₃). Las nueces con cáscara se conservaron en bolsas de red en cantidades de 200 g a 5 ± 1 °C en cámara modular (Coirón) durante 6 meses. Transcurrido este tiempo, se pelaron y envasaron en AM en cantidades de 100 g y se almacenaron, al igual que en el T₁, en oscuridad a 20 ± 1 °C durante 3 meses.

Para evaluar la calidad de las nueces pecán de cada tratamiento, cada 45 días se extrajeron 3 bolsas por tratamiento y se realizaron determinaciones de IP, humedad, color y evaluación sensorial.

II.3.2.3. Técnicas analíticas

II.3.2.3.1. Parámetros fisicoquímicos

Los ensayos de IP, humedad y color se realizaron por triplicado según se describió en el Capítulo I. IP: Apartado I.3.1.3.1, humedad: Apartado I.3.1.3.2 y color: Apartado I.3.1.3.3. El IO se calculó con las ecuaciones II.1 y II.2 que figuran en presente capítulo, Apartado II.3.1.3.3.

II.3.2.3.2. Evaluación sensorial: Análisis Descriptivo Cuantitativo

El panel sensorial estuvo conformado por 11 jueces entrenados, 5 hombres y 6 mujeres, de entre 25 y 60 años. Se trabajó en una sala acondicionada según lo establece la Norma IRAM 20003 (2012). Los jueces realizaron la evaluación sensorial en cabinas individuales iluminadas con luz blanca, acondicionadas a temperatura de 20 °C.

Las muestras se suministraron a los jueces peladas y troceadas, servidas en pirotines y codificadas con números de tres dígitos al azar, diferentes en cada evaluación, y presentadas en forma aleatoria.

En este ensayo se utilizó una escala no estructurada de 10 cm anclada en los extremos, para evaluar atributos de color, sabor (dulce, típico, rancio y amargo), textura y aceptación global, según se indica en la [Figura II. 3](#).

Para el análisis de los atributos de color, sabor y textura en la planilla de evaluación sensorial, las marcaciones de los jueces fueron decodificadas a números según la distancia de estas marcaciones a los extremos de la escala.

Siendo:

Color: 0 = marrón claro, 10 = marrón oscuro;

Sabor: 0 = ausente, 10 = intenso;

Textura: 0 = blanda, 10 = crujiente.

Para la aceptación global (AG) se procedió como se describió en el Capítulo I, Apartado I.3.1.3.4.

Nombre: Fecha:

Nombre de la muestra:

Frente a usted hay una muestra de nuez pecán, debe probarla y evaluarla de acuerdo a los atributos indicados.

Marque con una línea vertical sobre la línea horizontal.

Color
Marrón claro Marrón oscuro
|-----|

Sabor Dulce
Ausente Intenso
|-----|

Sabor Típico
Ausente Intenso
|-----|

Sabor Rancio
Ausente Intenso
|-----|

Sabor Amargo
Ausente Intenso
|-----|

Textura
Blanda Crujiente
|-----|

Aceptación Global
Marque con una X su apreciación sobre la muestra.

<i>Nivel de aceptación</i>	<i>Marcación</i>
Me gusta muchísimo	
Me gusta mucho	
Me gusta moderadamente	
Me gusta un poco	
Ni me gusta ni me disgusta	
Me disgusta un poco	
Me disgusta moderadamente	
Me disgusta mucho	
Me disgusta muchísimo	

Figura II. 3 Planilla de evaluación sensorial.

II.3.2.4. Análisis estadístico

Se realizaron comparaciones de medias de los parámetros fisicoquímicos y sensoriales mediante Análisis de Varianza y Test de Rango Múltiple según Tukey ($p < 0,05$). Además,

se estudió la relación entre los atributos de calidad evaluados construyendo una matriz de correlaciones. En ella los coeficientes de correlación variaron entre ± 1 y 0. Valores absolutos cercanos a 1 indicaron una alta correlación entre atributos, mientras que valores de coeficientes de correlación cercanos a 0 señalaron falta de correlación. Para los estudios estadísticos se utilizó el software STATGRAPHICS Centurión XV Versión 15.2.06.

II.4. Resultados

II.4.1. Primera Parte. Efecto del pelado, envasado en atmósfera modificada y almacenamiento sobre la calidad de la nuez pecán

Se mencionó anteriormente que los productores van recolectando las nueces, las que generalmente no son conservadas por variedad, sino que son mezcladas para luego ser secadas y almacenadas a 5 ± 1 °C. A continuación, los productores las van comercializando en la medida de sus posibilidades.

En esta parte se estudió el efecto del pelado de la nuez pecán y del envasado en AM sobre la calidad de las pepitas luego de un tiempo de almacenamiento de 9 meses.

II.4.1.1. Humedad de la pepita

Los frutos de nuez pecán al momento de la cosecha presentan una alta humedad, lo que asociado al alto contenido de lípidos los hace vulnerables a los procesos oxidativos y al desarrollo de hongos, afectando directamente la calidad del fruto (Siebeneichler *et al.*, 2023). El proceso de secado, está destinado a preservar los atributos de calidad de las nueces y evitar la oxidación de los lípidos (Olguín Rojas *et al.*, 2019).

El contenido de humedad de las nueces luego de la etapa de secado a 32 ± 1 °C, esto es al inicio del ensayo (T_0 , tiempo = 0 meses) y al final del mismo en los 3 tratamientos no mostró diferencias significativas (Tabla II.1). Los valores estuvieron comprendidos entre $3,19 \pm 0,28$ y $3,77 \pm 0,18$ g/100 g. En cambio, en las nueces del T_2 a los 4,5 meses, la humedad fue 1,7 veces superior a la inicial; luego este parámetro disminuyó al final del almacenamiento.

Tabla II. 1 Humedad de nuez pecán de los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (meses)	Humedad (g/100 g)	
T_0	0	$3,41 \pm 0,35$	b
T_1	9	$3,19 \pm 0,28$	b
T_2	4,5	$5,17 \pm 0,55$	a
T_2	9	$3,77 \pm 0,18$	b
T_3	9	$3,40 \pm 0,16$	b

Valores expresados como promedio de 3 determinaciones \pm desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias ($p < 0,05$).

Según Kharel *et al.* (2019) el contenido de humedad debe estar comprendido entre 3,0 y 4,5 % para reducir las posibilidades de crecimiento de moho y desarrollo de rancidez y mantener la calidad buscada por los consumidores; mientras que Siebeneichler *et al.* (2023) señalan que durante el almacenamiento la humedad debe mantenerse por debajo del 4,0 %. En el presente estudio, los contenidos de humedad de la nuez pecán inicial y finales fueron inferiores a los señalados por estos autores. Sin embargo, la humedad de las nueces del T₂ a los 4,5 meses alcanzó el valor de $5,17 \pm 0,55$ g/100 g; por lo que las nueces de todos los tratamientos podrían haber alcanzado o superado dicho valor. Esto estaría indicando la necesidad de estudiar la evolución de este parámetro de calidad durante el almacenamiento, estudio que se abordó en la segunda parte del presente capítulo.

II.4.1.2. Índice de peróxidos

El IP cuantifica el estado de oxidación. Su valor es de gran utilidad, ya que la presencia de peróxidos puede afectar negativamente las propiedades organolépticas produciendo rancidez (González-Medina, 2021).

En las nueces de todos los tratamientos se observó un incremento en el IP con el almacenamiento (Tabla II.2). Sin embargo, no hubo diferencias significativas en el IP en nuez pecán de los T₁ y T₃ en el final del almacenamiento, como tampoco con los frutos del T₂ al tiempo de almacenamiento de 4,5 meses; momento en el que las nueces fueron retiradas del almacenamiento en condiciones de refrigeración para ser peladas y envasadas en AM. El IP para los 3 casos fue 17 veces superior al valor registrado en el inicio del almacenamiento.

Tabla II. 2 Índice de peróxidos de nuez pecán de los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (meses)	Índice de peróxidos (meq O ₂ /kg de aceite)	
T ₀	0	$0,11 \pm 0,03$	c
T ₁	9	$1,79 \pm 0,19$	b
T ₂	4,5	$1,73 \pm 0,65$	b
T ₂	9	$5,81 \pm 0,20$	a
T ₃	9	$1,93 \pm 0,61$	b

Valores expresados como promedio de 3 determinaciones \pm desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias ($p < 0,05$).

En el caso de nuez pecán del T₂, a continuación, fueron peladas, envasadas en AM y almacenadas a 20 ± 1 °C por otros 4,5 meses; alcanzando un IP 53 veces superior al inicial.

Los resultados obtenidos en el IP para nuez pecán de T₁ y T₃ estarían indicando que el envasado en bolsas tricapa de 90 μ de espesor en condiciones de AM tuvo el mismo efecto que el envasado en bolsas de red. Por lo que el incremento del IP podría deberse al tiempo de almacenamiento más que al tipo de envase y condiciones atmosféricas. Sin embargo, cabe destacar que estos últimos envases requieren de conservación en condiciones de refrigeración, lo que constituye un costo importante para el productor.

El elevado valor de IP en nuez pecán del T₂ luego de 9 meses de almacenamiento fue atribuido al incremento en la humedad que tuvieron estas nueces a los 4,5 meses; lo que contribuyó al deterioro oxidativo (Muangrat *et al.*, 2018).

II.4.1.3. Color de la pepita

La luminosidad en las nueces no mostró diferencias significativas entre el inicio del almacenamiento, a los 9 meses del T₃ y a los 4,5 meses del T₂ (Tabla II.3). Por el contrario, para este último tratamiento al final del almacenamiento se observó una disminución de L*, al igual que en las nueces del T₁ al final del ensayo. Estos resultados estarían indicando que el pelado de las nueces provocó el oscurecimiento de las mismas.

Tabla II. 3 Parámetros de color L*, a* y b* de nuez pecán de los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Tiempo (meses)	L*	a*	b*
T ₀	0	49,74 ± 3,71 a	6,09 ± 1,39 c	32,37 ± 1,58 b
T ₁	9	44,57 ± 3,08 b	10,54 ± 1,09 a	34,07 ± 1,68 b
T ₂	4,5	49,20 ± 3,10 a	8,34 ± 1,40 b	33,34 ± 2,58 b
T ₂	9	45,24 ± 3,13 b	10,84 ± 1,27 a	34,07 ± 2,43 ab
T ₃	9	48,87 ± 3,48 a	8,59 ± 1,18 b	35,60 ± 2,39 a

Valores expresados como promedio de 45 determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias (p < 0,05).

Para todos los tratamientos hubo un aumento en la componente a*, señalando un incremento de las tonalidades rojas, especialmente en las nueces de los T₁ y T₂ a los 9 meses de almacenamiento. Las nueces que no fueron peladas, esto es, las del T₂ a los 4,5 meses y las del T₃ a los 9 meses, si bien tuvieron valores más altos de a* que al inicio de los ensayos,

los valores fueron inferiores que los señalados anteriormente. Estos resultados también estarían indicando que la operación de pelado favoreció el amarronamiento de las pepitas.

Referido a la componente b^* , al finalizar los ensayos únicamente las nueces del T₃ tuvieron valores más altos que los cuantificados para los demás tratamientos y para el tiempo inicial; señalando mayores tonalidades amarillas.

Las nueces de todos los tratamientos tuvieron un IO superior al correspondiente al de las pepitas al inicio del almacenamiento (Tabla II.4). Los frutos del T₂ almacenados los primeros 4,5 meses no mostraron diferencias significativas con las nueces del T₃ almacenados por 9 meses; mientras que no hubo diferencias entre el IO de las nueces del T₁ y T₂ al final del almacenamiento. Las nueces pecán de estos últimos tratamientos fueron las que mostraron mayor IO.

Tabla II. 4 Índice de oscurecimiento de nuez pecán de los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (meses)	Índice de oscurecimiento
T ₀	0	90,21 ± 3,160 c
T ₁	9	99,75 ± 3,68 a
T ₂	4,5	92,43 ± 4,63 b
T ₂	9	98,02 ± 4,27 a
T ₃	9	93,76 ± 4,42 b

Valores expresados como promedio de 45 determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias ($p < 0,05$).

Por lo tanto, se puede señalar que las nueces almacenadas con cáscara en bolsas de red a 5 ± 1 °C (T₃) fueron las que sufrieron menor oscurecimiento. En cambio, las nueces que presentaron mayor oscurecimiento fueron las que tuvieron una etapa de pelado, envasado en bolsas tricapa de 90 μ de espesor en AM y almacenadas a 20 ± 1 °C [T₁ y T₂ (9 meses)].

II.4.1.4. Evaluación sensorial: Aceptación global

El nivel de aceptación de las nueces al inicio del ensayo fue “Me gusta mucho”, luego el nivel de aceptación disminuyó, dependiendo del tratamiento (Figura II. 4).

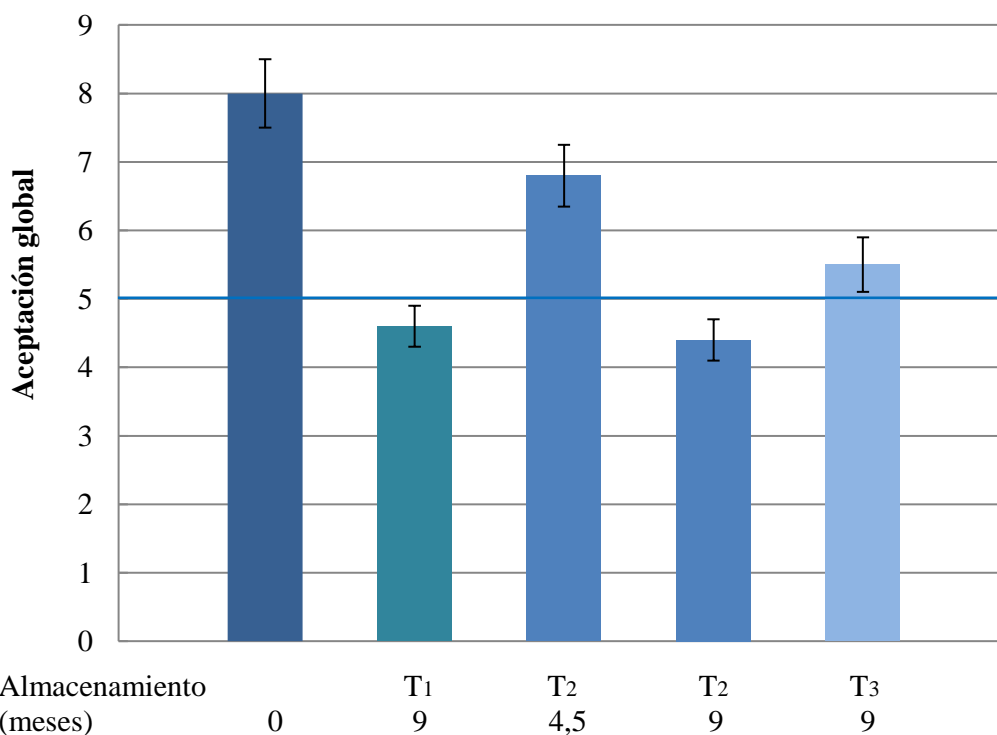


Figura II. 4 Intensidad del atributo sensorial “Aceptación global” de nuez pecán de los diferentes tratamientos. La línea azul corresponde al valor definido como límite de calidad o aceptabilidad “Ni me gusta, ni me disgusta” (*cut-off*).

Al final del período de almacenamiento de las nueces del T₁ el nivel de aceptación estuvo comprendido entre “Me disgusta un poco” y “Ni me gusta, ni me disgusta”.

Las nueces del T₂ a los 4,5 meses de almacenamiento a 5 ± 1 °C fueron ponderadas por los jueces con una AG entre “Me gusta moderadamente” y “Me gusta un poco”, mientras que cuando finalizó el período de almacenamiento a 20 ± 1 °C recibieron la misma AG que las nueces de T₁.

Finalizado el ensayo correspondiente al T₃, los jueces otorgaron a las nueces una AG comprendida entre “Me gusta un poco” y “Ni me gusta ni me disgusta”. Este fue el único tratamiento que luego de 9 meses de almacenamiento las nueces superaron el límite de calidad o aceptabilidad (*cut-off*).

De lo expuesto se puede concluir que:

- 1) La calidad de las nueces se vio afectada por el almacenamiento.
- 2) Las nueces que mejor conservaron su calidad fueron las que se almacenaron con cáscara envasadas en bolsas de red a la temperatura de 5 ± 1 °C.

3) Las operaciones de pelado y envasado en bolsas tricapa de 90 μ de espesor en AM, seguida de un almacenamiento a 20 ± 1 °C afectaron negativamente la calidad de las pepitas. En estos frutos se observó incremento en el IP, oscurecimiento de las nueces y disminución de la AG por parte de los jueces.

Los resultados obtenidos para el T₂, donde se observó que las nueces disminuyeron significativamente su calidad luego de ser almacenadas por 4,5 meses en condiciones de refrigeración y posteriormente peladas, se esperan poder explicar mejor con los estudios realizados en la segunda parte del presente capítulo donde se investigó la evolución de los atributos de calidad en función del tiempo de almacenamiento.

II.4.2. Segunda Parte. Evolución, durante el almacenamiento, de la calidad de la nuez pecán pelada y envasada en atmósfera modificada

En esta segunda parte se estudió la evolución de atributos de calidad de las nueces pecán durante 9 meses de almacenamiento, como así también el efecto del momento en que se llevaron a cabo las operaciones de pelado y envasado en AM sobre la calidad de dichos frutos.

Se explicó en la metodología que cada 45 días se tomaron muestras de nueces en las que se analizó humedad, IP, parámetros de color y evaluación sensorial.

II.4.2.1. Humedad de la pepita

El contenido de humedad inicial de las nueces fue de $3,41 \pm 0,18$ g/100g (Figura II. 5). A los 45 d de almacenamiento las nueces del T₁ tuvieron una humedad 26 % superior al valor inicial; mientras que las nueces de los T₂ y T₃ no mostraron diferencias significativas con la humedad registrada al inicio del ensayo. En los días posteriores los frutos secos del T₁ tuvieron valores de humedad inferiores a los registrados en el día 45, alcanzando al final del ensayo $3,44 \pm 0,04$ g/100g de humedad.

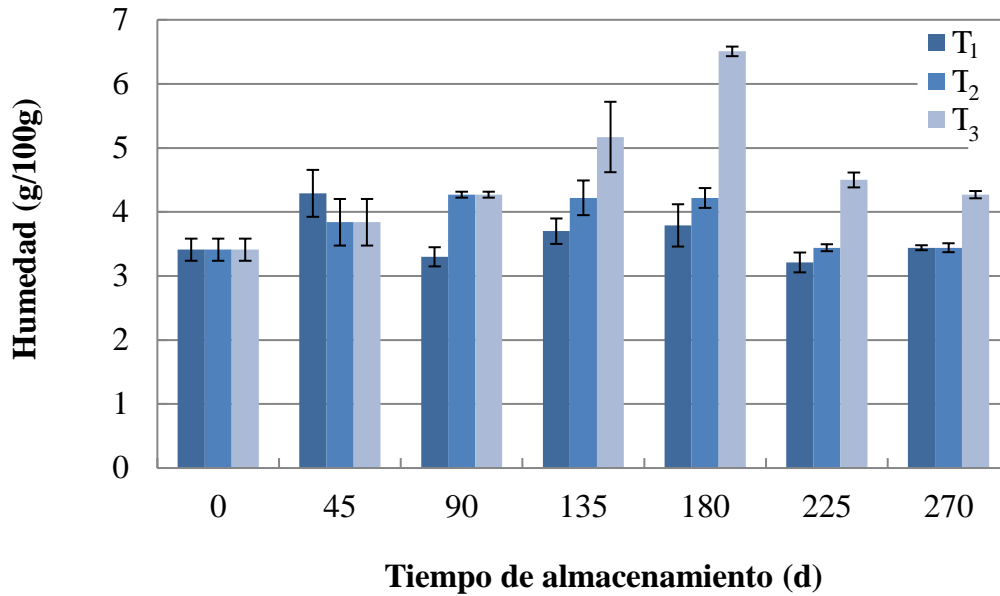


Figura II. 5 Evolución del contenido de humedad de nuez pecán almacenadas con diferentes tratamientos.

En el día 90 las nueces de T₂ y T₃ no mostraron diferencias significativas e incrementaron en un 25 % el contenido de humedad respecto del valor inicial, alcanzando los $4,27 \pm 0,10$ g/100g. Adicionalmente, para ese tiempo de almacenamiento dichas nueces tuvieron un 29 % más de humedad que las nueces del T₁. Conviene notar que, hasta este período de almacenamiento, las nueces de T₂ y T₃ se mantuvieron almacenadas con cáscara en bolsas de red a 5 ± 1 °C.

A partir del día 135 las humedades registradas en las muestras de nueces de los T₁ y T₂ fueron parecidas y para el día 270 no mostraron diferencias significativas alcanzando una humedad de $3,44 \pm 0,04$ g/100g en T₁ y $3,44 \pm 0,07$ g/100g en T₂.

En cambio, las nueces del T₃ tuvieron un incremento mucho mayor de la humedad. Este incremento varió entre 25 y 91 %, dependiendo del tiempo de almacenamiento. A los 180 d de almacenamiento el valor de humedad fue $6,51 \pm 0,08$ g/100g y luego disminuyó a $4,27 \pm 0,05$ g/100g a los 270 d. Se observa en la figura que, al igual que en las nueces de los T₁ y T₂ hacia el final del almacenamiento la humedad disminuyó; no obstante, estas nueces tuvieron un contenido de humedad superior al valor inicial.

El estudio señala que tanto en las nueces de T₂ como de T₃ la humedad fue aumentando mientras las nueces se mantuvieron con cáscara almacenadas en bolsas de red a 5 ± 1 °C; que para el caso de T₂ fueron 3 meses y para T₃, 6 meses. Esto estaría indicando que las nueces con cáscara fueron absorbiendo humedad ambiente. Luego, cuando las nueces fueron

peladas y envasadas en bolsas tricapa de 90 μ de espesor bajo AM y almacenadas a 20 ± 1 °C el contenido de humedad disminuyó; lo que fue atribuido a que a la deshidratación ocurrida debido al incremento en la temperatura de almacenamiento.

Tomando como referencia que a valores de humedad inferiores a 4,5 % se evitan reacciones de deterioro (Kharel *et al.*, 2019) en la [Figura II. 5](#) se puede ver que las nueces del T₃ a los 135 d y a los 180 d tuvieron contenidos de humedad superiores a este valor. Cabe aclarar, que las nueces de este tratamiento fueron peladas a los 180 d, por lo que el incremento de humedad de estas nueces se observó cuando se encontraban envasadas en bolsas de red y almacenadas a 5 ± 1 °C. Por su parte, si se toma como referencia valores de humedad del 4 % para que se conserven las nueces (Thewes *et al.*, 2021b; Siebeneichler *et al.*, 2023) los frutos de los 3 tratamientos en algún momento del período de almacenamiento superaron dicho valor de humedad.

II.4.2.2. Índice de peróxidos

El IP de las nueces al inicio del ensayo fue de $0,11 \pm 0,03$ meq O₂/kg aceite y luego aumentó con el incremento del tiempo de almacenamiento ([Figura II. 6](#)).

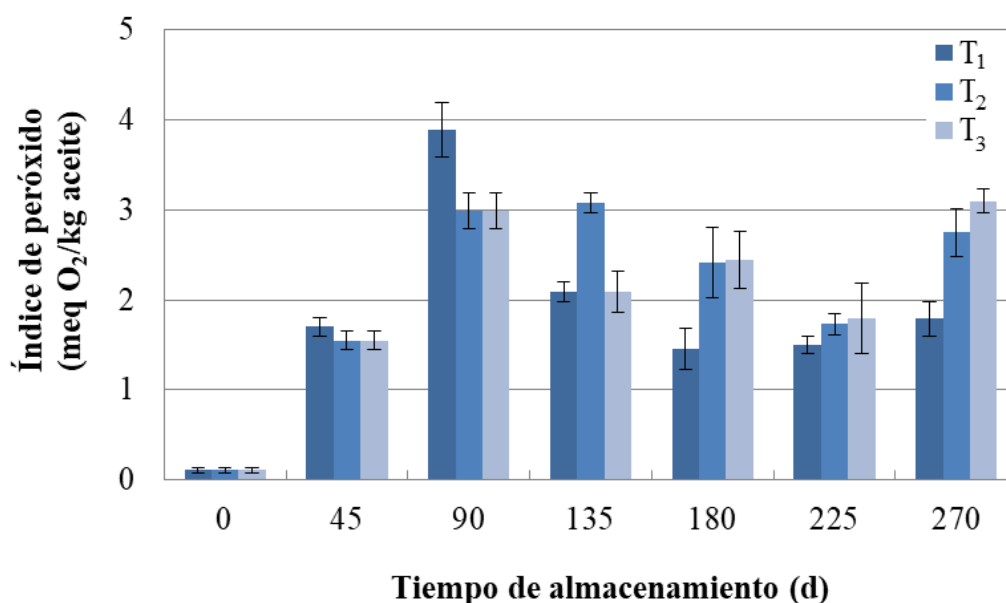


Figura II. 6 Evolución del índice de peróxidos de nuez pecán almacenadas con diferentes tratamientos.

En los primeros 45 d no se observaron diferencias significativas en el IP de las nueces de los diferentes tratamientos, siendo el promedio de $1,60 \pm 0,08$ meq O₂/kg aceite. Estos

resultados estarían indicando que para este tiempo de almacenamiento no hubo diferencias en el IP de las nueces peladas, envasadas en bolsas tricapa de 90 μ de espesor bajo AM y almacenadas a 20 ± 1 °C (T₁) y el IP de las nueces con cáscara, envasadas en bolsa de red y almacenadas a 5 ± 1 °C (T₂ y T₃).

Las diferencias en este parámetro comenzaron a manifestarse en las muestras ensayadas a los 90 d de almacenamiento, tiempo en el que las nueces del T₁ alcanzaron el valor máximo de $3,89 \pm 0,30$ meq O₂/kg aceite. Posteriormente el IP disminuyó a los 135 d y a los 180 d se mantuvo sin diferencias significativas hasta los 270 d que duró el estudio, con un IP promedio de $1,58 \pm 0,18$ meq O₂/kg aceite.

En las nueces del T₂ el IP aumentó hasta el día 90 de almacenamiento, luego entre los 90 y 135 d se mantuvo en $3,03 \pm 0,06$ meq O₂/kg aceite y posteriormente disminuyó; alcanzando hacia el final del ensayo el valor de $2,75 \pm 0,27$ meq O₂/kg aceite.

Cabe recordar que las nueces del T₃ fueron almacenadas con cáscara a 5 ± 1 °C hasta los 180 d y luego fueron retiradas de las condiciones de refrigeración, peladas, envasadas en bolsas tricapa de 90 μ de espesor bajo AM y almacenadas a 20 ± 1 °C. En estas nueces también se observó un incremento gradual del IP a medida que fue transcurriendo el tiempo de almacenamiento hasta alcanzar el valor de $2,99 \pm 0,20$ meq O₂/kg aceite a los 90 d. A continuación, el IP disminuyó y volvió a aumentar hacia el final del ensayo alcanzando los $3,10 \pm 0,13$ meq O₂/kg aceite.

Por lo expuesto, y de acuerdo con lo señalado por Oro *et al.* (2008), el IP no sería por sí solo un indicador de la calidad de las nueces; puesto que este parámetro no mostró correlación con ninguna de las siguientes variables: tiempo de almacenamiento, momento de pelado de las nueces, temperatura de almacenamiento, envase empleado y momento en el que se aplicó AM.

II.4.2.3. Color de la pepita

El parámetro de color a*, que señala el color rojizo de las nueces, al inicio de los ensayos fue de $6,23 \pm 1,30$; luego fue incrementando con el transcurso del almacenamiento alcanzando en el T₁ un máximo de $11,38 \pm 1,73$ a los 225 d; en el T₂ $11,00 \pm 1,39$ y en T₃ $9,88 \pm 1,73$ a los 270 d (Figura II. 7). El incremento del parámetro a* al final del almacenamiento respecto del valor inicial fue del 78 %; 77 % y 59 % para los T₁, T₂ y T₃; respectivamente. Para un mismo tiempo de almacenamiento no se observaron diferencias significativas entre las medidas de a* de los distintos tratamientos.

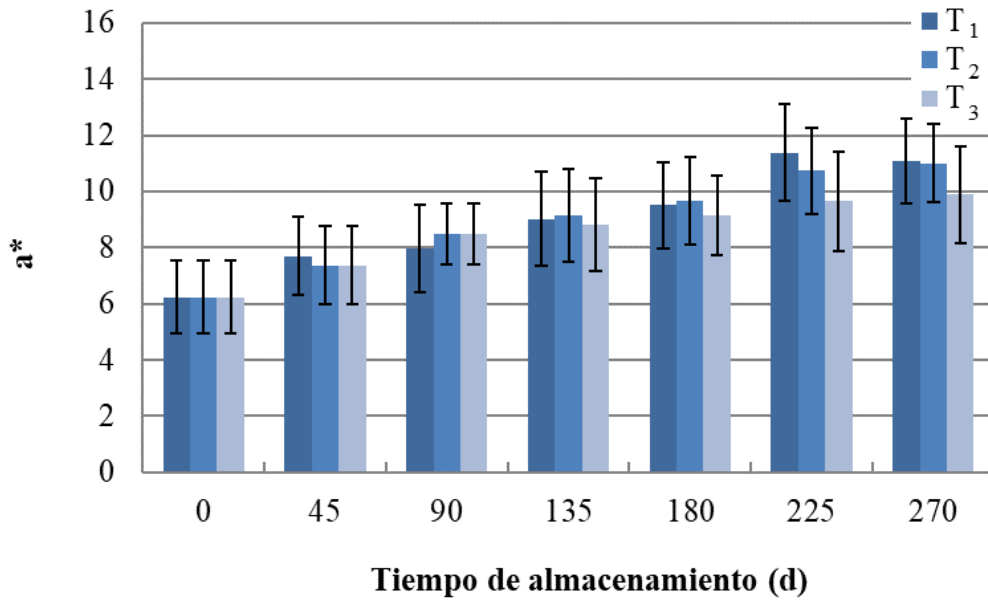


Figura II. 7 Evolución del parámetro a* de color de nuez pecán almacenadas con diferentes tratamientos.

El parámetro de color b*, que hace referencia a las tonalidades amarillas de las nueces tuvo un valor inicial de $33,10 \pm 1,79$ y al finalizar los ensayos sus valores fueron para T₁ $31,91 \pm 2,14$; T₂, $31,16 \pm 3,73$ y T₃, $33,78 \pm 2,59$ (Figura II. 8).

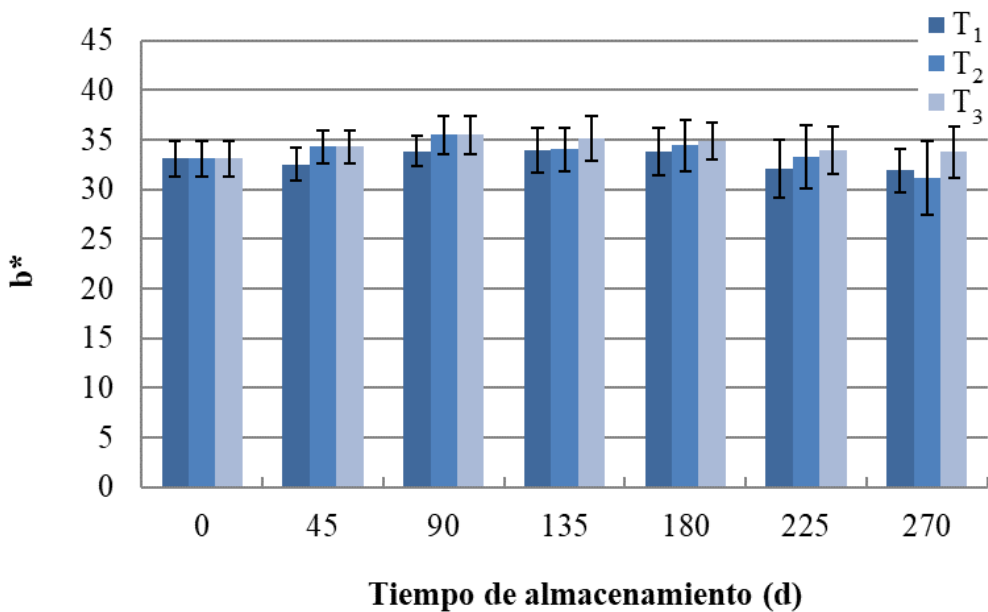


Figura II. 8 Evolución del parámetro b* de color de nuez pecán almacenadas con diferentes tratamientos.

No se observaron diferencias significativas entre las medidas de la componente b^* medidas al inicio y al finalizar los ensayos. Para un mismo tiempo de almacenamiento tampoco se observaron diferencias significativas entre los valores medios de los tratamientos.

La luminosidad al iniciar los ensayos fue $49,34 \pm 3,20$ y luego de 270 d de almacenamiento tomó los valores de $44,62 \pm 2,82$ para las nueces de T_1 ; $41,33 \pm 3,58$ para las de T_2 y $47,27 \pm 4,41$ para las de T_3 (Figura II. 9). Únicamente se observó diferencias significativas en los valores medios de L^* de nueces al inicio del ensayo y a los 270 d de almacenamiento para el T_2 , donde la luminosidad disminuyó un 16 %.

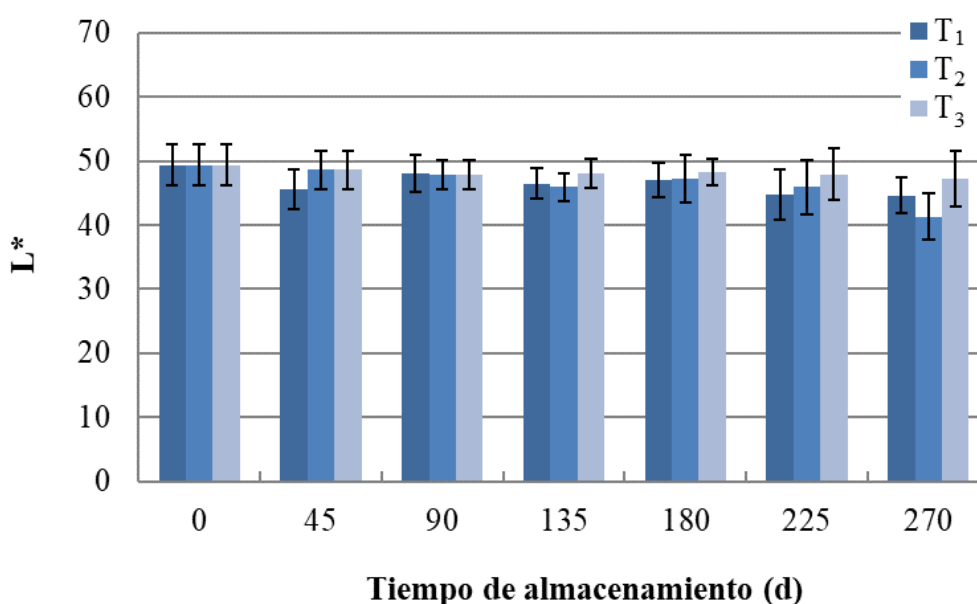


Figura II. 9 Evolución del parámetro L^* de color de nuez pecán almacenadas con diferentes tratamientos.

El IO estuvo comprendido entre el valor inicial $90,37 \pm 3,28$ y $100,32 \pm 6,71$, no observándose diferencias significativas entre ninguna de las medidas de este parámetro correspondiente a los distintos tratamientos y tiempos de almacenamiento (Figura II. 10).

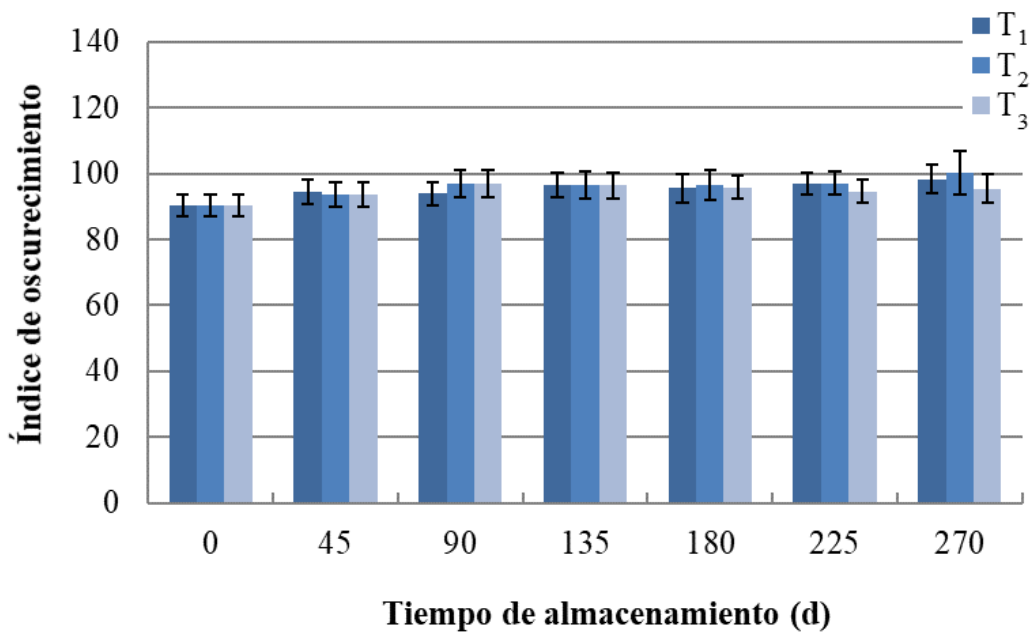


Figura II. 10 Evolución del índice de oscurecimiento de nuez pecán almacenadas con diferentes tratamientos.

Los parámetros de color estudiados L^* , a^* y el IO mostraron correlación con el tiempo de almacenamiento; no así el parámetro b^* . Los valores de los coeficientes de correlación para L^* fueron -0,7 para T_1 y -0,9 para T_2 y T_3 . El coeficiente de correlación entre la componente a^* y el tiempo de almacenamiento fue 0,9 para todos los tratamientos; mientras que para el IO fue 0,9 para T_1 y T_2 y 0,6 para T_3 .

De lo expuesto se puede concluir que las nueces sufrieron un oscurecimiento a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento, siendo el parámetro a^* el mejor indicador de este oscurecimiento, ya que fue el parámetro que presentó mayor variación durante el almacenamiento. En general, en ninguno de los parámetros de color estudiados se observaron diferencias entre tratamientos; observándose únicamente diferencias en L^* entre los valores inicial y final en las nueces del T_2 .

II.4.2.4. Evaluación sensorial: Análisis Descriptivo Cuantitativo

II.4.2.4.1. Color

La apariencia y el color de un producto alimenticio proporcionan los primeros indicios de calidad (Abdallah *et al.*, 2015). El color se considera uno de los factores más importantes para estimar la calidad de la nuez pecán (McKay *et al.*, 2022).

Los jueces catalogaron el color de las nueces al inicio de los ensayos con la puntuación $2,0 \pm 0,2$ y a medida que fue transcurriendo el almacenamiento las nueces se fueron oscureciendo, hasta alcanzar las calificaciones de $5,0 \pm 0,4$ en T₁; $5,9 \pm 0,4$ en T₂ y $8,5 \pm 0,6$ en T₃ (Figura II. 11). Para los diferentes tiempos de almacenamiento no se observaron diferencias significativas entre las medias de las nueces de los tratamientos, con excepción del tiempo de 270 d donde los jueces señalaron que las nueces del T₃ fueron más oscuras que las de los T₁ y T₂.

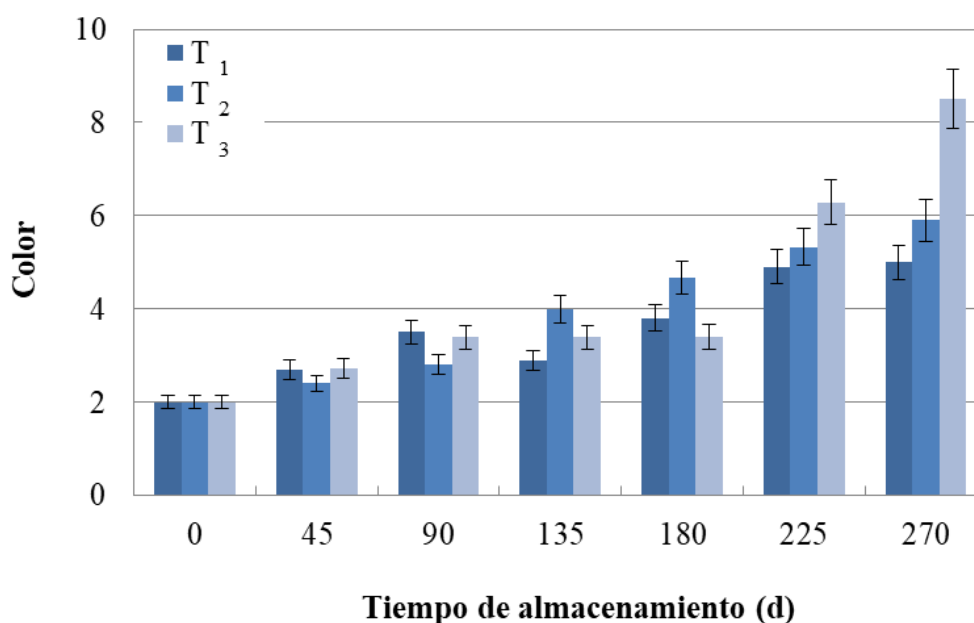


Figura II. 11 Evolución del atributo sensorial de color de nuez pecán almacenadas con diferentes tratamientos.

II.4.2.4.2. Sabor dulce

El sabor dulce de las nueces partió de una puntuación de $4,0 \pm 0,3$ y luego éste atributo aumentó en los primeros 90 días de almacenamiento a valores de $4,9 \pm 0,3$ en T₁, $5,2 \pm 0,4$ en T₂ y $5,5 \pm 0,4$ en T₃. Sin embargo, al final de los ensayos el sabor dulce de las nueces disminuyó alcanzando puntuaciones de $2,7 \pm 0,2$ en las nueces de los T₁, $2,0 \pm 0,1$ en T₂ y de $0,8 \pm 0,1$ en las nueces del T₃ (Figura II. 12).

Hasta el tiempo de almacenamiento de 180 d, no se observaron diferencias significativas en el sabor dulce entre tratamientos a un mismo tiempo de almacenamiento. A los 225 d el sabor dulce de las nueces de T₃ fue inferior al de las nueces de T₁ y T₂; mientras que a los

270 d de almacenamiento se observaron diferencias significativas en este atributo en las nueces de los 3 tratamientos.

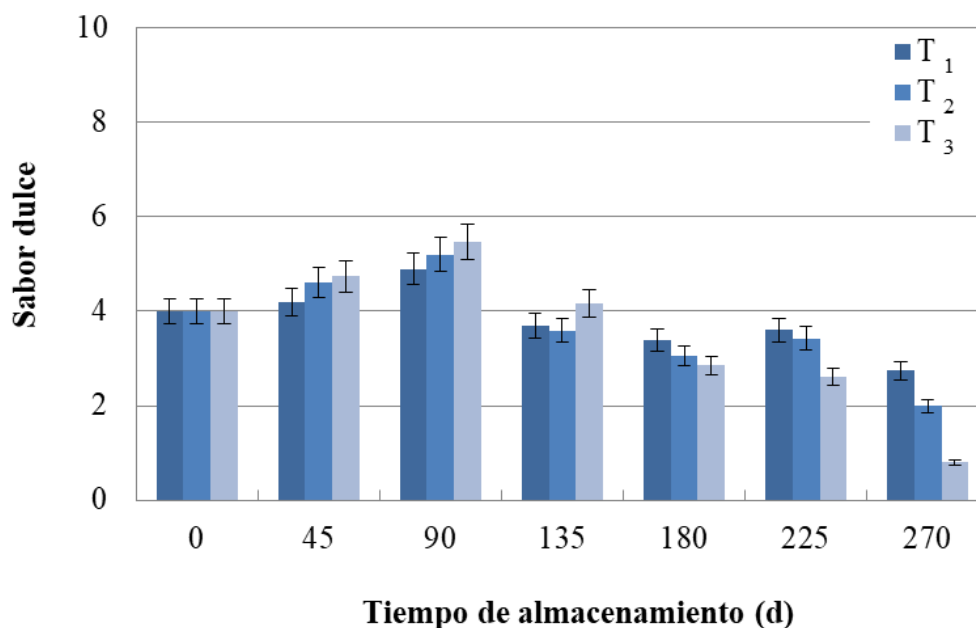


Figura II. 12 Evolución del atributo sensorial “sabor dulce” de nuez pecán almacenadas con diferentes tratamientos.

II.4.2.4.3. Sabor típico

El sabor a nuez, es un atributo sensorial característico de este alimento y sirve como indicador sensorial de su calidad y estado de conservación (Riveros *et al.*, 2016; Grosso *et al.*, 2017). Referido al “Sabor típico”, al comenzar con los ensayos los jueces le asignaron la calificación de $6,2 \pm 0,4$; sin embargo, esta calificación fue disminuyendo a medida que transcurrió el período de almacenamiento, hasta alcanzar al final de los ensayos las puntuaciones de $3,8 \pm 0,3$ en T₁; $3,3 \pm 0,2$ en T₂ y $0,7 \pm 0,2$ en T₃; no observándose diferencias estadísticas significativas entre los T₁ y T₂ (Figura II. 13). Nuevamente el mayor deterioro se observó en el T₃.

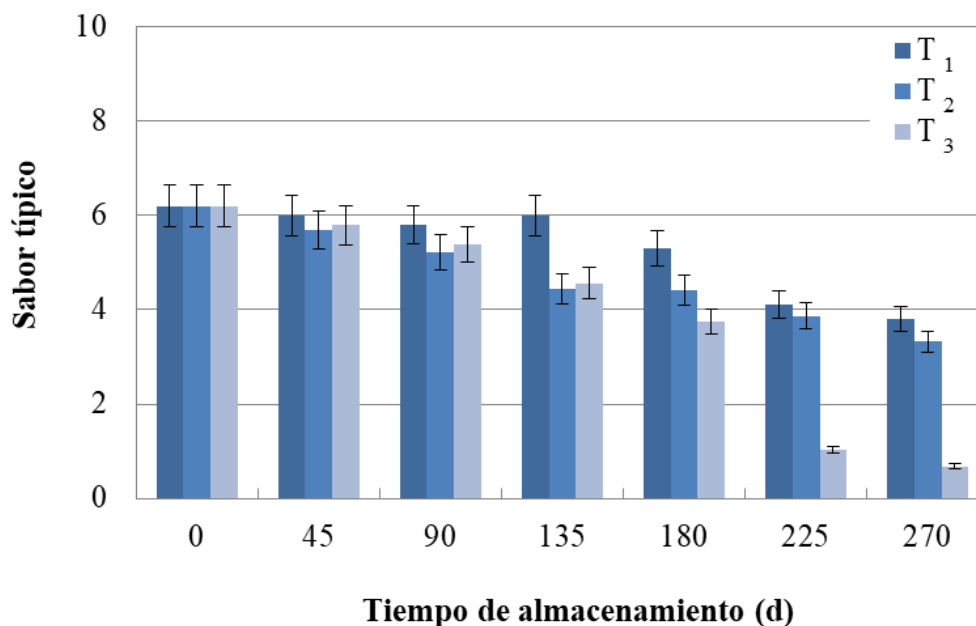


Figura II. 13 Evolución del atributo sensorial “sabor típico” de nuez pecán almacenadas con diferentes tratamientos.

II.4.2.4.4. Sabor rancio

El elevado contenido de aceite y la elevada proporción de ácidos grasos poliinsaturados hace que las nueces sean propensas a enranciarse, lo que provoca el desarrollo de sabores y olores desagradables (Ortiz *et al.*, 2019).

En la Figura II. 14 se puede ver que al inicio de los ensayos los jueces señalaron ausencia de sabor rancio. Pero, a medida que transcurrió el período de almacenamiento el sabor rancio se vio incrementado, hasta alcanzar al final de los ensayos las calificaciones de $4,8 \pm 0,4$ en T₁; $4,6 \pm 0,4$ en T₂ y $6,0 \pm 0,5$ en T₃. En este atributo no se observó diferencias significativas en las nueces de T₁ y T₂; mientras que el sabor rancio fue notablemente superior en las nueces del T₃.

En la figura también se puede observar que las nueces del T₃, durante los primeros 180 d de almacenamiento (nueces con cáscara conservadas a 5 ± 1 °C), tuvieron calificaciones de sabor rancio similares o menores a las nueces del T₂. Posteriormente, cuando las nueces de T₃ fueron peladas, envasadas en AM y conservadas a temperatura ambiente, evidenciaron un desarrollo importante del sabor rancio.

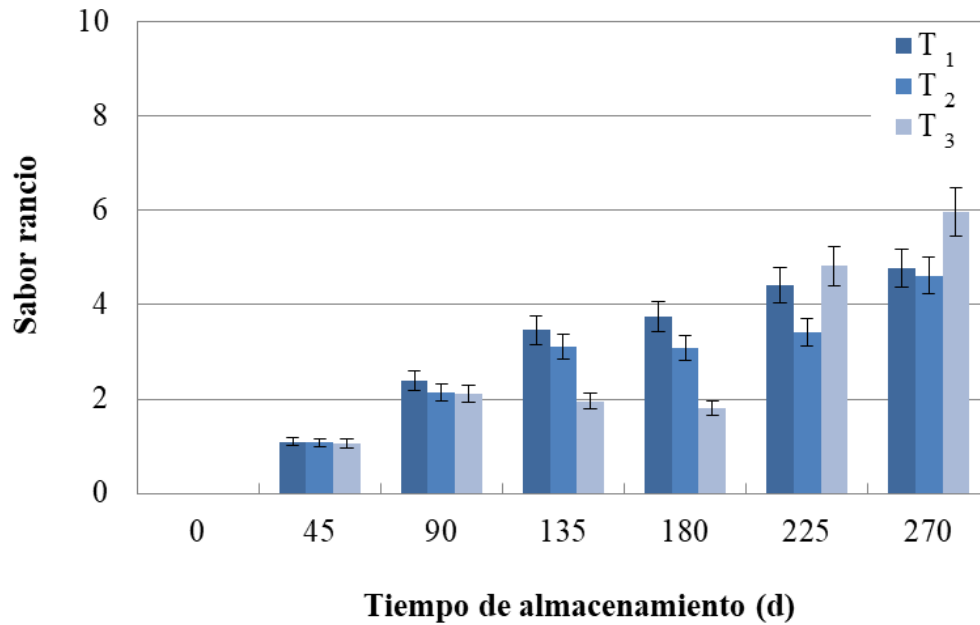


Figura II. 14 Evolución del atributo sensorial “sabor rancio” de nuez pecán almacenadas con diferentes tratamientos.

II.4.2.4.5. Sabor amargo

El incremento del sabor rancio fue acompañado por un aumento del sabor amargo (Figura II. 15). Las nueces de los T₁ y T₂, al final de los ensayos, alcanzaron las calificaciones de $2,5 \pm 0,2$ y $2,6 \pm 0,2$ respectivamente; no observándose diferencias significativas. Sin embargo, las nueces del T₃ tuvieron al final un sabor amargo superior de $4,8 \pm 0,3$.

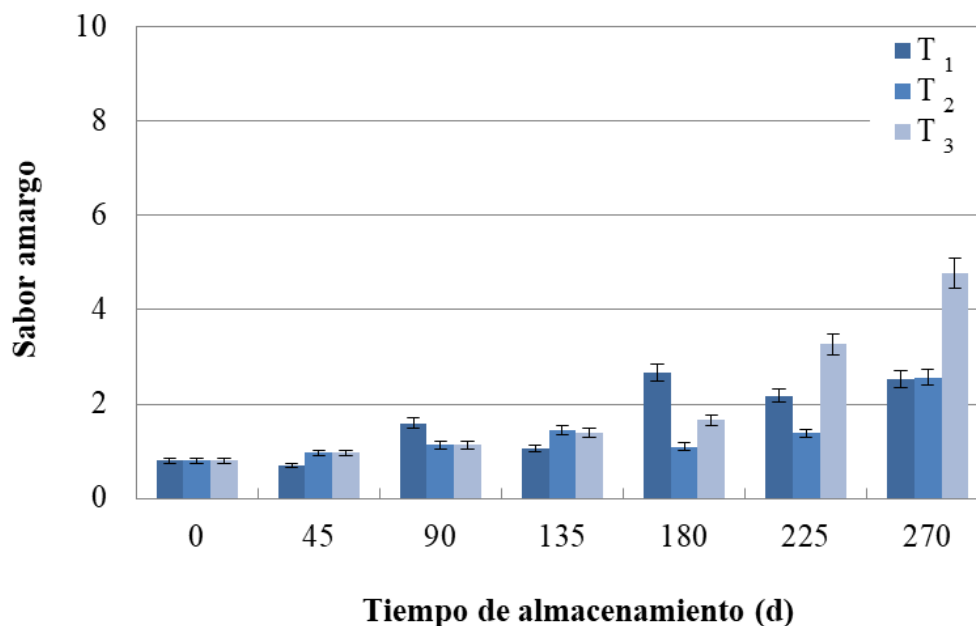


Figura II. 15 Evolución del atributo sensorial “sabor amargo” de nuez pecán almacenadas con diferentes tratamientos.

II.4.2.4.6. Textura

Referido al atributo de textura los jueces asignaron la calificación inicial de $7,1 \pm 0,4$. A los 270 d de almacenamiento las calificaciones fueron para las nueces del T₁ $6,1 \pm 0,3$; para las nueces del T₂ $6,5 \pm 0,3$ y para las del T₃ $1,5 \pm 0,1$ (Figura II. 16).

Para las nueces del T₁ no se observaron diferencias significativas en los valores medios de este atributo para los diferentes tiempos de almacenamiento. Lo mismo ocurrió con los frutos del T₂. Sin embargo, en el caso de las nueces del T₃ la textura se mantuvo hasta que a partir de los 180 d de almacenamiento las nueces fueron catalogadas por los jueces como mucho más blandas, alcanzando al final de los ensayos una puntuación 79 % menor que la inicial. Esto fue atribuido a la mayor humedad que tuvieron las nueces del T₃ (6,51 g/100g) respecto a las de T₁ y T₂ (3,79 y 4,22 g/100g, respectivamente) en el período de almacenamiento antes mencionado, teniendo en cuenta que el agua suaviza la estructura y disminuye la fracturabilidad de las nueces, por lo que los jueces asociaron las nueces con menor humedad como nueces más firmes y crujientes (Pleasant *et al.*, 2018).

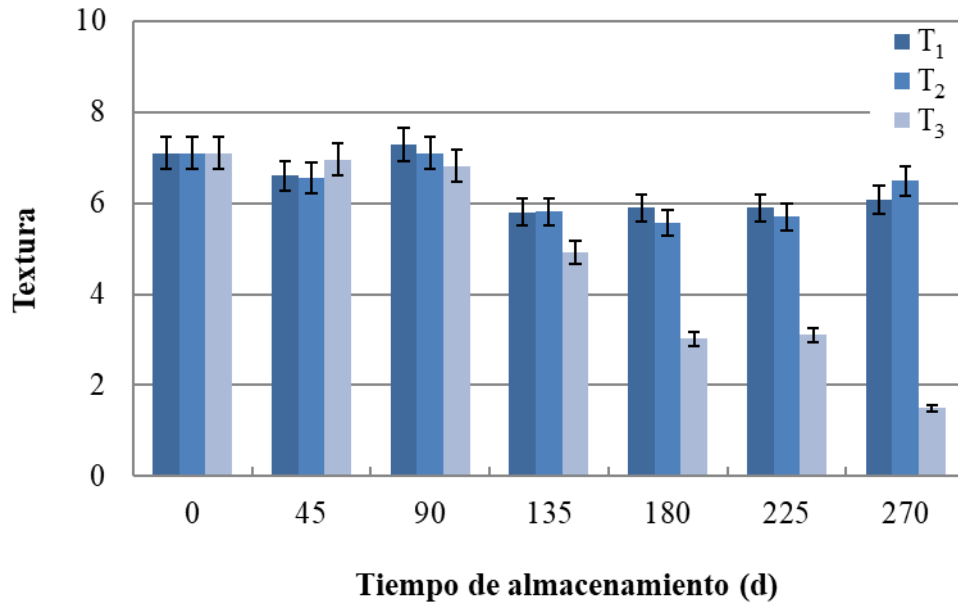


Figura II. 16 Evolución del atributo sensorial “textura” de nuez pecán almacenadas con diferentes tratamientos.

De lo expuesto se puede concluir que las nueces de los T₁ y T₂ mantuvieron la textura durante el período de almacenamiento, mientras que las nueces del T₃ fueron perdiendo la calificación de crujientes a partir de los 180 d, tiempo en el que los frutos fueron pelados, envasados en AM y almacenados a 20 ± 1 °C por un período de 3 meses.

II.4.2.4.7. Aceptación Global

En la Figura II. 17 se puede ver que los jueces calificaron la AG con la puntuación $8,0 \pm 0,6$ a las nueces al inicio del almacenamiento, correspondiéndose con el nivel de aceptación “Me gusta mucho”. Sin embargo, esta calificación fue disminuyendo a medida que fue transcurriendo el período del almacenamiento, hasta alcanzar al final del mismo las calificaciones de $3,9 \pm 0,3$ (“Me disgusta un poco”) en las nueces del T₁; $5,1 \pm 0,4$ (“Ni me gusta ni me disgusta”) en las del T₂ y la puntuación de $2,8 \pm 0,2$ en las del T₃ (“Me disgusta moderadamente”).

Si se tiene en cuenta como límite de aceptabilidad el nivel de aceptación “Ni me gusta ni me disgusta” (AG = 5), se puede ver en la figura que las nueces del T₃ a los 225 d de almacenamiento dejaron de ser aceptables; mientras que las del T₁ alcanzaron esa condición a los 270 d de almacenamiento. Por su parte, las nueces del T₂ fueron calificadas como aceptables durante todo el período de ensayo.

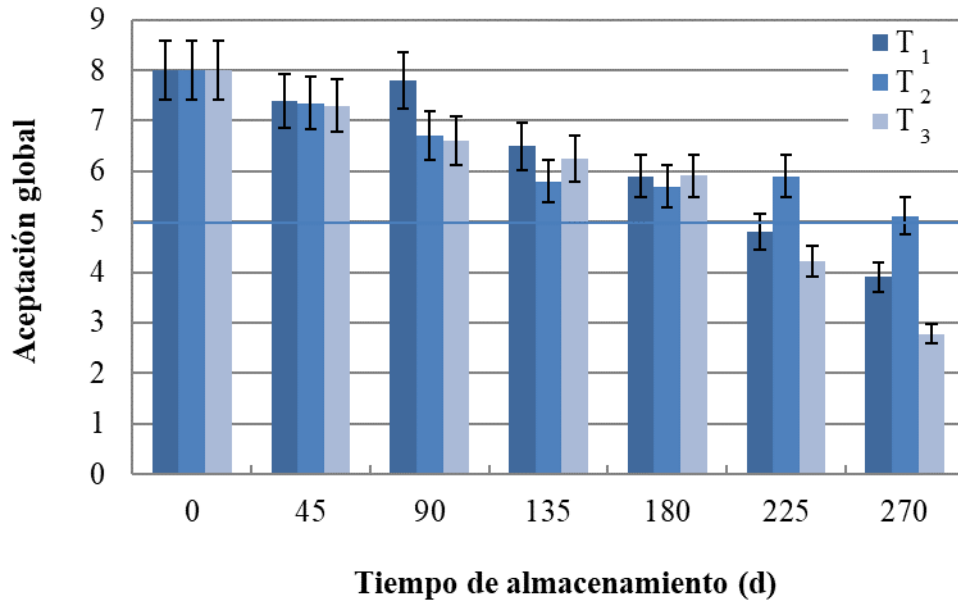


Figura II. 17 Evolución de la aceptación global de nuez pecán almacenadas con diferentes tratamientos. La línea azul corresponde al valor definido como límite de calidad o aceptabilidad “Ni me gusta, ni me disgusta” (*cut-off*).

De lo expuesto se puede señalar que los jueces comenzaron a percibir diferencias entre las nueces de los diferentes tratamientos a partir del tiempo de almacenamiento de 225 d. Hacia el final del ensayo las nueces del T₂ fueron catalogadas como “Ni me gusta ni me disgusta”, mientras que los frutos de los T₁ y T₃ fueron desestimados por los jueces, especialmente las nueces del T₃.

II.4.2.4.8. Correlación entre atributos de calidad

Se identificó una alta correlación entre atributos de calidad cuantificados de forma instrumental y los evaluados sensorialmente. En las Tabla II.5, II.6 y II.7 se pueden ver los coeficientes de correlación entre atributos de calidad de los T₁, T₂ y T₃.

Para la evaluación sensorial de color, se destacan los altos coeficientes de correlación negativos con la luminosidad y positivos con el parámetro a*, señalando que a medida que disminuyeron los valores de L* y aumentaron los de a* los jueces puntuaron a las nueces con un marrón más oscuro. También se encontró una alta correlación entre los parámetros instrumentales de color –especialmente L* y a*– y los atributos sensoriales de sabor y la textura, observándose que cuanto más bajo fue L* y más alto a* mayores fueron los sabores rancio y amargo, menores fueron el dulzor y sabor típico y, la textura de las nueces fue menos crujiente.

La correlación entre la AG y los valores L^* fue positiva, indicando que cuanto más baja fue la componente gris (L^* más alta) las nueces fueron más aceptables; mientras que la alta correlación negativa entre la AG y el parámetro a^* señaló que cuanto más oscuras fueron las nueces, estas tuvieron menor aceptabilidad.

Adicionalmente, los coeficientes de correlación señalaron que nueces con mayor intensidad en el dulzor y en el sabor típico tuvieron texturas más crujientes, mientras que nueces con mayor intensidad de los sabores rancio y amargo tuvieron texturas más blandas.

Tabla II. 5 Coeficientes de correlación de los atributos de calidad de nuez pecán del T₁.

	a*	b*	IO	IP	Humedad	AG	Color	Dulzor	Sabor Típico	Sabor Rancio	Sabor Amargo	Textura
L*	-0,1582	-0,379	-0,8036	-0,8558	-0,3345	0,872	-0,842	0,5278	0,7732	-0,8746	-0,7698	0,7064
a*		0,7698	0,5433	0,5027	-0,0814	0,3142	-0,3229	0,7375	0,448	-0,221	-0,424	0,5476
b*			0,8525	0,7861	0,5709	0,0886	-0,1629	0,4613	0,1855	-0,0861	-0,2913	0,0787
IO				0,985	0,6025	-0,4427	0,3734	-0,0282	-0,3315	0,4364	0,2516	-0,3825
IP					0,5549	-0,5141	0,4487	-0,124	-0,3786	0,5001	0,3444	-0,4258
Humedad						-0,2052	0,0978	-0,1974	-0,2197	0,081	0,0349	-0,5371
AG							-0,9938	0,8474	0,974	-0,9843	-0,975	0,8903
Color								-0,8423	-0,9712	0,9922	0,9876	-0,8495
Dulzor									0,8681	-0,7696	-0,8981	0,8962
Sabor Típico										-0,9575	-0,9536	0,9188
Sabor Rancio											0,963	-0,8082
Sabor Amargo												-0,8406

Tabla II. 6 Coeficientes de correlación de los atributos de calidad de nuez pecán del T₂.

	a*	b*	IO	IP	Humedad	AG	Color	Dulzor	Sabor Típico	Sabor Rancio	Sabor Amargo	Textura
L*	-0,8313	0,7226	-0,8504	-0,54	0,2659	0,8414	-0,908	0,1133	0,9000	-0,8874	-0,9874	0,3219
a*		-0,385	0,9237	0,6356	-0,0491	-0,9683	0,9788	-0,1779	-0,9730	0,9662	0,7503	-0,6818
b*			-0,274	0,1785	0,7947	0,324	-0,5375	0,2033	0,5184	-0,3913	-0,7431	-0,0157
IO				0,8330	0,1484	-0,9433	0,9071	0,0312	-0,8897	0,9517	0,8118	-0,4748
IP					0,6339	-0,7609	0,5719	0,0496	-0,6024	0,7509	0,5087	-0,4227
Humedad						-0,126	-0,1987	-0,0712	0,1105	0,0648	-0,2984	-0,2581
AG							-0,9379	0,2752	0,9697	-0,9946	-0,7607	0,7155
Color								-0,1252	-0,9803	0,9564	0,8458	-0,577
Dulzor									0,3005	-0,2303	-0,0069	0,6752
Sabor Típico										-0,9790	-0,8221	0,6833
Sabor Rancio											0,8175	-0,6595
Sabor Amargo												-0,1697

Tabla II. 7 Coeficientes de correlación de los atributos de calidad de nuez pecán del T₃.

	a*	b*	IO	IP	Humedad	AG	Color	Dulzor	Sabor Típico	Sabor Rancio	Sabor Amargo	Textura
L*	-0,8643	0,6723	-0,5689	-0,3764	-0,3829	0,8294	-0,7374	0,6763	0,726	-0,7603	-0,5727	0,6334
a*		-0,6509	0,5192	0,4526	0,1625	-0,9673	0,9520	-0,7766	-0,8694	0,9629	0,8465	-0,7433
b*			0,1799	-0,5059	-0,5612	0,7609	-0,7200	0,7423	0,9024	-0,4951	-0,6708	0,8891
IO				-0,0751	-0,2614	-0,3831	0,3011	-0,2130	-0,0703	0,5788	0,1638	0,1116
IP					0,4181	-0,4749	0,6120	-0,1943	-0,5782	0,5018	0,5565	-0,5740
Humedad						-0,2632	0,2353	-0,396	-0,3923	0,0936	0,2625	-0,6303
AG							-0,9620	0,8877	0,9367	-0,9276	-0,8811	0,8313
Color								-0,7782	-0,9432	0,9379	0,9530	-0,8394
Dulzor									0,8377	-0,7241	-0,7605	0,8218
Sabor Típico										-0,7900	-0,9134	0,9285
Sabor Rancio											0,8475	-0,6696
Sabor Amargo												-0,8298

II.5. Discusión

El almacenamiento es un aspecto importante en la industria del pecán, ya que durante este período se observa pérdida de calidad de los frutos. Estos detrimentos pueden retrasarse si se emplean prácticas adecuadas una vez que las nueces son recolectadas.

En la primera parte del Capítulo II, “Efecto del pelado, envasado en atmósfera modificada y almacenamiento sobre la calidad de la nuez pecán”, se vio al término de 9 meses de almacenamiento, para las nueces de los 3 tratamientos, un deterioro en la calidad; la que se puso de manifiesto por un incremento en el IP y el oscurecimiento de los frutos al observarse un incremento en el parámetro a^* y disminución de L^* , sobre todo en las nueces que tuvieron una etapa de pelado (T_1 y T_2). Por su parte, las nueces que fueron envasadas en bolsas de red y conservadas en condiciones de refrigeración fueron las que mejor conservaron su calidad. El mayor IP se cuantificó en las nueces del T_2 , lo que fue atribuido a que a los 4,5 meses hubo un incremento en el contenido de humedad. Estudios publicados relacionan la mayor humedad de nueces con un incremento en la tasa de oxidación de los lípidos, mientras que pepitas secas, conservaron mejor ciertos parámetros de calidad como el contenido de γ -tocoferol, el cual es un antioxidante que protege contra el daño oxidativo (Rábago-Panduro *et al.*, 2020).

Ghirardello *et al.* (2013) estudiaron el efecto del ambiente sobre el contenido de humedad de avellanas peladas y con cáscara bajo diferentes condiciones de almacenamiento durante un año. Las condiciones de almacenamiento probadas fueron temperatura ambiente y refrigeración ($4\text{ }^\circ\text{C}$) y 55 % HR, con AM (1 % de oxígeno y 99 % de nitrógeno) y sin AM. Sus resultados mostraron que las avellanas con cáscara, almacenadas a temperatura ambiente, aumentaron el contenido de humedad en 26 %; mientras que las avellanas sin cáscara almacenadas en AM y refrigeradas prácticamente no alteraron su contenido de humedad (variaciones de $\pm 1\%$).

En cuanto a la evaluación sensorial, el nivel de aceptación pasó de “Me gusta mucho” al inicio de los ensayos a una calificación comprendida entre “Me disgusta un poco” y “Me disgusta moderadamente” al final de los ensayos de T_1 y T_2 ; mientras que para el caso de las nueces del T_3 los jueces ponderaron los frutos luego de 9 meses de almacenamiento como “Me gusta un poco” y “Ni me gusta ni me disgusta”. Por lo tanto, las nueces mejor conservadas, luego de 9 meses de almacenamiento, fueron las que se almacenaron con cáscara en bolsas de red a $5 \pm 1\text{ }^\circ\text{C}$. También los autores Christopoulos y Tsantili (2012) obtuvieron menor pardeamiento en nueces tipo mariposa con cáscara respecto de nueces descascaradas de la variedad Franquette, ambas almacenadas a $1\text{ }^\circ\text{C}$ y 90 % HR durante 20

y 40 d; señalando que la cáscara de la nuez tiene un efecto protector contra la disponibilidad de oxígeno.

En la segunda parte del capítulo, “Evolución, durante el almacenamiento, de la calidad de la nuez pecán pelada y envasada en atmósfera modificada”, para los 3 tratamientos estudiados el contenido de humedad de los frutos tuvo fluctuaciones durante los 9 meses de almacenamiento, observándose una humedad final superior al valor inicial. El tratamiento que mostró un mayor rango de variación fue T₃, en éste a los 180 d las nueces tuvieron un incremento del 91 % en este parámetro; alcanzando el valor de $6,51 \pm 0,08$ g/100g; lo que afectó negativamente a calidad de los frutos. Una humedad de 6,5 % en las pepitas de nuez pecán, según Kharel *et al.* (2019), se corresponde con una actividad acuosa de 0,82. Una actividad acuosa tan alta en los alimentos conduce a un aumento de la movilidad de los componentes y, como resultado, se incrementa la velocidad de las reacciones de deterioro (Hedegaard y Skibsted, 2013). Adicionalmente, un incremento en el contenido de humedad puede influir negativamente en propiedades sensoriales como la textura (Raei y Jafari, 2013).

En cuanto al IP, éste parámetro mostró un comportamiento fluctuante en los diferentes tratamientos a medida que fue transcurriendo el tiempo de almacenamiento. Este comportamiento fue atribuido a que la oxidación lipídica involucra la continua formación de hidroperóxidos como productos de oxidación primaria, que luego se descomponen en una variedad de productos secundarios volátiles, no volátiles y poliméricos como aldehídos, alcoholes, cetonas, ácidos orgánicos, hidrocarburos, entre otros (Shahidi y Zhong, 2005; Pannico *et al.*, 2015; Ribeiro *et al.*, 2022). La tasa de formación de peróxidos supera la tasa de degradación durante la etapa inicial de la oxidación, para luego ser revertida en las etapas posteriores (Shahidi y Zhong, 2005), lo que justifica el hecho de que el IP de las nueces disminuyó a partir del día 135 o 180 de almacenamiento, dependiendo del tratamiento. El IP es un indicador de las etapas iniciales del cambio oxidativo, no obstante, éste es uno de los indicadores de calidad más comunes de grasas y aceites durante la producción y el almacenamiento (Shahidi y Zhong, 2005). Debido a la variación fluctuante del IP se consideró que esta variable no es, por sí sola, un indicador de calidad de las nueces ya que podría ocurrir que el valor de IP no sea tan alto y, sin embargo, esto se deba a la descomposición de los mismos en compuestos carbonílicos y alcoholes.

Resultados similares al comportamiento observado en la presente investigación fueron publicados por autores como Oro *et al.* (2008), Koç Güler *et al.* (2017) y Ribeiro *et al.* (2020a). Oro *et al.* (2008) encontraron valores fluctuantes de IP en pepitas de pecán envasadas al vacío en envases plásticos de polipropileno y en películas plásticas de nylon-

polietileno almacenadas por 150 d a $23,1 \pm 2,1$ °C y $55,6 \pm 4,5$ % HR. En tanto que Ribeiro *et al.* (2020a) también encontraron resultados similares en nuez pecán de la variedad Barton almacenadas a 3 temperaturas diferentes (1,5; 10 y 20 °C) y 3 presiones parciales de oxígeno (20 kPa, 3 kPa y 1 kPa). En otros frutos secos como avellanas irradiadas y almacenadas durante 18 meses también se observó que el IP alcanzó un máximo y luego disminuyó hacia el final del almacenamiento (Koç Güler *et al.*, 2017).

Al igual que en los estudios realizados en la primera parte del presente capítulo, los parámetros instrumentales de color pusieron de manifiesto el oscurecimiento de los frutos de todos los tratamientos a medida que fue transcurriendo el tiempo de almacenamiento; lo que fue cuantificado por el incremento en el parámetro a^* y disminución de L^* . No obstante, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Por otra parte, se observó que la componente a^* fue el mejor indicador del oscurecimiento para nuez pecán.

Este cambio de color en las nueces también fue señalado por los jueces en las pruebas de evaluación sensorial. Sin embargo, los jueces si observaron diferencias de color entre las nueces de distintos tratamientos a los 270 d de almacenamiento; siendo las nueces del T₃ las calificadas como más oscuras.

Ribeiro *et al.* (2022) conservaron nuez pecán variedad Barton de Brasil peladas y almacenadas a 20 °C y a 10 °C durante 6 meses. Para cada temperatura ensayaron 3 tratamientos. Un tratamiento sin atmósfera controlada y otros 2 tratamientos en atmósfera controlada (2 kPa O₂ y 2 kPa O₂ + 15 kPa CO₂). Al igual que en la presente Tesis Doctoral, estos investigadores observaron que durante el almacenamiento hubo un oscurecimiento de las nueces; especialmente en los tratamientos sin atmósfera controlada. Los valores de L^* cuantificados (38,5 – 41,2) estuvieron en el orden de los de la presente Tesis Doctoral al día 180 de almacenamiento, los de a^* (7,2 – 8,4) fueron ligeramente inferiores y los de b^* claramente inferiores (21 – 25). Estos resultados indican que las nueces Barton fueron más oscuras al término de 180 d de almacenamiento. Por otra parte, Ribeiro *et al.* (2022) también concluyeron que temperaturas más bajas constituyen una mejor estrategia para mantener los atributos de calidad de la nuez pecán. Sin embargo, como ya se mencionó resulta costoso para pequeños productores mantener por extensos períodos de tiempo el almacenamiento de la nuez pecán a temperaturas de refrigeración. Por ello, una alternativa es el almacenamiento a bajas presiones parciales de oxígeno (2 kPa) y el mantenimiento de la humedad de las nueces en el orden del 4% (Thewes *et al.*, 2021b).

Acompañó a este cambio de color, una disminución en los sabores dulce y típico y un incremento en los sabores rancio y amargo. El sabor dulce en las nueces del T₁ disminuyó

en un 31 % hacia el final del almacenamiento respecto del inicio de los ensayos, en las nueces del T₂ se redujo 50 % y 80 % en las del T₃; mientras que el sabor típico se redujo en un 43 % en los frutos de los T₁ y T₂ y en un 87 % en los del T₃. Por su parte, el sabor amargo se incrementó en un 219 % en las nueces de los T₁ y T₂ y en un 496 % en las del T₃. Al iniciar los estudios los jueces no detectaron sabor rancio en las nueces, pero sí apareció este atributo a partir del día 45 de almacenamiento y se fue incrementando hasta finalizar los ensayos. El incremento del sabor rancio en el período de 45 d a 270 d fue 327 % para los frutos de los T₁ y T₂ y de 443 % para los de T₃.

Investigaciones publicadas por otros autores también señalan un deterioro en los atributos de color y sabor de nueces almacenadas. En la publicación de Grosso *et al.* (2017) al realizar un Análisis Descriptivo sensorial de nueces tipo mariposa de la variedad Chandler luego de 210 d de almacenamiento a temperatura ambiente indicaron que hacia el final del almacenamiento los frutos se fueron oscureciendo. Estos autores trabajaron con nueces recubiertas en carboximetilcelulosa, metilcelulosa, aislado proteico del suero de la leche y sin recubrimiento. Si bien todos los tratamientos que estudiaron fueron disminuyendo el sabor típico a nuez durante el almacenamiento, las nueces no recubiertas fueron las que obtuvieron las clasificaciones de intensidad más bajas de sabor típico.

En cuanto al sabor dulce, es sabido que está directamente relacionado con el contenido de azúcar en un producto alimenticio. Una de las reacciones químicas dominantes que ocurren durante el almacenamiento prolongado de alimentos es la reacción de Maillard, que involucra proteínas alimenticias y azúcares reductores. Downs *et al.* (2016) observaron una disminución de los niveles de azúcares reductores y no reductores durante el almacenamiento de pepitas de nuez tipo mariposa de la variedad Chandler; mientras que Magnuson *et al.* (2015) publicaron sobre la reducción del sabor dulce de nuez pecán conservada al vacío durante 12 meses a temperatura ambiente.

Se señaló anteriormente que el incremento de los sabores rancio y amargo señalado por los jueces fue significativo. En este mismo sentido, Magnuson *et al.* (2015) encontraron elevadas intensidades de sabor amargo al iniciar la conservación en 16 variedades de nuez pecán; sin embargo, solo tuvo ligeros aumentos en la intensidad a lo largo del tiempo. Estos autores publicaron, además, que 10 de los 16 cultivares que evaluaron no tuvieron un aumento significativo ($p > 0,05$) en la intensidad del sabor amargo durante 12 meses. En otros frutos secos como el maní, Martín *et al.* (2016) reportaron la ausencia de cambios en el sabor amargo en maní tostado conservado en distintos envases durante 60 días. No

obstante, en este último estudio, es más esperable no percibir cambios, debido al corto tiempo de conservación que observaron.

Magnuson *et al.* (2015), como en la presente investigación, hace referencia a que el atributo rancio no estuvo presente en muestras frescas de nuez pecán de 16 cultivares estudiados. Sin embargo, este atributo aumentó en intensidad para todas las variedades con el transcurrir del tiempo de almacenamiento. También Grosso *et al.* (2020) observó un aumento en las calificaciones del atributo sabor oxidado durante un período de almacenamiento de 161 d en nueces tipo mariposa variedad Chandler, para todos los tratamientos estudiados.

En este mismo sentido, Descalzo *et al.* (2021) indicaron que los perfiles sensoriales de nuez pecán de la variedad Stuart cambiaron de sabor dulce y sabor típico a un alto sabor amargo y rancio con el almacenamiento. Las puntuaciones sensoriales que obtuvieron para el sabor dulce y el sabor típico disminuyeron, mientras que los sabores amargo y rancio aumentaron durante el almacenamiento a 2 °C y 20 °C.

La textura es el parámetro de calidad donde los jueces valoran las nueces como firmes y crujientes o bien blandas. En los frutos de los T₁ y T₂ este atributo no mostró diferencias significativas para los distintos tiempos de almacenamiento. Sin embargo, para las nueces del T₃ los jueces claramente señalaron las nueces como mucho más blandas, ablandamiento que se puso de manifiesto a partir de que estas fueron peladas, envasadas en AM y almacenadas a 20 ± 1 °C. Tal como se señaló en el apartado correspondiente, esta pérdida de calidad fue atribuida al notable incremento en el contenido de humedad.

Este comportamiento en la textura de las nueces del T₃ también fue observado por Oro *et al.* (2008) durante su ensayo de conservación de nuez pecán, donde la textura pasó de valores de 7,83 y 7,97 para nuez pecán envasada en recipientes plásticos y envasada al vacío, respectivamente; a valores de 4,31 y 5,13 al término de 150 d de almacenamiento a 23 °C. Pleasence *et al.* (2018) también reportaron disminución significativa de este atributo a lo largo de 24 meses de almacenamiento de almendras crudas envasadas en bolsas de polipropileno o cartón, en distintas condiciones de temperatura y humedad. La textura varió desde el valor inicial 7,2 hasta valores comprendidos entre 6,6 y 4,3 dependiendo del tratamiento.

Los atributos sensoriales discutidos anteriormente influyen en la percepción global de los evaluadores, lo que fue mensurado en la presente investigación como aceptación global. Es así que las reacciones de oxidación que se producen en la nuez pecán provocan el desarrollo de varios sabores y olores (Lawless y Heymann, 2010) que hacen que los alimentos sean

inaceptables para los consumidores, reduciendo además su vida útil (O'Brien, 2004). Estas reacciones están relacionadas con los sabores rancios y amargos y con los cambios en el color; lo que puede afectar la opinión del consumidor y disminuir el puntaje de aceptabilidad global de un producto (Grosso *et al.*, 2017).

Teniendo en cuenta el límite de aceptabilidad pre-establecido en la Tesis Doctoral las nueces del T₂ tuvieron una calidad aceptable a lo largo de todo el período de estudio, alcanzando el nivel de aceptación “Ni me gusta ni me disgusta” a los 270 d de almacenamiento. Por su parte, los frutos del T₁ fueron aceptables hasta los 225 d y las nueces del T₃ hasta los 180 d de almacenamiento.

De lo expuesto se puede inferir que los T₁ y T₂ fueron los que mantuvieron por un mayor período de tiempo la calidad de nuez pecán durante el almacenamiento, siendo las nueces del T₂ las que recibieron mejor calificación por parte de los jueces del panel de evaluación sensorial y las que tuvieron una vida útil más prolongada, alcanzando los 270 d. El T₃ debe desestimarse, ya que en estas condiciones las nueces tuvieron una alta humedad hacia el final del almacenamiento, lo que impactó negativamente en atributos como la textura, sabores rancio y amargo. Esto se tradujo en una menor aceptabilidad global.

Si se comparan los parámetros físicos, químicos y sensoriales de las nueces del T₃ de la primera parte del capítulo con los frutos del T₂ de la segunda parte se puede señalar que no hubo marcadas diferencias en la calidad de las nueces de ambos tratamientos. Es importante señalar que los costos del primer tratamiento de conservación mencionado, resultarán más elevados, atendiendo a los costos elevados de la etapa de refrigeración.

II.6. Conclusiones

Por lo tanto, de los estudios de este capítulo y atendiendo la necesidad de contar con nuez pecán de buena calidad a lo largo del año, se realizan las siguientes recomendaciones:

1) Si los productores de Argentina y Uruguay comercializan nuez pecán, ya sea en mercado interno o de exportación, en las épocas de mayor demanda como son las fechas de las fiestas de Navidad y Año Nuevo, el período de tiempo transcurrido desde la recolección es de aproximadamente 180 d. Los tres tratamientos del ensayo de la segunda parte, constan de nueces de buena calidad dentro de ese período de tiempo, por lo que se recomienda que las nueces, a medida que van siendo recolectadas por los productores, se sequen hasta una humedad de 4 % y luego que sean peladas, envasadas bajo AM (70 % de nitrógeno y 30 % de dióxido de carbono) en bolsas tricapa de 90 μ de espesor y almacenadas en oscuridad a una temperatura de 20 ± 1 °C por un período de tiempo que no supere los 225 d.

2) En cambio, si el propósito del productor es la exportación a China, país que desde el año 2020 se posicionó como el principal importador de nuez pecán, desde la recolección de los frutos a la fecha correspondiente al nuevo año chino (del 21 de enero al 18 de febrero), transcurre un tiempo de 200 a 220 d aproximadamente. En ese caso se recomienda que las nueces, a medida que van siendo recolectadas por los productores, se sequen y almacenen con cáscara a una temperatura de 5 ± 1 °C por un período que no supere los 90 d y luego que sean peladas, envasadas bajo AM (70 % de nitrógeno y 30 % de dióxido de carbono) en bolsas tricapa de 90 μ de espesor y almacenadas a una temperatura de 20 ± 1 °C por un período de tiempo que no supere los 270 d totales de conservación.

Los estudios de este capítulo proporcionan a productores, exportadoras e industriales diferentes estrategias de conservación de nuez pecán, dependiendo del destino de las mismas; con el fin de minimizar los costos de almacenamiento y las pérdidas de calidad de los frutos durante dicho período.

Capítulo III.
Aceite de nuez pecán. Caracterización química y sensorial

III.1. Introducción

La nuez pecán es una fuente importante de lípidos (50 – 70 %) y está compuesta principalmente por ácidos grasos monoinsaturados (AGM) y poliinsaturados (AGPI) (Ribeiro *et al.*, 2020b; Thewes *et al.*, 2021a). Su contenido de lípidos depende de la variedad, del grado de madurez, de la localización del cultivo, del año de producción y de la composición del suelo (Grauke *et al.*, 2001; Ribeiro *et al.*, 2020b).

El aceite de nuez pecán es un aceite comestible obtenido por prensado, pudiendo emplearse prensas hidráulicas o de tornillo. Se considera un producto gourmet con sabor a nuez y propiedades funcionales, siendo fuente importante de fitoquímicos asociados con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y cardioprotectoras (Morales-de la Peña *et al.*, 2021).

En los últimos años se ha valorado el desarrollo de aceites comestibles ricos en compuestos bioactivos, entre los que se encuentran los aceites obtenidos a partir de nuez pecán (Rivera-Rangel *et al.*, 2018), que constituyen una fuente importante de ácidos grasos insaturados (AGI) beneficiosos para la salud, además de un bajo contenido en ácidos grasos saturados (AGS) (Ros *et al.*, 2015).

Actualmente en Argentina la producción de aceite de nuez pecán es de baja escala. Sin embargo, en los últimos años, el cultivo comercial del pecán ha crecido exponencialmente, lo que permitirá a mediano plazo ubicar a la Argentina como uno de los tres principales productores mundiales de este fruto seco y como el principal exportador mundial de productos en base a pecán con alto valor agregado (Frusso, 2014). Así como Australia, Sudáfrica y China, Argentina está expandiendo la industrialización de la nuez pecán (Gong *et al.*, 2020).

Por lo mencionado, el análisis de ácidos grasos es cada vez más importante, ya que más personas lo demandan por sus atributos nutricionales vinculados con la salud (O'Fallon *et al.*, 2007). Fernandes *et al.* (2017) cuantificaron el perfil de ácidos grasos de nuez pecán de Brasil, encontrando que el ácido graso predominante fue el ácido oleico (49,6 – 62,1 g/100 g aceite), seguido de ácido linoleico (27,2 – 37,71 g/100 g aceite), ácido palmítico (6,4 – 7,6 g/100 g aceite), ácido esteárico (2,2 – 2,81 g/100 g aceite), ácido linolénico (1,4 – 1,91 g/100 g aceite) y en menor proporción los ácidos mirístico y palmitoleico. Wakeling *et al.* (2001) determinaron la composición de ácidos grasos en variedades de pecán cultivadas en Australia, hallando también que el ácido graso predominante fue el ácido oleico (53,38 – 57,28 g/100 g aceite), seguido de ácido linoleico (31,50 – 34,24 g/100 g aceite), ácido palmítico, ácido esteárico y ácido

linolénico. Villarreal-Lozoya *et al.* (2007) obtuvieron igual ordenamiento en la composición de ácidos grasos de variedades cultivadas en Estados Unidos. Sin embargo, Rivera-Rangel *et al.* (2018) encontraron que el ácido predominante fue linolénico (60,36 – 66,81 %) para diferentes variedades de nuez pecán cultivadas en México, seguido de los ácidos oleico, palmítico, linolénico, mirístico y trazas de láurico, palmitoleico, esteárico y eicosanoico.

Se hallaron pocas publicaciones que hagan referencia al perfil de ácidos grasos de nuez pecán cultivada en Argentina (Marchetti *et al.*, 2017; Guidi *et al.*, 2019; Descalzo *et al.*, 2021), mientras que no se han encontrado trabajos que detallen el perfil de ácidos grasos de aceites obtenidos a partir de nuez pecán, por lo que resulta de interés su estudio con el fin de evaluar sus propiedades nutricionales, lo que proporcionaría nuevas oportunidades de comercialización para las industrias elaboradoras. En este mismo sentido, interesa el contenido graso de las nueces que serán materia prima en la elaboración de dichos aceites, así como también la factibilidad que posean los aceites para su comercialización, propiedad que será reflejada por la aceptabilidad por parte de los consumidores y el perfil sensorial del producto.

III.2. Objetivos

Los objetivos de los estudios presentados en este capítulo fueron:

- 1) Evaluar el contenido de aceite de diferentes variedades de nuez pecán y el perfil de ácidos grasos de aceites varietales obtenidos a partir de dichas materias primas
- 2) Evaluar la calidad sensorial de aceites varietales de nuez pecán.

III.3. Materiales y Métodos

III.3.1. Muestras

Se trabajó con 9 variedades de nuez pecán, según se indica en [Tabla III. 1](#). Las nueces provenientes de la localidad de San José (Entre Ríos) fueron adquiridas en un local comercial, mientras que las nueces provenientes de la ciudad de Concordia (Entre Ríos) se cosecharon en un campo de la Estación Experimental Agropecuaria de INTA.

Tabla III. 1 Variedades de nuez pecán, año de cosecha y localidad de procedencia.

Variedad	Años de cosecha	Localidad
Desirable	2016 y 2018	San José
Success	2017 y 2019	San José
Starking	2016 y 2017	San José
Cheyenne	2018 y 2019	San José
Stuart	2016 y 2017	San José
Mahan	2016 y 2017	San José
Kernodle	2016 y 2018	San José
INTA Delta 2	2016 y 2017	Concordia
Shoshoni	2015, 2017 y 2018	Concordia

III.3.2. Acondicionamiento de la nuez pecán

Las nueces provenientes de San José, se adquirieron limpias y acondicionadas a una humedad comercial (4,0 – 5,5 %) y se almacenaron a 5 ± 1 °C. Luego se llevó a cabo un craqueado mecánico con una cascadora de nueces (Lamaza) y posteriormente se pelaron manualmente. A continuación, se realizó una selección donde se descartaron los granos podridos y necróticos, mientras que las mitades sanas se almacenaron en freezer (Gafa) a -30 °C.

Las nueces de las variedades cosechadas en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Concordia, se limpiaron y secaron en estufa (Instrumentalia, DHG-9240) hasta un contenido de humedad aproximado de 4 % para luego proceder al craqueo, pelado, selección y almacenamiento; según se describió anteriormente.

III.3.3. Obtención de aceite de nuez pecán

Los estudios de obtención de aceites comenzaron en el año 2015 con la variedad de nuez pecán Shoshoni, donde se trabajó con una PyME de la ciudad de Concordia. Al aceite obtenido se denominó aceite de nuez pecán de variedad Shoshoni obtenido a escala industrial. Entre los años 2016 y 2019 se realizaron estudios a escala laboratorio, donde se obtuvieron aceites de nuez pecán de las variedades señaladas en el Apartado III.3.1. Adicionalmente, para cada variedad de nuez pecán se cuantificó su contenido de aceite según se describe más adelante en el Apartado III.3.4.1.

III.3.3.1. Obtención de aceite de nuez pecán a escala laboratorio

Las nueces congeladas se trituraron en trituradora (Freire, 32), luego se empaquetaron utilizando una tela en fracciones de 2 kg, posteriormente se calentaron a 40 ± 1 °C en estufa (Instrumentalia, DHG-9240) y finalmente se prensaron en prensa hidráulica abierta (Darío Delfabro Hidráulicos) a la que se le adaptó un sistema de platos en la Estación Experimental Agropecuaria del INTA Concordia (Figura III. 1). La presión de trabajo fue de 200 kgf/m².



Figura III. 1 Empaquetado, calentamiento y prensado de nuez pecán en laboratorio (de izquierda a derecha).

Los aceites obtenidos se dejaron decantar durante 20 d a 5 ± 1 °C en heladera (Gafa) para separar los barros. Transcurrido ese período los aceites se envasaron en frascos de vidrio color caramelo de 1000 mL y se almacenaron a -30 ± 1 °C en freezer (Gafa) hasta el momento de los análisis, los que consistieron en la cuantificación del perfil de ácidos grasos y en estudios de evaluación sensorial. En la Figura III. 2 se muestra el diagrama de flujo de obtención de aceite de nuez pecán a escala laboratorio.

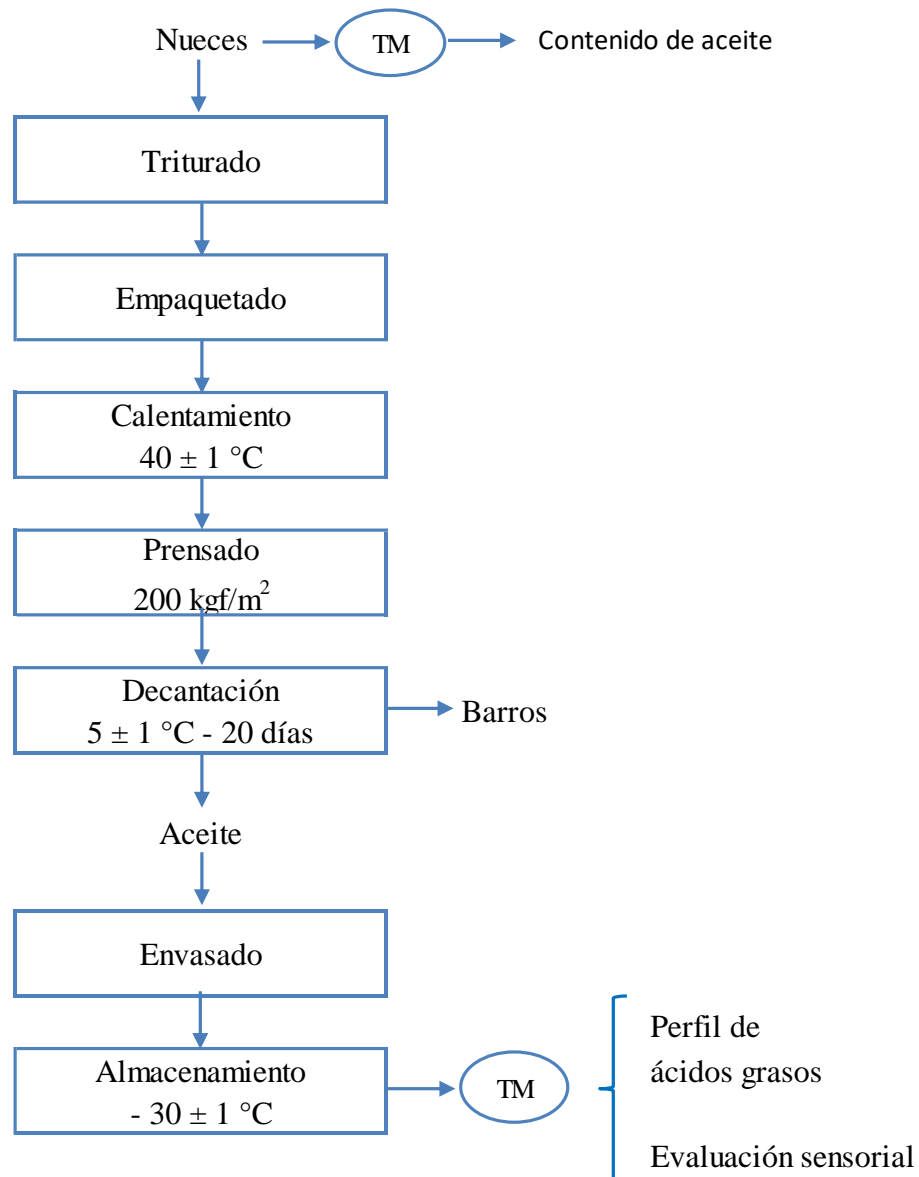


Figura III. 2 Obtención de aceite a escala laboratorio.

III.3.3.2. Obtención de aceite de nuez pecán a escala industrial

Las nueces congeladas se trituraron en trituradora (Freire, 32) y calentaron a 40 ± 1 °C en mezcladora industrial (Freire) a fuego directo con control de temperatura (termómetro Luft) (Figura III. 3).



Figura III. 3 Calentamiento, empaquetado y prensado de nuez pecán a escala industrial (de izquierda a derecha).

A continuación, las nueces trituradas se empaquetaron en tela en fracciones de 2 kg y el conjunto fue prensado en prensa hidráulica abierta (Morano) a la que se le adaptó el mismo sistema de platos que en el ensayo de laboratorio, a una presión de 200 kgf/m^2 . Luego se llevó a cabo la decantación para separar los barros, por lo que el aceite fue almacenado durante 20 d a $5 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ en heladera (Gafa). Posteriormente se realizó el envasado en frascos de 1000 mL color caramelo, los que se almacenaron a $-30 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ en freezer (Gafa) hasta el momento de efectuar los análisis, los que consistieron en la cuantificación del perfil de ácidos grasos y en estudios de evaluación sensorial. En la Figura III. 4 se muestra el diagrama de flujo de obtención de aceite de nuez pecán a escala industrial.

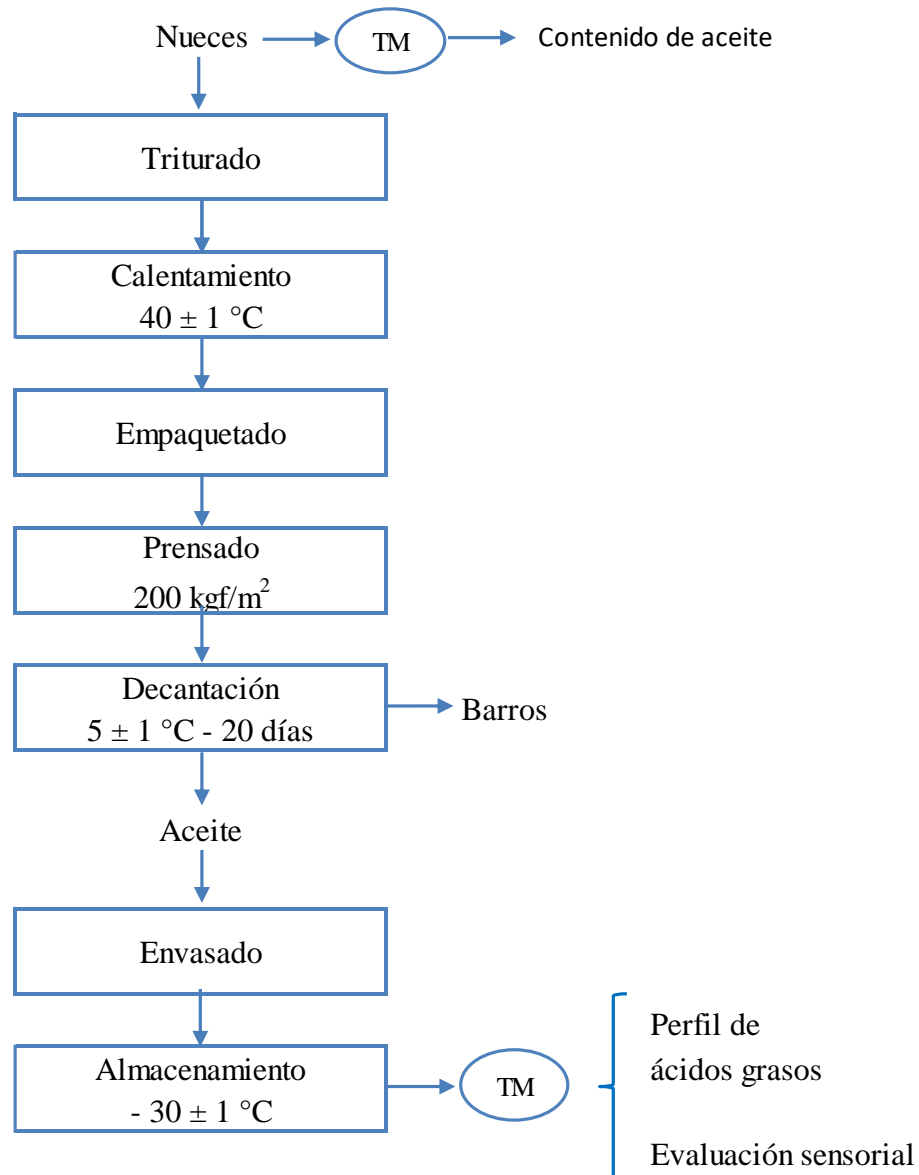


Figura III. 4 Obtención de aceite a escala industrial.

III.3.4. Técnicas analíticas

III.3.4.1. Contenido de aceite de nuez pecán

De cada variedad de nuez pecán se tomaron aproximadamente 10 g y se deshidrataron a 70 ± 2 °C en estufa (Faeta, RN Anmat 1825). Luego, las nueces se molieron en un mortero. Para cuantificar el contenido de aceite se pesaron 2 g de muestra en balanza analítica (Ohaus, precisión ± 1 mg) y se colocaron en un cartucho libre de grasa. A continuación, se llevó a cabo la etapa de extracción continua sólido – líquido en equipo Soxhlet (Torbell) durante 6 h, utilizando como disolvente n-hexano calidad analítica.

El contenido de aceite se cuantificó por diferencia de pesos previa y posterior a la extracción (AOCS, 1998). El contenido en aceite se expresó en porcentaje en base seca, según se muestra en la Ecuación III. 1.

$$\text{Contenido de aceite } \left(\frac{\text{g}}{100 \text{ g}} \right) = \frac{(M_1 - M_2) \times 100}{(M_1 - M_0)} \quad \text{Ecuación III. 1}$$

Dónde:

M_0 = Peso del cartucho (g).

M_1 = Peso del cartucho y la muestra antes de la extracción (g).

M_2 = Peso del cartucho y la muestra después de la extracción (g).

Esta variable se cuantificó para cada variedad de nuez pecán en 2 campañas y cada ensayo se realizó por triplicado.

III.3.4.2. Perfil de ácidos grasos

El análisis de perfil de ácidos grasos se realizó mediante la síntesis directa de ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) propuesta por O'Fallon *et al.*, (2007). Para ello, se colocaron 40 μL de aceite en un tubo de ensayo, al cual se adicionó 1 mL de estándar interno C11:0 (0,5 mg de ácido undecanoico/mL de CH_3OH); 0,7 mL de KOH 10 N y 5,3 mL de CH_3OH . Una vez mezclado, el tubo se incubó a $55 \pm 0,1$ °C en baño de agua (Dalvo, BMK/I/2) durante 90 min. Durante la incubación se realizó, cada 20 min, una vigorosa agitación durante 5 s con la ayuda de un agitador vortex (VELP Scientifica, ZX3) para permear, disolver e hidrolizar la muestra. A continuación se llevó a cabo un enfriamiento con agua corriente hasta 20 °C y se agregaron 0,6 mL de solución de H_2SO_4 24 N, formándose un precipitado de K_2SO_4 . Seguidamente el tubo se incubó y enfrió nuevamente en las condiciones antes señaladas. Posteriormente, se añadieron 3 mL de hexano de calidad cromatográfica y se mezcló en el vortex durante 5 min. Por último, se centrifugó en centrífuga (MRC, CENHBN-600ML-2) a 2000 rpm durante 5 min. La capa de hexano, conteniendo los FAME, se colocó en un vial de cromatografía gaseosa (CG) para su posterior inyección en cromatógrafo gaseoso. Se realizaron 3 repeticiones del proceso de obtención de FAME por cada variedad de aceite de nuez pecan.

El análisis de perfil de ácidos grasos se realizó con un cromatógrafo de gases Perkin Elmer, CLARUS 680 con automuestreador Combi PAL. Se utilizó columna capilar HP-

88 de 100 m de largo, 0,25 mm de diámetro interno y 0,25 µm de espesor de película, cuyas condiciones de operación fueron: 80 °C a 220 °C, a una velocidad de 4 °C / min y se mantuvo durante 5 min; posteriormente se incrementó a 240 °C a velocidad de 2 °C / min permaneciendo 10 min. Se utilizó nitrógeno como gas portador a una velocidad de 1,0 mL / min. El inyector y detector se mantuvieron a temperatura constante de 250 °C y 270 °C, respectivamente. La caracterización y cuantificación de los componentes se realizaron mediante el método de estándar interno. El análisis cuantitativo se realizó utilizando ácido undecanoico como estándar interno (C₁₁H₂₂O₂, 94090 Fluka). La identificación se realizó mediante la comparación del tiempo de retención de los FAME desconocidos con mezcla estándar de FAME (FAME Mix C4 - C24, Supelco Inc., Bellefonte, PA, Estados Unidos).

El contenido de los ácidos grasos identificados se expresó como valor porcentual en relación al contenido total de los mismos (Maestri *et al.*, 1998). El perfil de ácidos grasos se cuantificó en la primera campaña estudiada de cada variedad de nuez pecán.

III.3.4.3.1 Evaluación sensorial de los aceites: Aceptabilidad.

La evaluación se realizó durante una exposición rural realizada en la ciudad de Concordia. Participaron 120 consumidores, cuyo rango etario varió entre 9 y 67 años de edad.

Las muestras utilizadas fueron las mismas que se emplearon en la determinación del perfil de ácidos grasos.

Las muestras se presentaron en vasos de 55 mL codificados con números de 3 dígitos. Los vasos, conteniendo 15 mL de aceite, se presentaron simultáneamente cubiertos con papel aluminio para evitar la pérdida de aromas.

En la prueba de aceptabilidad se solicitó a los consumidores señalar en una escala hedónica de 9 puntos su apreciación entre los niveles de aceptación “Me gusta muchísimo” y “Me disgusta muchísimo” y se consideró el nivel de aceptación correspondiente a la puntuación 5 como el límite de calidad o aceptabilidad (*cut-off*), tal como se describió en el Apartado I.3.1.3.4.

Con los resultados de aceptabilidad se realizó un histograma, con el fin de obtener una representación gráfica de la frecuencia relativa de las puntuaciones asignadas por parte de los consumidores a cada uno de los aceites obtenidos (Ecuación III. 2).

$$\text{Frecuencia (\%)} = \frac{N_i}{N_t} \times 100$$

Ecuación III. 2

Dónde:

N_i : Cantidad de veces que se repitió una determinada puntuación de aceptabilidad.

N_t : Cantidad total de valoraciones de los consumidores.

III.3.4.4. Evaluación sensorial de los aceites: Mapeo Proyectivo

Se utilizó la técnica de Mapeo Proyectivo según se explicó en el Apartado I.3.2.3.2. Se trabajó con jueces entrenados de la Estación Experimental Agropecuaria del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (EEA INTA, Concordia, Argentina); en sala acondicionada según lo establece la Norma IRAM 20003 (2012).

Las muestras se sirvieron en copas, conteniendo 15 mL de aceite, acondicionadas a 28 ± 1 °C, codificadas con números de tres dígitos aleatorios y cubiertas con papel aluminio para evitar la pérdida de aromas. Esta metodología se realizó según lo especificado por el Consejo Oleícola Internacional (COI) (2018) para la evaluación sensorial de aceites de oliva.

Los jueces disponían de agua y manzana para limpiar el paladar, entre las distintas muestras y un envase aromatizante con café para evitar la saturación de las papilas olfativas.

Se trabajó en 2 sesiones. En la primera sesión se evaluaron las variedades Desirable, Starking, Cheyenne, Success, Stuart y Shoshoni (elaborado a escala industrial). Participaron 14 jueces entrenados, de los cuales 11 fueron mujeres y 3 hombres. En la segunda sesión se evaluaron las variedades Mahan, Kernodle, INTA Delta 2, Desirable y dos muestras de aceite Shoshoni (correspondientes a diferentes elaboraciones a escala industrial). Participaron 12 jueces entrenados, de los cuales 10 fueron mujeres y 2 hombres.

III.3.5. Análisis estadístico

III.3.5.1. Comparación de medias de parámetros fisicoquímicos

La comparación de medias de los parámetros fisicoquímicos se realizó mediante Análisis de Varianza y Test de Rango Múltiple según Tukey ($p < 0,05$), utilizando el software STATGRAPHICS Centurión XV Versión 15.2.06.

III.3.5.2. Análisis de Componentes Principales (ACP)

Se utilizó la herramienta de Análisis de Componentes Principales para comparar similitudes y diferencias en los diferentes aceites en cuanto a su perfil de ácidos grasos. Para este análisis se trabajó con el software InfoStat versión Libre.

III.3.5.3. Análisis estadístico de atributos sensoriales

El análisis estadístico de comparación de medias de aceptabilidad se realizó con el Software R (R Development Core Team, 2007).

La caracterización sensorial se analizó mediante AMF, acorde a lo propuesto por Pagès (2005). Luego, con FactoMineR (Lê *et al.*, 2008) del programa estadístico R versión 3.4.3., se construyeron elipses de confianza para identificar qué muestras mostraban diferencias estadísticamente significativas (Cadoret y Husson, 2013).

III.4. Resultados

III.4.1. Contenido de aceite en nuez pecán

El contenido del aceite obtenido dependió de la variedad de nuez pecán. Los valores estuvieron comprendidos entre $69,4 \pm 0,9$ % y $76,7 \pm 3,2$ % (Tabla III. 2).

Tabla III. 2 Contenido de aceite de variedades de nuez pecán

Variedad	Año de cosecha	Contenido de aceite (%)
Desirable	2016	$77,6 \pm 3,9$ a
	2018	$70,5 \pm 2,4$ bc
Kernodle	2016	$73,7 \pm 3,3$ ab
	2018	$72,0 \pm 3,0$ abc
Success	2017	$76,7 \pm 3,2$ a
	2019	$77,1 \pm 0,1$ a
Mahan	2016	$71,2 \pm 3,0$ abc
	2017	$69,4 \pm 0,9$ c
Starking	2016	$72,1 \pm 1,7$ ab
	2017	$72,6 \pm 0,7$ b
Stuart	2016	$75,9 \pm 2,3$ a
	2017	$72,0 \pm 0,9$ b
Cheyenne	2018	$70,5 \pm 2,4$ bc
	2019	$71,3 \pm 1,8$ bc
INTA Delta 2	2016	$76,1 \pm 1,0$ a
	2017	$71,4 \pm 0,8$ b
Shoshoni	2015	$77,2 \pm 0,8$ a
	2017	$76,7 \pm 2,5$ a

Valores expresados como promedio de 3 determinaciones \pm desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias ($p < 0,05$).

Las variedades con menor contenido de aceite fueron: Kernodle, Mahan, Starking y Cheyenne; mientras que con las variedades Success y Shoshoni se obtuvieron los valores más altos. En las variedades antes mencionadas no se observaron diferencias significativas en este parámetro en los distintos años de cosecha. Sin embargo, las variedades de nuez pecán Desirable, Stuart e INTA Delta 2 mostraron diferencias

estadísticas significativas en el contenido de aceite para distintas campañas. Esta diferencia se atribuye a la alternancia propia de los árboles de pecán, ya que la producción de nuez de una variedad particular es mayor en determinados años y más bajas en otros; denominándose a esta alternancia “año productivo” o “año *on*” y “año *off*”, respectivamente. El contenido de lípidos, en un año productivo “*on*”, es mayor que en un año “*off*” (Flores-Córdova *et al.*, 2017).

III.4.2. Ácidos grasos en aceites de nuez pecán

En los aceites de las diferentes variedades de nuez pecán se encontraron ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados. Del total de ácidos grasos, los ácidos grasos saturados no superaron el 10 % en ninguno de los aceites (Figura III. 5). Se puede observar en la figura que los ácidos grasos monoinsaturados se encontraron en mayor proporción, siendo el rango de variación entre 49,76 % y 68,12 %; mientras que el rango de variación de los ácidos grasos poliinsaturados estuvo comprendido entre 23,55 % y 40,67 %. Las variedades con mayor proporción de AGM fueron Desirable, Kernodle, Success, Mahan, Stuart y Shoshoni; mientras que Starking, Cheyenne e INTA Delta 2 tuvieron menor contenido de AGM.

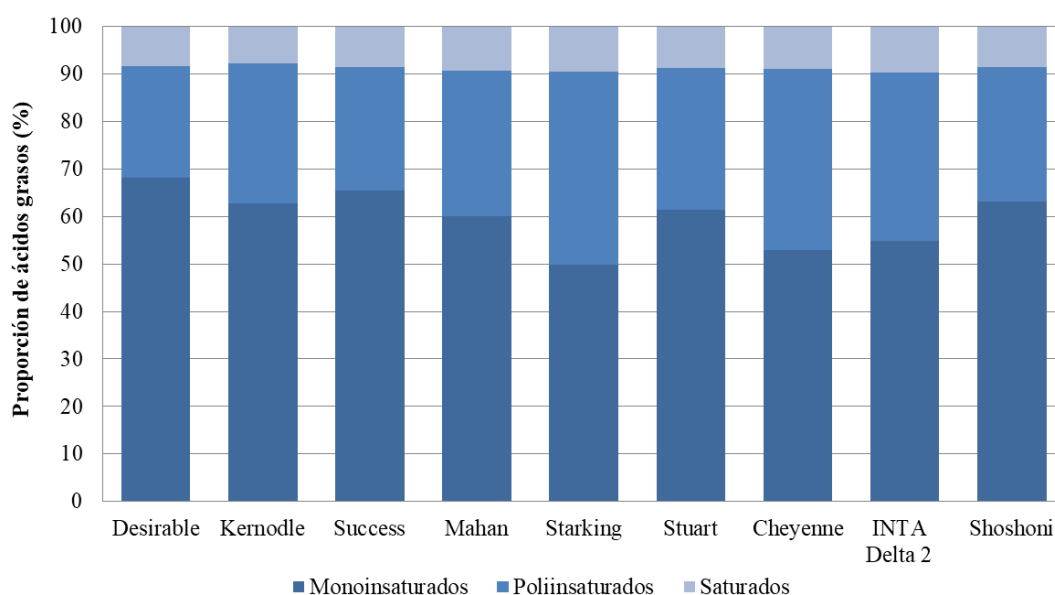


Figura III. 5 Proporción de ácidos grasos presentes en los aceites de diferentes variedades de nuez pecán.

Los porcentajes están referidos al total de ácidos grasos contenido en los aceites.

En la [Tabla III. 3](#) se detallan los AGM cuantificados en los aceites de nuez pecán. El ácido graso predominante fue el ácido oleico isómero cis, cuya proporción varió entre $49,44 \pm 0,01$ % (aceite de nuez de la variedad Starking) y $67,71 \pm 0,04$ % (aceite de nuez de la variedad Desirable). En menor proporción se registraron los ácidos eicosenoico, palmitoleico, heptadecanoico isómeros cis y oleico isómero trans.

Tabla III. 3 Composición de ácidos grasos monoinsaturados de aceites de distintas variedades de nuez pecán cultivadas en la provincia de Entre Ríos (Argentina).

Los resultados se encuentran expresados en porcentaje (%) referido al total de ácidos grasos presentes en los aceites.

Variedad	Contenido de ácidos grasos (%)				
	Ác. palmitoleico (C16:1 cis)	Ác. heptadecanoico (C17:1 cis)	Ác. oleico (C18:1 trans)	Ác. oleico (C18:1 cis)	Ác. eicosanoico (C20:1 cis)
Desirable	0,08±0,01 bc	0,06±0,00 ab	0,01±0,01 a	67,71±0,04 a	0,26±0,01 a
Kernodle	0,07±0,00 d	0,06±0,01 ab	0,02±0,01 a	62,26±0,41 c	0,27±0,01 a
Success	0,10±0,01 a	0,06±0,00 a	0,02±0,00 a	65,01±0,11 b	0,26±0,00 a
Mahan	0,07±0,00 cd	0,05±0,01 bc	0,03±0,01 a	59,63±0,02 e	0,20±0,00 bc
Starking	0,08±0,00 bc	0,04±0,00 c	0,02±0,01 a	49,44±0,01 h	0,18±0,01 c
Stuart	0,08±0,00 bcd	0,05±0,00 abc	0,02±0,01 a	60,99±0,06 d	0,27±0,01 a
Cheyenne	0,08±0,00 bc	0,05±0,00 bc	0,02±0,01 a	52,52±0,04 g	0,28±0,01 a
INTA Delta 2	0,09±0,00 b	0,06±0,01 abc	0,02±0,01 a	54,54±0,09 f	0,21±0,00 b
Shoshoni	0,07±0,01 cd	0,05±0,00 abc	0,03±0,00 a	62,64±0,10 c	0,27±0,01 a

Valores expresados como promedio de 3 determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias del contenido de ácidos grasos de diferentes variedades ($p < 0,05$).

El segundo ácido graso predominante en los aceites de nuez pecán fue el ácido poliinsaturado linoleico isómero cis, cuyo contenido estuvo comprendido entre $22,56 \pm 0,02$ % y $38,94 \pm 0,02$ %; seguido del ácido linolénico isómero cis presente en una proporción inferior al 2 % (Tabla III. 4).

Tabla III. 4 Composición de ácidos grasos poliinsaturados de aceites de distintas variedades de nuez pecán cultivadas en la provincia de Entre Ríos (Argentina).

Los resultados se encuentran expresados en porcentaje (%) referido al total de ácidos grasos presentes en los aceites.

Variedad	Contenido de ácidos grasos (%)	
	Ácido linoleico (C18:2 cis)	Ácido linolénico (C18:3 cis)
Desirable	22,56±0,02 h	0,99±0,01 g
Kernodle	28,40±0,32 e	1,12±0,01 f
Success	25,07±0,06 g	0,91±0,00 h
Mahan	29,37±0,05 d	1,29±0,02 d
Starking	38,94±0,02 a	1,73±0,01 a
Stuart	28,61±0,03 e	1,22±0,01 e
Cheyenne	36,77±0,01 b	1,33±0,00 c
INTA Delta 2	33,90±0,08 c	1,47±0,00 b
Shoshoni	27,27±0,07 f	1,20±0,00 e

Valores expresados como promedio de 3 determinaciones \pm desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias del contenido de ácidos grasos de diferentes variedades ($p < 0,05$).

El ácido oleico es un ácido ω -9, el cual es de interés desde el punto de vista de las industrias nutricionales y alimenticias, por sus propiedades beneficiosas en la reducción de la oxidación del colesterol LDL (Paucar-Menacho *et al.*, 2015). Los ácidos linoleico y linolénico son ácidos grasos ω -6 y ω -3, respectivamente. Estos ácidos grasos son catalogados como esenciales ya que no pueden ser sintetizados por el organismo, por lo que deben ser aportados por la dieta (Araya-Quintanilla *et al.*, 2020).

Los aceites con mayor proporción de ácido oleico isómero cis fueron los correspondientes a las variedades de nuez pecán Desirable, Success y Shoshoni, mientras que las variedades de nuez Starking, Cheyenne e INTA Delta 2 se

caracterizaron por la obtención de aceites con mayor proporción de los ácidos linoleico y linolénico isómeros cis.

Al agrupar los resultados de ácidos grasos de los aceites de nuez pecán se encontró una alta correlación inversa entre ácido oleico y el ácido linoleico presentes en los aceites ($R^2 = 0,956$). Este comportamiento, tal como señalan Ribeiro *et al.* (2020a) se debería a una posible interconversión entre los mencionados ácidos grasos.

Se mencionó anteriormente que la proporción de AGS en los diferentes aceites de nuez pecán fue baja, siendo el rango de variación de 8,34 y 9,71 % respecto del total de ácidos grasos (Tabla III. 5). El ácido graso saturado predominante en los aceites fue el palmítico isómero cis, seguido de los ácidos esteárico (cis), araquidónico (cis), margárico (cis) y behémico (cis).

Tabla III. 5 Composición de ácidos grasos saturados de aceites de distintas variedades de nuez pecán cultivadas en la provincia de Entre Ríos (Argentina).

Los resultados se encuentran expresados en porcentaje (%) referido al total de ácidos grasos presentes en los aceites.

Variedad	Contenido de ácidos grasos (%)				
	Ác. palmítico (C16:0 cis)	Ác. margárico (C17:0 cis)	Ác. esteárico (C18:0 cis)	Ác. araquidónico (C20:0 cis)	Ác. behénico (C22:0 cis)
Desirable	5,40±0,02 f	0,06±0,00 a	2,72±0,02 cd	0,14±0,01 abc	0,02±0,00 b
Kernodle	5,65±0,10 de	0,06±0,01 a	1,96±0,03 h	0,10±0,00 d	0,03±0,00 ab
Success	5,52±0,12 ef	0,06±0,00 a	2,82±0,04 b	0,15±0,00 a	0,02±0,00 b
Mahan	6,11±0,10 c	0,06±0,00 a	3,02±0,02 a	0,14±0,00 a	0,03±0,01 ab
Starking	6,68±0,01 a	0,06±0,01 a	2,65±0,01 d	0,14±0,00 abc	0,03±0,00 a
Stuart	6,33±0,04 bc	0,06±0,00 a	2,22±0,04 g	0,12±0,01 c	0,03±0,00 ab
Cheyenne	6,42±0,03 b	0,06±0,00 a	2,34±0,02 f	0,13±0,00 bc	0,03±0,00 ab
INTA Delta 2	6,69±0,13 a	0,07±0,01 a	2,78±0,01 bc	0,14±0,00 ab	0,03±0,00 ab
Shoshoni	5,79±0,07 d	0,05±0,00 a	2,47±0,02 e	0,13±0,01 c	0,03±0,00 ab

Valores expresados como promedio de 3 determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias del contenido de ácidos grasos de diferentes variedades ($p < 0,05$).

III.4.3. Comparación de aceites de nuez pecán: Análisis de Componentes Principales

Para comparar gráficamente los aceites de las diferentes variedades de nuez pecán y su perfil de ácidos grasos se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP). Con el ACP correspondiente al perfil de ácidos grasos se logró explicar con 2 dimensiones el 70,6 % de la varianza.

En la [Figura III. 6](#) se representan los aceites de las diferentes variedades de nuez pecán en el plano de los 2 primeros componentes principales. En la figura se observan claramente 3 agrupaciones de los aceites. Por un lado, los aceites de Desirable y Success destacadas por sus contenidos en los AGM oleico (cis) y heptadecanoico (cis); los aceites de Kernodle, Shoshoni y Stuart por ser los 3 aceites que tuvieron mayor proporción del ácido monoinsaturado eicosanoico (cis) y, por último, el tercer grupo de aceites representados por Mahan, Starking, Cheyenne e INTA Delta 2, agrupadas por ser las que tuvieron mayores proporciones de los ácidos grasos palmítico (cis), linoleico (cis) y linolénico (cis).

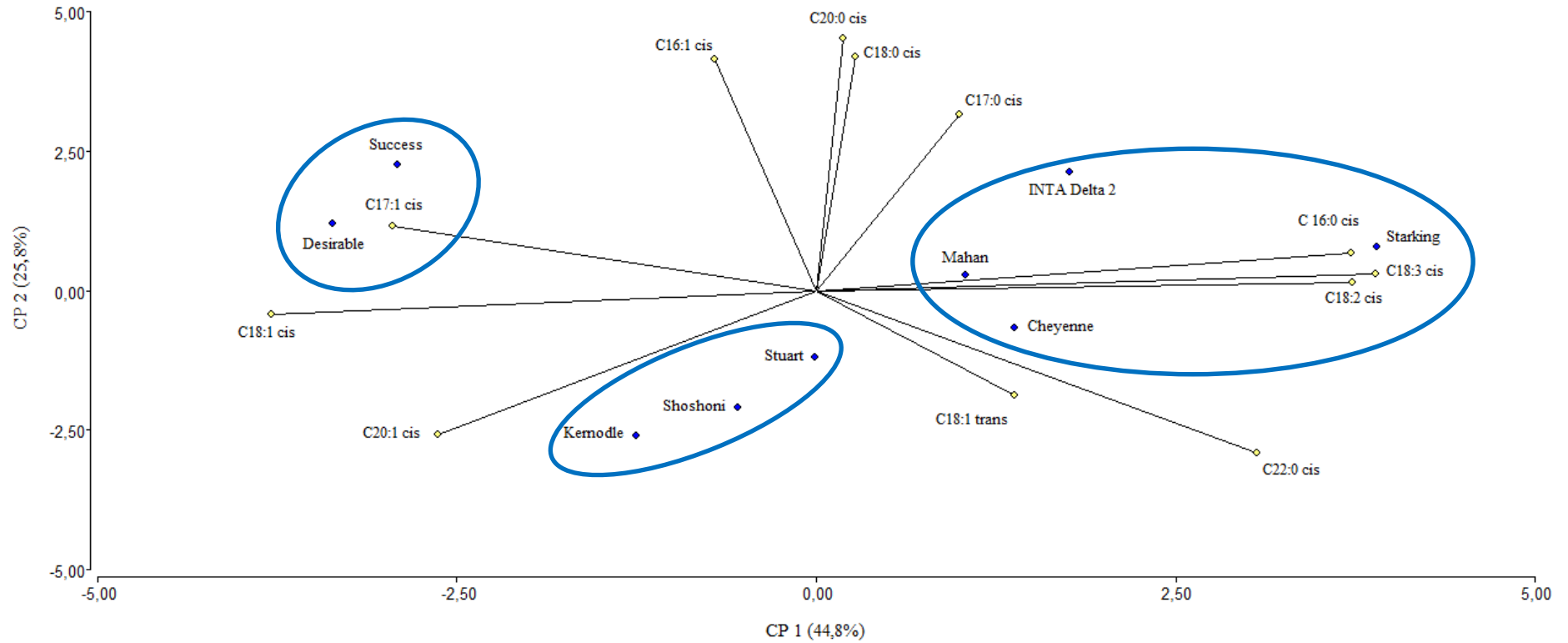


Figura III. 6 Representación de los aceites de nuez pecán y su composición en ácidos grasos en el plano de las 2 primeras componentes principales CP 1 y CP 2.

III.4.4.1. Caracterización sensorial de aceites de nuez pecán: Aceptabilidad

Con el propósito de conocer la opinión de consumidores se realizó la evaluación sensorial analizando la aceptabilidad de los diferentes aceites. Los resultados obtenidos, luego de la evaluación de 120 consumidores, se muestran en la [Tabla III. 6](#). Se puede observar que los consumidores no encontraron diferencias significativas entre los aceites provenientes de las variedades Desirable, Success, Starking, Cheyenne, Stuart, Mahan y Kernodle; calificándolas con la aceptabilidad comprendida entre “Me gusta un poco” y “Me gusta moderadamente”.

Tabla III. 6 Aceptabilidad de aceites de nuez pecán de diferentes variedades.

Variedad	Aceptabilidad
Desirable	6,42 ± 1,85 a
Success	6,29 ± 1,82 a
Starking	6,34 ± 1,87 a
Cheyenne	6,28 ± 1,61 a
Stuart	6,22 ± 1,76 ab
Mahan	6,22 ± 1,78 ab
Kernodle	6,01 ± 1,73 ab
INTA Delta 2	5,45 ± 1,80 bc
Shoshoni	5,00 ± 2,68 c

Valores expresados como promedio de 120 determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias de aceptabilidad de diferentes aceites de nuez pecán ($p < 0,05$).

El análisis estadístico evidenció diferencias significativas entre los aceites de Desirable, Success, Starking y Cheyenne y los aceites de las variedades de INTA Delta 2 y Shoshoni. Por su parte, no se observó diferencias significativas entre los aceites de estas últimas variedades de nuez pecán, las que fueron calificadas con la aceptabilidad entre “Ni me gusta ni me disgusta” y “Me gusta un poco”.

Atendiendo a que la puntuación 5 se considera como límite de calidad o aceptabilidad (*cut-off*) todos los aceites fueron aceptados por los consumidores. Aun cuando,

valoraciones entre 5 y 7 podrían parecer bajas, es importante recalcar que los consumidores probaron los aceites sin formar parte de una comida, por lo que se considera que los niveles de aceptación señalados fueron aceptables.

Con el propósito de obtener una representación gráfica de los niveles de aceptación de los consumidores, se construyeron histogramas que representan la frecuencia relativa de los niveles de aceptación para cada uno de los aceites.

Para el aceite elaborado con nuez pecán de la variedad Desirable (Figura III. 7) el 70,8 % de los consumidores manifestó un nivel de aceptación entre 6 y 9; el 12,5 % le otorgó la calificación de 5 y el 16,7 % le otorgó niveles de aceptación de entre 2 y 4.

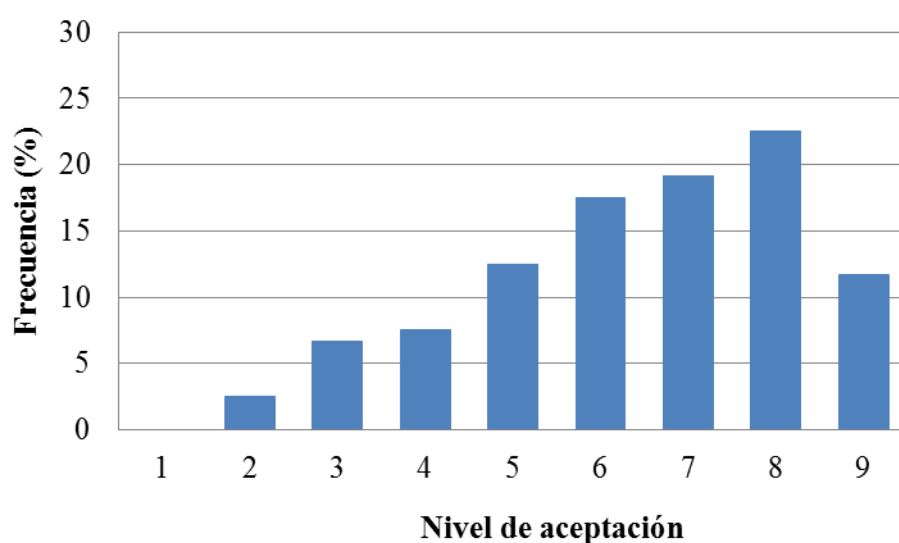


Figura III. 7 Frecuencia relativa de los niveles de aceptación asignado por los consumidores al aceite de nuez pecán variedad Desirable.

Los consumidores, para aceite de nuez Success (Figura III. 8), señalaron un 66,0 % de valoraciones positivas (nivel de aceptación entre 6 y 9), 18,9 % de valoración indiferente (5) y 15,1 % de valoraciones que expresaron cierto nivel de desagrado (entre 2 y 4).

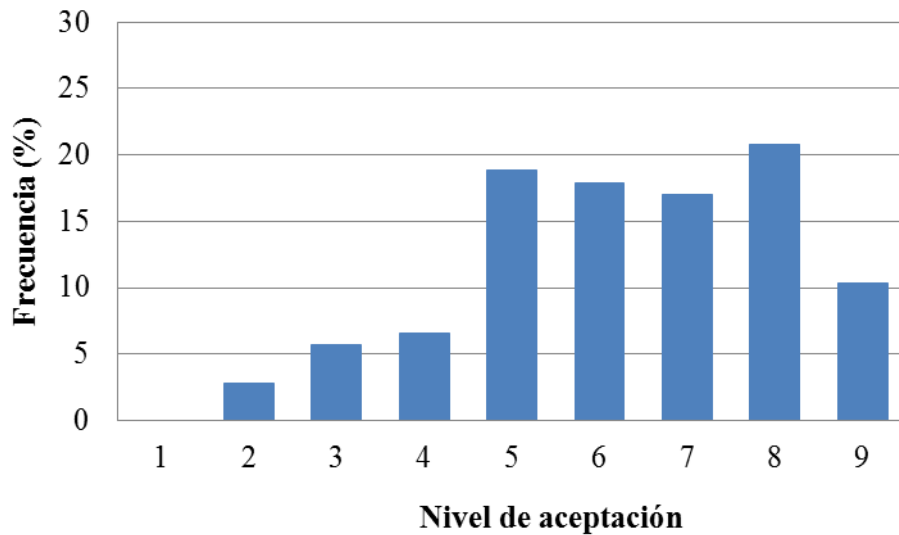


Figura III. 8 Frecuencia relativa de los niveles de aceptación asignado por los consumidores al aceite de nuez pecán variedad Success.

También el aceite de nuez variedad Starking (Figura III. 9) tuvo alta frecuencia (68,6 %) de valoraciones que señalaron niveles de aceptación iguales o mayores a 6, un 16,2 % atribuyeron la calificación 5 y un 15,2 %, calificaciones entre 2 y 4. Cabe resaltar que ninguna de las 3 variedades de aceite antes mencionadas, recibió el nivel de aceptación 1 por parte de los consumidores.

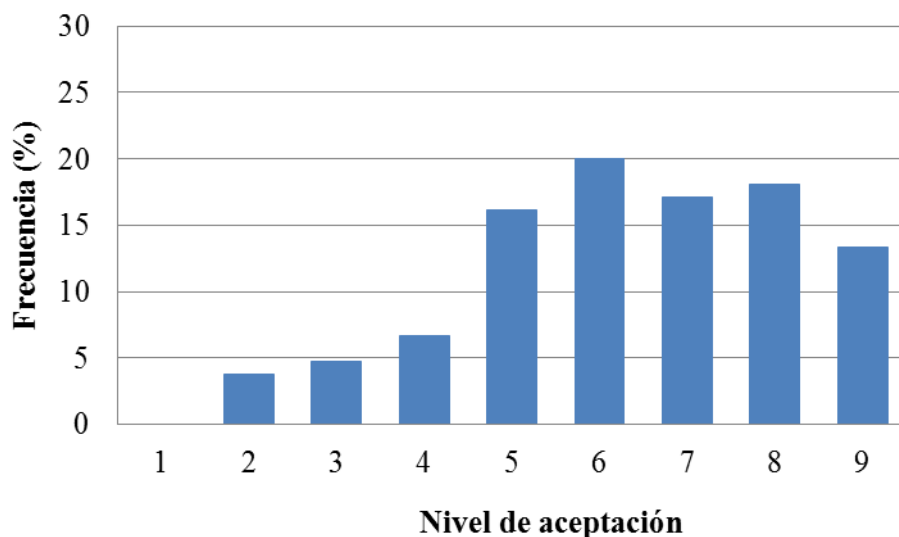


Figura III. 9 Frecuencia relativa de los niveles de aceptación asignado por los consumidores al aceite de nuez pecán variedad Starking.

La distribución de frecuencias del aceite de nuez pecán variedad Cheyenne (Figura III. 10) fue algo diferente a las de los aceites antes señalados. Si bien tuvieron frecuencias de los niveles de aceptación entre 6 y 9 parecidos a los anteriores aceites (65,8 %), los consumidores manifestaron un mayor grado de indiferencia (25,2 %) y una menor frecuencia de valoraciones negativas (9 %).

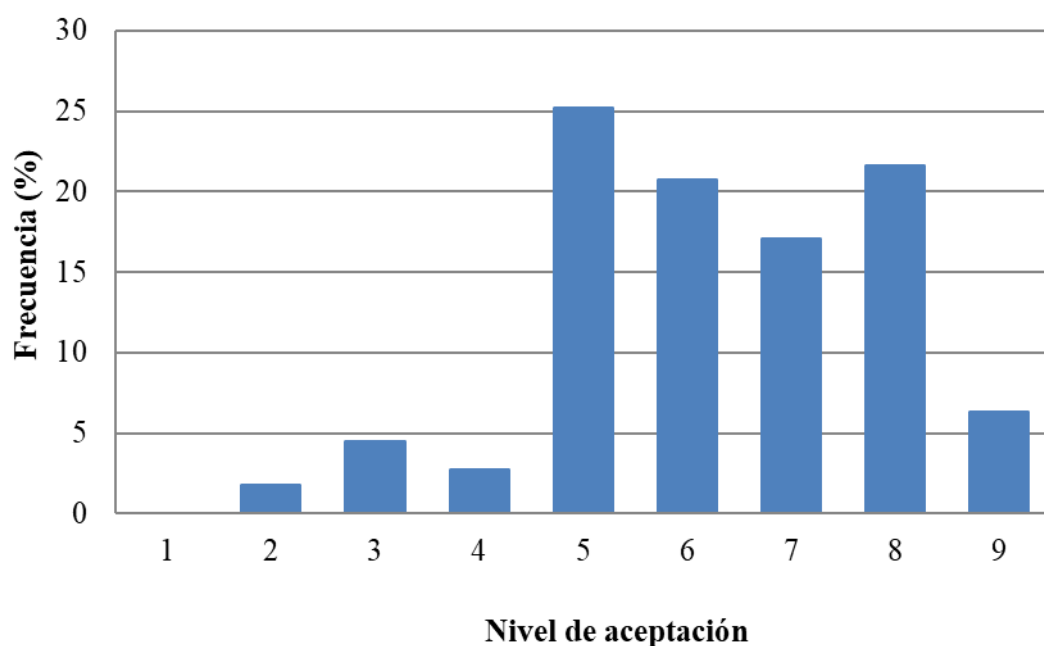


Figura III. 10 Frecuencia relativa de los niveles de aceptación asignado por los consumidores al aceite de nuez pecán variedad Cheyenne.

Para el aceite de nuez Stuart (Figura III. 11) el 69,2 % de los consumidores otorgó un nivel de aceptación entre 6 y 9; el 18,3 % asignó la calificación de 5 y el 12,5 %, puntuaciones entre 1 y 4.

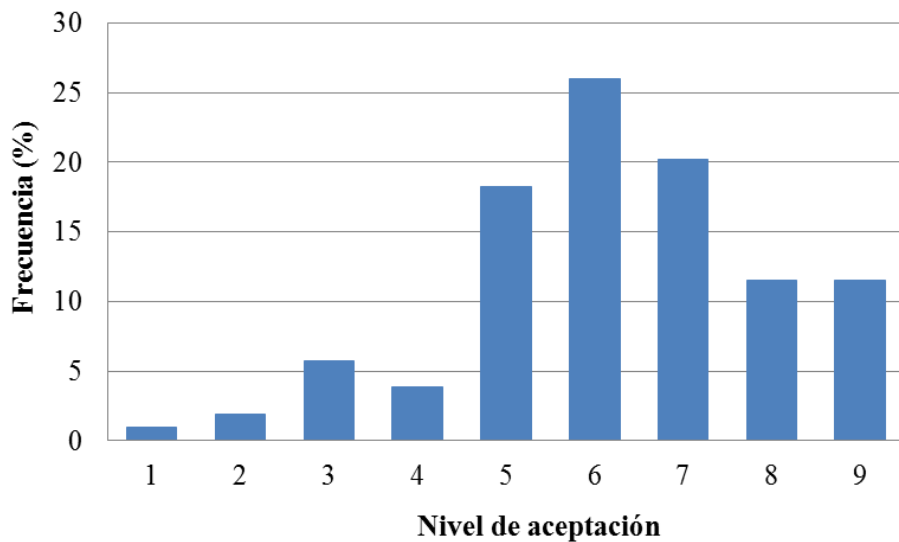


Figura III. 11 Frecuencia relativa de los niveles de aceptación asignado por los consumidores al aceite de nuez pecán variedad Stuart.

El histograma de frecuencias para el aceite de variedad Mahan (Figura III. 12) fue similar a los de los aceites de las variedades antes mencionadas. Hubo un 66,4 % de valoraciones positivas, 16,8 % de valoraciones que señalaron indiferencia y 16,8 % de valoraciones negativas.

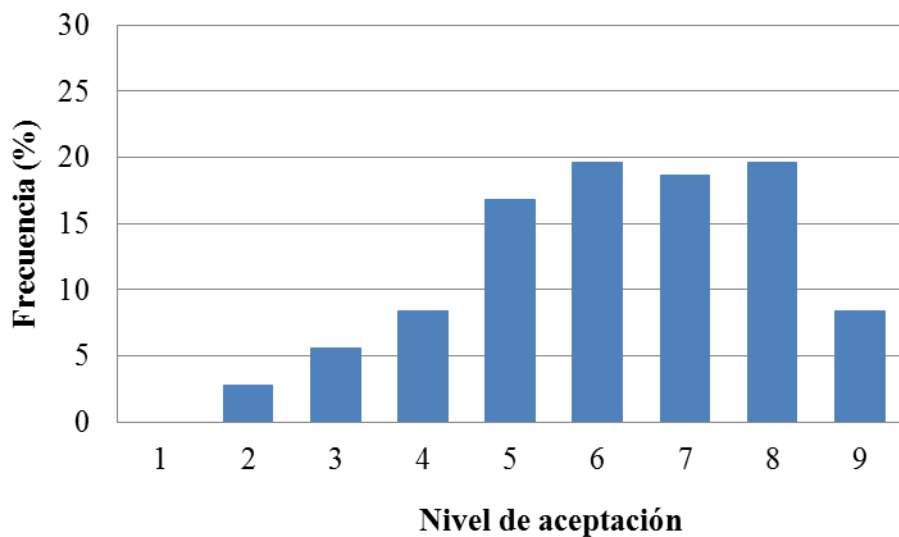


Figura III. 12 Frecuencia relativa de los niveles de aceptación asignado por los consumidores al aceite de nuez pecán variedad Mahan.

Para el aceite de Kernodle las frecuencias fueron: 63,5 %, 17,3 % y 19,2 % para los niveles de aceptación entre 6 y 9, 5 y entre 2 y 4; respectivamente (Figura III. 13).

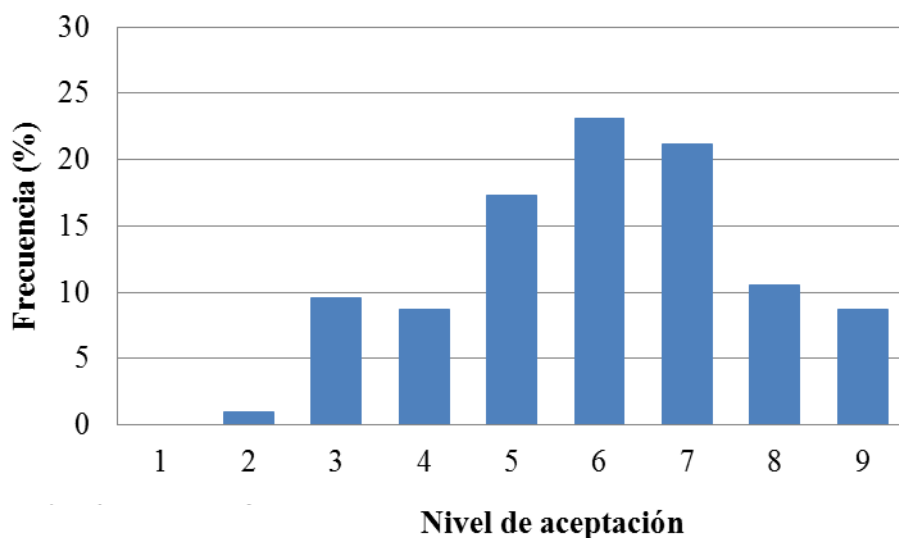


Figura III. 13 Frecuencia relativa de los niveles de aceptación asignado por los consumidores al aceite de nuez pecán variedad Kernodle.

El aceite de INTA Delta 2 fue de los peores calificados (Figura III. 14). El 49,1 % de los consumidores asignaron niveles de aceptación entre 6 y 9; el 26,4 % señalaron indiferencia y el 24,5 % puntuaron a este aceite con niveles de aceptación entre 1 y 4.

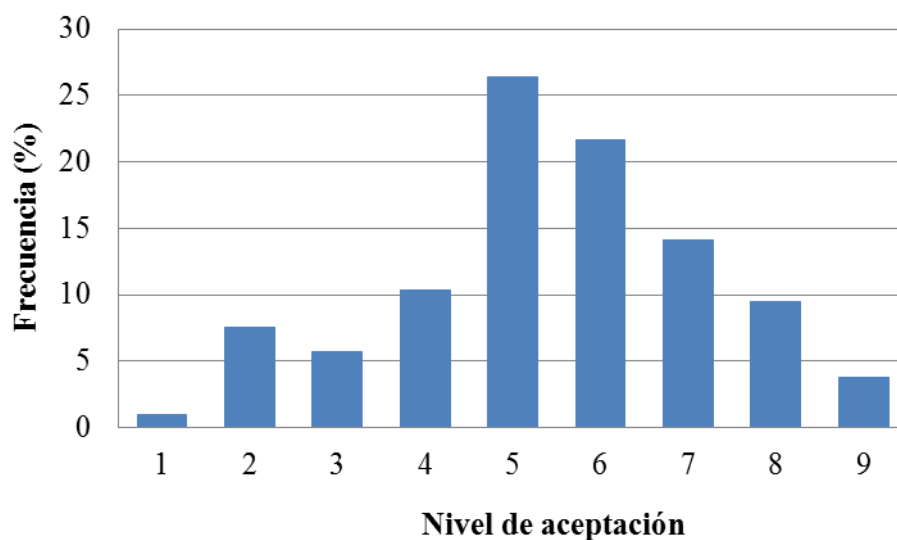


Figura III. 14 Frecuencia relativa de los niveles de aceptación asignado por los consumidores al aceite de nuez pecán variedad INTA Delta 2.

Por su parte, un comportamiento especial se observó en el aceite de nuez Shoshoni (Figura III. 15).

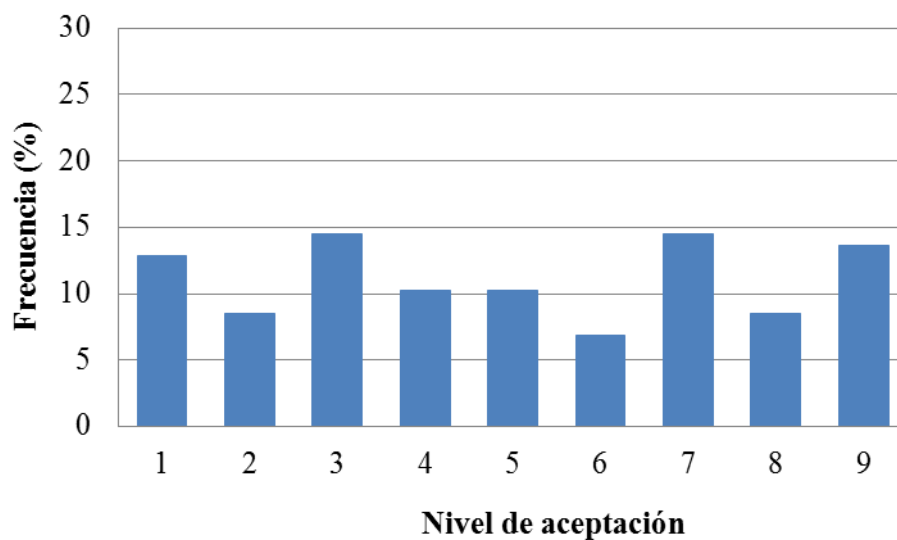


Figura III. 15 Frecuencia relativa de los niveles de aceptación asignado por los consumidores al aceite de nuez pecán variedad Shoshoni escala industrial.

El 43,6 % de los consumidores consideraron a este aceite como aceptable; el 10,3 % se manifestaron indiferentes y el 46,2 % otorgaron una calificación entre 1 y 4. Particular atención merece el hecho de que las valoraciones 7 y 8 (“Me gusta

moderadamente” y “Me gusta mucho”, respectivamente) obtuvieron el mismo porcentaje de mención que los valores 3 y 2 (“Me disgusta moderadamente” y “Me disgusta mucho”). Esto estaría indicando la presencia de “agrupamientos” de consumidores. Las preferencias de los consumidores son habitualmente heterogéneas, por lo que la consideración de datos promedios de una población puede llevar a conclusiones erróneas (Varela y Ares, 2014). No obstante, estas diferencias en la aceptabilidad del aceite elaborado con la variedad Shoshoni respecto a las demás, en principio, no podrían ser atribuidas a la diferenciación varietal, ya que como se puede observar en el ACP la composición de ácidos grasos de Shoshoni fue parecida a Stuart; siendo este último, un aceite bien catalogado. Más bien, este comportamiento se podría atribuir al proceso de elaboración empleado; debido a que este aceite se obtuvo a escala industrial. Vale recordar que a escala laboratorio la etapa de calentamiento se efectuó en estufa a 40 ± 1 °C, mientras que a escala industrial el calentamiento a 40 ± 1 °C se realizó en mezcladora industrial con fuego directo. Para corroborar esta aseveración, se elaboró aceite de nuez pecán de la variedad Shoshoni a escala laboratorio, cuyos resultados se muestran a continuación.

En condiciones de elaboración de aceite de variedad Shoshoni a escala laboratorio el valor promedio obtenido para aceptabilidad atribuida por 39 consumidores fue de $7,78 \pm 1,51$. La evaluación hedónica se realizó en el año 2020 con personal perteneciente a la EEA INTA Concordia. La cantidad de consumidores que participaron de la prueba hedónica no fueron suficientes para realizar un análisis de aceptabilidad; sin embargo, brindan información concreta respecto de la valoración del aceite elaborado en condiciones de temperatura más controladas.

En el histograma de la [Figura III. 16](#) se observa que, como en el caso de las variedades más aceptadas por los consumidores, las puntuaciones están mayoritariamente sobre el lado derecho de la gráfica. En este caso Shoshoni presentó 92,3 % de calificaciones positivas, 5,1 % de los consumidores lo calificó con un 5, mientras 2,6 % lo rechazó (solo 1 evaluador).

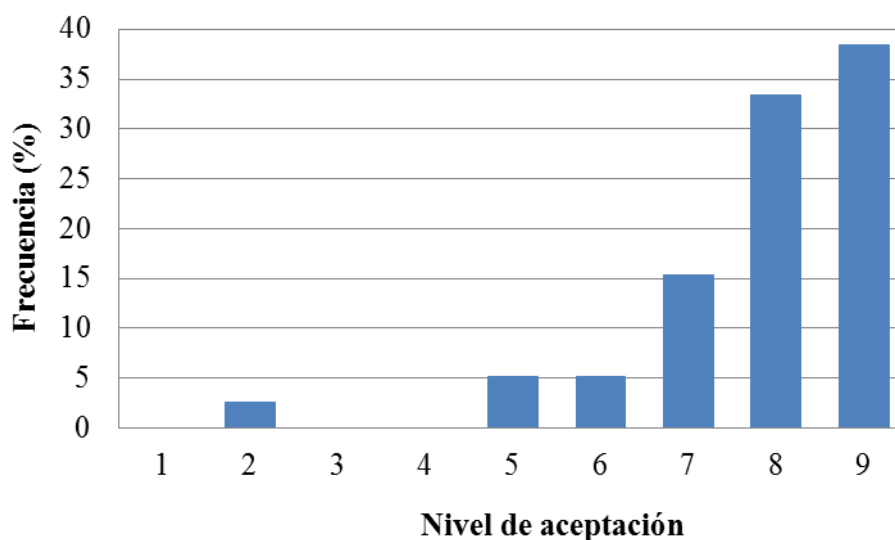


Figura III. 16 Frecuencia relativa de los niveles de aceptación asignado por los consumidores a los aceites de nuez pecán de la variedad Shoshoni, elaborado en laboratorio.

Estos resultados permitieron corroborar que la escala a la que se elaboraron los aceites de Shoshoni, industrial versus laboratorio influyeron en el grado de aceptabilidad por parte de los consumidores. Esta diferencia fue atribuida a que a escala laboratorio la temperatura de calentamiento estuvo mejor controlada, mientras que, en la industria el calentamiento se realizó en una mezcladora industrial con una hornalla inferior que pudo producir un calentamiento excesivo (tostado) en la pasta de nuez que tuvo contacto directo con la base del recipiente.

III.4.4.2. Mapeo Proyectivo

Para esta primera parte del estudio los jueces señalaron 31 descriptores, con cuya información se construyó la [Tabla III. 7](#).

El mapa consenso y el grafico de componentes principales obtenidos del análisis sensorial permitieron explicar el 60,19 % de la variabilidad de los datos ([Figura III. 17](#)). En la [Figura III. 17 \(a\)](#) se observa que el aceite de Shoshoni elaborado a escala industrial quedó representado a la izquierda del mapa consenso. Según se observa en la [Figura III. 17 \(b\)](#), este aceite se caracterizó por los atributos “sabor desagradable”, “rancio”, “fritura”, “sabor madera”, “sabor fuerte”, “olor extraño”, “sabor no típico”, “viejo”, “tostado” y “olor fuerte”.

Tabla III. 7 Tabla de frecuencias de descriptores de aceites de diferentes variedades de nuez pecán (primera parte).

Variedad	Fritura	Amargo	Sabor no típico	Delicado	Agradable	Inodoro
Desirable	1	0	0	0	2	1
Shoshoni	2	0	2	0	1	1
Starking	0	0	0	0	3	2
Cheyenne	0	1	0	1	4	0
Success	0	0	0	2	2	0
Stuart	0	0	0	1	3	1

Variedad	Olor suave	Gusto a madera	Sabor desagradable	Sabor tostado	Aceitoso	Sabor fuerte
Desirable	2	0	3	0	1	1
Shoshoni	0	1	4	1	2	4
Starking	2	0	2	0	3	2
Cheyenne	2	1	2	0	4	2
Success	2	0	2	0	1	2
Stuart	3	0	2	0	1	1

Variedad	Olor madera	Olor extraño	Aromático	Olor dulce	Olor agradable	Amarillo claro
Desirable	1	1	0	0	5	1
Shoshoni	1	6	0	0	1	1
Starking	0	1	2	0	3	1
Cheyenne	0	1	2	2	1	1
Success	0	0	0	0	3	1
Stuart	1	0	0	0	0	2

Variedad	Buen color	Color intenso	Poco brillante	Suave al paladar	Insípido	Brillante
Desirable	4	0	0	3	0	1
Shoshoni	1	0	1	0	0	0
Starking	1	1	0	2	0	2
Cheyenne	1	0	0	1	0	1
Success	1	1	1	1	1	0
Stuart	1	0	0	4	1	1

Tabla III. 7 Tabla de frecuencias de descriptores de aceites de diferentes variedades de nuez pecán (primera parte)(Continuación).

Variedad	Dulce	Rancio	Sabor suave	Sabor a nuez	Olor a nuez	Viejo	Olor fuerte
Desirable	3	1	4	1	3	0	1
Shoshoni	0	2	0	1	0	2	5
Starking	1	0	1	2	3	0	3
Cheyenne	0	1	4	1	3	0	4
Success	1	2	6	2	1	0	2
Stuart	1	0	3	3	2	0	2

Los 5 aceites varietales restantes se posicionaron hacia la derecha de la representación del aceite Shoshoni. De las elipses de confianza de los aceites de Success, Cheyenne y Starking se puede señalar que sus atributos fueron similares, caracterizándose por “olor suave”, “olor a nuez” y “sabor suave”. El aceite de nuez Desirable se distinguió por los atributos “olor agradable”, “buen color” y “dulce”. Mientras que el aceite de Stuart fue catalogado como “amarillo claro”, “insípido” y “sabor a nuez”. Cabe destacar que, en el caso de estos aceites en los ensayos de aceptabilidad (Tabla III. 6) no se observaron diferencias significativas entre sí; sin embargo, los estudios de Mapeo Proyectivo posibilitaron una mejor discriminación de los atributos que los jueces otorgaron a los distintos aceites.

El mapa consenso puede relacionarse también con la aceptabilidad observada en el aceite de Shoshoni escala industrial, el cual es claramente diferente a los demás aceites y con una aceptabilidad igual a $5,00 \pm 2,68$. Los resultados de la evaluación sensorial realizada con 120 consumidores señalaron que el aceite de Shoshoni fue el peor calificado; mientras que los resultados del Mapeo Proyectivo indicaron los atributos que promovieron dicho rechazo. Cabe aclarar que, debido a la imposibilidad de contar con los jueces entrenados durante la pandemia, no se llevaron a cabo estudios de Mapeo Proyectivo en aceite de Shoshoni obtenido a escala laboratorio.

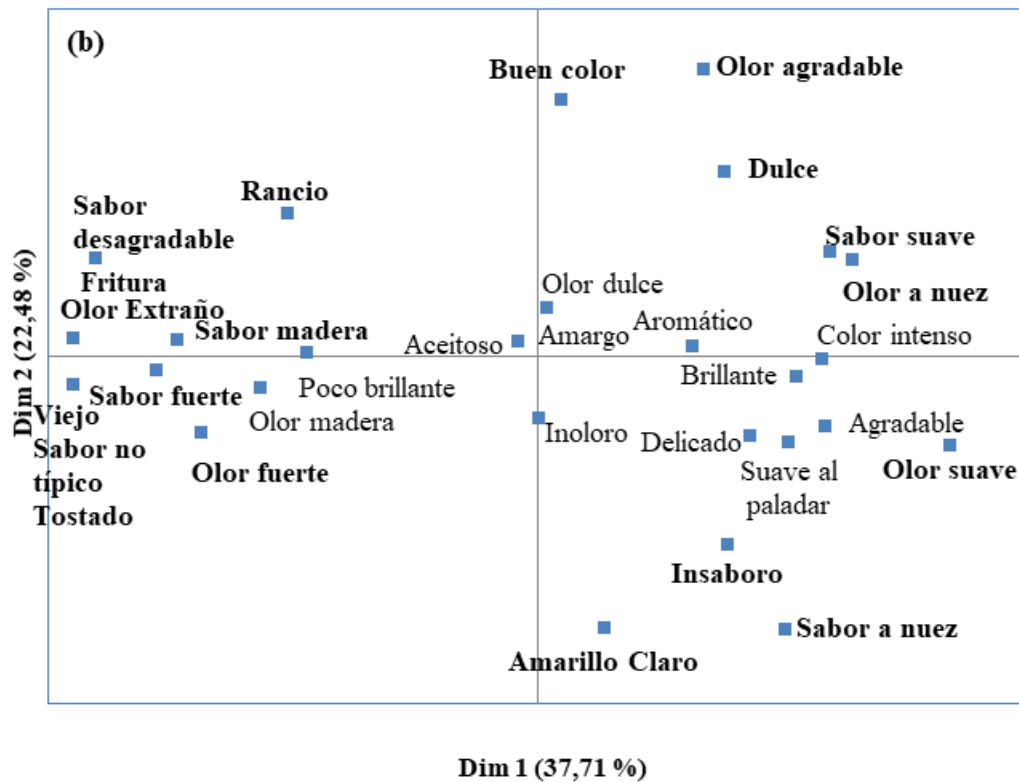
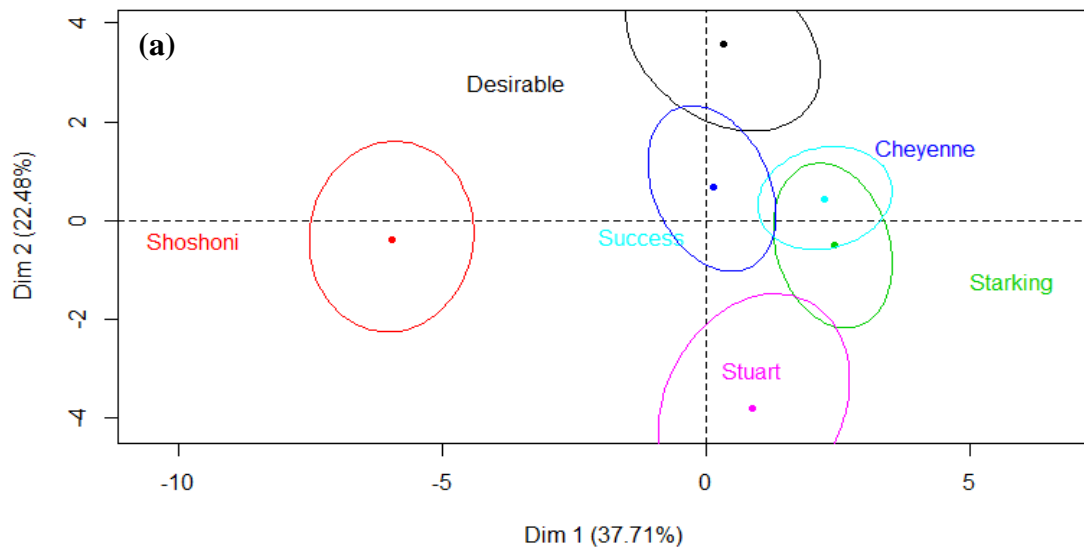


Figura III. 17 Análisis de correspondencia de distintos aceites varietales de nuez pecán. Representación de las dimensiones 1 y 2. (a) Mapa consenso. (b) Gráfico de componentes principales.

Para la segunda parte del estudio de Mapeo Proyectivo los jueces señalaron 27 descriptores, con cuya información se construyó la [Tabla III.](#) .

Tabla III. 8 Tabla de frecuencias de descriptores de aceites de diferentes variedades de nuez pecán (segunda parte).

Variedad	Típico	Olor suave	Fritura	Inodoro	Picante	Madera
Mahan	3	0	0	0	0	0
Kernodle	5	3	0	0	0	0
INTA Delta 2	3	1	0	6	0	0
Shoshoni M1	0	1	4	0	1	3
Desirable	6	1	0	0	0	0
Shoshoni M2	0	1	2	0	1	1

Variedad	Olor dulce	Olor fuerte	Agradable	Olor a tostado	Sabor dulce	Olor a nuez
Mahan	3	0	4	0	2	3
Kernodle	3	1	3	0	1	2
INTA Delta 2	1	0	4	0	1	4
Shoshoni M1	0	5	0	1	0	1
Desirable	0	7	2	0	0	6
Shoshoni M2	0	0	2	0	0	1

Variedad	Viejo	Rancio	Insípido	Quemado	Tostado	Sabor extraño
Mahan	0	1	0	0	0	1
Kernodle	0	0	1	0	0	0
INTA Delta 2	0	0	0	0	0	1
Shoshoni M1	1	2	0	2	3	1
Desirable	0	1	2	0	0	1
Shoshoni M2	2	3	1	3	2	0

Variedad	Sabor fuerte	Amarillo claro	Desagradable	Color intenso	Aceitoso
Mahan	0	1	1	3	0
Kernodle	0	3	0	1	1
INTA Delta 2	0	6	0	1	1
Shoshoni M1	2	0	4	6	2
Desirable	1	3	0	4	0
Shoshoni M2	4	1	4	3	0

Tabla III. 8 Tabla de frecuencias de descriptores de aceites de diferentes variedades de nuez pecán (segunda parte) (Continuación).

Variedad	Olor extraño	Sabor suave	Buen color	Suave al paladar
Mahan	1	4	0	2
Kernodle	0	6	2	1
INTA Delta 2	1	7	0	0
Shoshoni M1	0	3	0	0
Desirable	0	3	2	1
Shoshoni M2	3	0	0	1

El mapa consenso y el gráfico de componentes principales obtenidos del análisis sensorial permitieron explicar el 67,39 % de la variabilidad de los datos ([Figura III. 18](#)).

Las muestras de Shoshoni M1 y M2 no presentaron diferencias significativas. Se caracterizaron por los atributos “olor a tostado”, “fritura”, “picante”, “viejo”, “rancio”, “tostado”, “quemado”, “desagradable”, “madera”, “sabor fuerte” y “color intenso”. Cabe recordar que ambas muestras de Shoshoni fueron elaboradas en la industria y, como ya se dijo, el calentamiento se realizó en una mezcladora industrial a fuego directo. Si bien se controló la temperatura, pudo haber ocurrido que, durante el calentamiento, las nueces trituradas que estuvieron en contacto directo con la base del recipiente hayan tenido un calentamiento excesivo, que provocó el desarrollo de atributos desagradables señalados por los jueces. En contrapartida, las variedades ubicadas en el cuadrante derecho se caracterizaron por los atributos “sabor suave”, “agradable”, “típico”, “amarillo claro” y “olor y sabor dulce”.

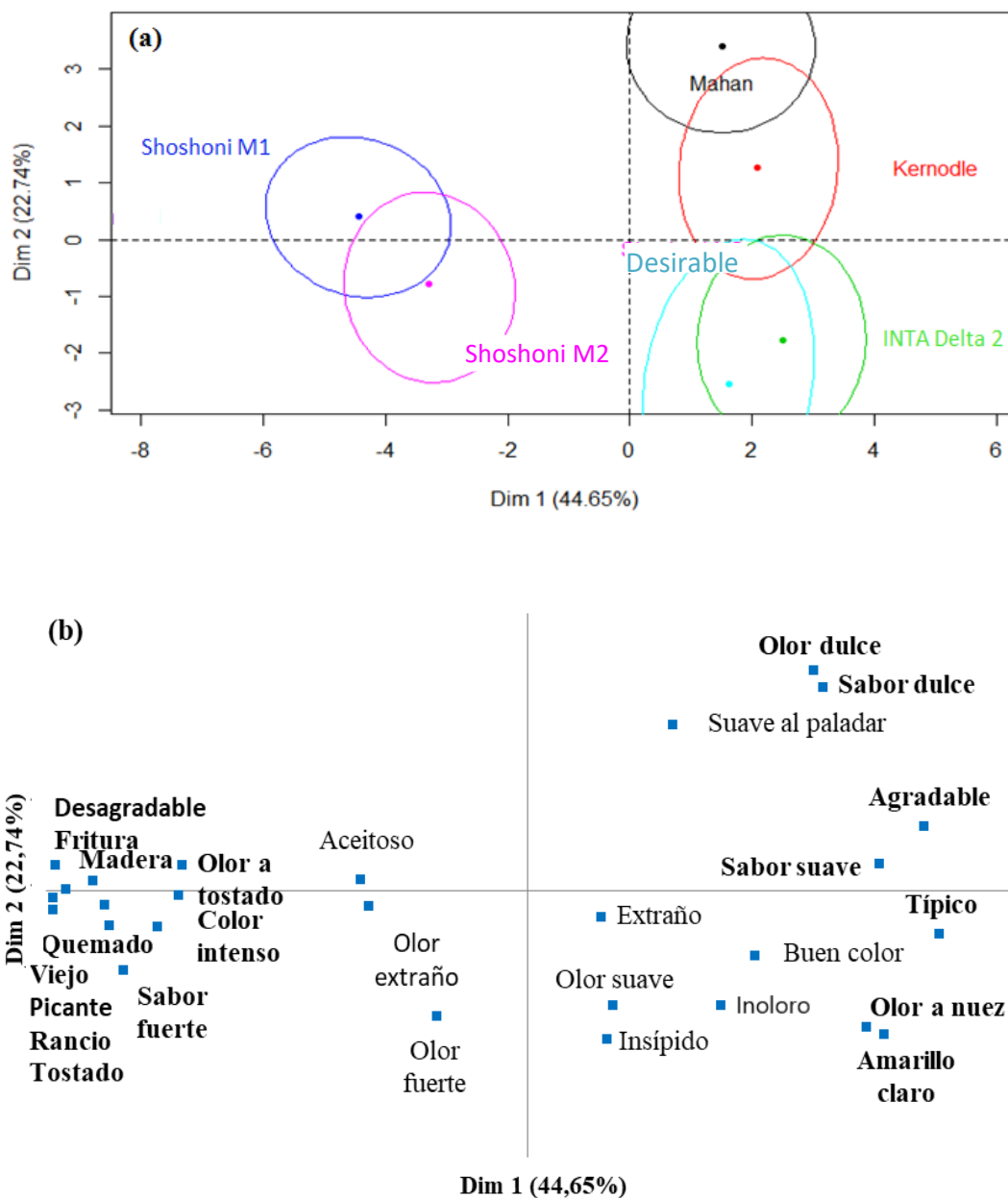


Figura III. 18 Análisis de correspondencia de distintos aceites varietales de nuez pecán. Representación de las dimensiones 1 y 2. (a) Mapa consenso. (b) Grafico de componentes principales.

Los resultados de aceptabilidad para los aceites de Desirable e INTA Delta 2 tuvieron diferencias significativas. Sin embargo, en el Mapeo Proyectivo el aceite de Desirable tuvo atributos similares al aceite de INTA Delta 2, probablemente debido a que ambos aceites tuvieron atributos de color y “olor a nuez” comparables.

III.5. Discusión

En la presente investigación el contenido de aceite de nuez pecán dependió de la variedad. Adicionalmente, para nuez de las variedades Desirable, Stuart e INTA Delta 2 también influyó la campaña. A pesar de la influencia de estos factores los contenidos de aceite obtenidos fueron comparables a los publicados por otros autores. Descalzo *et al.* (2021) publicaron un contenido de aceite de $77,5 \pm 1,3$ % para la variedad Stuart cultivada en el Delta del Paraná (Departamento Diamante, Entre Ríos, Argentina). Este valor es similar a los resultados obtenidos en la presente tesis doctoral, donde para la misma variedad cultivada en la localidad de San José (provincia de Entre Ríos, Argentina) se obtuvo un contenido de aceite de $75,9 \pm 2,3$ %. Polmann *et al.* (2021) obtuvieron 62,2 % de aceite para nuez de la variedad Barton en Brasil; mientras que Fernandes *et al.* (2017) reportaron contenidos de aceite entre 58 y 74 % cuando utilizaron nuez pecán obtenidas en un local comercial del mismo país. Mientras que Kornsteiner *et al.* (2006) estudiaron el contenido de lípidos de algunos frutos secos adquiridos en locales comerciales de Austria y Grecia, sus resultados mostraron que el porcentaje de lípidos en mezclas de nuez pecan fue 71,8 %. Asimismo, Irigaray *et al.* (2021) indicaron contenido de lípidos en nuez pecan de la República Oriental del Uruguay de 73,2 %.

En el perfil de ácidos grasos se cuantificaron ácidos grasos saturados (entre 7,8 y 9,7 %), monoinsaturados (entre 49,8 y 65,7 %) y poliinsaturados (entre 23,6 y 40,7 %). De los ácidos grasos que cuentan con insaturaciones en la cadena carbonada, se obtuvieron altas proporciones de ácidos ω -3 (ácido linolénico), ω -6 (ácido linoleico) y ácido ω -9 (oleico). Las proporciones registradas estuvieron comprendidas entre: $0,91 \pm 0,00$ % – $1,73 \pm 0,01$ % para el ácido linolénico; $22,56 \pm 0,02$ % – $38,94 \pm 0,02$ % para el ácido linoleico y $49,44 \pm 0,01$ % – $67,71 \pm 0,04$ % para el ácido oleico.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por otros autores. Burín *et al.* (2022), evaluaron diferentes métodos de extracción para obtener aceite de nuez pecan, quienes reportaron contenidos de ácido oleico en el rango de 58,51 – 68,98 % como compuesto mayoritario, seguido de ácido linoleico (21,98 – 31,02 %) y ácido palmítico (5,38 – 6,90 %); mientras que para los ácidos esteárico, linolénico, capríónico y araquidónico el rango estuvo desde “no detectado” hasta 3,29; 1,90; 0,91 y 1,63 %; respectivamente. Por su parte, Salvador *et al.* (2016) indicaron rangos de ácidos grasos en aceites de pecán de 5 – 11 %; 1 – 6 %; 49 – 69 %; 19 – 40 %; 0 – 3 % y 0,1 – 0,2 %

para ácido palmítico, esteárico, oleico, linoleico, linolénico y araquidónico, respectivamente. También dos Santos *et al.* (2020) reportaron rangos para ácido palmítico, esteárico, oleico, linoleico y linolénico de 4,41 – 5,05 %; 1,22 – 2,15 %; 64,84 – 71,05 %; 21,32 – 29,02 %; 0,48 – 0,65 % y 1,68 – 15,61 %; respectivamente, para aceites de nuez pecán provenientes de Brasil, obtenidos con fluidos supercríticos en diferentes condiciones. De igual modo, Juhaimi *et al.* (2017) reportaron valores de ácidos grasos en aceite de nuez pecán de Turquía elaborados con distintos métodos de tostado del fruto. Los ácidos cuantificados fueron ácidos oleico (59,14 – 61,87 %), linoleico (26,31 – 28,67 %), palmítico (6,39 – 7,19 %) y esteárico (2,51 – 3,52 %).

El ácido oleico es uno de los ácidos insaturados menos susceptible a la oxidación y más estable, especialmente si se lo compara con el ácido linoleico (Caballero *et al.*, 2017). A pesar de su inestabilidad, la presencia de ácido linoleico en los alimentos es importante, dado que es un ácido esencial para el ser humano (Polmann *et al.*, 2021). Tanto los ácidos grasos ω -6 como ω -3 son catalogados como esenciales ya que no pueden ser sintetizados por el organismo (Atehortúa Osorno *et al.*, 2017), por lo que deben ser aportados por la dieta (Borges, *et al.*, 2017). Algunos autores como Carrillo *et al.* (2017), revelan que los ácidos grasos ω -3 desempeñan roles críticos en la estructura de las membranas celulares y en el sistema inmunológico. De los aceites obtenidos en la presente investigación, los que tuvieron contenidos más altos de ácidos grasos esenciales, ácido linolénico y linoleico, fueron los elaborados a partir de las nueces pecán de las variedades Starking, Cheyenne, INTA Delta 2 y Mahan.

A los aceites comestibles que poseen un alto contenido de ácidos grasos insaturados y bajo contenido en ácidos grasos saturados, se les atribuye propiedades saludables, tales como menor riesgo y prevención de contraer enfermedades coronarias, mejora del perfil lipídico sanguíneo asociado a la reducción de los niveles de lipoproteína de baja densidad (LDL) e incremento de los niveles de lipoproteína de alta densidad (HDL); además de mejorar la presión arterial y tener un efecto protector contra las enfermedades neurodegenerativas (Borges *et al.*, 2017).

De acuerdo con la FAO (2010) (Stathers *et al.*, 2013) el requerimiento mínimo diario del total de ácidos grasos de la dieta es del 1 % para ω -6 y 0,2 % para ω -3. Por lo tanto, 3,5 g de aceite de nuez pecán de las variedades estudiadas proporcionan el requerimiento mínimo diario de ácido ω -6 y 15 g de aceite proporcionan el requerimiento mínimo diario de ácido ω -3.

A fin de comparar el aceite de nuez pecán con los aceites de mayor consumo en Argentina, se presentan estudios sobre el perfil de ácidos grasos de aceites de girasol y maíz (De Bernardi, 2018), así como también, investigaciones sobre el aceite de oliva extra virgen, reconocido por sus propiedades beneficiosas para la salud.

En este sentido, Dávila *et al.* (2022) compararon el perfil de ácidos grasos de 5 aceites varietales de nuez pecán de Estados Unidos (Texas Native, Pawnee, Caddo, Sioux y Western) con un aceite de oliva comercial, concluyendo que los perfiles de ácidos grasos fueron diferentes entre las muestras. En los aceites de pecán, los ácidos grasos presentaron rangos de 2,7 – 4,5 % para esteárico, 74,3 – 82,5 % para oleico, 4,9 – 13,0 % para linoleico, 7,9 – 9,0 % para palmítico y 0,05 – 0,1 % para palmitoleico. Mientras que, los ácidos grasos en el aceite de oliva representaron 2,8 %; 81,0 %; 3,3 %; 9,7 % y 1,7% para los ácidos esteárico, oleico, linoleico, palmítico y palmitoleico; respectivamente.

Por su parte, Portarena *et al.* (2019) reportaron contenido de ácidos grasos en 4 variedades de aceite de oliva extra virgen de Italia (Arbequina, Leccino, Maurino y Moraiolo), de 70,3 – 80,7 % de ácido oleico, 12,7 – 15,6 % de ácido palmítico y 4,4 – 9,9 % de ácido linoleico para diferentes momentos de cosecha. Mientras que, en Argentina, Matías *et al.* (2010) reportaron porcentajes de ácidos grasos para las variedades de oliva Arbequina, Leccino y Maurino, en el rango de 55,5 – 83,0 % para el ácido oleico; 7,5 – 20,0 % para el ácido palmítico; 3,5 – 21,0 % para el ácido linoleico; y además encontraron ácido palmitoleico (0,3 – 3,5 %) y esteárico (0,5 – 5,0 %).

Respecto a los aceites de girasol, Akkaya *et al.* (2018) estudiaron variedades de girasol de Turquía (girasol estándar, medio oleico y alto oleico), siendo los porcentajes de ácido oleico obtenidos 60,08 %, 74,35 % y 88,01 %; respectivamente. Por su parte, las proporciones de ácido palmítico cuantificadas en las mencionadas variedades fueron 4,68 %, 4,51 % y 3,85 %; respectivamente. Estos investigadores también observaron que el ácido linoleico estuvo en una proporción de 29,56 %, 15,82 % y 3,28 %; mientras que las proporciones de ácido esteárico encontradas en el estudio fueron 3,38 %, 3,21 % y 2,68 % en las variedades de girasol estándar, medio oleico y alto oleico; respectivamente.

Por otro lado, Espinosa–Pardo *et al.* (2020), indicaron para el aceite de maíz de Francia proporciones de 29 % de ácido oleico, 13 % de ácido palmítico, 53 % de ácido linoleico, 2 % de ácido esteárico y 1% de ácido linolénico.

De lo expuesto, se puede concluir que el aceite de nuez pecán presentó un porcentaje de ácido oleico equiparable con los aceites de oliva y girasol; mientras que, la proporción de AGS palmítico y esteárico fueron semejantes a los aceites de girasol estándar, medio oleico y alto oleico; e inferior a las de los aceites de oliva y maíz. En lo que respecta al ácido linolénico, estuvo presente en los aceites de pecán y maíz, en proporciones similares.

En cuanto a la evaluación sensorial de los aceites, en las pruebas de AG el nivel de aceptación promedio de cada aceite estuvo comprendido entre “Me gusta un poco” y “Me gusta moderadamente”. Con excepción de los aceites de INTA Delta 2 y Shoshoni que tuvieron calificación entre los niveles de aceptación “Ni me gusta ni me disgusta” y “Me gusta un poco”.

Los resultados encontrados en la presente investigación concuerdan con los obtenidos por Du *et al.* (2022) para aceptabilidad de aceite de nuez pecán de Estados Unidos, de las variedades Western, Texas Native, Sioux, Pawnee, y Caddo. En una escala de 9 puntos, en evaluación sensorial con consumidores obtuvieron calificaciones entre 6,5 y 5,7 correspondientes a las calificaciones “Me gusta moderadamente” y “Ni me gusta ni me disgusta”.

El análisis pormenorizado de la distribución de frecuencia de los niveles de aceptación de los distintos aceites de nuez pecán señaló que entre un 63,5 % y 70,8 % de consumidores calificaron a los aceites de Desirable, Success, Starking, Cheyenne, Stuart, Mahan y Kernodle con niveles de aceptación comprendidos entre 6 y 9; entre el 12,5 % y 25,2 % de los consumidores se manifestó indiferente (nivel de aceptación 5) y entre el 9,0 % y el 19,2 % de los consumidores expresaron valoraciones de niveles de aceptación comprendidos entre 1 y 4.

Por su parte, los aceites de INTA Delta 2 y Shoshoni (obtención a escala industrial) fueron los peores calificados. Únicamente una proporción de consumidores de entre 43,6 y 49,1 % calificaron a estos aceites como aceptables, entre el 10,3 y 26,4 % de los consumidores otorgaron un nivel de aceptación de 5 y entre el 24,5 y 46,2 % de los consumidores expresaron cierto nivel de desagrado. La menor calificación en los aceites de estas 2 últimas variedades se atribuyó, en el caso de INTA Delta 2, a la variedad. Mientras que, en el caso del aceite de Shoshoni, la baja calificación fue atribuida a la tecnología con la que se llevó a cabo el calentamiento a escala industrial. En este sentido se propone a las empresas y emprendimientos existentes mejorar la etapa de calentamiento, generando condiciones más controladas de temperatura. No obstante,

puede pensarse que existe un aglomerado o “cluster” de consumidores que pondera con agrado el “sabor tostado” del aceite, por lo que un aceite de estas características podría tener un mercado potencial.

III.6. Conclusiones

De lo expuesto se concluye que las variedades de nuez pecán estudiadas tienen potencialidad para la obtención de aceite de nuez pecán. Los resultados obtenidos con aceite de Shoshoni ponen de manifiesto que la etapa de calentamiento es una etapa a la que hay que prestar especial atención, por lo que debe considerarse ésta como un punto de control para asegurar mantener la calidad del aceite obtenido. De esta manera se evitaría el desarrollo de olores y sabores rancio y a tostado–quemado.

Por último, se concluye que los aceites de nuez pecán cultivadas en la provincia de Entre Ríos constituyen una fuente interesante de ácidos grasos esenciales $\omega-6$ y $\omega-3$; como así también a una posibilidad de agregado de valor y una alternativa a la comercialización de nuez pecán con escaso valor comercial.

Capítulo IV.
Rendimiento y calidad de aceite de nuez pecán.

IV.1. Introducción

En los últimos años, se ha intensificado el interés por la obtención de aceites a través de tecnologías de prensado. El prensado mecánico es el método más antiguo y sencillo de extracción de aceite (Pradhan *et al.*, 2011). En el caso de la obtención de aceites vegetales no tradicionales, el prensado, tanto con prensa hidráulica como de tornillo, constituye un método sencillo para obtener aceites de pequeños lotes de semillas (Martinez *et al.*, 2017; Fantino *et al.*, 2020). A pesar que los rendimientos en aceite obtenidos mediante esta tecnología son menores que en la extracción por solvente, resulta apropiado para materiales con alto contenido en aceite como es el caso del pecán, ya que los solventes utilizados están cuestionados por su toxicidad. Además, la técnica requiere largos tiempos de extracción usando altas temperaturas y una etapa de evaporación (Zanqui *et al.*, 2020). Así, el proceso utilizado para la extracción afecta la calidad nutricional, los sabores y la estabilidad oxidativa de los aceites (Ferreira *et al.*, 2022). En este sentido, la obtención de aceite mediante prensado requiere de instalaciones menos costosas, implica operaciones más seguras, sobre todo cuando los recursos de las industrias son limitadas como es el caso de las PyMES y, por otro lado, implican menos efectos adversos para el medioambiente.

Actualmente, las prensas se utilizan únicamente para obtener grasas y aceites producidos en pequeñas cantidades. La eficiencia de las prensas de pequeña capacidad se puede aumentar a partir de la optimización de las principales variables del proceso, mediante el ajuste de la presión aplicada sobre la masa –la que depende del equipo de prensado que se disponga– y el acondicionamiento de la materia prima a ser procesada.

En cuanto a este último aspecto deben considerarse el tamaño de partícula, la temperatura de prensado y el tenor de humedad de las semillas (Bhuiya *et al.*, 2015; Mendonça *et al.*, 2020). De hecho, el contenido de humedad de la semilla parece ser un factor clave entre las variables de proceso y que se debe estudiar para cada tipo de nuez o semilla oleaginosa (Fantino *et al.*, 2020).

El contenido de humedad resulta muy importante ya que no sólo aumenta la plasticidad del material, sino que también contribuye en el prensado por su acción lubricante. Sin embargo, altos contenidos de humedad pueden afectar negativamente la extracción o alterar la calidad química del aceite (Rombaut *et al.*, 2015).

La aplicación de un tratamiento térmico antes o durante el prensado generalmente mejora la extracción del aceite como resultado de la descomposición de las células oleosas, la coagulación de las proteínas y la disminución de la viscosidad del aceite, lo

que permite que éste fluya más fácilmente (Rombaut *et al.*, 2015; Bhuiya *et al.*, 2020). El ablandamiento de los tejidos de la semilla tiende a debilitar y descomponer la estructura celular del aceite bajo presión, mientras que la baja viscosidad aumenta el flujo de aceite y, por lo tanto, aumenta la recuperación del mismo (Indrasari *et al.*, 2001).

Por otro lado, antes del prensado se requiere triturar las nueces con el fin de mejorar el rendimiento de extracción (Martínez *et al.*, 2017; Bhuiya *et al.*, 2020). La molienda es una operación esencial en la preparación de materiales independientemente del método que se aplique (Nde y Foncha, 2020). El tamaño de partícula más pequeño es preferible para la extracción de aceite debido a la mayor área interfacial entre el sólido y el líquido (Atabani *et al.*, 2013). El triturado o la molienda es el paso necesario para lograr el mayor rendimiento del prensado (González Moreno *et al.*, 2018). Sin embargo, no se han encontrado trabajos dónde se cuantifiquen los rendimientos según el tamaño de partícula utilizada en la elaboración de aceite de nuez pecán.

Teniendo en cuenta que varios factores pueden influir en la eficiencia de extracción y la calidad del aceite en los procesos de prensado y extracción, una alternativa para encontrar la mejor combinación de factores experimentales que maximicen el rendimiento de obtención de aceite y la calidad del producto obtenido es recurrir a la Metodología Superficie de Respuesta (MSR). Esta metodología constituye un potente diseño experimental estadístico destinado a medir las condiciones óptimas en un número mínimo de experimentos, evitando un enfoque de una variable a la vez (Sevda y Singh, 2020), lo cual se traduce en una disminución en los costos de optimización de un proceso específico (Nwabueze, 2010).

IV.2. Objetivos

El objetivo de los ensayos mostrados en este capítulo fue estudiar la influencia de variables de proceso sobre el rendimiento de obtención de aceite de nuez pecán y la calidad del aceite obtenido.

IV.3. Materiales y Métodos

Los estudios se dividieron en 2 partes según se menciona a continuación.

- Primera parte. “Influencia del tamaño de partícula en el contenido de aceite de nuez pecán obtenido”.

- Segunda parte. “Determinación de las mejores condiciones de prensado en la obtención de aceite”.

IV.3.1 Primera Parte. Influencia del tamaño de partícula en el contenido de aceite de nuez pecán obtenido

El propósito de este ensayo fue evaluar el efecto del tamaño de las partículas de nuez pecán en el contenido de aceite obtenido.

IV.3.1.1. Muestras

Se trabajó con nueces de pecán de la variedad Shoshoni recolectadas en un campo de la Estación Experimental Agropecuaria de INTA Concordia (Entre Ríos).

IV.3.1.2. Procedimientos

IV.3.1.2.1. Obtención de aceite a escala de laboratorio

Una vez cosechadas las nueces, se limpiaron, se craquearon mecánicamente con una cascadora (Lamaza) y se pelaron en forma manual. Después de la eliminación de los granos podridos y necróticos, las mitades sanas de nuez pecán se almacenaron a -30 ± 1 °C en freezer (Gafa) hasta el momento de realizar los ensayos. Posteriormente, las nueces se descongelaron y se trituraron utilizando una procesadora manual (Liliana).

A continuación, se efectuó una etapa de tamizado, empleando una serie de tamices (Zonytest) de apertura de malla comprendidos entre 1 y 7 mm. Se obtuvieron tres rangos de tamaños de partículas: 0 – 1 mm (Pequeño), 1 – 3 mm (Mediano) y 3 – mm (Grande) (Figura IV. 1).

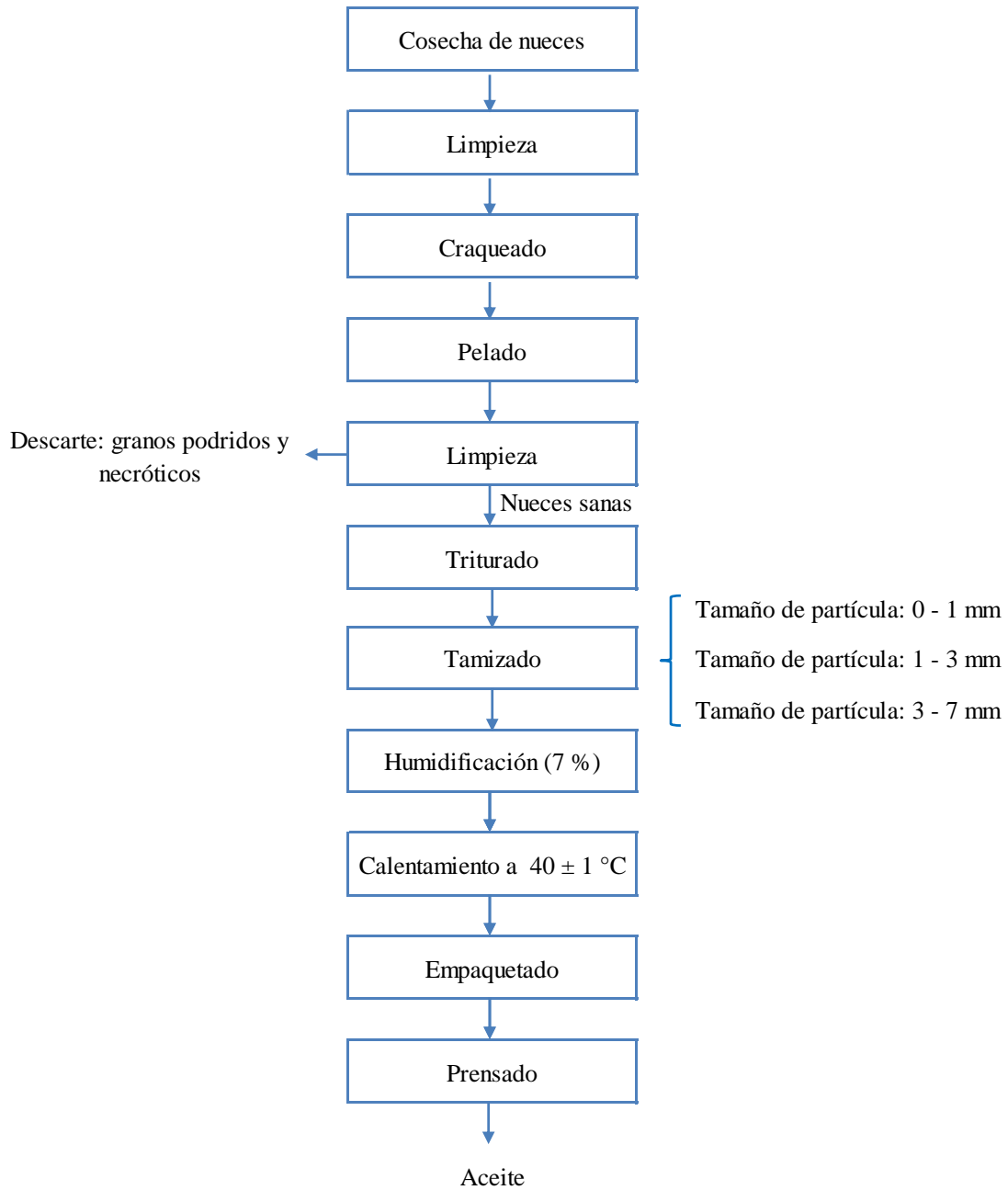


Figura IV. 1 Obtención, a escala laboratorio, de aceite de nuez pecán a partir de pastas con diferentes granulometrías.

Finalmente se ajustó el contenido de humedad de las muestras a 7 % a fin de homogeneizarlas y aumentar el rendimiento de obtención de aceite. La humidificación se llevó a cabo según la metodología propuesta por Singh y Bargale (2000), en la que se agregó a las muestras agua mediante aspersión. Las nueces trituradas y húmedas se colocaron en bolsas de polietileno de alta densidad termoselladas y se almacenaron durante 48 h hasta alcanzar el equilibrio. Las bolsas se sometieron a agitación, a

intervalos regulares de tiempo, para asegurar una distribución uniforme de la humedad en el material.

Las nueces trituradas se calentaron a 40 ± 1 °C. El calentamiento se realizó mediante una mezcladora industrial (Freire), registrando la temperatura con un termómetro (Silcook) apto para alimentos. Luego las nueces trituradas se envolvieron en tela filtrante en lotes de 2,0 kg y se realizó la extracción de aceite en prensa hidráulica abierta (Morano) a la que se le adaptó un sistema de platos proporcionado por la empresa IDEM Alimentos S.H. La presión de trabajo fue 200 kgf/m^2 , la que se aplicó durante 20 min, compuestos por un intervalo de 10 min y 2 intervalos de 5 min, en los que se descomprimió y se volvió a prensar.

IV.3.1.2.2. Obtención de aceite en industria

Se realizó una experiencia en la industria regional IDEM Alimentos S.H. Se procedió de forma similar a los ensayos de laboratorio. Las etapas del proceso de obtención de aceite fueron las mismas, con la diferencia que se utilizó para la molienda una trituradora industrial (Pagani, 32).

Se obtuvieron tres rangos de tamaños de partículas: 0 – 1 mm (Pequeño), 1 – 3 mm (Mediano) y 3 – 5 mm (Grande), por lo que se obtuvieron 3 lotes de aceite, uno por cada rango de tamaño de partícula.

IV.3.1.3. Técnicas analíticas

IV.3.1.3.1. Humedad de la pepita (H)

La humedad se determinó según lo indicado en Apartado I.3.1.3.2.

IV.3.1.3.2. Contenido de aceite de nuez pecán

El contenido de aceite de nuez pecán se determinó mediante Soxhlet según lo explicado en el Apartado III.3.4.1.

IV.3.1.3.3. Cantidad obtenida de aceite

El aceite obtenido según se describió anteriormente se recogió en una probeta de 1 L y se calculó la cantidad obtenida según se muestra en la siguiente ecuación.

$$\text{Cantidad obtenida de aceite} \left(\frac{\text{mL de aceite}}{\text{kg nuez}} \right) = \frac{V}{P}$$

Ecuación IV. 1

Dónde:

V = Volumen de aceite obtenido (mL).

P= Peso de la nuez utilizada como materia prima (kg).

IV.3.2. Segunda Parte. Determinación de las mejores condiciones de prensado en la obtención de aceite

Con estos ensayos se buscó maximizar el rendimiento de obtención de aceite (Ra) y la calidad del aceite obtenido.

Para ello se estudiaron en la etapa de prensado 2 variables experimentales: la humedad de la nuez triturada y la temperatura de la misma durante el prensado; mediante un diseño experimental.

IV.3.2.1. Muestras

Todos los ensayos que se presentan en esta sección del capítulo se realizaron con nuez pecán proveniente de una finca de la localidad de San José (Entre Ríos). Las nueces se adquirieron peladas y acondicionadas a una humedad comercial (4,0 -5,5 %).

Se utilizó nuez pecán de la variedad Cheyenne, cosecha 2018, para la realización de los ensayos correspondientes al diseño experimental; mientras que para la verificación de las mejores condiciones experimentales se utilizó la variedad Success cosechada en 2019.

IV.3.2.2. Procedimientos

Los procedimientos para la elaboración y análisis se realizaron según se indica en la [Figura IV. 2](#). Luego de adquiridas las nueces, se trituraron en una picadora de carne industrial de acero inoxidable (Pagani, 32). A continuación, se efectuó la separación de tamaños de partícula mediante un tamiz (Zonytest) de 1 mm de apertura de malla. Los tamaños mayores se volvieron a triturar para obtener la menor granulometría.

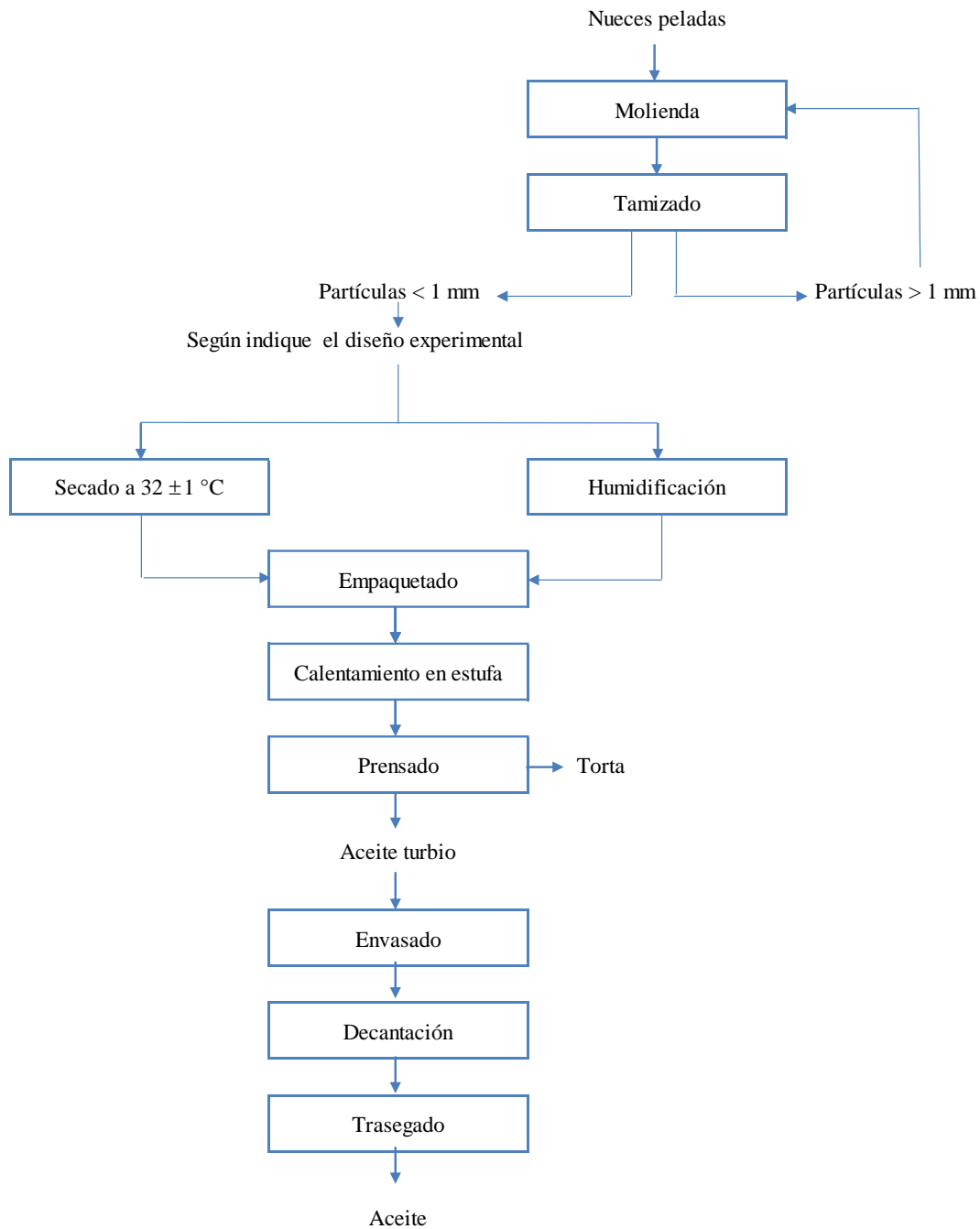


Figura IV. 2 Obtención de las mejores condiciones de prensado en la obtención de aceite de nuez pecán.

Para alcanzar el contenido de humedad definido por el diseño experimental (Apartado IV.3.2.3.1, Tabla IV.1) en algunos casos fue necesario humidificar la muestra del lote inicial, y en otros, hubo que secarla. La humidificación se llevó a cabo según se explicó en la obtención de aceite a escala laboratorio (Apartado IV.3.1.2.1), mientras

que, el secado se realizó a 32 ± 1 °C en estufa con circulación forzada de aire (Instrumentalia DHG-9240).

Las nueces trituradas luego se envolvieron en una tela filtrante en lotes de 2,0 kg y se llevó a la temperatura indicada en el diseño experimental (Apartado IV.3.2.3.1, Tabla IV.1). Las temperaturas de prensado se lograron calefaccionando en estufa (Instrumentalia DHG-9240). La temperatura de las muestras se controló con un termómetro digital (Luft).

A continuación, se llevó a cabo la etapa de prensado en una prensa hidráulica abierta (Morano) a la que se le adaptó un sistema de platos proporcionado por la empresa IDEM Alimentos S.H. Se trabajó de acuerdo al siguiente esquema:

- 1- Compresión durante 5 min a 100 kgf/m^2
- 2- Compresión durante 10 min a 200 kgf/m^2
- 3- Compresión durante 5 min a 300 kgf/m^2

Luego de cada etapa de compresión, se descomprimió la muestra, antes de pasar a la siguiente etapa.

Al finalizar el prensado, la torta residual se trituró para lograr la homogeneización de la distribución del aceite para la posterior cuantificación del contenido de aceite residual en la torta.

Para eliminar la turbidez de los aceites obtenidos, se envasaron en frasco color caramelo y se dejaron decantar durante 20 d en heladera (Gafa) a 7 ± 1 °C. Luego se realizó el trasegado para obtener los aceites límpidos, los que se congelaron a -30 °C en freezer (Gafa) hasta el momento de realizar los análisis fisicoquímicos y sensoriales.

IV.3.2.3. Diseño experimental de la etapa de prensado del proceso de obtención de aceite

Se utilizó la MSR como estrategia experimental y de análisis para obtener los valores de las variables de la etapa de prensado más adecuadas en función de variables respuestas o variables dependientes (Gutiérrez Pulido y de la Vara Salazar, 2008). Este estudio se realizó con software STATGRAPHICS Centurión XV Versión 15.2.06.

IV.3.2.3.1. Elaboración del diseño experimental

Con software señalado precedentemente se elaboró un diseño central compuesto rotatable, con 2 factores experimentales: humedad de la nuez triturada durante el prensado y temperatura de prensado de la nuez triturada. Cada factor se trabajó a 3 niveles y el

punto central se llevó a cabo por triplicado. El diseño experimental se muestra en la [Tabla IV. 1](#).

[Tabla IV. 1](#) Diseño experimental de la etapa de prensado del proceso de obtención de aceite.

Corrida	Factores experimentales	
	Temperatura de prensado (°C)	Humedad de la nuez triturada (%)
1	55,0	5,0
2	18,8	7,5
3	40,0	11,0
4	40,0	7,5
5	25,0	10,0
6	40,0	7,5
7	40,0	4,0
8	61,2	7,5
9	40,0	7,5
10	25,0	5,0
11	55,0	10,0

IV.3.2.3.2. Efecto de los factores experimentales en los parámetros fisicoquímicos y sensoriales

Ejecutadas las corridas experimentales según el diseño señalado precedentemente se llevaron a cabo los análisis fisicoquímicos y sensoriales de cada uno de los aceites obtenidos.

A continuación, se realizó el análisis del diseño experimental. Para ello, mediante ANOVA se determinó si los factores experimentales, temperatura o humedad de la nuez triturada en el prensado, tuvieron una influencia significativa en alguno de los parámetros fisicoquímicos y sensoriales (aceptabilidad) ($p < 0,05$). Cuando la temperatura, la humedad o sus interacciones tuvieron influencia significativa en un parámetro, a éste último se lo consideró como variable respuesta en la optimización del diseño experimental.

IV.3.2.3.3. Obtención de combinación de factores experimentales que maximizan las variables respuestas

La obtención de la mejor combinación de niveles de los factores experimentales que dieron por resultado el nivel más elevado o más bajo (según corresponda) de las variables respuestas se realizó siguiendo la MSR. Los resultados experimentales se ajustaron a una ecuación polinómica que describió las relaciones entre cada una de las variables respuesta y los factores estudiados mediante el método de regresión múltiple. Para tener una idea más clara de los datos experimentales se obtuvieron gráficos de superficie de respuesta y de contorno.

Para la optimización de múltiples respuestas se utilizó la función deseabilidad (Montgomery, 2013). Para ello se convirtió cada respuesta y_i en una función individual de deseabilidad d_i , la que toma valores entre 0 y 1. Cuanto más cerca estuvo la respuesta del valor ideal más próxima a 1 fue la función deseabilidad.

IV.3.2.3.4. Parámetros de bondad de ajuste de la ecuación de la MSR

La bondad de ajuste entre los datos predichos y los resultados experimentales se evaluó utilizando el coeficiente de determinación, la media del error absoluto y la prueba de Durbin-Watson.

Coefficiente de determinación (R^2). Este coeficiente mide la intensidad de la relación entre las variables dependiente e independiente. Varía entre 0 y 1, si R^2 fue próximo a 1 indica que existió una fuerte relación entre dichas variables; si fue próximo a 0, no hubo correlación entre las variables señaladas.

Media del error absoluto (MEA). Se denomina residuos a la diferencia entre el valor observado de Y para un determinado valor de x y el valor de Y estimado o predicho. La MEA es el valor medio del valor absoluto de los residuos y sirve para ver cuánto falla en promedio el modelo al hacer la estimación de la variable respuesta. Cuanto más pequeños fueron los residuos, y en consecuencia la MEA, mejor fue la calidad del ajuste del modelo.

Prueba de Durbin-Watson (DW). Esta prueba permite diagnosticar la presencia de correlación (autocorrelación) entre los residuos consecutivos, que es una posible manifestación de la falta de independencia de los residuos. Cuando el valor p de DW fue mayor a 0,05, entonces se corroboró la independencia entre los residuos, que es otro de los criterios de calidad de ajuste del modelo evaluado.

Los buenos modelos son aquellos que cumplen más criterios de calidad del ajuste. Siempre existirán circunstancias en las que, al no cumplirse alguno de los criterios, desde el punto de vista práctico no necesariamente harán inviable el modelo. Otro aspecto a tomar en cuenta es que, bajo calidad similar en el ajuste de dos modelos, siempre se deberá preferir el más sencillo (Gutiérrez Pulido y de la Vara Salazar, 2008).

IV.3.2.3.5. Verificación de las condiciones experimentales que maximizaron o minimizaron las variables respuestas

Obtenida la combinación de factores experimentales señaladas por la MSR se obtuvo aceite de nuez pecán en esas condiciones para verificar que los resultados predichos para cada variable respuesta se correspondan con los resultados experimentales.

Para ello se trabajó con nuez pecán de la variedad Success, ya que fue la variedad disponible al momento de la realización de los ensayos. No se pudo trabajar con la variedad Cheyenne en virtud de que hubo escasa producción de ésta debido a problemas de sarna.

IV.3.2.4. Técnicas analíticas

3.2.4.1. Rendimiento de obtención de aceite

El rendimiento de obtención de aceite (Ra) en la ejecución del diseño experimental se calculó según se muestra en la siguiente ecuación.

$$Ra (\%) = \frac{A_n - A_t}{A_n} \times 100 \quad \text{Ecuación IV. 2}$$

Dónde:

An = Contenido de aceite en las nueces utilizadas como materia prima.

At = Contenido de aceite en la torta residual luego del proceso de obtención de aceite.

IV.3.2.4.2. Contenido de aceite

El contenido de aceite en las nueces y en la torta residual obtenida luego del proceso de obtención de aceite se determinó según se explicó en el Apartado III.3.4.1.

IV.3.2.4.3. Índice de peróxidos

La determinación se efectuó según la metodología AOAC 965.33.2005 descrita en el Apartado I.3.1.3.1.

IV.3.2.4.4. Coeficientes de extinción específica: dienos (K_{232}) y trienos (K_{270}) conjugados

Durante la autooxidación de los ácidos grasos poliinsaturados se forman hidroperóxidos que contienen dobles enlaces conjugados. Durante la formación de estos hidroperóxidos ocurren reacciones de isomerización y reacomodamiento de los dobles enlaces dando lugar a la formación de dienos y trienos conjugados. Estos compuestos evolucionan con el tiempo dando lugar a otros como diacetonas o, en el caso de hidroperóxidos de ácidos grasos con 3 o más dobles enlaces, a sistemas con 3 dobles enlaces conjugados. Los dienos conjugados exhiben una absorbancia intensa a los 232 nm de longitud de onda, mientras que los trienos a los 268-270 nm (Shahidi y Zhong, 2005; De Oliveira *et al.*, 2017).

La existencia de compuestos oxidados en el aceite se puede evaluar con los coeficientes de extinción en el ultravioleta. El examen espectrofotométrico en el ultravioleta puede proporcionar información sobre la calidad de una grasa, los procesos de oxidación y/o procesos tecnológicos como prácticas de refinado. Estas absorciones se expresan como extinciones específicas o coeficiente de extinción, indicada convencionalmente por K (EEC 2568/91).

Para el cálculo de estos coeficientes se pesó $0,15 \pm 0,01$ g de aceite, se colocaron en matraz aforado de 25 mL y se llevó a volumen con ciclohexano de calidad espectrofotométrica. A continuación, se tomó una alícuota y se midió la absorbancia a 232 nm en espectrofotómetro UV/Visible (Boeco S-22). Este valor se utilizó para calcular el coeficiente de extinción específica de dienos conjugados (K_{232}). Para el coeficiente de extinción específica de trienos conjugados (K_{270}) se pesaron $0,90 \pm 0,01$ g de aceite y se procedió de igual forma que para dienos pero midiendo la absorbancia a 270 nm (AOCS Ti 1a-64, 2008). Se utilizó el disolvente puro como referencia. Todas las medidas se efectuaron con una cubeta de cuarzo de 1 cm. Los valores de extinción específica se calcularon con la siguiente ecuación.

$$K_{232 \text{ ó } 270} (\%) = \frac{A_{232 \text{ ó } 270 \text{ nm}}}{b \times C}$$

Ecuación IV. 3

Dónde:

$k_{232 \text{ ó } 270}$ = coeficiente de extinción específica.

A= Absorbancia leída en el espectrofotómetro.

b= Espesor de la cubeta (cm).

C= Concentración de aceite de la disolución (g/100 mL).

IV.3.2.4.5. Estabilidad oxidativa (EO) y tiempo de inducción (TI)

La estabilidad a la oxidación del aceite se determinó mediante el método de Rancimat. El método se realiza bajo condiciones aceleradas de almacenamiento a altas temperaturas y es ampliamente utilizado por ser confiable, reproducible, por no requerir reactivos y porque las medidas son monitoreadas automáticamente a través del tiempo (Gharby *et al.*, 2011; García-Moreno *et al.*, 2013). Este método se basa en el empleo de un flujo de aire seco que se hace burbujear en una muestra de aceite sometida a calentamiento a una temperatura determinada. El monitoreo de la estabilidad se hace automáticamente a través de la medición continua de los cambios de conductividad eléctrica del agua destilada, donde se retienen y se disuelven los componentes volátiles (ácido fórmico) generados durante la oxidación de los lípidos. El tiempo (en horas) que transcurre desde el inicio del ensayo hasta obtener el valor máximo de la conductividad eléctrica es una medida del tiempo de inducción (TI) de la reacción y se denomina estabilidad oxidativa (EO). El TI corresponde al punto de inflexión de la curva de la reacción de oxidación (conductividad *versus* tiempo) cuando se produce un aumento brusco de la conductividad eléctrica (Villanueva *et al.*, 2017).

Para los ensayos se utilizó un equipo Rancimat (Metrohm 893). Cada muestra de aceite (3 g) se expuso a temperatura de 110 °C y caudal de aire de 20 L/h.

IV.3.2.4.6. Grado de acidez (GA)

El grado de acidez de un aceite, o acidez libre, es el contenido en ácidos grasos libres presentes.

Para la determinación de GA, se pesaron 5,00 + 0,05 g de aceite en balanza analítica (Ohaus Pioneer) y se colocaron en un Erlenmeyer de 250 mL. El aceite se disolvió en una mezcla de 10 mL de etanol desnaturalizado, 10 mL de éter etílico y 0,3 mL de solución de fenolftaleína (1 % p/v). El GA de cada aceite se obtuvo al titular esta mezcla

con una solución etanólica de KOH 0,02 N y se calculó con la ecuación que se muestra a continuación. Los resultados se expresaron como porcentaje (p/p) de ácido oleico (AOAC 969.17).

$$\text{GA (\% p/p)} = \frac{V \times \text{PM} \times N}{10 \times m} \quad \text{Ecuación IV. 2}$$

Dónde:

V = Volumen de solución etanólica de KOH utilizados para la titulación (mL).

PM = peso molecular del ácido oleico (282.47 g/mol).

N = normalidad de la solución de KOH (eq/L).

m = masa del aceite utilizado (g).

IV.3.2.4.7. Color

El color del aceite se determinó en el espacio Cie L*a*b* con Colorímetro (Konica Minolta CR-400) con cabezal CR-A33d y disco de 22 mm de diámetro. El aceite se colocó en una cubeta de vidrio óptico de 28,4 mL. Las determinaciones se realizaron utilizando el iluminante C. El colorímetro se calibró utilizando una placa estándar blanca con las siguientes coordenadas de color para luminosidad (L*) = 97,59; verde a rojo (a*) = 0,39 y azul a amarillo (b*) = 1,75.

IV.3.2.4.8. Humedad (H)

La humedad de las nueces se cuantificó según se describió en el Apartado I.3.1.3.2.

IV.3.2.5. Evaluación sensorial

IV.3.2.5.1. Aceptabilidad

Se efectuó una prueba afectiva para determinar el grado de aceptación de los aceites obtenidos en las condiciones experimentales descritas en el Apartado IV.3.2.3.1.

La evaluación se realizó durante una jornada hortícola realizada en la Estación Experimental Concordia de INTA. Se evaluaron 9 muestras de aceites. Si bien en el diseño experimental se muestran 11 corridas, se decidió servir 9 muestras a los jueces. Se sirvió solo un aceite correspondiente al punto central, para evitar la saturación de los jueces.

Las muestras se presentaron a 103 consumidores, de 17 a 55 años de edad, en vasos de 55 mL codificados con números de 3 dígitos. Los vasos, conteniendo 15 mL de

aceite, se presentaron todos a la vez, tapados con un papel aluminio para evitar la pérdida de aromas.

Se valoró la aceptabilidad empleando una escala hedónica de 9 puntos igual a la descrita en el Apartado I.3.1.3.4. Con los resultados se calculó para cada puntuación de la escala hedónica un histograma de frecuencias según la [Ecuación I. 3](#) (Apartado I.3.4).

IV.3.2.5.2. Análisis CATA

Se realizó un análisis CATA (*check-all-that-apply*) en el que participaron 51 consumidores, hombres y mujeres de entre 17 y 63 años de edad. Se trabajó en cabinas individuales iluminadas con luz blanca según lo establece la Norma IRAM 20003 (2012).

Los atributos fueron seleccionados tomando como referencia resultados de mapeos proyectivos realizados previamente (Ares y Jaeger, 2023). Se evaluaron los atributos: “sabor a nuez”, “astringente”, “dulce”, “color intenso”, “espeso”, “sabor fuerte”, “sabor agradable”, “color claro”, “cocido”, “sabor suave”, “olor extraño”, “aroma a madera”, “amargo”, “picante”, “insípido”, “rancio”, “sabor desagradable”, “fluido”, “sabor tostado”, “ahumado” y “brillante”. En la tabla presentada a los jueces se varió el orden de los atributos y de las muestras para evitar el sesgo de las respuestas a las preguntas CATA (Lee *et al.*, 2013; Ares y Jaeger, 2013, 2023). Se solicitó a los evaluadores que probaran las muestras en el orden que le fueron presentadas y que marcaran con una “x” todos los atributos de la lista que percibían en la muestra ([Figura IV. 3](#)).

Al igual que para la aceptabilidad, en el análisis CATA se evaluaron 9 muestras para evitar la saturación de los jueces. Las mismas se sirvieron todas a la vez, en copas de vidrio codificadas con números aleatorios de 3 cifras, conteniendo 15 mL de aceite, cubiertas por un papel aluminio para evitar la pérdida de aromas y acondicionadas en estufa a 28 ± 1 °C (Instrumentalia DHG-9240).

Para cada atributo de la pregunta CATA se creó una matriz de datos. En las columnas fueron colocadas las muestras y en las filas los consumidores. En cada celda de la matriz se indicó si un juez mencionó o no dicho atributo para describir cada una de las muestras. Cuando el atributo fue mencionado se colocó en la matriz el número 1 y cuando no fue mencionado, el número 0.

Marque todas las palabras que considera adecuadas para describir esta muestra de aceite:

Muestra N°:

Astringente	<input type="checkbox"/>	Aroma a madera	<input type="checkbox"/>
Dulce	<input type="checkbox"/>	Ahumado	<input type="checkbox"/>
Color intenso	<input type="checkbox"/>	Color claro	<input type="checkbox"/>
Sabor a nuez	<input type="checkbox"/>	Insípido	<input type="checkbox"/>
Espeso	<input type="checkbox"/>	Rancio	<input type="checkbox"/>
Sabor fuerte	<input type="checkbox"/>	Sabor desagradable	<input type="checkbox"/>
Sabor agradable	<input type="checkbox"/>	Fluido	<input type="checkbox"/>
Brillante	<input type="checkbox"/>	Sabor tostado	<input type="checkbox"/>
Cocido	<input type="checkbox"/>	Sabor Suave	<input type="checkbox"/>
Amargo	<input type="checkbox"/>	Picante	<input type="checkbox"/>
Olor extraño	<input type="checkbox"/>		

Figura IV. 3 Una de las fichas de evaluación utilizada para evaluar las características sensoriales de nueve muestras de aceite mediante una pregunta CATA.

IV.3.2.6. Análisis estadístico

La comparación de medias de los diferentes parámetros fisicoquímicos y de la AG se realizó mediante ANOVA y Test de de Rango Múltiple según Tukey con el software STATGRAPHICS Centurión XV Versión 15.2.06. Se consideró que hubo diferencias significativas entre las medias cuando $p < 0,05$.

Para obtener un mapa sensorial de las muestras y determinar relaciones entre términos y muestras se realizó un Análisis de Correspondencia (AC), para observar los atributos característicos de cada muestra de aceite y visualizar similitudes y diferencias entre ellos. Para ello se empleó el lenguaje R (R Development Core Team, 2007) mediante el uso de FactoMineR (Lê *et al.*, 2008).

IV.4. Resultados

IV.4.1. Primera Parte. Influencia del tamaño de partícula en el contenido de aceite de nuez pecán obtenido

El propósito de la investigación de esta primera parte del capítulo fue evaluar el efecto del tamaño de las partículas de nuez pecán en el contenido de aceite obtenido.

Para ello se obtuvo aceite de nuez pecán a escala laboratorio y a escala industrial. Los resultados se muestran a continuación.

IV.4.1.1. Obtención de aceite a escala de laboratorio

El contenido de aceite de las nueces utilizadas como materia prima fue $76,77 \pm 0,78$ % y el de humedad $4,78 \pm 0,32$ %.

La [Figura IV. 4](#) muestra las nueces luego de ser trituradas y tamizadas para la separación por tamaños de partícula.

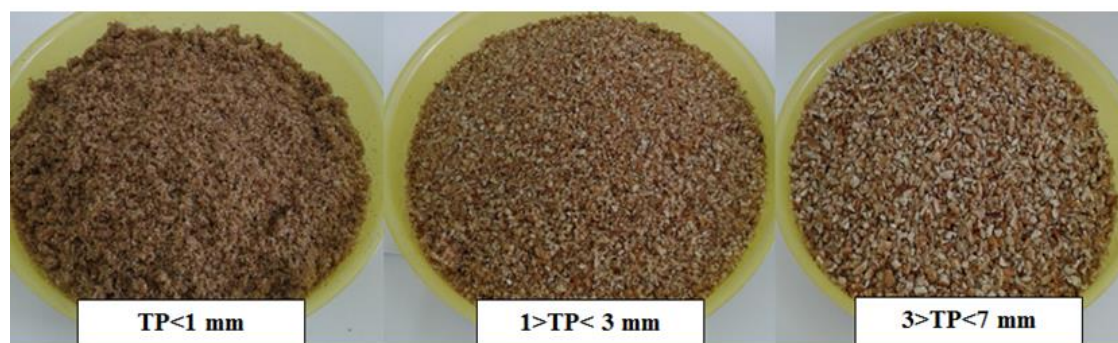


Figura IV. 4 Nueces trituradas y clasificadas según los tamaños de partículas. Pequeño (TP < 1 mm), Mediano (1 > TP < 3 mm) y Grande (3 > TP < 7 mm). TP: Tamaño de partícula.

Se puede visualizar en la [Tabla IV.2](#) que, a escala laboratorio, el menor tamaño de partícula utilizada permitió la obtención de un mayor contenido en aceite. Cuando se pasó del tamaño de partícula de Grande a Mediano se obtuvo un rendimiento 303,7 % superior, mientras que cuando se pasó de Mediano al tamaño Pequeño, la cantidad de aceite obtenido fue superior en un 152,1 %.

Tabla IV. 2 Contenido de aceite obtenidos con diferentes tamaño de partículas de nuez pecán a escala laboratorio.

Tamaño de partícula (mm)		Contenido de aceite (mL de aceite/kg de nuez)
Grande	3 > TP < 7	93,7 ± 27,4 c
Mediano	1 > TP < 3	284,6 ± 32,7 b
Pequeño	TP ≤ 1	432,9 ± 38,0 a

Valores expresados como promedio de 3 determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias ($p < 0,05$). TP: Tamaño de partícula.

IV.4.2.2. Obtención de aceite a escala industrial

A escala industrial la cantidad de aceite obtenida aumentó de forma significativa respecto de la extracción en laboratorio para todos los rangos de tamaño de partícula ensayados, obteniéndose cantidades comprendidas entre 449,5 y 504,3 mL de aceite/kg de nuez pecán (Tabla IV. 3).

Se encontró elevada correlación inversa ($r = - 0,992$) entre el tamaño de partícula y la cantidad de aceite, lo que denota que a menor tamaño de partícula mayor fue el volumen de aceite obtenido por kg de nuez pecán triturada.

Tabla IV. 3 Contenido de aceites obtenidos con diferentes tamaños de partículas de nuez pecán a escala industrial.

Tamaño de partícula (mm)		Contenido de aceite (mL de aceite/kg de nuez)
Grande	3 > TP < 5	449,5
Mediano	1 > TP < 3	481,2
Pequeño	TP ≤ 1	504,3

TP: Tamaño de partícula.

De lo expuesto se concluye que cuanto menor fue el tamaño de partícula de las nueces mayor fue la cantidad de aceite obtenida, tanto a escala laboratorio como industrial. Para un mismo rango de tamaño de partícula, a escala industrial la extracción de aceite fue superior que a escala laboratorio.

IV.4.2. Segunda Parte. Determinación de las mejores condiciones de prensado en la obtención de aceite

Como se explicó en el Apartado IV.3.2.3, para la etapa de prensado se llevó a cabo un diseño experimental para obtener la mejor combinación de los factores experimentales –humedad y temperatura– de la nuez triturada durante el prensado de forma de obtener los más altos de Ra y calidad del aceite.

A continuación, se presentan los resultados de Ra y de los ensayos fisicoquímicos y sensoriales llevados a cabo en los aceites obtenidos en las corridas del diseño experimental.

IV.4.2.1 Rendimiento de obtención de aceite

El contenido inicial de aceite de las nueces fue $70,52 \pm 0,39$ %; mientras que, la humedad fue $4,92 \pm 0,07$ %.

El Ra en cada corrida del diseño experimental se muestra en la [Tabla IV. 4](#), cuyo rango de variación estuvo comprendido entre $12,73 \pm 1,49$ % y $30,18 \pm 0,67$ %. Para un mismo valor de humedad de la nuez triturada durante el prensado, el Ra aumentó con el incremento de la temperatura; mientras que, para una misma temperatura, el Ra fue mayor a mayor humedad. El valor más alto se obtuvo para la condición de $61,2$ °C y $7,5$ % de humedad.

Por otra parte, cabe aclarar que en el desarrollo experimental de la corrida N° 8 se obtuvo la mayor extracción de aceite durante los dos primeros ciclos de compresión de la etapa de prensado (100 kgf/m² durante 5 min y 200 kgf/m² durante 10 min), mientras que en el último ciclo de compresión (300 kgf/m² durante 5 min) no hubo extracción. Esto estaría indicando que podría suprimirse un ciclo de la etapa de prensado.

Tabla IV. 4 Rendimientos de aceites obtenidos con diferentes combinaciones de temperatura y humedad durante la etapa de prensado.

Corrida	Factores experimentales		Rendimiento de obtención de aceite (%)
	Temperatura de prensado (°C)	Humedad de la nuez triturada (%)	
1	55,0	5,0	24,55 ± 1,71 bc
2	18,8	7,5	12,73 ± 2,40 e
3	40,0	11,0	24,20 ± 1,28 bcd
4	40,0	7,5	25,99 ± 0,15 b
5	25,0	10	20,53 ± 1,57 cd
6	40,0	7,5	24,60 ± 1,34 bc
7	40,0	4,0	20,19 ± 1,15 d
8	61,2	7,5	30,18 ± 1,11 a
9	40,0	7,5	25,66 ± 1,45 b
10	25,0	5,0	25,90 ± 0,27 b
11	55,0	10,0	27,28 ± 1,53 ab

Valores expresados como promedio de 3 determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias ($p < 0,05$).

IV.4.2.2. Índice de peróxidos

El rango de variación del IP fue $1,00 \pm 0,14 - 2,45 \pm 0,61$ meq O₂/kg aceite (Tabla IV. 5). En términos generales se puede señalar que, para un mismo valor de temperatura, el IP aumentó cuanto mayor fue la humedad de la nuez triturada; mientras que esta variable también aumentó con el incremento de la temperatura para un determinado valor de humedad.

Tabla IV. 5 Índice de peróxidos de aceites obtenidos con diferentes combinaciones de temperatura y humedad durante la etapa de prensado.

Corrida	Factores experimentales		Índice de peróxidos (meq O ₂ /kg aceite)
	Temperatura de prensado (°C)	Humedad de la nuez triturada (%)	
1	55,0	5,0	1,90 ± 0,15 abc
2	18,8	7,5	1,10 ± 0,15 c
3	40,0	11,0	2,06 ± 0,22 abc
4	40,0	7,5	1,27 ± 0,30 c
5	25,0	10,0	2,45 ± 0,61 a
6	40,0	7,5	1,10 ± 0,14 c
7	40,0	4,0	1,20 ± 0,00 c
8	61,2	7,5	2,37 ± 0,02 ab
9	40,0	7,5	1,53 ± 0,23 bc
10	25,0	5,0	1,00 ± 0,14 c
11	55,0	10,0	1,46 ± 0,11 bc

Valores expresados como promedio de 3 determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias ($p < 0,05$).

IV.4.2.3. Coeficientes de extinción específica: dienos (K_{232}) y trienos (K_{270}) conjugados

El K_{232} tuvo una variabilidad entre $0,97 \pm 0,00 \%$ y $1,31 \pm 0,04 \%$ y el K_{270} , entre $0,04 \pm 0,00 \%$ y $0,08 \pm 0,00 \%$ (Tabla IV. 6). En ambos coeficientes se observó que para una misma temperatura los valores fueron más bajos cuanto menor fue el contenido de humedad de la nuez triturada. Sin embargo, no hubo un comportamiento manifiesto cuando se modificó la temperatura y se mantuvo sin variación la humedad.

Se observa en la tabla que en la corrida N° 7 ($T= 40,0 \text{ °C} - H= 4,0 \%$) el K_{270} fue $0,08 \pm 0,00 \%$; valor superior al correspondiente al de los otros aceites obtenidos. Este valor fue adjudicado a la gran turbidez que presentó la muestra debido a la presencia de sólidos finos en suspensión, por lo que no se lo incluyó en los análisis estadísticos ni tampoco como respuesta para evaluar la eficacia de los tratamientos. Esta presencia de sólidos finos en suspensión fue atribuida a la baja humedad que tuvo la nuez triturada al momento del prensado. También Fantino *et al.* (2020) obtuvieron altos valores de finos en aceites en los que las semillas de pistacho tuvieron un bajo contenido de

humedad (3 %); mientras que a humedades mayores (7 % – 11 %) el contenido de finos fue menor. Los autores atribuyeron este comportamiento a que la torta que se prensa se vuelve más compacta a mayor humedad, causando que una menor cantidad de sedimento pueda pasar a través de los orificios del lienzo durante el prensado.

Tabla IV. 6 Coeficientes de extinción específica: dienos (K_{232}) y trienos (K_{270}) conjugados de aceites obtenidos con diferentes combinaciones de temperatura y humedad durante la etapa de prensado.

Corrida	Factores experimentales		K_{232} (%)	K_{270} (%)
	Temperatura de prensado (°C)	Humedad de la nuez triturada (%)		
1	55,0	5,0	0,97 ± 0,00 d	0,04 ± 0,00 ab
2	18,8	7,5	1,03 ± 0,01 bcd	0,05 ± 0,00 ab
3	40,0	11,0	1,03 ± 0,01 bcd	0,05 ± 0,00 a
4	40,0	7,5	1,04 ± 0,02 bcd	0,04 ± 0,00 ab
5	25,0	10	1,31 ± 0,04 a	0,05 ± 0,00 ab
6	40,0	7,5	1,10 ± 0,01 b	0,05 ± 0,00 ab
7	40,0	4,0	0,98 ± 0,01	0,08 ± 0,00
8	61,2	7,5	1,07 ± 0,02 bc	0,04 ± 0,00 ab
9	40,0	7,5	1,23 ± 0,00 a	0,05 ± 0,00 ab
10	25,0	5,0	1,23 ± 0,02 a	0,04 ± 0,00 b
11	55,0	10,0	1,26 ± 0,05 a	0,05 ± 0,00 a

Valores expresados como promedio de 3 determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias ($p < 0,05$). Para el ensayo estadístico no se tuvo en cuenta el aceite obtenido en la corrida 7 puesto que se obtuvo un aceite turbio.

IV.4.2.4. Estabilidad oxidativa y tiempo de inducción

La EO de los distintos aceites estuvo comprendida entre $5,53 \pm 0,01$ h y $8,45 \pm 0,34$ h; mientras que el TI, entre $4,51 \pm 0,07$ h y $7,66 \pm 0,04$ h (Tabla IV. 7). En la Figura IV. 5 se observa, a modo de ejemplo, cómo se fue modificando conductividad eléctrica en función del tiempo en el aceite obtenido en la corrida N° 10. La línea roja señala el valor correspondiente al TI.

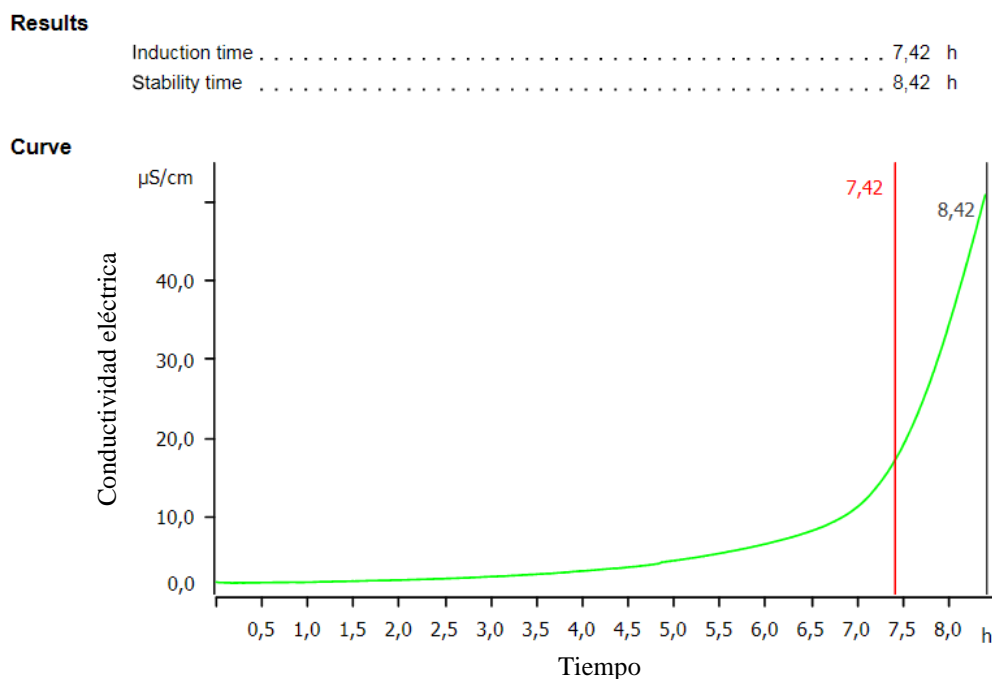


Figura IV. 5 Variación de la conductividad eléctrica en función del tiempo a flujo de aire de 20 L/h y temperatura de 110 °C. La grafica se corresponde con una de las repeticiones de la corrida N° 10.

En cuanto a los resultados de EO y TI para los distintos aceites obtenidos en el diseño experimental, se puede señalar que para un mismo valor de humedad se observó que la estabilidad de los aceites fue inversamente proporcional a la temperatura de prensado. Por su parte, para igual temperatura la estabilidad fue mayor cuanto más alta fue la humedad de las nueces trituradas durante el prensado.

Tabla IV. 7 Estabilidad oxidativa y tiempo de inducción de aceites obtenidos con diferentes combinaciones de temperatura y humedad durante la etapa de prensado.

Corrida	Factores experimentales		Estabilidad oxidativa (h)	Tiempo de inducción (h)
	Temperatura de prensado (°C)	Humedad de la nuez triturada (%)		
1	55,0	5,0	5,56 ± 0,13 e	4,71 ± 0,13 cd
2	18,8	7,5	6,68 ± 0,07 c	5,89 ± 0,06 b
3	40,0	11,0	8,06 ± 0,01 ab	7,25 ± 0,06 a
4	40,0	7,5	5,80 ± 0,04 de	4,75 ± 0,16 cd
5	25,0	10	7,90 ± 0,20 b	7,15 ± 0,04 a
6	40,0	7,5	6,86 ± 0,42 c	6,05 ± 0,24 b
7	40,0	4,0	7,96 ± 0,13 b	7,16 ± 0,01 a
8	61,2	7,5	5,53 ± 0,01 e	4,51 ± 0,07 d
9	40,0	7,5	6,11 ± 0,06 d	5,38 ± 0,04 bc
10	25,0	5,0	8,45 ± 0,34 a	7,66 ± 0,04 a
11	55,0	10,0	8,11 ± 0,08 ab	7,41 ± 0,11 a

Valores expresados como promedio de 3 determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias ($p < 0,05$).

IV.4.2.5. Grado de acidez

El GA es una de las características químicas que mejor definen la calidad de un aceite o grasa, pues indica la alteración de los triglicéridos debida a hidrólisis química o enzimática (García-Martínez *et al.*, 2014).

En la **Tabla IV. 8** se observa que cuando se mantuvo uno de los factores experimentales constante, el GA fue directamente proporcional a la temperatura y a la humedad; siendo el rango de variación $0,15 \pm 0,01$ % y $0,52 \pm 0,02$ % de ácido oleico.

Tabla IV. 8 Grado de acidez de aceites obtenidos con diferentes combinaciones de temperatura y humedad durante la etapa de prensado.

Corrida	Factores experimentales		Grado de acidez (% de ácido oleico)
	Temperatura de prensado (°C)	Humedad de la nuez triturada (%)	
1	55,0	5,0	$0,19 \pm 0,00$ e
2	18,8	7,5	$0,24 \pm 0,00$ d
3	40,0	11,0	$0,36 \pm 0,01$ b
4	40,0	7,5	$0,27 \pm 0,00$ c
5	25,0	10	$0,33 \pm 0,01$ b
6	40,0	7,5	$0,26 \pm 0,02$ cd
7	40,0	4,0	$0,16 \pm 0,01$ f
8	61,2	7,5	$0,28 \pm 0,01$ c
9	40,0	7,5	$0,28 \pm 0,01$ c
10	25,0	5,0	$0,15 \pm 0,01$ f
11	55,0	10,0	$0,52 \pm 0,02$ a

Valores expresados como promedio de 3 determinaciones \pm desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias ($p < 0,05$).

IV.4.2.6. Color

La luminosidad estuvo comprendida entre $25,14 \pm 0,44$ y $32,13 \pm 0,12$ y los parámetros a^* y b^* , entre $0,27 \pm 0,03$ – $2,47 \pm 0,04$ y $11,68 \pm 0,49$ – $26,29 \pm 0,20$; respectivamente (**Tabla IV. 9**). Para una determinada humedad, se observó que el incremento de la temperatura provocó un oscurecimiento en los aceites; mientras que cuando se incrementó la humedad manteniendo la temperatura no se halló un comportamiento definido.

Los valores más bajos de L^* y b^* correspondió al aceite de la corrida N° 7, lo que fue atribuido a la presencia de sólidos finos en suspensión. El aceite obtenido en las condiciones de la corrida N° 10 ($T= 25,0\text{ }^{\circ}\text{C} - H= 5,0\%$) fue la que mostró tonalidades más claras, lo que se visualiza por presentar valores más altos de luminosidad y b^* y más bajos de a^* . Por su parte, el aceite que tuvo valores bajos de L^* y b^* y altos de a^* fue la correspondiente a la corrida N° 11 ($T= 55,0\text{ }^{\circ}\text{C} - H= 10,0\%$), señalando que este aceite presentó tonalidades más oscuras.

Tabla IV. 9 Parámetros de color de aceites obtenidos con diferentes combinaciones de temperatura y humedad durante la etapa de prensado.

Corrida	Factores experimentales		L*	a*	b*
	Temperatura de prensado (°C)	Humedad de la nuez triturada (%)			
1	55,0	5,0	30,47 ± 0,13 c	0,96 ± 0,05 e	24,35 ± 0,38 b
2	18,8	7,5	31,36 ± 0,05 b	1,16 ± 0,03 d	26,29 ± 0,20 a
3	40,0	11,0	29,77 ± 0,12 de	0,95 ± 0,04 e	23,48 ± 0,03 bcd
4	40,0	7,5	30,04 ± 0,03 cd	1,36 ± 0,02 c	24,07 ± 0,11 bc
5	25,0	10	32,13 ± 0,12 a	0,72 ± 0,04 f	24,54 ± 0,17 b
6	40,0	7,5	32,03 ± 0,09 a	0,90 ± 0,03 e	24,28 ± 0,49 b
7	40,0	4,0	25,14 ± 0,44 f	1,07 ± 0,07 d	11,68 ± 0,49 f
8	61,2	7,5	29,34 ± 0,13 e	1,84 ± 0,05 b	22,56 ± 0,27 de
9	40,0	7,5	29,98 ± 0,37 d	1,08 ± 0,06 d	22,95 ± 1,44 cde
10	25,0	5,0	32,07 ± 0,10 a	0,27 ± 0,03 g	26,29 ± 0,19 a
11	55,0	10,0	29,37 ± 0,08 e	2,47 ± 0,04 a	22,11 ± 0,13 e

Valores expresados como promedio de 3 determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias ($p < 0,05$).

IV.4.2.7. Análisis sensorial

4.2.7.1. Aceptabilidad

En la [Tabla IV. 10](#) se muestran que todos los aceites superaron el límite de calidad o aceptabilidad (*cut-off*), marcación que se corresponde con el nivel de aceptación “Ni me gusta ni me disgusta” (puntuación 5). Los niveles más altos de aceptabilidad correspondieron a ponderaciones comprendidas entre “Me gusta un poco” y “Me gusta moderadamente”.

[Tabla IV. 10](#) Aceptabilidad de aceites obtenidos con diferentes combinaciones de temperatura y humedad durante la etapa de prensado.

Corrida	Factores experimentales		Aceptabilidad
	Temperatura de prensado (°C)	Humedad de la nuez triturada (%)	
1	55,0	5,0	5,63 ± 1,98 abc
2	18,8	7,5	6,26 ± 1,78 a
3	40,0	11,0	6,23 ± 1,85 ab
4	40,0	7,5	6,11 ± 1,60 abc
5	25,0	10	6,21 ± 1,64 ab
7	40,0	4,0	5,44 ± 1,73 bc
8	61,2	7,5	6,18 ± 1,67 ab
10	25,0	5,0	5,52 ± 1,78 abc
11	55,0	10,0	5,32 ± 2,55 c

Valores expresados como promedio de 103 determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias ($p < 0,05$).

En la [Figura IV. 6](#) se observa la distribución de frecuencias relativas de los niveles de aceptación para el aceite cuya temperatura y humedad de prensado fueron 55,0 °C y 5,0 %, respectivamente. El 58,7 % de los jueces manifestaron un nivel de aceptación entre 6 y 9; el 21,7 % le otorgó la calificación de 5 y el 19,6 % niveles de aceptación de entre 1 y 4.

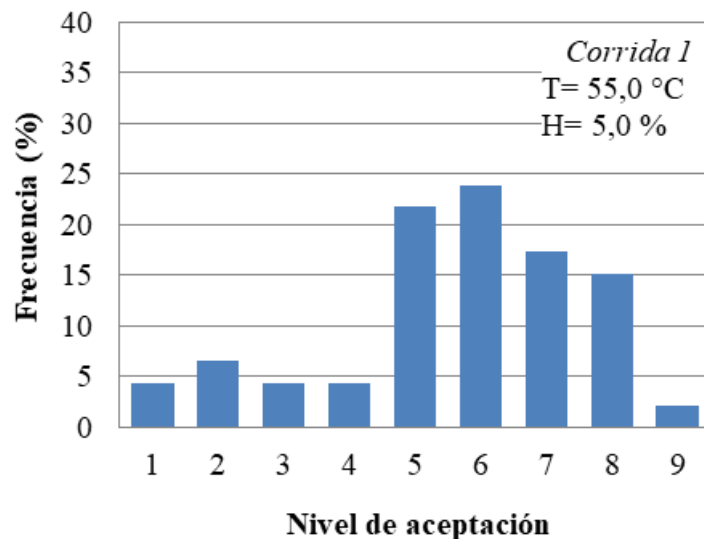


Figura IV. 6 Distribución de frecuencias de niveles de aceptación de aceite obtenido a 55,0 °C de temperatura y 5,0 % de humedad, durante la etapa de prensado.

El aceite obtenido en las condiciones de T= 18,8 °C – H= 7,5 % tuvo una mayor proporción de jueces que valoraron positivamente este producto (71,3 %), el 14,8 % expresaron indiferencia (5) y el 13,9 % cierto nivel de desagrado (entre 1 y 4) (Figura IV. 7).

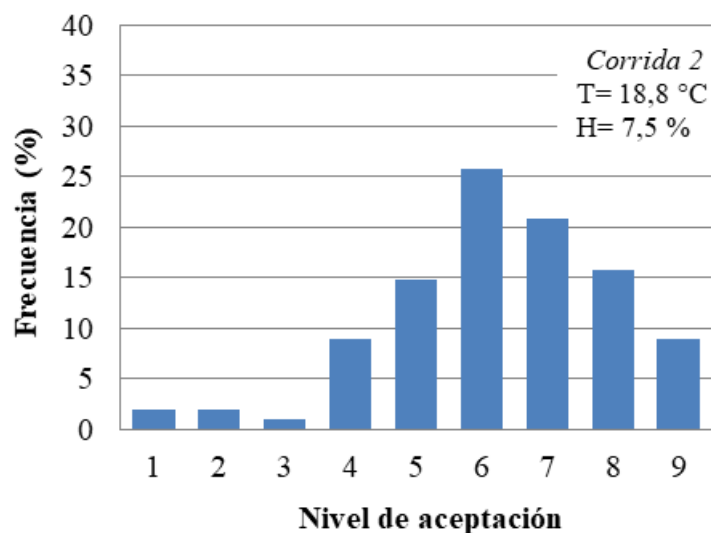


Figura IV. 7 Distribución de frecuencias de niveles de aceptación de aceite obtenido a 18,8 °C de temperatura y 7,5 % de humedad, durante la etapa de prensado.

Por su parte, el producto elaborado a $T= 40,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $H= 11,0\%$ el 69,6 % de los jueces expresaron niveles de aceptación comprendidos entre 6 y 9; el 8,7 % manifestó indiferencia y 21,7 % asignó calificaciones comprendidas entre 2 y 4 (Figura IV. 8).

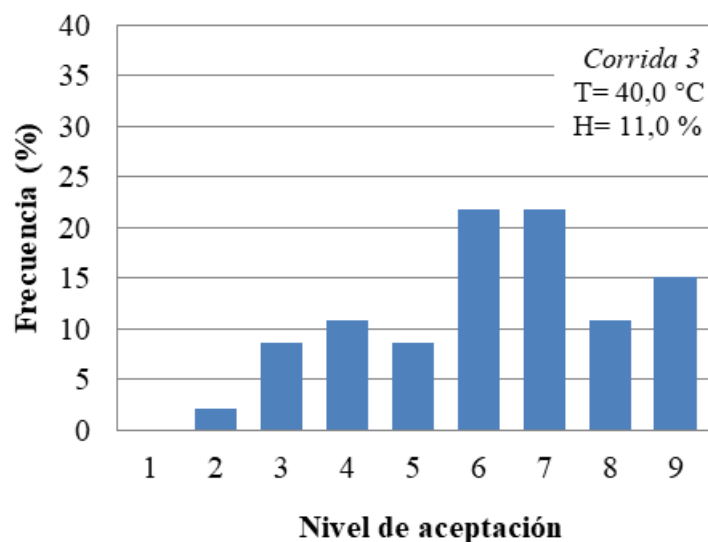


Figura IV. 8 Distribución de frecuencias de niveles de aceptación de aceite obtenido a $40,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ de temperatura y $11,0\%$ de humedad, durante la etapa de prensado.

Para el aceite elaborado a $T= 40,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $H= 7,5\%$ el 66,7 % de los catadores otorgó un nivel de aceptación entre 6 y 9; el 19,0 % asignó la calificación de 5 y el 14,3 %, puntuaciones entre 2 y 4 (Figura IV. 9).

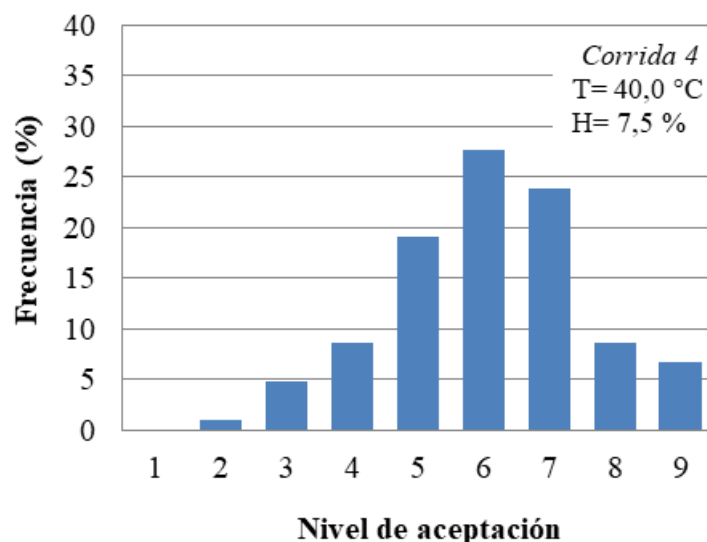


Figura IV. 9 Distribución de frecuencias de niveles de aceptación de aceite obtenido a 40,0 °C de temperatura y 7,5 % de humedad, durante la etapa de prensado.

En el histograma de frecuencias para el aceite correspondiente a las condiciones de T= 25,0 °C – H= 10,0 % (Figura IV. 10), se observa que el 70,9 % de los jueces expresaron valoraciones positivas, el 17,5 % señalaron indiferencia y el 11,6 % manifestaron valoraciones negativas.

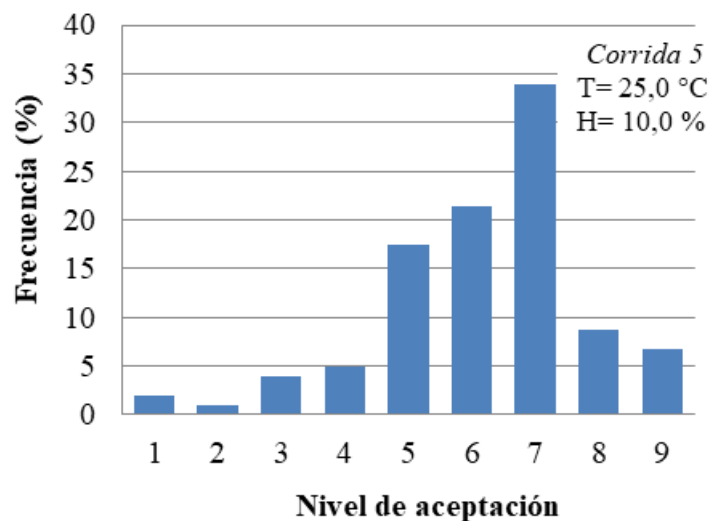


Figura IV. 10 Distribución de frecuencias de niveles de aceptación de aceite obtenido a 25,0 °C de temperatura y 10,0 % de humedad, durante la etapa de prensado.

Para el aceite elaborado a $T=40,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $H=4,0\%$ los resultados fueron algo distintos a los anteriores (Figura IV. 11). La frecuencia con niveles de aceptación entre 6 y 9 alcanzó el 41,3 % y el 23,9 % correspondieron a niveles de aceptación entre 2 y 4; en cambio este fue el aceite que tuvo un mayor grado de indiferencia (34,8 %).

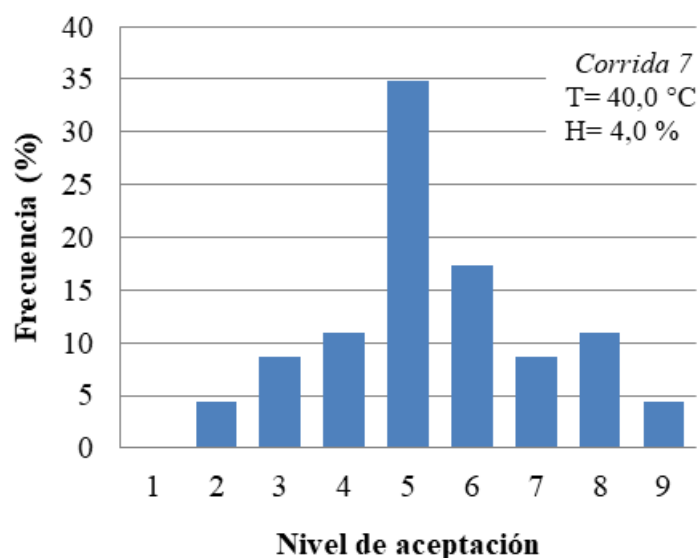


Figura IV. 11 Distribución de frecuencias de niveles de aceptación de aceite obtenido a $40,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ de temperatura y $4,0\%$ de humedad, durante la etapa de prensado.

Cuando el producto se obtuvo en las condiciones de prensado de $T=61,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $H=7,5\%$ las frecuencias fueron: 63,0 %, 17,4 % y 19,6 % para los niveles de aceptación entre 6 y 9, 5 y entre 2 y 4; respectivamente (Figura IV. 12).

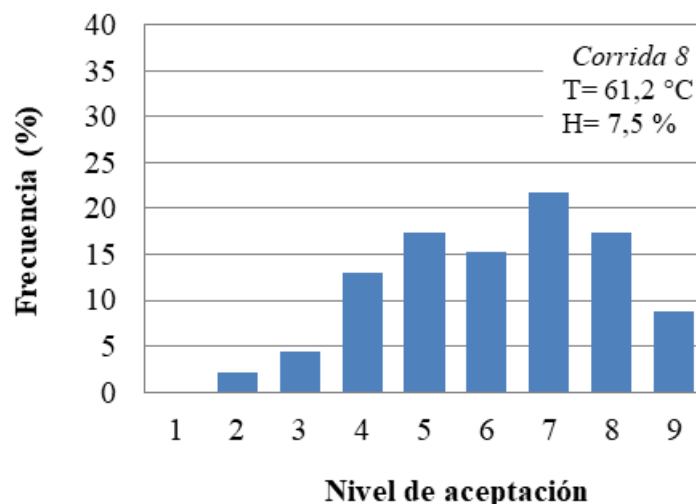


Figura IV. 12 Distribución de frecuencias de niveles de aceptación de aceite obtenido a 61,2 °C de temperatura y 7,5 % de humedad, durante la etapa de prensado.

Otro aceite en el que los catadores expresaron alto grado de indiferencia (28,3 %) fue el obtenido a T= 25,0 °C – H= 5,0 %; en estas condiciones el 50,0 % de los jueces manifestó niveles de aceptación entre 6 y 9 y el 21,7 %, entre 1 y 4 (Figura IV. 13).

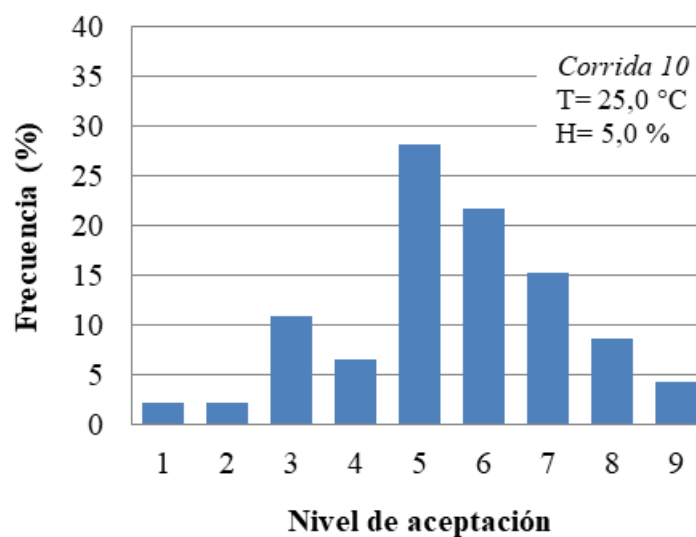


Figura IV. 13 Distribución de frecuencias de niveles de aceptación de aceite obtenido a 25,0 °C de temperatura y 5,0 % de humedad, durante la etapa de prensado.

Por último, cuando las condiciones de prensado fueron altos valores de temperatura y humedad (T= 55,0 °C – H= 10,0 %) se obtuvo una distribución de frecuencia de los

niveles de aceptación similar al aceite elaborado a escala industrial con la variedad Shoshoni (Capítulo III), donde se observó la presencia de “aglomerados” de consumidores (Figura IV. 14). En este aceite el 52,2 % de los catadores expresaron niveles de aceptación entre “Me gusta un poco” y “Me gusta muchísimo”, el 8,7 % expresó “Ni me gusta ni me disgusta” y el 39,1 % valoró el producto con niveles de aceptación entre “Me disgusta muchísimo” y “Me disgusta un poco”.

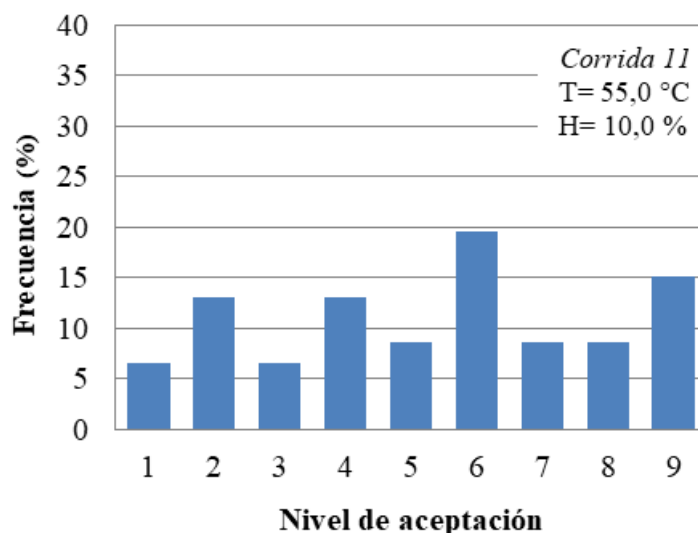


Figura IV. 14 Distribución de frecuencias de niveles de aceptación de aceite obtenido a 55,0 °C de temperatura y 10,0 % de humedad, durante la etapa de prensado.

4.2.7.2. Análisis CATA

Como se explicó en la metodología, se realizó un análisis CATA para 9 de los aceites obtenidos. Con los datos recabados se confeccionó una tabla de frecuencias (Tabla IV. 11).

Tabla IV. 11 Tabla de frecuencias de descriptores de aceites obtenidos con diferentes combinaciones de temperatura y humedad durante la etapa de prensado.

Corrida	Factores experimentales		Sabor agradable	Sabor a nuez	Sabor suave	Dulce	Color claro	Brillante	Tostado	Fluido	Espeso	Color intenso	Cocido
	T (°C)	H (%)											
1	55,0	5,0	14	21	22	4	11	14	6	13	18	9	2
2	18,8	7,5	23	32	18	8	12	18	6	12	10	8	1
3	40,0	11,0	23	30	22	7	9	19	5	8	12	11	3
4	40,0	7,5	19	25	20	6	11	15	2	14	12	7	2
5	25,0	10	18	30	18	5	12	16	3	10	13	9	1
7	40,0	4,0	14	18	28	4	14	6	5	5	27	6	4
8	61,2	7,5	19	33	20	7	8	14	3	11	11	11	0
10	25,0	5,0	16	22	29	5	16	12	1	10	15	7	1
11	55,0	10,0	15	16	9	8	7	12	12	9	15	11	2

T= Temperatura, H= Humedad de prensado.

Tabla IV. 11 (continuación) Tabla de frecuencias de descriptores de aceites obtenidos con diferentes combinaciones de temperatura y humedad durante la etapa de prensado.

Corrida	Factores experimentales		Ahumado	Insípido	Astringente	Rancio	Amargo	Picante	Sabor desagrado	Sabor fuerte	Aroma a madera	Olor extraño
	T (°C)	H (%)										
1	55,0	5,0	4	3	3	3	8	1	5	4	1	9
2	18,8	7,5	3	5	0	3	4	3	2	2	4	3
3	40,0	11,0	3	2	1	2	4	0	3	7	7	4
4	40,0	7,5	3	6	2	2	2	2	0	7	6	4
5	25,0	10	0	4	4	2	3	0	2	6	6	5
7	40,0	4,0	3	9	2	3	5	0	1	1	4	4
8	61,2	7,5	3	3	3	4	4	0	2	7	8	4
10	25,0	5,0	0	9	4	1	5	1	4	0	4	7
11	55,0	10,0	2	3	6	8	3	3	7	13	5	17

T= Temperatura, H= Humedad de prensado.

A partir de los datos recabados se realizó un AC. La primera y la segunda dimensión explicaron el 69,13 % de la varianza de los datos experimentales. Cabe recordar que, la distancia entre los puntos correspondientes a las muestras es una medida de su similitud. Por lo tanto, se identificaron cuatro grupos de muestras con características sensoriales similares, como se puede apreciar en la [Figura IV. 15](#).

Aceites elaborados en las condiciones ubicadas en valores negativos de la primera y segunda dimensión ($T= 25,0\text{ }^{\circ}\text{C} - H= 10,0\text{ }%$; $T= 40,0\text{ }^{\circ}\text{C} - H= 7,5\text{ }%$; $T= 18,8\text{ }^{\circ}\text{C} - H= 7,5\text{ }%$; $T= 40,0\text{ }^{\circ}\text{C} - H= 11,0\text{ }%$ y $T= 61,2\text{ }^{\circ}\text{C} - H= 7,5\text{ }%$;) se destacaron por tener sabor a nuez y presentar aspecto brillante, además por los atributos “sabor agradable”, “aroma a madera”, “dulce”, “color intenso” y “fluido”. Por su parte, aceites cuya nuez triturada tuvieron baja humedad y temperatura moderada durante el prensado ($T= 40,0\text{ }^{\circ}\text{C} - H= 4,0\text{ }%$ y $T= 25,0\text{ }^{\circ}\text{C} - H= 5,0\text{ }%$) quedaron ubicados en el cuadrante superior izquierdo y se destacaron por ser de sabor suaves y espesos, aunque también los jueces los encontraron con atributos a insípido, amargo, cocido y color claro. En cambio, los aceites con una temperatura mayor que los anteriores ($T= 55,0\text{ }^{\circ}\text{C} - H= 5,0\text{ }%$ y $T= 55,0\text{ }^{\circ}\text{C} - H= 10,0\text{ }%$) se posicionaron en el cuadrante superior derecho y conformaron individualmente los dos grupos restantes. Uno formado por la corrida N° 11 ($T= 55,0\text{ }^{\circ}\text{C} - H= 10,0\text{ }%$) que se caracterizó por los atributos “olor extraño”, “sabor fuerte”, “sabor tostado”, “rancio”, “picante” y “sabor desagradable”; y otro por la corrida experimental N° 1 ($H= 5\text{ }% - T= 55\text{ }^{\circ}\text{C}$) que se caracterizó por los atributos “espeso”, “amargo”, “ahumado” y “astringente”.

De lo expuesto se puede concluir que los jueces en la evaluación sensorial expresaron preferir los aceites cuya materia prima presentaron durante el prensado humedades entre intermedias y altas y temperaturas moderadas, otorgándoles a estos aceites los atributos de “sabor a nuez”, “agradable”, “dulce”, “brillante”, “color intenso” y “fluido”.

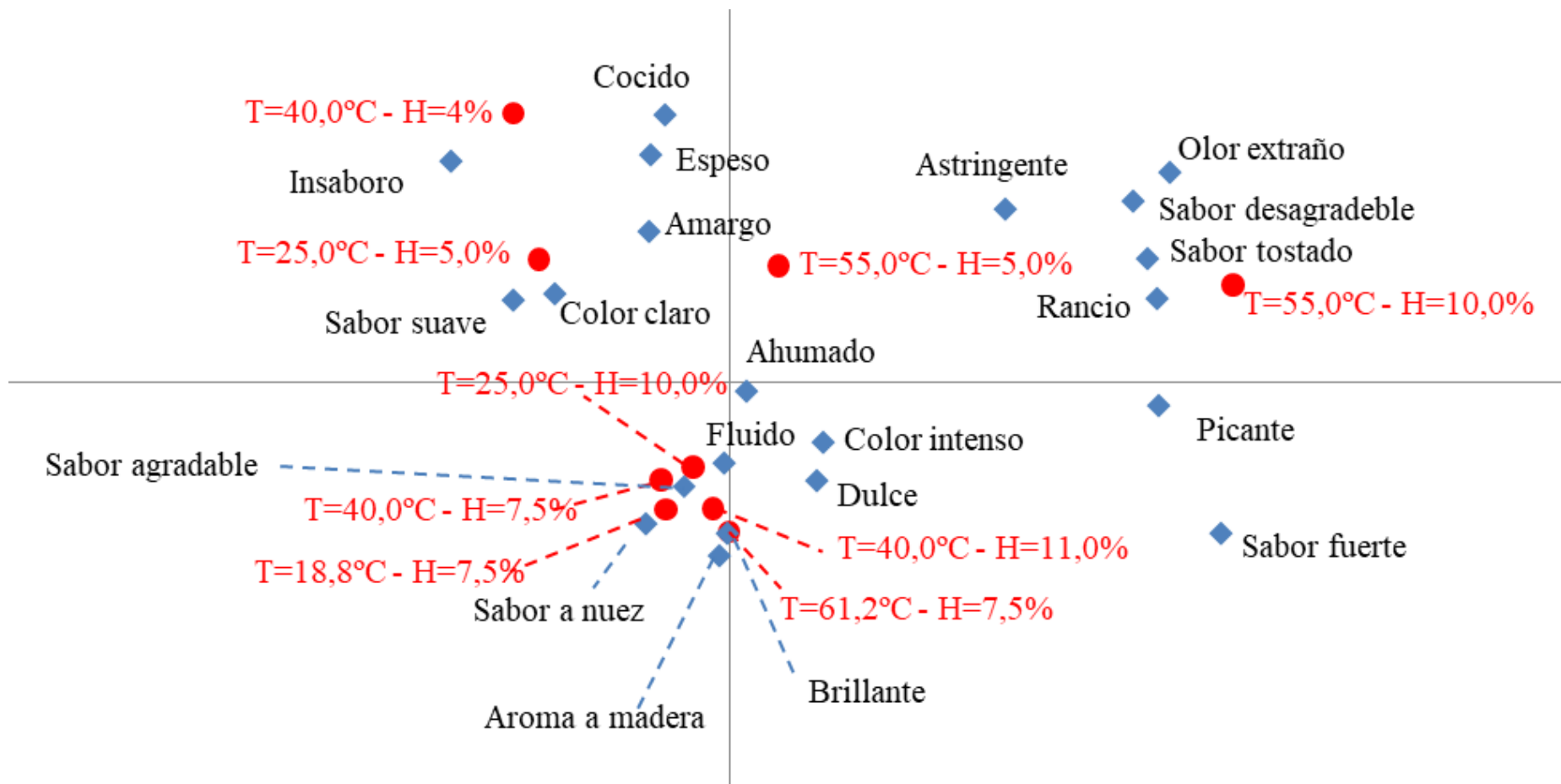


Figura IV. 15 Representación de muestras y términos en la primera y segunda coordenadas del Análisis de Correspondencia, realizada sobre la frecuencia de uso de los términos de las preguntas CATA para la evaluación de nueve muestras de aceites obtenidos con diferentes combinaciones de temperatura y humedad durante la etapa de prensado.

IV.4.2.8. Efecto de los factores experimentales en los parámetros fisicoquímicos y sensoriales

Se señaló en la metodología que mediante Análisis de Varianza se determinó si los factores experimentales –temperatura o humedad de la nuez triturada en el prensado– tuvieron una influencia significativa en alguna de las variables antes analizadas. Se puede ver en la [Tabla IV. 12](#) los valores del estadístico p para la temperatura y humedad en sus componentes lineal y cuadrática, como así también para la interacción temperatura–humedad. La temperatura en su componente cuadrática (T^2) y la interacción temperatura–humedad ($T \times H$) tuvieron un $p < 0,05$ para el Ra; como así también la temperatura en su componente lineal (T) y la $T \times H$ mostraron un $p < 0,05$ para el IP. Los factores experimentales no presentaron influencia significativa en las demás variables dependientes cuantificadas. Por lo tanto, se tomaron como variables respuestas del diseño experimental el Ra y el IP.

La ecuación de la superficie de respuesta obtenida para el Ra fue la siguiente:

$$Ra = 12,89 - 0,006 \times T^2 + 0,05 \times T \times H \quad \text{Ecuación IV. 4}$$

Y la ecuación para el IP fue:

$$IP = 0,77 + 0,03 \times T - 0,01 \times T \times H \quad \text{Ecuación IV. 5}$$

Dónde:

T= Temperatura de la nuez triturada durante el prensado ($^{\circ}\text{C}$).

H= Humedad de la nuez triturada durante el prensado (%).

Cabe aclarar que en las ecuaciones anteriores se desestimaron los términos de los factores experimentales, ya sea en sus componentes lineal o cuadrática, que no tuvieron influencia significativa en el Ra o en el IP.

El estadístico R^2 , la MEA y el p-Durbin-Watson que figuran en la [Tabla IV. 12](#) determinan la calidad de los modelos ajustados. El R^2 del Ra indicó que el modelo así ajustado explicó el 67 % de la variabilidad de dicha variable respuesta. También el Ra cumplió con los otros dos criterios de calidad de ajuste del modelo, esto es bajo valor de la MEA y el p de DW mayor a 0,05.

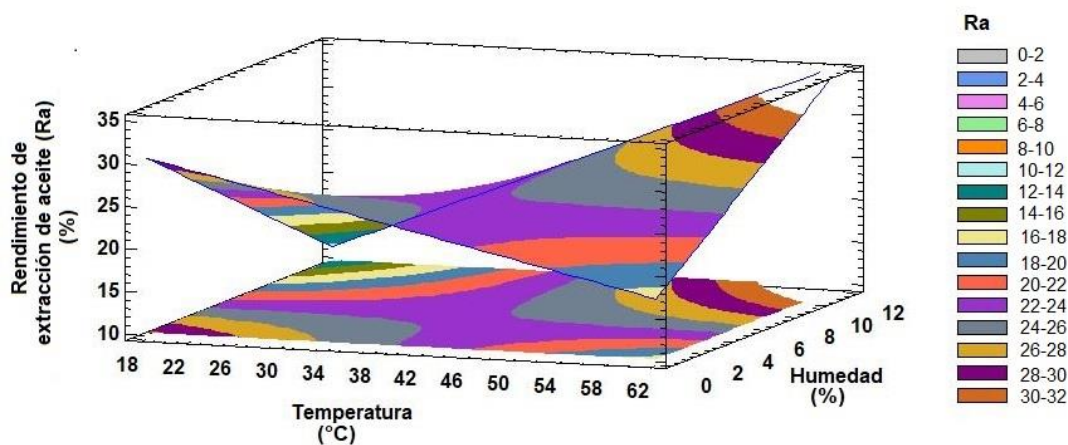
Tabla IV. 12 Tabla de Análisis de Varianza de los factores experimentales sobre las variables fisicoquímicas y sensoriales.

Variables dependientes	p-Tempera- tura (T)	p-Humedad (H)	p-T ²	p-T × H	p-H ²	Coefficiente de determina- ción (R ²)	Media del error absoluto (MEA)	p-Durbin- Watson
Rendimiento de obtención de aceite	0,17	0,08	0,04	0,03	0,09	67	1,91	0,84
Índice de peróxidos	0,04	0,58	0,13	0,04	0,20	81	0,19	0,8
Coefficientes de extinción específica de dienos (K ₂₃₂) conjugados	0,31	0,44	0,91	0,40	0,68	32	0,05	0,3
Coefficientes de extinción específica de trienos (K ₂₇₀) conjugados	0,18	0,18	0,62	0,31	0,49	78	0,01	0,08
Estabilidad oxidativa	0,06	0,07	0,89	0,10	0,05	88	0,32	0,06
Tiempo de inducción	0,08	0,08	0,90	0,13	0,06	86	0,35	0,09
Grado de acidez	0,80	0,21	0,80	0,23	0,87	87	0,03	0,88
L*	0,73	0,18	0,68	0,78	0,24	52	1,08	0,88
a*	0,82	0,42	0,44	0,29	0,66	71	0,26	0,99
b*	0,73	0,16	0,51	0,95	0,23	52	2,05	0,63
Aceptabilidad	0,34	0,06	0,77	0,12	0,11	72	0,13	0,29

En negritas se muestran los valores de p de los factores experimentales que tuvieron influencia significativa en las variables respuesta.

Esto último también se cumplió para el IP, mientras que el valor 81 % para el R^2 señaló que la calidad de ajuste del modelo fue satisfactoria.

A partir de cada ecuación se estudió la influencia de los factores experimentales en el Ra y en el IP. Para ello, se elaboraron gráficos de superficie de respuesta y contornos de la superficie de respuesta. Así, la [Figura IV. 16](#) muestra las estimaciones para el Ra en función de la temperatura y la humedad de las nueces trituradas en el prensado. Se puede visualizar en la figura que, para la región experimental estudiada, los más altos Ra se obtuvieron a altos valores de temperatura y humedad.



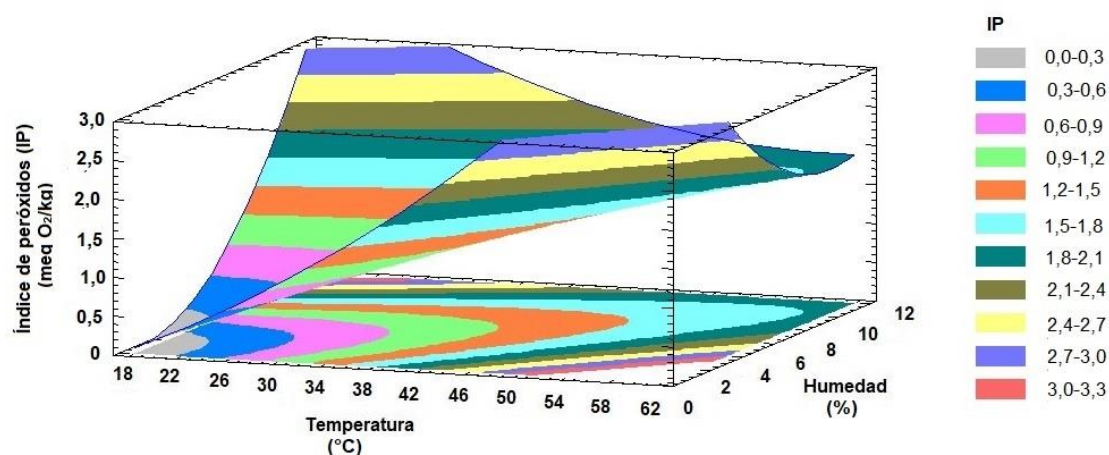
[Figura IV. 16](#) Superficie de respuesta (gráfico superior) y contornos de la superficie de respuesta (gráfico inferior) para el rendimiento de obtención de aceite en función de la temperatura y la humedad de las nueces trituradas durante la etapa de prensado.

A continuación, se obtuvieron los niveles de los factores experimentales que maximizaron el Ra ([Tabla IV. 13](#)).

[Tabla IV. 13](#) Combinación de factores experimentales que maximizó el rendimiento de extracción de aceite (Ra) con la metodología de superficie de respuesta (MSR).

Factor experimental	Valor óptimo	Valor del Ra maximizado con MSR
Temperatura (°C)	61,2	30,9 %
Humedad (%)	11,0	

En la [Figura IV. 17](#) se observan las estimaciones para el IP en función de la temperatura y la humedad. Contrariamente a lo observado para el Ra, valores inferiores de IP se observan a valores bajos de temperatura y humedad.



[Figura IV. 17](#) Superficie de respuesta (gráfico superior) y contornos de la superficie de respuesta (gráfico inferior) para el índice de peróxidos en función de la temperatura y la humedad de las nueces trituradas durante la etapa de prensado.

En la [Tabla IV. 14](#) se muestra la combinación de factores experimentales que minimizaron el IP.

[Tabla IV. 14](#) Combinación de factores experimentales que minimizaron el índice de peróxidos (IP) con la metodología de superficie de respuesta (MSR).

Factor experimental	Valor óptimo	Valor del IP minimizado con MSR
Temperatura (°C)	18,8	0,44 meq O ₂ /kg aceite
Humedad (%)	4,0	

De lo expuesto anteriormente, se puede observar que las condiciones experimentales que permitieron maximizar el Ra y las que posibilitaron minimizar el IP se contraponen, por lo que con la función deseabilidad se obtuvo la combinación de factores experimentales que maximizó el Ra y minimizó el IP simultáneamente. La función deseabilidad mostró valores más elevados para valores intermedios de temperatura y

humedad. En la [Figura IV.18](#) se grafican las estimaciones de esta función versus la temperatura y humedad de las nueces durante la etapa de prensado.

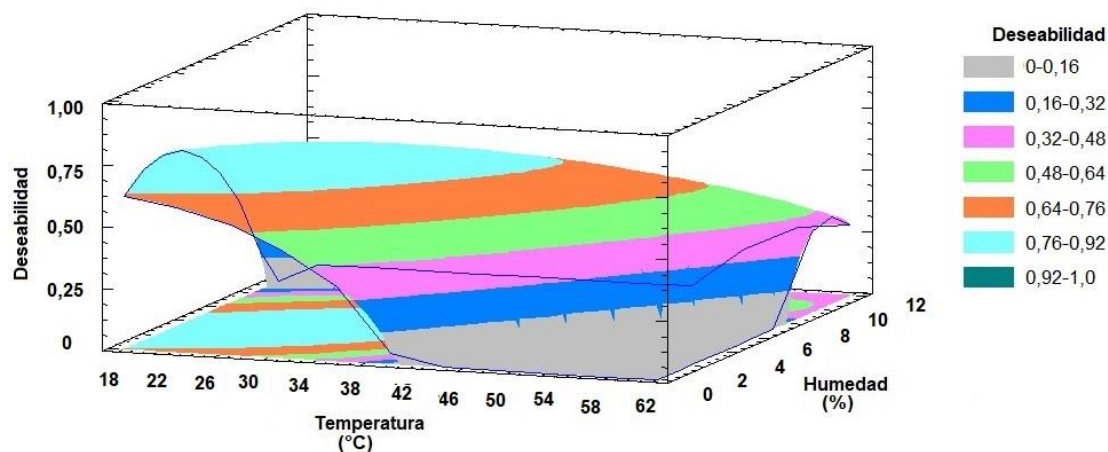


Figura IV.18 Deseabilidad en función de la temperatura y la humedad de las nueces trituradas durante la etapa de prensado.

Con la herramienta optimizar deseabilidad del software STATGRAPHICS Centurión XV Versión 15.2.06 se obtuvo que la mejor temperatura y humedad para llevar a cabo la etapa de prensado es 34,7 °C y 5,4 % ([Tabla IV. 15](#)). En estas condiciones la función deseabilidad tomó el valor de 0,79; lo que señala que la combinación de factores experimentales obtenida fue adecuada (Montgomery, 2013). En las condiciones anteriormente señaladas los valores predichos para Ra e IP fueron 23,6 % y 0,99 meq O₂/kg; respectivamente.

Tabla IV. 15 Combinación de factores experimentales que maximizaron la función deseabilidad.

Factor experimental	Valor óptimo	Deseabilidad
Temperatura (°C)	34,7	0,79
Humedad (%)	5,4	

IV.4.2.9. Validación del modelo

Se mencionó en la metodología que para validar el modelo obtenido con la MSR se elaboró aceite, para comparar los valores predichos con los resultados experimentales

del Ra e IP. A los efectos de simplificar el control de temperatura en la etapa de prensado se decidió trabajar con nueces trituradas a 35 °C y 5,5 % de humedad.

El contenido inicial de humedad de las nueces fue $8,21 \pm 0,5$ %, por lo que fue necesario efectuar un secado hasta alcanzar un $5,56 \pm 0,39$ % de humedad.

A continuación, se obtuvo el aceite según se describió en el Apartado IV.3.2.2 y se cuantificaron el Ra y el IP. Los resultados se muestran en la [Tabla IV. 16](#).

Tabla IV. 16 Comparación entre valores predichos y resultados experimentales para rendimiento de extracción de aceite e índice de peróxidos.

Factor experimental	Valores predichos	Valores experimentales
Rendimiento de extracción de aceite (%)	23,6	$22,27 \pm 1,18$
Índice de peróxidos (meq O ₂ /kg aceite)	0,99	$0,95 \pm 0,10$

Se puede observar que los valores predichos y los resultados experimentales para Ra e IP fueron muy próximos. Por lo tanto, se consideró válido el modelo obtenido con la MSR.

En la [Figura IV. 19](#) se puede visualizar el aceite obtenido en las condiciones experimentales correspondiente a la validación del modelo propuesto.



Figura IV. 19 Aceite de nuez pecán obtenido durante la validación del modelo.

IV.5. Discusión

En la primera parte del presente Capítulo, “Influencia del tamaño de partícula en el contenido de aceite de nuez pecán obtenido” los resultados mostraron que cuanto menor fue el tamaño de partícula utilizada en el prensado mayor fue la cantidad de aceite de nuez pecán; obteniéndose para un TP<1 mm $432,9 \pm 38,0$ mL de aceite/kg de nuez. A escala industrial la cantidad más alta de aceite obtenida, de 504,3 mL de aceite/kg de nuez, se correspondió con el TP<1 mm. Se destaca que, para tratamientos equivalentes, a escala industrial se obtuvo mayor cantidad de aceite que a escala laboratorio. Cuando se pasó de escala laboratorio a escala industrial en los tamaños de partícula Grande, el incremento de extracción de aceite fue de 379,72 %; lo que se atribuyó a que el mayor tamaño de partícula obtenido fue menor a escala industrial (5 mm) favoreciendo la extracción. Además, la trituradora industrial realizó un cierto grado de extrusión en las nueces que promovió la liberación de aceite. Cuando se obtuvo aceite con el tamaño de partícula Mediano, también hubo un incremento del rendimiento de extracción, de 93,56 %; lo que se atribuyó al fenómeno de extrusión y a la formación de aglomerados de partículas pequeñas, que no atravesaron el menor tamiz. Sin embargo, cuando las materias primas fueron nueces trituradas de tamaño Pequeño, la diferencia entre las escalas laboratorio e industrial fue mucho menor, 16,49 %.

En este mismo sentido, Bhuiya *et al.* (2020) observaron que el tamaño de partícula tuvo un efecto significativo en el rendimiento de extracción de aceite de semillas de palo María enteras (1,0 a 1,5 cm de diámetro y 1,5 a 2,5 cm de longitud) y trituradas (0,50 a 0,84 mm) en el proceso de prensado utilizando prensa de tornillo; siendo mayor el rendimiento de extracción al utilizar las semillas de menor tamaño. El rendimiento de extracción de aceite obtenido por dichos autores fue de 78,0 % para los granos rayados, contra 72,1 % para los granos enteros.

En la segunda parte del capítulo, “Determinación de las mejores condiciones de prensado en la obtención de aceite”, se observó un incremento en el Ra cuanto mayores fueron la temperatura y humedad de la nuez triturada durante la etapa de prensado, lo que se atribuyó a que la aplicación de tratamientos térmicos y de humidificación previo al prensado provocó una expansión y ruptura de las estructuras celulares e incrementó la plasticidad y permeabilidad del material, facilitando la salida del aceite y el consiguiente aumento del Ra (Martinez *et al.*, 2017). Para las semillas oleaginosas con alto contenido de proteínas, la coagulación de estas debido al tratamiento térmico, puede tener un efecto significativo positivo en la recuperación de aceite (Pradhan *et al.*, 2011).

Sin embargo, Rombaut *et al.* (2015) encontraron que, a medida que aumentaba el contenido de humedad, el rendimiento de aceite disminuía para semillas de uva de 3 variedades diferentes. Este mismo efecto fue encontrado por Khan y Hanaa, (1983) para soja y por Singh *et al.* (2002) para semillas de Crambe. Por su parte, Pradhan *et al.* (2011) encontraron un aumento en el Ra de semillas de jatropha al aumentar la humedad hasta cierto valor óptimo, luego aumentos adicionales en la humedad de la semilla resultaron en una rápida disminución en la recuperación de aceite. Resultados similares obtuvieron Singh y Bargale (2000) y Martínez *et al.* (2013b) en el caso del prensado de almendras.

En general, el IP aumentó con el incremento de la temperatura y humedad de prensado. Al igual que en la presente investigación, se encontraron reportes que hacen referencia al incremento del IP cuando se trabajó a elevadas temperaturas. Así cuando se extrajo aceite de pistachos con prensa hidráulica, previamente secados a 70 °C, se alcanzaron IP algo superiores a 2 meq de O₂/kg de aceite, contra 0,5 meq de O₂/kg de aceite cuando la temperatura fue menor o igual a 50 °C (Sena Moreno *et al.*, 2015). Según Godson y Bassey (2015) y Lafont *et al.* (2019) cuando los valores de IP son superiores a 2 meq O₂/Kg los aceites son propensos a presentar rancidez. En la presente investigación, solo dos de los aceites presentaron IP superiores al valor señalado por estos investigadores y fueron los aceites cuyas condiciones se correspondieron con la más alta humedad (Corrida 3: H= 11,0 % – T= 40,0 °C) y la temperatura más elevada (Corrida 8: T= 61,2 °C – H= 7,5 %). No obstante, ninguno de los resultados superó el valor máximo fijado por el Codex (FAO/OMS) para aceites especiales no refinados (15 meq O₂/kg de aceite).

Al igual que el IP, valores más altos de humedad dieron como resultado valores mayores de los K₂₃₂ y K₂₇₀. Los valores obtenidos en esta investigación fueron ligeramente inferiores a los reportados para aceites de nuez tipo mariposa cultivada en Catamarca (Argentina) y obtenidos en condiciones similares (H= 7,5 % – T= 50,0 °C), cuyo K₂₃₂ y K₂₇₀ fueron 1,18 ± 0,01 % y 0,06 ± 0,00 % (Martínez *et al.*, 2013b). Adicionalmente, los resultados de la presente Tesis Doctoral fueron parecidos a los encontrados por Oro *et al.* (2008) para aceite de nuez pecán (K₂₃₂ de 0,83 ± 0,00 % y K₂₇₀ de 0,03 ± 0,02 %); e inferiores a los obtenidos por Fantino *et al.* (2020), quienes encontraron valores de K₂₃₂ y K₂₇₀ dentro de los rangos de 1,6 – 1,8 % y 0,14 – 0,16 %; respectivamente. Estos últimos autores concluyeron que los diferentes tratamientos de

extracción tuvieron efectos mínimos sobre los parámetros fisicoquímicos de calidad de aceite de pistacho.

Los parámetros EO y TI mostraron que los aceites se conservaron mejor a menor temperatura y mayor humedad, señalando que los tratamientos térmicos provocaron una disminución en la calidad de los aceites; esto fue atribuido a que los productos de oxidación tienden a aumentar con el incremento de temperatura, según señalaron Sena-Moreno *et al.* (2015) en la obtención de aceite de pistacho al pasar de temperatura ambiente a temperaturas de 30, 50 y 70 °C. En este sentido, los valores obtenidos en la presente Tesis Doctoral, fueron inferiores a los reportados por otros autores (Oro *et al.*, 2008; Rábago-Panduro *et al.*, 2020) para aceite de nuez pecán obtenidos con prensa de tornillo. Oro *et al.* (2009) obtuvieron el valor de EO de 9,8 h, mientras que Rábago-Panduro *et al.* (2020) tuvieron valores que fluctuaron de $10,4 \pm 0,4$ h a $10,9 \pm 0,3$ h según el tratamiento aplicado.

Por otro lado, los GA de los aceites fueron menores cuanto más bajos fueron la temperatura y la humedad de las nueces. Martínez *et al.* (2017) encontraron variaciones del GA entre 0,06 % y 0,17 % de ácido oleico para aceite de nuez tipo mariposa; mientras que en los aceites de almendra el GA varió de 0,33 % a 0,47 % de ácido oleico. Estos autores concluyeron que los diferentes tratamientos de extracción tuvieron efectos mínimos sobre los parámetros de calidad química de los aceites; no obstante, esto puede deberse a que la variación de la humedad de la pasta que se prensó fue de 5,5 % a 10,0 % para nuez y de 9,0 % a 11,0 % de humedad para almendra, variaciones inferiores a las evaluadas en la presente tesis. Para aceites de nuez pecán de la variedad Barton obtenidos con prensa hidráulica sin aplicar calentamiento durante el prensado se publicaron valores de GA de $0,13 \pm 0,01$ % de ácido oleico (Polmann *et al.*, 2019), valores semejantes a los obtenidos en la presente investigación cuando se trabajó a bajas temperaturas.

Cabe destacar que ninguno de los parámetros indicadores de deterioro oxidativo de los aceites, cualquiera sea el tratamiento, superaron los señalados en el Capítulo VII del Código Alimentario Argentino (CAA) para aceite de oliva virgen extra que estipula valores máximos de acidez libre expresada en ácido oleico de 2 g cada 100 g, K_{232} de 2,50 %; K_{270} de 0,22 % e IP de 20 meq O_2 /kg (Art. 535 CAA). En cuanto al aceite de girasol el CAA en el artículo 528 señala para aceite girasol virgen un IP máximo de 15 meq O_2 /kg y GA de 2 % expresada como ácido oleico, mientras que para aceite girasol refinado los máximos establecidos son 10 meq O_2 /kg y 0,2 %; respectivamente.

Por lo tanto, ninguno de los aceites obtenidos de acuerdo a los tratamientos del diseño experimental superaron los valores de IP indicados por el CAA ya sea para aceite de girasol virgen o refinado, como tampoco el GA para el caso de aceite de girasol virgen. Sin embargo, únicamente los aceites cuya materia prima tuvo baja humedad (entre 4,0 % y 5,0 %) no superaron el GA señalado por el CAA para la categoría de aceite de girasol refinado.

Los resultados de los parámetros de color medidos en el espacio CIEL*a*b* mostraron que el incremento de la temperatura de prensado afectó el color del producto final provocando un oscurecimiento; mientras que a bajas temperaturas los aceites fueron más claros. Pero, como se dijo anteriormente, el incremento de la humedad no provocó un comportamiento manifiesto en estos parámetros. En este sentido, Prabhakar *et al.* (2022), indicaron que a mayor temperatura, la tasa de descomposición de los flavonoides y los productos de la reacción de Maillard aumentan, generando coloraciones con mayor componente a*. Por otra parte, Abenoza *et al.* (2013) indicaron que la temperatura más alta utilizada durante la elaboración de aceite de oliva, podría facilitar la extracción de pigmentos. Con lo cual, aceites producidos a menor temperatura poseen mayor L*, debido a que los pigmentos captan parte de la luz en lugar de transmitirla. De lo expuesto, a mayor temperatura los aceites presentan mayor componente a* y menores luminosidad y componente b*, por lo cual son más oscuros.

Los resultados de aceptabilidad muestran claramente que los consumidores tuvieron distintos niveles de aceptación, dependiendo de las condiciones de las variables estudiadas durante el prensado. No obstante, todos los aceites tuvieron valoraciones que superaron el nivel de aceptación “Ni me gusta ni me disgusta”. Sin embargo, los jueces expresaron preferir los aceites cuya materia prima durante el prensado presentaron humedades entre intermedias y altas y temperaturas moderadas (T= 25,0 °C – H= 10,0 %; T= 40,0 °C – H= 7,5 %; T= 18,8 °C – H= 7,5 %; T= 40,0 °C – H= 11,0 % y T= 61,2 °C – H= 7,5 %;), otorgándoles a estos aceites los atributos de “sabor a nuez”, “agradable”, “dulce”, “brillante”, “color intenso” y “fluido”. Entre el 52,2 % y 71,3 % de quienes participaron de la evaluación sensorial los calificaron con niveles de aceptación entre “Me gusta un poco” y “Me gusta muchísimo”. Referido al análisis fisicoquímico, los aceites con baja humedad tuvieron bajos IP, mientras que los que fueron elaborados a partir de nueces trituradas con más elevada humedad presentaron los IP más altos. En general, tuvieron valores de K₂₃₂ y K₂₇₀, de GA y de los parámetros

de color L*, a* y b* intermedios, mientras que tuvieron una estabilidad oxidativa entre media y alta.

En una investigación referida a la elaboración de aceites de pistacho también obtuvieron que a temperaturas más bajas los aceites mostraron aromas más naturales que recordaban a pistachos frescos y coloraciones claras; mientras que a mayor temperatura los aceites se caracterizaron por aromas a tostados y coloraciones más oscuras (Sena-Moreno *et al.*, 2015).

En un grupo intermedio del análisis CATA se encontraron los aceites elaborados a partir de nueces trituradas con baja humedad y temperaturas moderadas en el prensado (T= 40,0 °C – H= 4,0 % y T= 25,0 °C – H= 5,0 %). Estos fueron caracterizados como de “sabores suaves” e “insípidos”, además de “espesos”, de “color claro”, “cocido” y “amargo”. En la evaluación sensorial de aceptabilidad una alta proporción de los evaluadores (28,3 % – 34,8 %) los catalogaron con el nivel de aceptación “Ni me gusta ni me disgusta”. No obstante, recibieron calificaciones positivas por casi la mitad de los catadores (41,3 % – 50,0 %). Adicionalmente, estos aceites presentaron altos valores de EO y TI y bajos valores de IP, de K₂₃₂ y K₂₇₀, de GA y de los parámetros de color L*, a* y b*, por lo que estos aceites fueron los que presentaron tonalidades más claras, tal lo manifestado por los jueces en la evaluación sensorial.

Por último, se encuentran los aceites que se destacaron por una caracterización negativa; estos fueron los que se obtuvieron a altas temperaturas de prensado (T= 55,0 °C – H= 5,0 % y T= 55,0 °C – H= 10,0 %). Los atributos sobresalientes de la corrida T= 55,0 °C – H= 10,0 % fueron “sabor a tostado” y “olor extraño”, además de “sabor rancio”, “desagradable”, “picante” y “astringente”. Se destaca que en la prueba hedónica la aceptabilidad fue heterogénea, además de ser el aceite con la frecuencia más alta de valoraciones negativas (39,1 %). Mientras que el aceite obtenido a T= 55,0 °C – H= 5,0 % se caracterizó por ser “espeso”, “amargo”, “astringente” y poseer “sabor ahumado”. En estos aceites se cuantificaron valores intermedios de IP. Por su parte, el aceite elaborado a partir de una humedad del 5,0 % tuvo bajos valores de K₂₃₂ y K₂₇₀, de EO y TI y de GA; mientras que el que fue elaborado a partir de una humedad de prensado de 10,0 % presentó altos valores de K₂₃₂ y K₂₇₀, de EO y TI y de GA. En cuanto a los parámetros de color ambos mostraron tonalidades oscuras.

En el análisis del diseño experimental, mediante ANOVA, se obtuvo que los factores experimentales tuvieron influencia significativa en el Ra y en el IP, por lo que estos atributos fueron considerados como variables respuesta en la optimización del diseño

experimental. Con la MSR, utilizando la función deseabilidad, se obtuvieron los valores de temperatura y humedad que simultáneamente maximizaron el Ra y minimizaron el IP. Los ensayos de validación, señalaron correspondencia entre los valores de Ra y de IP predichos con la MSR y los valores experimentales.

Por lo tanto, en la región experimental estudiada, la temperatura y humedad de las nueces trituradas durante el prensado que maximizaron el Ra y minimizan el IP fue: 35 °C y 5,5 %, respectivamente.

Existen publicaciones en las que se estudiaron condiciones experimentales que maximizaron la obtención de aceite. Así en la investigación Martinez *et al.* (2017) de obtención de aceite de nuez tipo mariposa a la temperatura de 35 a 40 °C con prensa a escala industrial se obtuvo mayor Ra para una humedad de 7,21 %. El valor de Ra ascendió a $84,5 \pm 2,3$ % y el IP osciló entre 0,65 a 1,14 meq O₂/Kg de aceite; este valor de Ra fue notablemente superior al obtenido en la presente investigación, lo que se atribuyó al tipo de prensa utilizado y a que se trabajó a escala industrial. En tanto que Fantino *et al.* (2020) en la optimización de extracción de aceite de pistacho con prensa de tornillo concluyeron que es posible obtener aceites sin generar daño oxidativo y/o hidrolítico, con IP de 0,05 a 0,28 meq O₂ /kg de aceite en la región experimental comprendida entre H= 8 % – 10 % y T= 40 °C – 75 °C; en estas condiciones obtuvieron Ra de 65,97 % – 79,61 %. Estos valores de Ra fueron superiores a los de la presente investigación, lo que fue atribuido a la matriz diferente y a la prensa utilizada.

IV.6. Conclusiones

De lo expuesto se concluye que las variables tamaño de partícula, humedad y temperatura de la nuez triturada durante la etapa de prensado tuvieron influencia en el Ra; y que estas dos últimas variables también influyeron en el IP. En las condiciones ensayadas, se maximizó el Ra y minimizó el IP para tamaño de partícula igual o inferior a 1 mm, temperatura y humedad de las nueces trituradas de 35 °C y 5,5 %, respectivamente.

Capítulo V.
Calidad del aceite de nuez pecán durante el almacenamiento.

V.1. Introducción

Durante el almacenamiento las reacciones de oxidación, a menudo, conducen al deterioro de los aceites comestibles y las grasas ricas en ácidos grasos poliinsaturados y ácidos grasos monoinsaturados (Zhang *et al.* 2018). Entre las variables a ser controladas para minimizar la pérdida de calidad de alimentos se encuentra la combinación de temperatura y tiempo de almacenamiento. La oxidación es la razón principal de la degradación de la calidad durante el almacenamiento de los aceites y es uno de los parámetros más importantes utilizados para determinar la vida útil en los sistemas alimentarios (Symoniuk *et al.*, 2018; Dedebas *et al.*, 2021).

Los factores que intervienen en los procesos de degradación hidrolítica y oxidativa son muy diferentes; sin embargo, ambos interactúan y contribuyen en combinación a reducir la vida útil de los aceites vegetales. Además, las condiciones de almacenamiento y envasado pueden hacer que el aceite esté más protegido o más expuesto a los factores que favorecen la oxidación e hidrólisis de los lípidos (Fuentes *et al.*, 2013).

La autooxidación, es la principal reacción implicada en el deterioro de los lípidos. Existen dos tipos de variables que afectan a la oxidación de los aceites y grasas, las variables extrínsecas, que están relacionadas con las condiciones de almacenamiento, como temperatura, exposición a la luz y disponibilidad de oxígeno y las variables inherentes propias del aceite como los ácidos grasos, triglicéridos y componentes menores (antioxidantes y prooxidantes). Algunas variables extrínsecas se pueden controlar de manera parcial o total. Por ejemplo, para evitar la exposición a la luz, muchos aceites son envasados en envases opacos o coloreados (Chasquibol *et al.*, 2020). Asimismo, la temperatura es otro factor que incide de manera directa sobre la conservación, dado que los ácidos grasos poliinsaturados se ven afectados por esta variable (Calvo *et al.*, 2012; Alarcón Rivera *et al.*, 2019).

Para la determinación de la estabilidad oxidativa o para calcular la vida de almacenamiento, los aceites se almacenan durante un cierto período de tiempo en condiciones definidas. Si bien las pruebas de almacenamiento bajo condiciones de tiempo real resultan lentas, son más confiables que las pruebas realizadas en condiciones aceleradas; ya que estas últimas, requieren de temperaturas superiores a 60 °C, por lo que no es posible hacer una extrapolación fiable sobre la estabilidad oxidativa del aceite. La oxidación de los aceites normalmente procede muy lentamente a temperatura ambiente, pero se acelera durante el calentamiento o por exposición a la luz (Gertz *et al.*, 2014).

Uno de los factores que podría afectar negativamente la calidad de los aceites es la presencia de partículas finas o “finos”. Cuando estas están presentes, inicialmente el aceite se ve opaco y a medida que se van depositando en el fondo de la botella se observa una “borra”, que al verter el aceite se vuelve a dispersar enturbiándolo.

En aceites de nuez pecán obtenidos con prensas de tornillo helicoidal la presencia de finos es mayor que cuando se usan prensas hidráulicas. Algunos elaboradores de aceite de nuez pecán, aplican procesos de decantación y o centrifugación para reducir los finos presentes en los aceites obtenidos por prensado; mientras que otros envasan sus aceites sin incorporar una etapa de clarificación.

Si bien ambos tipos de prácticas son comunes en los elaboradores de aceites de nuez pecán, es escasa la información sobre cómo influyen estas partículas finas y la temperatura de almacenamiento en características de calidad de aceite de nuez pecán durante el período de almacenamiento. Por otra parte, las PyMES que elaboran aceites carecen de estudios objetivos que les permita decidir el tiempo de comercialización de los aceites, antes que estas se tornen de calidad inaceptable.

V.2. Objetivos

El objetivo de la investigación mostrada en este capítulo fue estudiar la evolución de la calidad de aceites de nuez pecán conservados a distintas temperaturas de almacenamiento.

V.3. Materiales y Métodos

V.3.1. Muestras

Se trabajó con nuez pecán de la variedad Success campaña 2019 recolectadas de un campo de la Estación Experimental Agropecuaria de INTA Concordia (Entre Ríos).

V.3.2. Procedimientos

Las nueces fueron cosechadas, lavadas en baño de agua con hipoclorito de sodio de concentración de 200 ppm de cloro activo, luego fueron craqueadas con cascadora (Lamaza) y descascaradas manualmente. A continuación, se llevó a cabo una selección con el fin de eliminar los granos podridos y necróticos, mientras que las mitades sanas se molieron en una trituradora industrial (Pagani, 32). Las muestras se tamizaron con un tamiz (Zonytest) hasta obtener una granulometría inferior a 1 mm (Figura V. 1).

A continuación, se efectuó una toma de muestra para determinar la humedad y se procedió al secado en estufa (Instrumentalia, DHG-9240) hasta alcanzar la humedad de 5,5 %, necesaria para la elaboración.

Las nueces trituradas se empaquetaron en tela en fracciones de 2 kg, luego se calentaron a $35,0 \pm 1,0$ °C en estufa (Instrumentalia, DHG-9240) y se prensaron para la extracción de aceite en prensa hidráulica abierta (Morano) a la que se le adaptó un sistema de platos proporcionado por la empresa IDEM Alimentos S.H. El prensado se realizó según se muestra a continuación:

- 1- Compresión durante 10 minutos a 100 kgf/m²
- 2- Compresión durante 10 minutos a 200 kgf/m²
- 3- Compresión durante 10 minutos a 300 kgf/m²

Al finalizar cada etapa de prensado, se descomprimió, antes de pasar a la siguiente etapa de compresión.

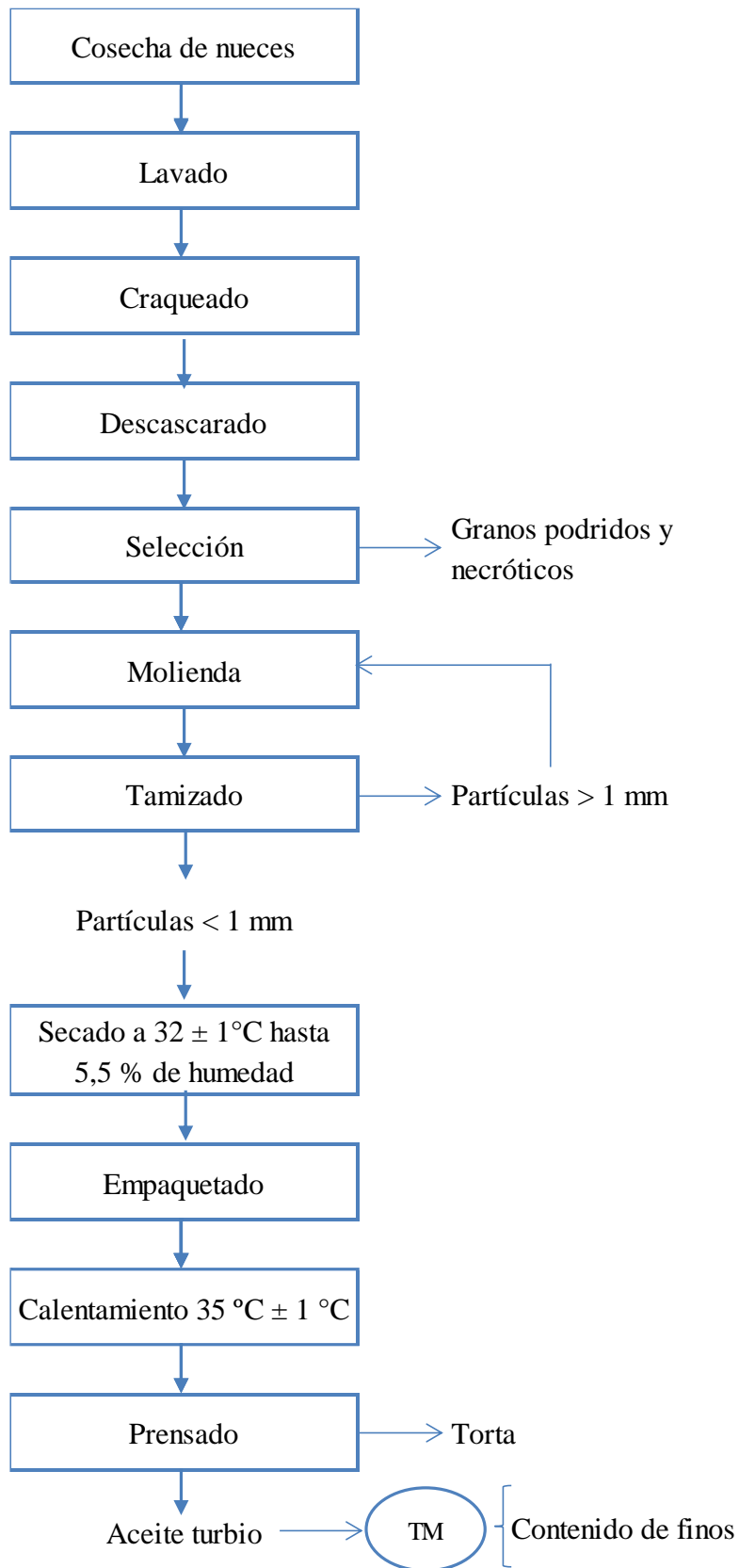


Figura V. 1 Obtención de aceite de nuez pecán. Estudios de evolución de su calidad durante el almacenamiento (continúa).

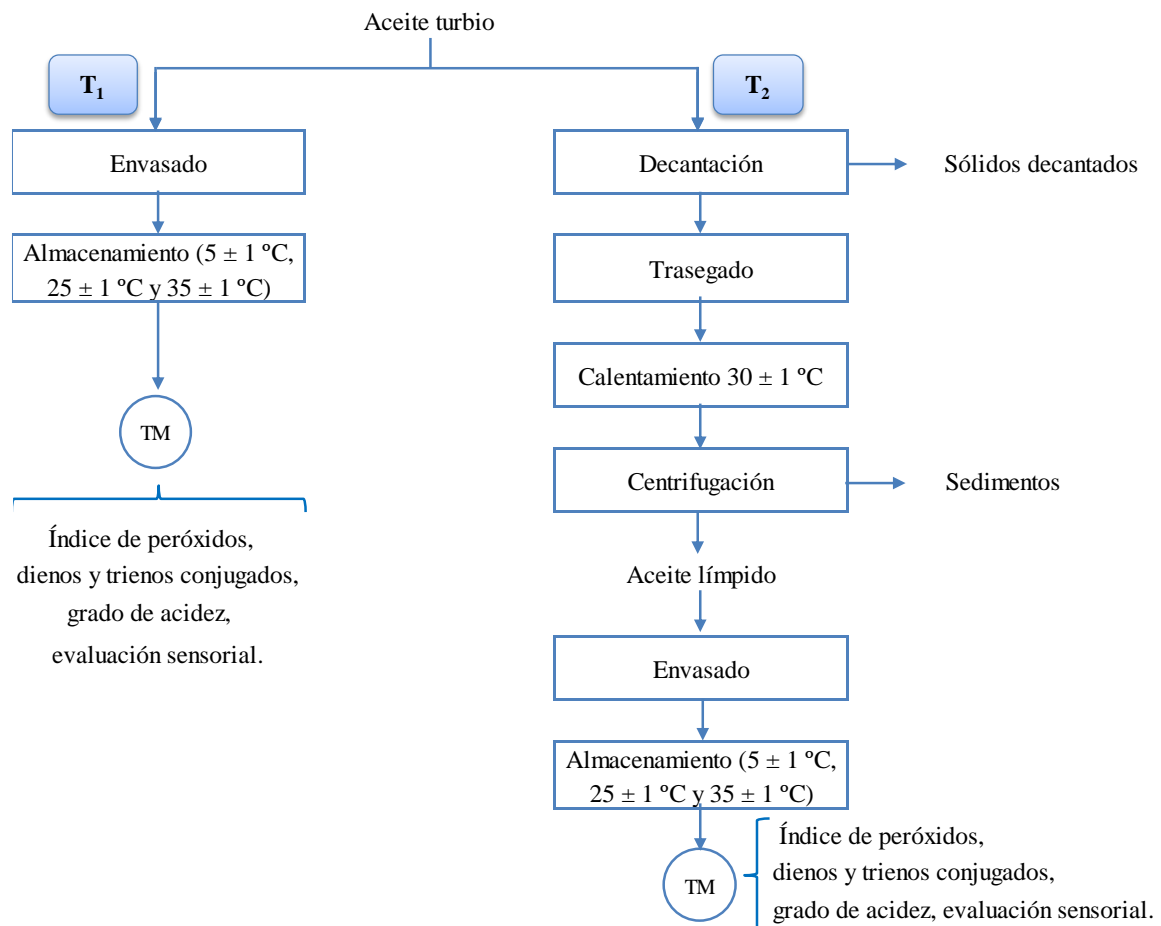


Figura V. 1 Obtención de aceite de nuez pecán. Estudios de evolución de su calidad durante el almacenamiento (continuación). T: Tratamiento, TM: Toma de muestra.

De la etapa de prensado se obtuvieron, por un lado el aceite turbio y, por otro lado, la torta. En el aceite se determinó el contenido de finos y se separó en 2 partes para llevar a cabo los siguientes 2 tratamientos:

T₁: El aceite turbio se envasó en frascos de vidrio color caramelo de 200 mL.

T₂: El aceite se dejó decantar en un frasco decantador plástico durante 20 d en cámara a 5 ± 1 °C. Finalizado el período se comprobó que el aceite continuaba turbio, por lo que se decidió continuar con la decantación por 14 d más, por lo que el tiempo total de decantación fue de 34 d. En virtud de que transcurrido ese tiempo no se consiguió un aceite límpido, se realizó un trasiego y se centrifugó en centrifuga (Themo Scientific Sorvall, ST 8) a 4500 rpm por 30 min. Para facilitar el centrifugado, previamente, se realizó el calentamiento del aceite a 30 ± 1 °C en estufa (Instrumentalia, DHG-9240). Posteriormente se envasó en frascos de vidrio color caramelo de 200 mL.

Para estudiar la evolución de la calidad de los aceites obtenidos, las muestras de aceites de los T₁ y T₂ se almacenaron a 3 temperaturas distintas:

T₁₍₅₎: Almacenamiento del aceite turbio a 5 ± 1 °C en cámara (Coiron) para simular el almacenamiento en condiciones de refrigeración.

T₁₍₂₅₎: Almacenamiento del aceite turbio a 25 ± 1 °C en estufa (Raypa) para simular el almacenamiento en locales comerciales o en hogares de los consumidores.

T₁₍₃₅₎: Almacenamiento del aceite turbio a 35 ± 1 °C en estufa (Raypa) para simular el almacenamiento en lugares con clima tropical, ya sea en locales comerciales o en los hogares de los consumidores.

T₂₍₅₎: Almacenamiento del aceite límpido a 5 ± 1 °C.

T₂₍₂₅₎: Almacenamiento del aceite límpido a 25 ± 1 °C.

T₂₍₃₅₎: Almacenamiento del aceite límpido a 35 ± 1 °C.

Periódicamente se tomaron muestras de los distintos tratamientos para evaluar el índice de peróxidos, dienos y trienos conjugados, grado de acidez y evaluación sensorial.

V.3.2.3. Técnicas analíticas

V.3.2.3.1. Humedad

La humedad de las nueces se cuantificó según se describió en el Apartado I.3.1.3.2.

V.3.2.3.2. Contenido de aceite

El contenido de aceite de las nueces se cuantificó según se describió en el Apartado IV.3.2.4.2.

V.3.2.3.3. Contenido de finos

Se tomaron muestras de 35 mL de aceite y se centrifugaron en centrífuga (Thermo Scientific Sorvall, modelo ST 8) a 4500 rpm por 30 min. El sobrenadante (aceite) se separó y los sedimentos se lavaron con ciclohexano. Para ello al tubo de centrífuga con los sedimentos se añadió 3 mL de ciclohexano y se mezcló con agitador vortex (DeCaLab S.R.L.) durante 1 min. Luego se centrifugó a 4500 rpm durante 15 min.

Posteriormente, los sedimentos recuperados se deshidrataron a 40 ± 1 °C en estufa (Instrumentalia, DHG-9240) hasta peso constante. Para todos los pesos se utilizó una balanza analítica (Ohaus, Pioneer, sensibilidad 0,0001 g).

El producto de la deshidratación se denominó “finos”, cuyo contenido se calculó según la siguiente ecuación.

$$\text{Contenido de finos (\%)} = \frac{P_f}{P_f + P_a} \times 100 \quad \text{Ecuación V.}$$

1

Dónde:

P_f: Peso de los finos (g)

P_a = Peso del aceite límpido (g)

V.3.2.3.4. Índice de peróxidos (IP)

La determinación de IP se efectuó según la metodología AOAC 965.33.2005 descrita en el Apartado I.3.1.3.1.

V.3.2.3.5. Coeficientes de extinción específica: dienos (K₂₃₂) y trienos (K₂₇₀) conjugados

La determinación se efectuó según la metodología descrita en el Apartado IV.3.2.4.4.

V.3.3.3.6. Grado de acidez (GA)

La determinación se efectuó según la metodología descrita en el Apartado IV.3.2.4.6.

V.3.3.3.7. Evaluación sensorial: Análisis Descriptivo Cuantitativo

El panel sensorial estuvo conformado por 11 jueces entrenados, 5 hombres y 6 mujeres, de entre 26 y 63 años. Se trabajó en una sala acondicionada según lo establece la Norma IRAM 20003 (2012). Los jueces realizaron la evaluación sensorial en cabinas individuales iluminadas con luz blanca, acondicionadas a temperatura de 20 ± 1 °C.

Las muestras fueron suministradas a los jueces en copas de vidrio codificadas con números aleatorios de 3 dígitos al azar, diferentes en cada evaluación y presentadas en forma aleatoria, conteniendo 15 mL de aceite, cubiertas por un papel aluminio para evitar la pérdida de aromas y acondicionadas en estufa a 28 ± 1 °C (Instrumentalia, DHG-9240).

En este ensayo se utilizó una escala no estructurada de 10 cm anclada en los extremos para evaluar atributos de sabor (dulce, típico, rancio y amargo), similar a la presentada en el Apartado II.3.2.3.2. También se evaluó la AG según se describió en el Apartado I.3.1.3.4.

V.3.4. Análisis estadístico

V.3.4.1. Comparación de medias

Se realizaron comparaciones de medias de los parámetros fisicoquímicos y sensoriales mediante ANOVA y Test de Rango Múltiple según Tukey ($p < 0,05$). Además, se estudió la relación entre los atributos de calidad evaluados construyendo una matriz de correlaciones. En ella los coeficientes de correlación variaron entre ± 1 y 0. Valores absolutos cercanos a 1 indicaron una alta correlación entre atributos, mientras que valores de coeficientes de correlación cercanos a 0 señalaron falta de correlación. Para los estudios estadísticos se utilizó el software STATGRAPHICS Centurión XV Versión 15.2.06.

V.3.4.2. Análisis de componentes principales (ACP)

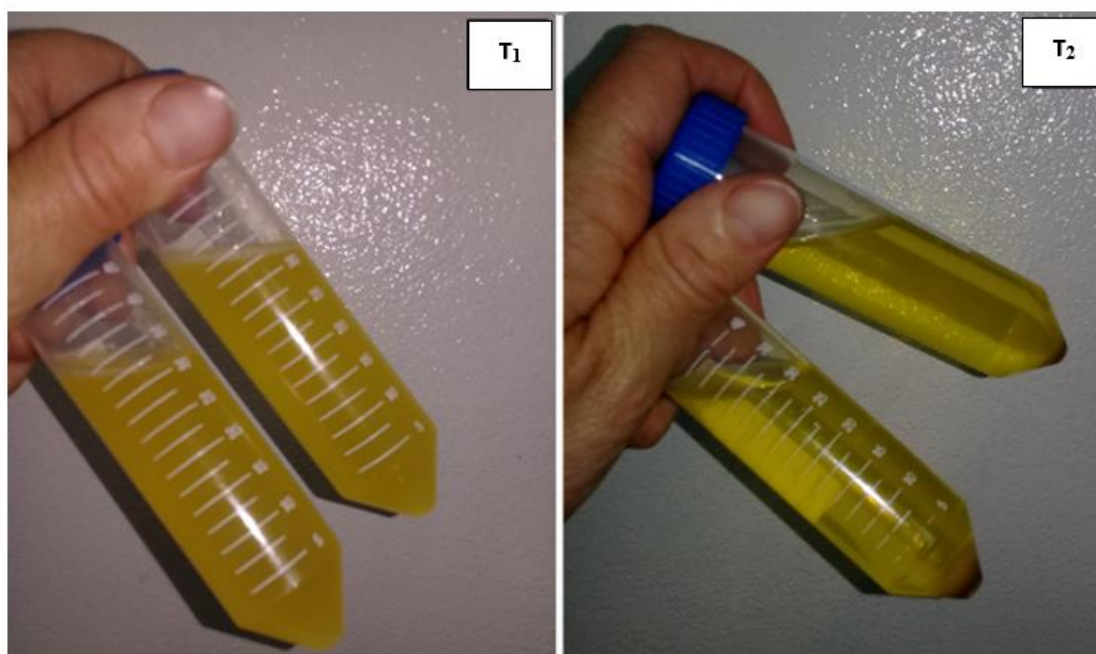
Se utilizó la herramienta de ACP para comparar similitudes y diferencias en los diferentes aceites en cuanto a sus análisis químicos y sensoriales al final de la conservación. Para este análisis se trabajó con el software InfoStat versión Libre.

V.4. Resultados

V.4.1. Caracterización de los aceites obtenidos

El contenido de aceite de las nueces empleadas como materia prima fue de $77,1 \pm 0,1$ % (p/p) y la humedad, $8,21 \pm 0,50$ %. En virtud de que esta humedad fue superior al valor óptimo, obtenido en los Apartados IV.4.2.8 y IV.4.2.9, las nueces fueron secadas hasta alcanzar una humedad de $5,56 \pm 0,39$ % para llevar a cabo las etapas descritas en la [Figura V. 1](#).

Los aceites de los T₁ y T₂ se muestran en la [Figura V. 2](#). En la figura se ve claramente que el aceite correspondiente al primer tratamiento se observa turbio, atribuido a su contenido de finos de $1,45 \pm 0,03$ %.



[Figura V. 2](#) Aceites obtenidos en los tratamientos T₁ (aceite turbio) y T₂ (aceite límpido).

Se mencionó en la metodología que el aceite del T₂ se sometió a una etapa de decantación, alcanzando un contenido de finos de $0,76 \pm 0,02$ %. Dado que el aceite aún se observaba turbio se procedió a su centrifugación; por lo que, el aceite del T₂ tuvo al final un contenido de finos de $0,39 \pm 0,05$ %.

La caracterización de los aceites obtenidos se muestra en la [Tabla V. 1](#). Se observa que los atributos de calidad que presentaron diferencias significativas entre los aceites de T₁ y T₂ fueron el IP, los K₂₃₂ y K₂₇₀. El aceite turbio tuvo menores IP y K₂₇₀ y mayor K₂₃₂, lo que fue atribuido a que las etapas de calentamiento a 30 ± 1 °C y de

centrifugación efectuadas en el T₂ tuvieron un efecto negativo en estas características de calidad. La AG de ambos aceites no presentó diferencias significativas, por lo que se infiere que la turbidez de los aceites del T₁ no tuvo una valoración negativa por parte de los jueces.

Tabla V. 1 Caracterización de los aceites obtenidos.

Atributo de calidad	T₁	T₂
Índice de peróxidos (meq O ₂ /kg aceite)	0,93 + 0,15 b	1,39 + 0,16 a
Coefficiente de extinción específica de dienos conjugados (K ₂₃₂ , %)	0,77 + 0,01 a	0,70 + 0,02 b
Coefficiente de extinción específica de trienos conjugados (K ₂₇₀ , %)	0,02 + 0,00 b	0,04 + 0,00 a
Grado de acidez (% de ácido oleico)	0,65 + 0,04 a	0,64 + 0,03 a
Aceptación global	6,50 + 0,63 a	6,70 + 0,69 a
Sabor dulce	6,20 + 0,60 a	5,60 + 0,61 a
Sabor típico	6,00 + 0,60 a	5,20 + 0,50 a
Sabor rancio	0,40 + 0,04 a	0,40 + 0,03 a
Sabor amargo	0,50 + 0,06 a	0,50 + 0,05 a

Letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas en las medias del atributo de calidad ($p < 0,05$). T₁: Aceite turbio. T₂: Aceite límpido.

De lo expuesto, se puede señalar que en el aceite turbio los parámetros fisicoquímicos ensayados tuvieron valores más satisfactorios que el aceite límpido. Sin embargo, los atributos sensoriales no presentaron diferencias significativas.

V.4.2. Evolución de la calidad de los aceites de nuez pecán durante el almacenamiento

Se mencionó en la metodología que para estudiar la evolución de la calidad de los aceites de nuez pecán durante el almacenamiento, aceites obtenidos en los T₁ y T₂ fueron almacenados a 5 ± 1 °C, 25 ± 1 °C y 35 ± 1 °C.

A continuación, se presentan los resultados de los aceites de ambos tratamientos a las diferentes temperaturas de almacenamiento.

V.4.2.1. Índice de peróxidos

Para ambos tratamientos el IP de los aceites presentó variaciones durante el almacenamiento a todas las temperaturas estudiadas (Figura V. 3).

Los IP de los aceites del T₁, cualquiera sea la temperatura de almacenamiento, no superaron los 3 meq O₂/kg aceite; no observándose un patrón de comportamiento con respecto a la temperatura. Un comportamiento similar tuvieron los aceites del T₂ hasta el día 166 de almacenamiento; sin embargo, en las muestras evaluadas a partir del día 291 se vio un incremento significativo en el IP de los aceites almacenado a 35 ± 1°C, alcanzando un máximo de 6,61 ± 0,10 meq O₂/kg aceite.

Los valores finales de IP fueron: T₁₍₅₎ = 0,90 ± 0,10; T₁₍₂₅₎ = 0,90 ± 0,10; T₁₍₃₅₎ = 1,60 ± 0,10; T₂₍₅₎ = 1,00 ± 0,10; T₂₍₂₅₎ = 1,10 ± 0,10 y T₂₍₃₅₎ = 5,69 ± 0,10.

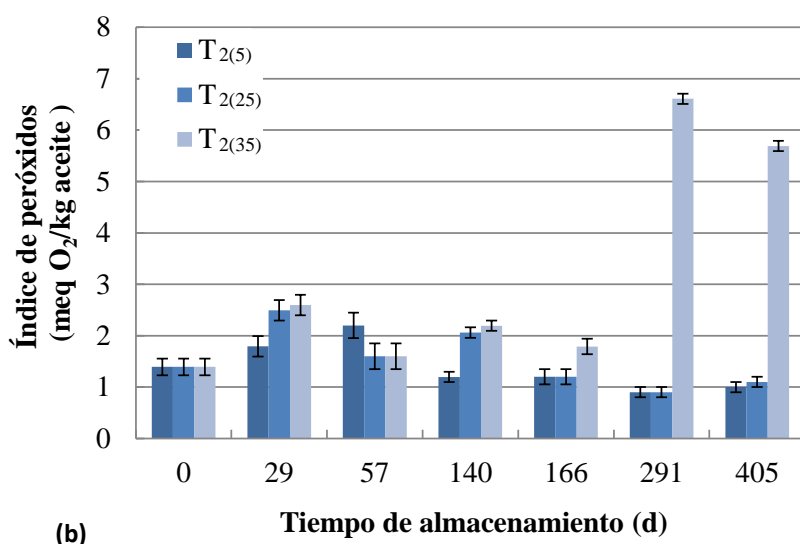
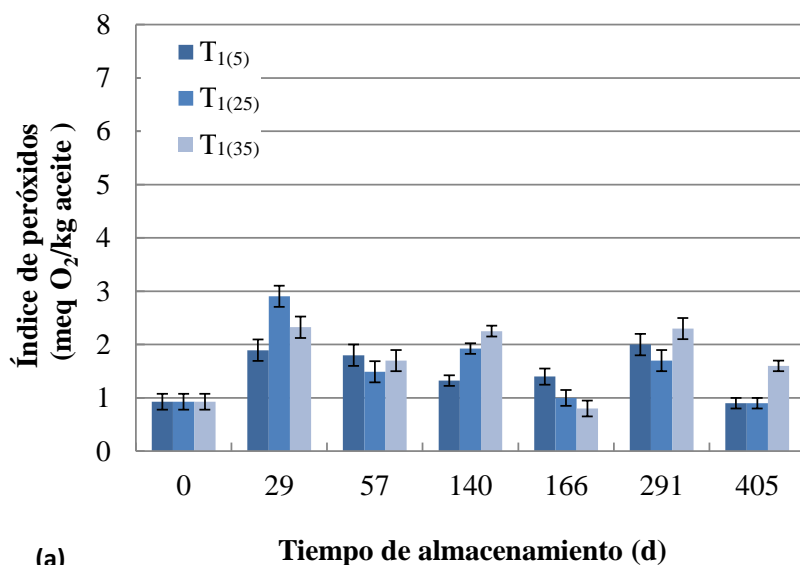


Figura V. 3 Evolución del índice de peróxidos de aceite de nuez pecán almacenadas a 5 ± 1 °C, 25 ± 1 °C y 35 ± 1 °C. (a) T₁: aceite turbio; (b) T₂: aceite límpido.

V.4.2.2. Coeficientes de extinción específica: dienos (K_{232}) y trienos (K_{270}) conjugados

Se observa en la Figura V. 4 que el K_{232} aumentó conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento hasta el día 140. A partir de ese momento, los dienos conjugados de los aceites de los T₁₍₅₎, T₁₍₂₅₎, T₂₍₅₎ y T₂₍₂₅₎ mostraron un cambio en la cinética de degradación de los productos de la oxidación primaria. En tanto que los aceites del T₁₍₃₅₎ y T₂₍₃₅₎ aumentaron durante todo el almacenamiento. Se observa en la figura que a partir del día 140 este atributo de calidad fue significativamente más alto para los aceites almacenados a la temperatura de 35 ± 1 °C.

Concluido los ensayos, los K_{232} tomaron los valores: $T_{1(5)} = 1,17 \pm 0,02 \%$; $T_{1(25)} = 1,17 \pm 0,02 \%$; $T_{1(35)} = 2,01 \pm 0,02 \%$; $T_{2(5)} = 1,28 \pm 0,02 \%$; $T_{2(25)} = 1,60 \pm 0,02 \%$ y $T_{2(35)} = 2,55 \pm 0,02 \%$.

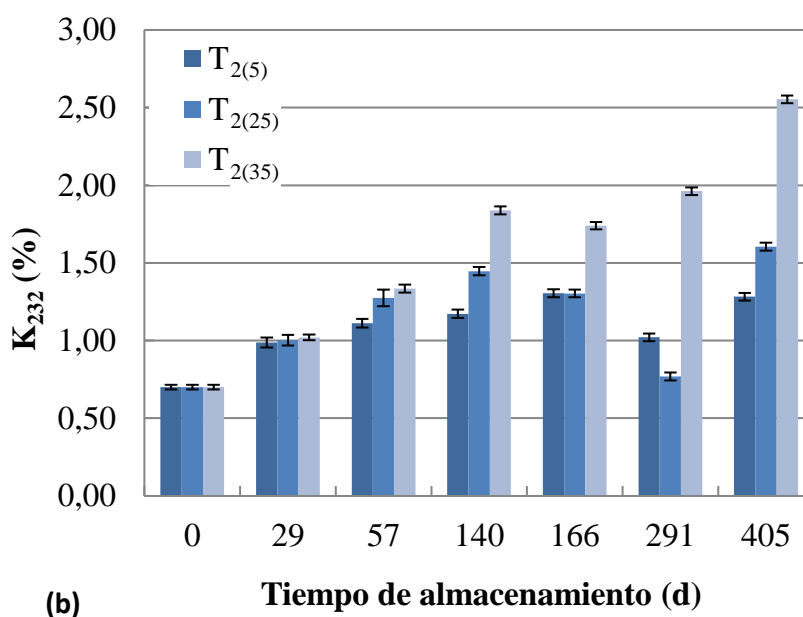
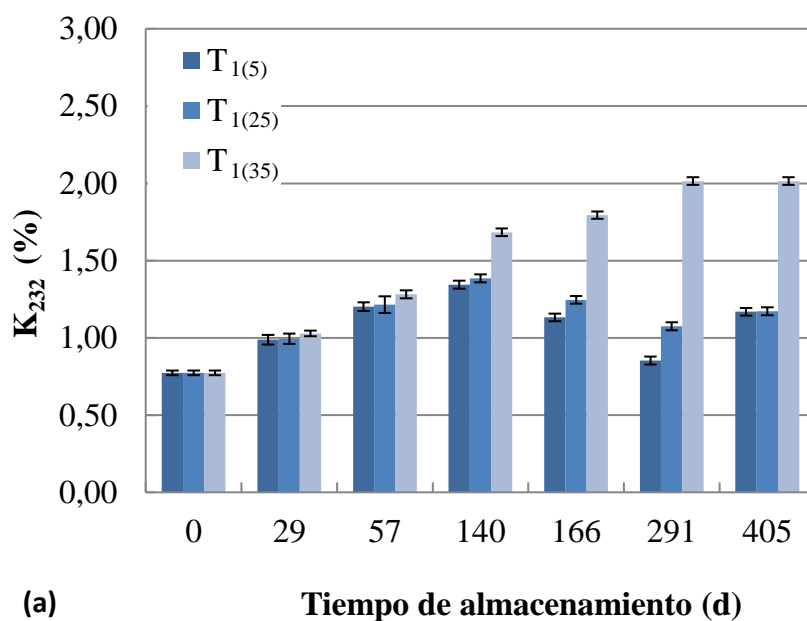
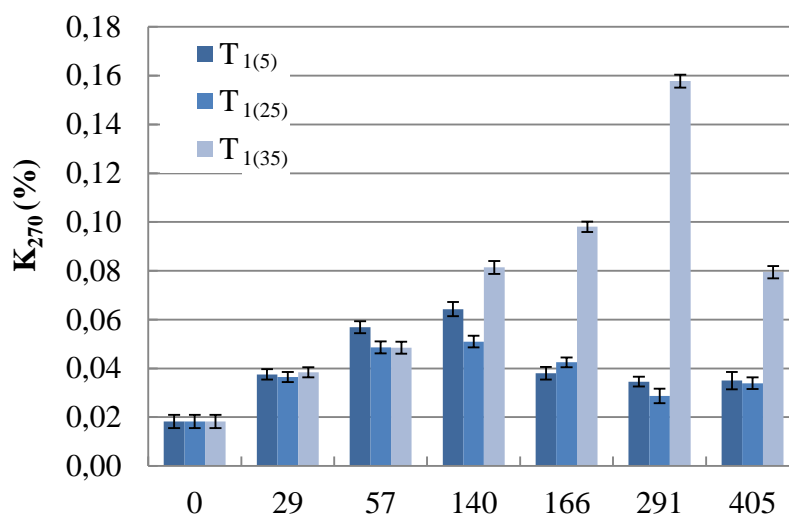
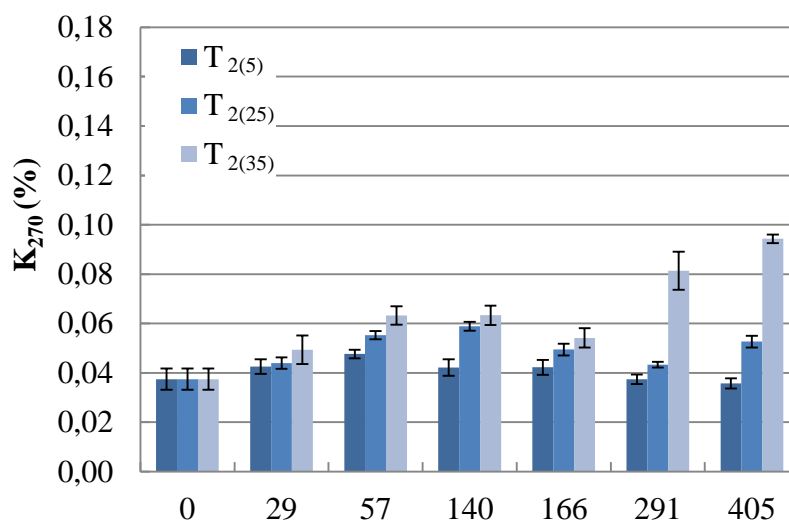


Figura V. 4 Evolución de dienos conjugados (K_{232}) de aceite de nuez pecán almacenadas a 5 ± 1 °C, 25 ± 1 °C y 35 ± 1 °C. (a) T₁: aceite turbio; (b) T₂: aceite límpido.

Referido a los trienos conjugados, se observó un aumento sostenido de los valores de K_{270} de los aceites $T_{1(5)}$ y $T_{1(25)}$ hasta los 140 d y de los aceites de $T_{1(35)}$ hasta los 291 d (Figura V. 5).



(a) Tiempo de almacenamiento (d)



(b) Tiempo de almacenamiento (d)

Figura V. 5 Evolución de trienos conjugados (K_{270}) de aceite de nuez pecán almacenadas a 5 ± 1 °C, 25 ± 1 °C y 35 ± 1 °C. (a) T_1 : aceite turbio; (b) T_2 : aceite límpido.

Por su parte, los aceites de $T_{2(5)}$ mantuvieron los valores de este atributo durante los 405 d de almacenamiento, los de $T_{2(25)}$ aumentaron hasta el día 140; mientras que los de $T_{2(35)}$ se fueron incrementando conforme aumentó el tiempo de almacenamiento. Los

K₂₇₀ más altos correspondieron a aceites de los T₁₍₃₅₎ y T₂₍₃₅₎, siendo los máximos de 0,16 ± 0,01 % y 0,09 ± 0,01 %; respectivamente.

Los valores al finalizar el período de almacenamiento fueron: T₁₍₅₎ = 0,03 ± 0,00 %; T₁₍₂₅₎ = 0,03 ± 0,00 %; T₁₍₃₅₎ = 0,08 ± 0,00 %; T₂₍₅₎ = 0,04 ± 0,00 %; T₂₍₂₅₎ = 0,05 ± 0,00 % y T₂₍₃₅₎ = 0,09 ± 0,00 %.

V.4.2.3. Grado de acidez

El grado de acidez tuvo un aumento con el incremento del tiempo de almacenamiento en todos los aceites (Figura V. 6). En el caso de los aceites de los T₁₍₅₎ el GA tuvo diferencias significativas respecto de los valores iniciales recién al tiempo de 291 d, los aceites del T₁₍₂₅₎ a partir de los 166 d y los del T₁₍₃₅₎ a partir del día 57. Igual variación tuvieron los aceites del T₂.

Al final de la conservación los GA tuvieron los valores, expresado en ácido oleico de: T₁₍₅₎ = 0,80 ± 0,04 %; T₁₍₂₅₎ = 0,89 ± 0,04 %; T₁₍₃₅₎ = 1,64 ± 0,08 %; T₂₍₅₎ = 0,77 ± 0,04 %; T₂₍₂₅₎ = 0,85 ± 0,04 % y T₂₍₃₅₎ = 0,90 ± 0,05 %.

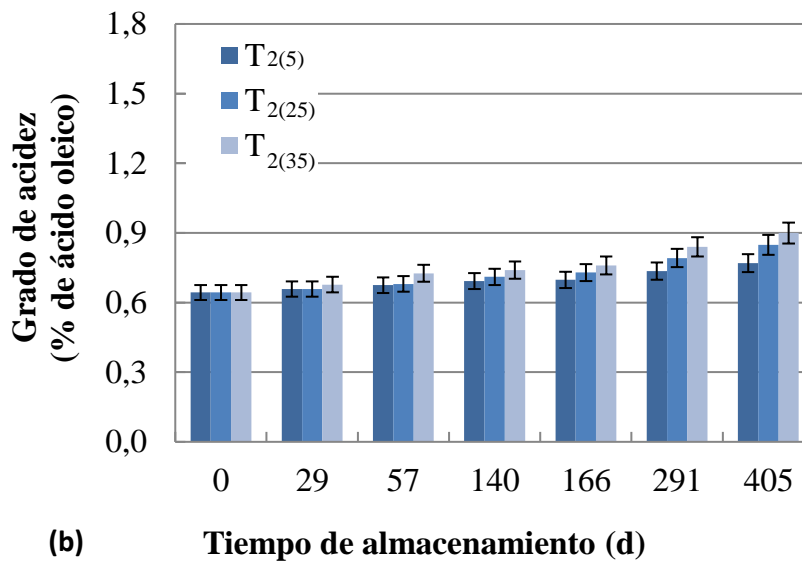
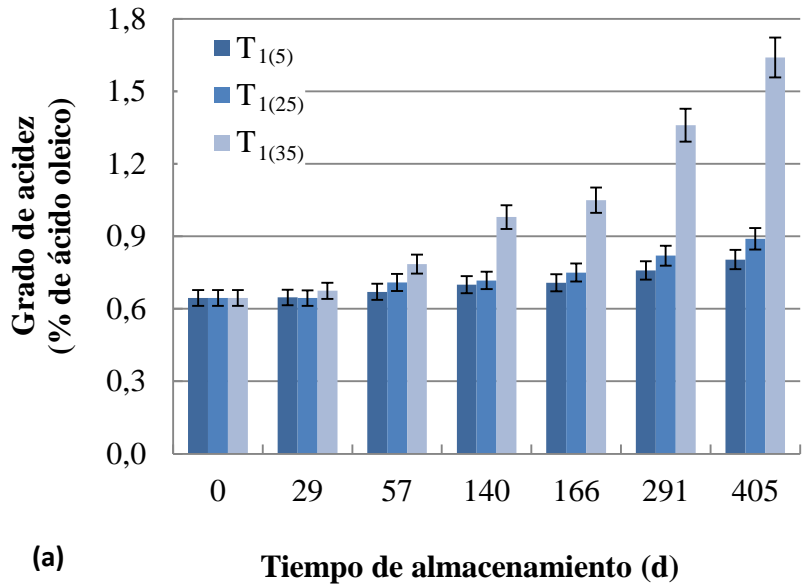
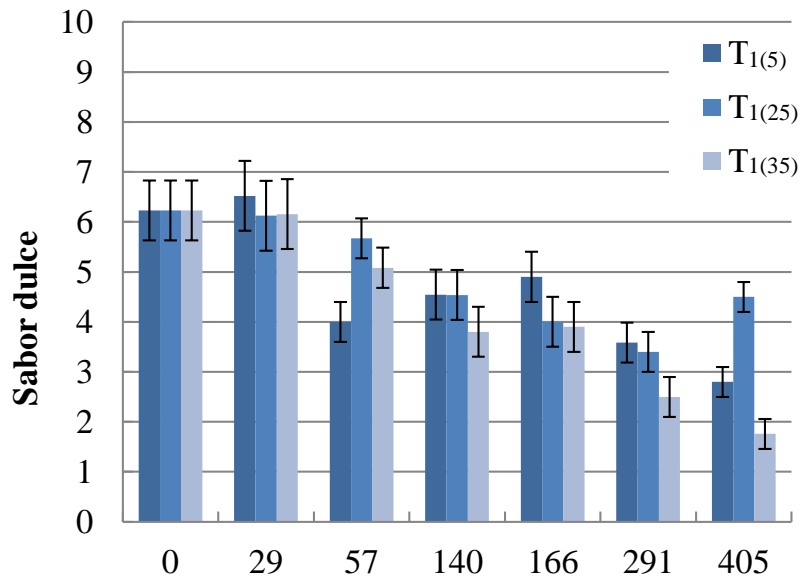


Figura V. 6 Evolución del grado de acidez de aceite de nuez pecán almacenadas a 5 ± 1 °C, 25 ± 1 °C y 35 ± 1 °C. (a) T₁: aceite turbio; (b) T₂: aceite límpido.

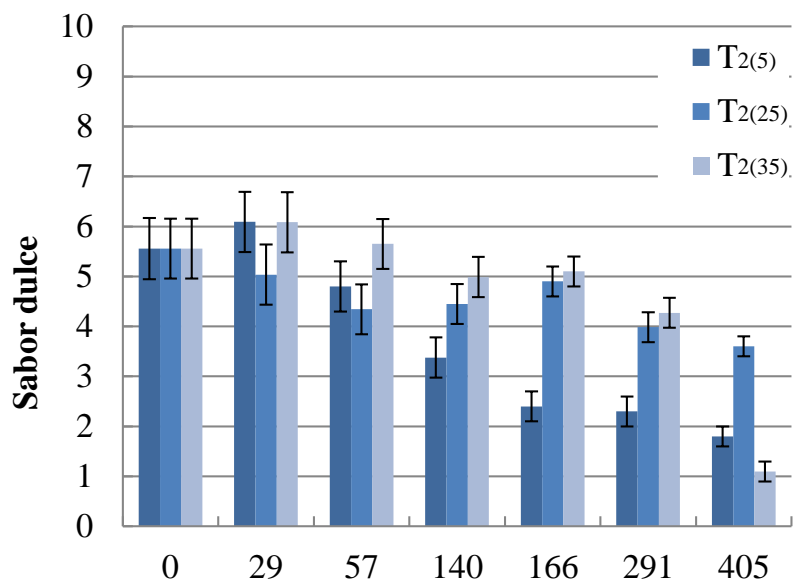
V.4.2.4. Evaluación sensorial

V.4.2.4.1. Sabor dulce

La pérdida de calidad de los aceites de nuez pecán, para el caso del sabor dulce, se manifestó como una disminución de este atributo a lo largo del tiempo de almacenamiento de entre 1,7 y 4,5 puntos de la escala no estructurada del análisis descriptivo cuantitativo (Figura V. 7). En general, los jueces comenzaron a percibir la pérdida del sabor dulce a partir del día 57.



(a) **Tiempo de almacenamiento (d)**



(b) **Tiempo de almacenamiento (d)**

Figura V. 7 Evolución del atributo sensorial “sabor dulce” de aceite de nuez pecán almacenadas a 5 ± 1 °C, 25 ± 1 °C y 35 ± 1 °C. (a) T₁: aceite turbio; (b) T₂: aceite límpido.

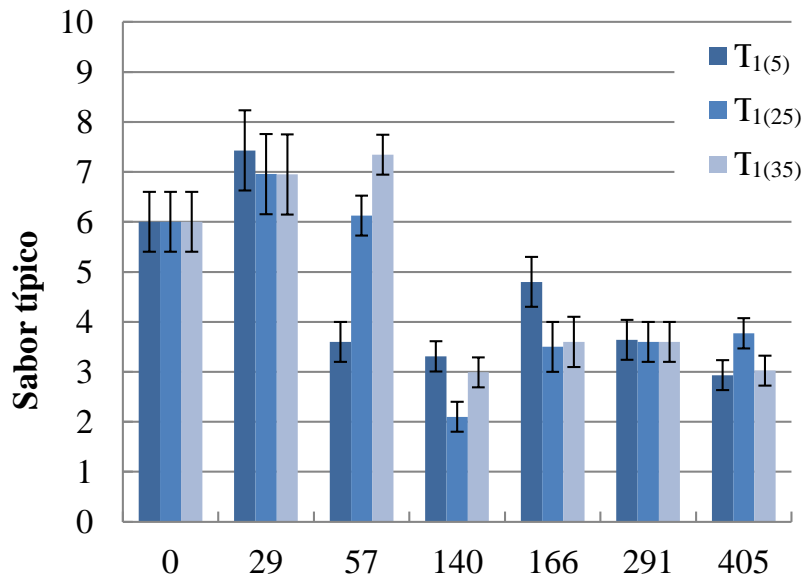
Al final del almacenamiento se alcanzaron valores para $T_{1(5)} = 2,8 \pm 0,3$; $T_{1(25)} = 4,5 \pm 0,3$; $T_{1(35)} = 1,8 \pm 0,3$; $T_{2(5)} = 1,8 \pm 0,2$; $T_{2(25)} = 3,6 \pm 0,2$ y

$T_{2(35)} = 1,1 \pm 0,2$. Se puede observar que los jueces puntuaron con mayor grado de dulzor los aceites almacenados a 25 ± 1 °C, tanto para los aceites de T_1 como de T_2 .

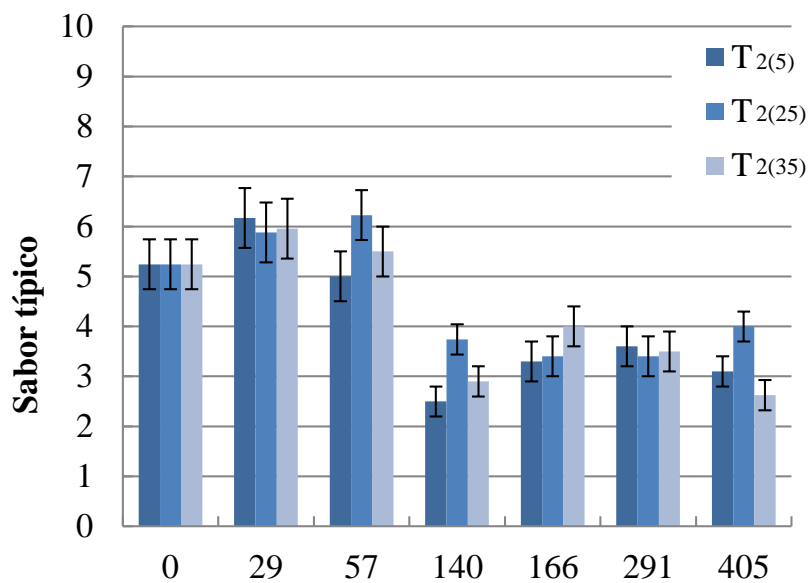
V.4.2.4.2. Sabor típico

Al igual que para el “sabor dulce” hubo una clara disminución del “sabor típico” de los aceites de nuez pecán a medida que fue transcurriendo el tiempo de almacenamiento; hasta alcanzar al final de este las puntuaciones para $T_{1(5)} = 2,9 \pm 0,3$; $T_{1(25)} = 3,8 \pm 0,3$; $T_{1(35)} = 3,0 \pm 0,3$; $T_{2(5)} = 3,1 \pm 0,3$; $T_{2(25)} = 4,0 \pm 0,2$ y $T_{2(35)} = 2,6 \pm 0,3$ (Figura V. 8). Esta reducción fue entre 1,2 y 3,1 puntos de la escala de evaluación sensorial.

También para este atributo se observó que a la temperatura de almacenamiento de 25 ± 1 °C los aceites conservaron mejor el sabor característico a nuez pecán.



(a) **Tiempo de almacenamiento (d)**



(b) **Tiempo de almacenamiento (d)**

Figura V. 8 Evolución del atributo sensorial “sabor típico” de aceite de nuez pecán almacenadas a 5 ± 1 °C, 25 ± 1 °C y 35 ± 1 °C. (a) T₁: aceite turbio; (b) T₂: aceite límpido.

V.4.2.4.3. Sabor rancio

Este atributo, que señala pérdida de calidad de los aceites, aumentó entre 0,7 y 3,2 puntos de la escala de evaluación sensorial; correspondiendo los mayores aumentos para

los aceites que fueron decantados y centrifugados antes del almacenamiento (Figura V. 9).

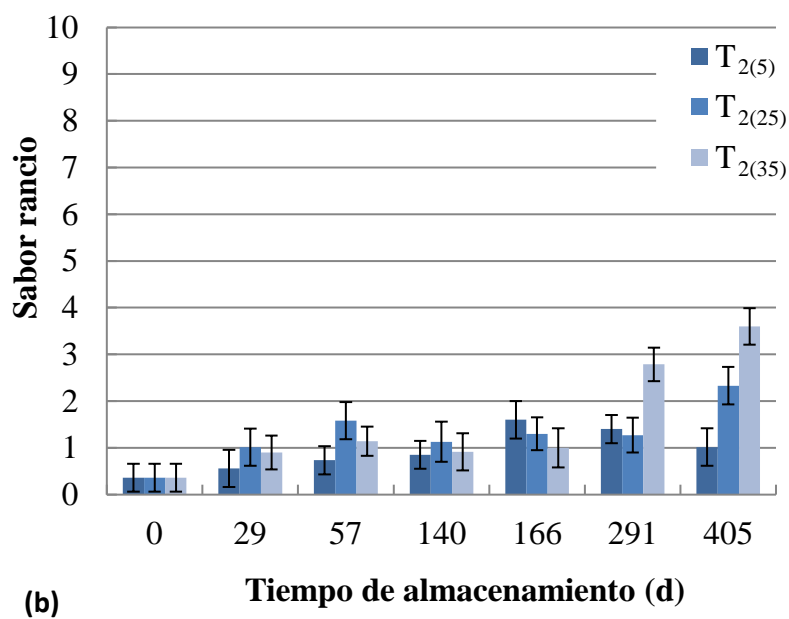
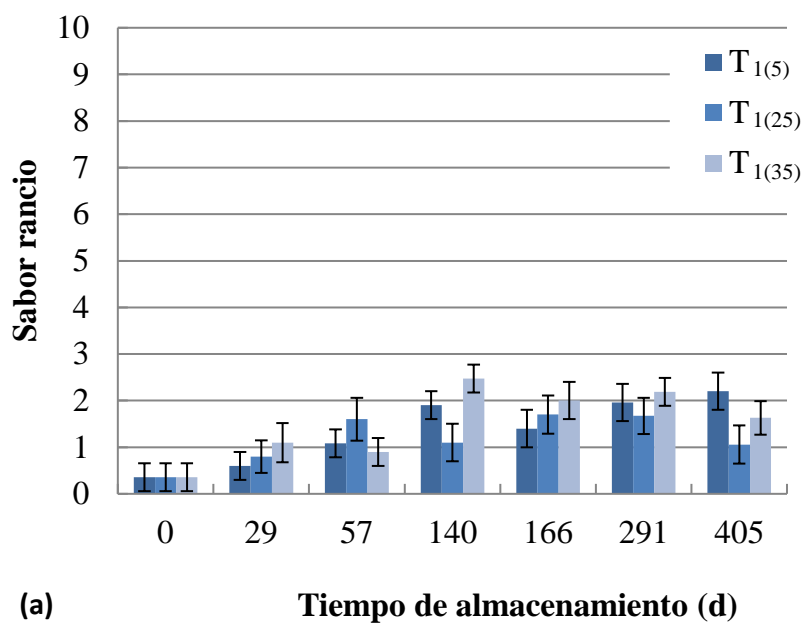


Figura V. 9 Evolución del atributo sensorial “sabor rancio” de aceite de nuez pecán almacenadas a 5 ± 1 °C, 25 ± 1 °C y 35 ± 1 °C. (a) T₁: aceite turbio; (b) T₂: aceite límpido.

Se observa en la [Figura V. 9](#) que ya al día 57 de almacenamiento los jueces comenzaron a detectar un incremento en el “sabor rancio”, como así también diferencias significativas entre los aceites almacenados a las distintas temperaturas.

Para el caso de los aceites del T₁ hacia el final del almacenamiento los valores para “sabor rancio” fueron: T₁₍₅₎ = 2,2 ± 0,4; T₁₍₂₅₎ = 1,1 ± 0,4 y T₁₍₃₅₎ = 1,6 ± 0,4; señalando que los aceites que tuvieron menor desarrollo de “sabor rancio” fueron los almacenados a 25 ± 1 °C. Por su parte, los aceites del T₂ al finalizar los estudios de almacenamiento tomaron los valores: T₂₍₅₎ = 1,0 ± 0,4; T₂₍₂₅₎ = 2,3 ± 0,4 y T₂₍₃₅₎ = 3,6 ± 0,4; observándose menor “sabor rancio” a 5 ± 1 °C y mayor “sabor rancio” a 35 ± 1 °C .

V.4.2.4.4. Sabor amargo

El “sabor amargo” se incrementó respecto del valor inicial entre 1,4 y 4,1 puntos en la escala de evaluación sensorial, mostrando un aumento paulatino con el incremento del tiempo de almacenamiento ([Figura V. 10](#)). Cabe señalar que ya en el día 57 de almacenamiento los jueces observaron un aumento en este atributo de calidad, al igual que para el “sabor rancio”.

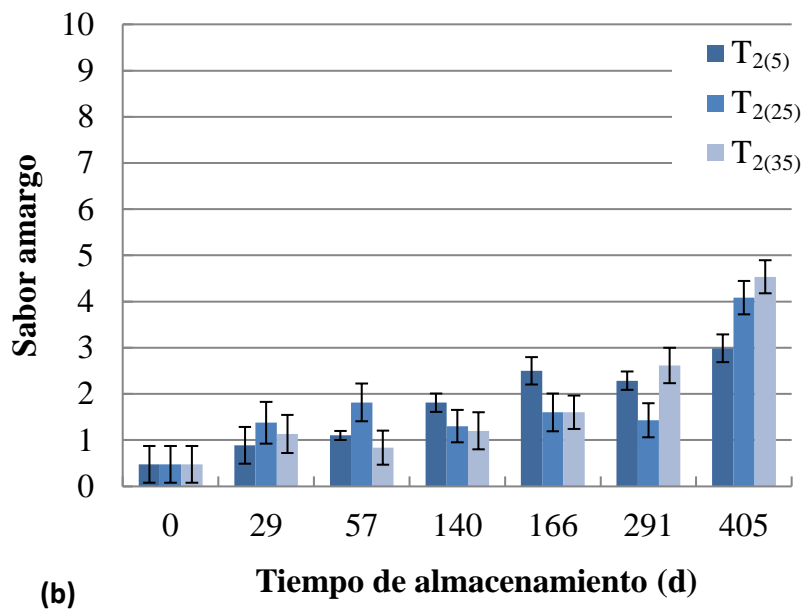
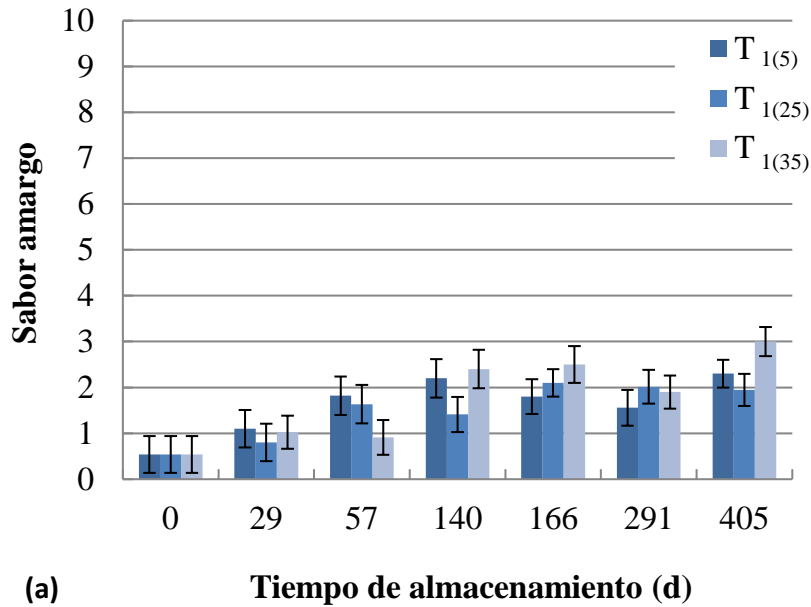


Figura V. 10 Evolución del atributo sensorial “sabor amargo” de aceite de nuez pecán almacenadas a 5 ± 1 °C, 25 ± 1 °C y 35 ± 1 °C. (a) T₁: aceite turbio; (b) T₂: aceite límpido.

Hacia el final del almacenamiento los aceites del T₁ fueron puntuados con los valores: T₁₍₅₎ = $2,3 \pm 0,3$; T₁₍₂₅₎ = $1,9 \pm 0,4$ y T₁₍₃₅₎ = $3,0 \pm 0,3$; no observándose diferencias significativas entre las medias de los aceites correspondientes a los T₁₍₅₎ y T₁₍₂₅₎, pero sí entre los aceites de T₁₍₃₅₎ y los almacenados a 5 ± 1 °C y 25 ± 1 °C . Por su parte, a los 405 d de almacenamiento el “sabor amargo” de los aceites del T₂ fueron:

$T_{2(5)} = 3,0 \pm 0,3$; $T_{2(25)} = 4,1 \pm 0,4$ y $T_{2(35)} = 4,5 \pm 0,4$; no observándose diferencias entre $T_{2(25)}$ y $T_{2(35)}$. Los aceites del T_2 almacenados a 5 ± 1 °C tuvieron una puntuación de 1,1 y 1,5 por debajo de las puntuaciones de los aceites del mismo tratamiento pero almacenados a 25 ± 1 °C y 35 ± 1 °C ; respectivamente.

V.4.2.4.5. Aceptación global

Los aceites al inicio del almacenamiento fueron calificados con una AG entre “Me gusta un poco” y “Me gusta moderadamente”, luego este atributo disminuyó entre 1 y 2 puntos hacia el final del almacenamiento, dependiendo del tratamiento y de la temperatura de almacenamiento (Figura V. 11).

Hasta el día 291 no se observaron diferencias significativas entre los aceites almacenados a diferentes temperaturas, ya sea para el caso de T_1 como de T_2 . Sin embargo, al final de la conservación los aceites del $T_{1(35)}$ tuvo una AG inferior a la de los $T_{1(5)}$ y $T_{1(25)}$. El mismo comportamiento tuvo el aceite del $T_{2(35)}$.

Hacia el final del almacenamiento la AG de los aceites almacenados a 5 ± 1 °C y 25 ± 1 °C fue: $T_{1(5)} = 5,4 \pm 0,5$; $T_{1(25)} = 5,5 \pm 0,5$; $T_{2(5)} = 5,6 \pm 0,4$ y $T_{2(25)} = 5,7 \pm 0,5$; correspondiente a un nivel de aceptación entre “Ni me gusta ni me disgusta” y “Me gusta un poco”. Mientras que la AG de los aceites almacenados a 35 ± 1 °C fue: $T_{1(35)} = 4,5 \pm 0,4$ y $T_{2(35)} = 4,8 \pm 0,4$; lo que se corresponde con un nivel de aceptación entre “Me disgusta un poco” y “Ni me gusta ni me disgusta”. Cabe recordar que el límite de calidad aceptable es 5, por lo que los aceites conservados a 5 ± 1 °C y 25 ± 1 °C tuvieron calidad aceptable durante el tiempo que duraron los ensayos; no así los aceites del $T_{2(35)}$ al día 405.

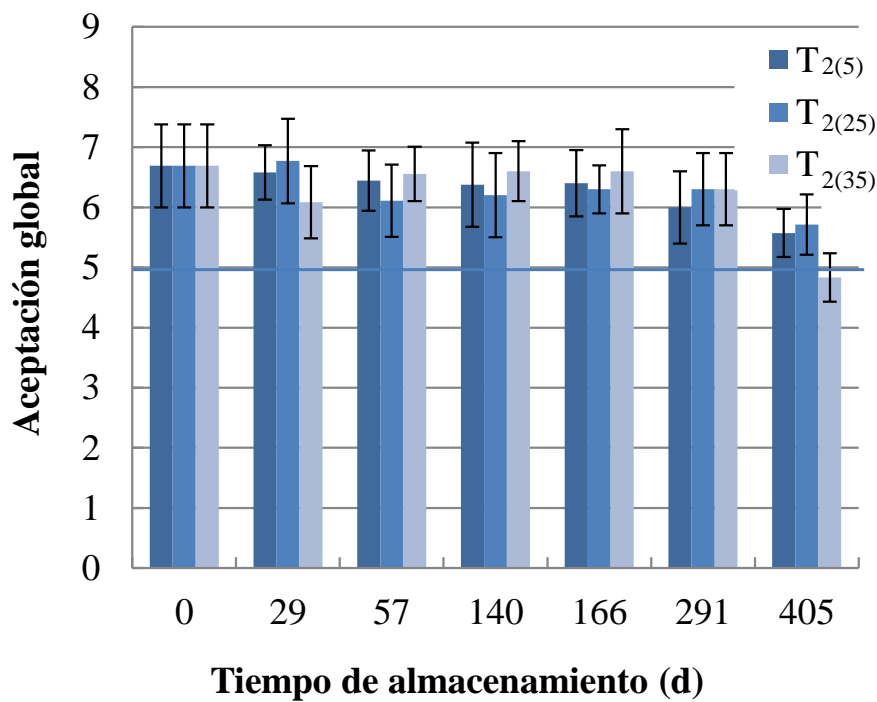
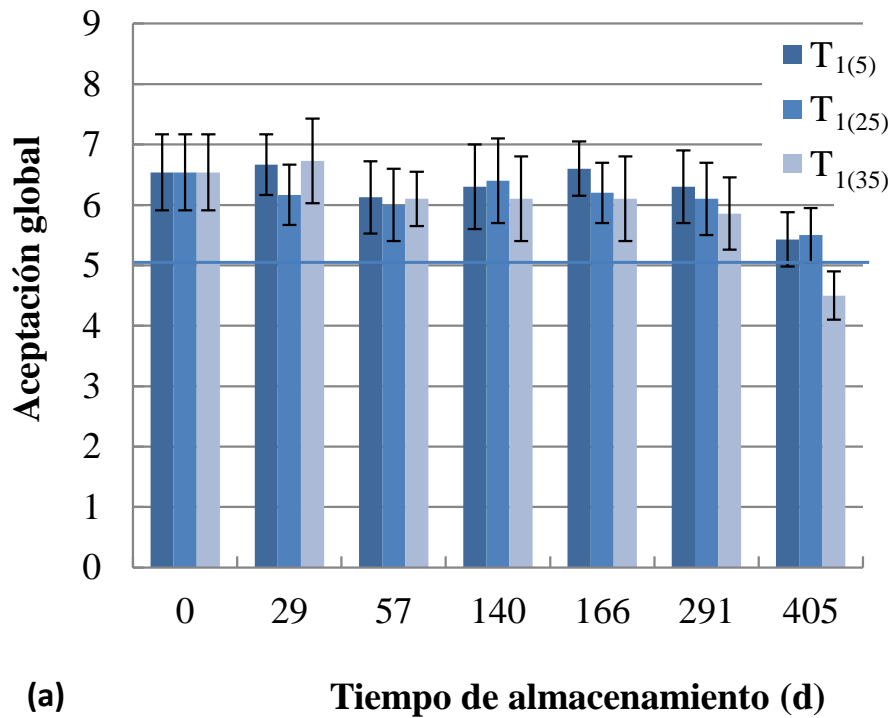


Figura V. 11 Evolución de la “aceptación global” de aceite de nuez pecán almacenadas a 5 ± 1 °C, 25 ± 1 °C y 35 ± 1 °C. (a) T₁: aceite turbio; (b) T₂: aceite límpido. La línea azul corresponde al valor definido como límite de calidad o aceptabilidad “Ni me gusta, ni me disgusta” (*cut-off*).

V.4.3. Correlación entre atributos de calidad

El tiempo de almacenamiento presentó altos coeficientes de correlación tanto con parámetros fisicoquímicos como sensoriales (Tabla V. 2). Éste tuvo valores negativos de coeficiente de correlación con la AG, “sabor dulce” y “sabor típico” y valores positivos con los K_{232} , K_{270} , GA, “sabor rancio” y “sabor amargo”. Estos resultados pusieron de manifiesto que a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento los aceites disminuyeron en sus sabores dulce y típico y tuvieron menor aceptación por parte de los jueces en la evaluación sensorial; mientras que se fueron incrementando los atributos indicadores de pérdida de calidad.

Resultados similares se obtuvieron para el caso de la temperatura de almacenamiento. Sin embargo, en virtud de que llamó particularmente la atención el hecho de que esta variable no tenga influencia en atributos indicadores de pérdida de calidad de los aceites y debido a que en las figuras precedentes quedó demostrado que luego de cierto período de almacenamiento los aceites de nuez pecán comenzaron a disminuir su calidad es que, para el caso de la temperatura, se recalcularon los coeficientes de correlación tomando los resultados obtenidos a partir del día 140 de almacenamiento y omitiendo en el análisis estadístico el tiempo de almacenamiento. En estas condiciones, según se señala en la tabla, se obtuvieron altos coeficientes de correlación; indicando que con el incremento de la temperatura de almacenamiento aumentan el IP, el GA, los K_{232} y K_{270} . Por lo tanto, a partir del día 140 se evidenció que cuanto mayor fue la temperatura de almacenamiento los aceites fueron perdiendo su calidad.

En cuanto a la percepción sensorial, se obtuvieron altos coeficientes de correlación positivos entre el “sabor típico” y el “sabor dulce” y entre éste último y la AG; indicando que los jueces prefieren y reconocen el sabor característico a nuez pecán a aquellos aceites con particular “sabor dulce”. Por el contrario, fueron identificados altos coeficientes de correlación negativos entre los atributos antes mencionados y el “sabor rancio” y “sabor amargo”; por lo que, según la apreciación de los jueces, a medida que los aceites fueron perdiendo sus sabores dulce y típico fueron incrementando los sabores rancio y amargo y tornándose menos aceptables por parte de los catadores.

Adicionalmente, según los resultados obtenidos, [Tabla IV.2](#) los sabores rancio y amargo mostraron coeficientes de correlación positiva con las determinaciones de K_{232} y K_{270} por lo que estos resultados fisicoquímicos podrían ser considerados buenos indicadores de la pérdida de calidad de los aceites de nuez pecán.

Tabla V. 2 Coeficientes de correlación de los atributos de calidad de aceite, conservados a $5 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, $25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ y $35 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 405 d.

	Tipo de aceite	Temp. de almac,	Tiempo de almac.	AG	Sabor dulce	Sabor típico	Sabor rancio	Sabor amargo	IP	K ₂₃₂	K ₂₇₀	Acidez
Tipo de aceite		0,0000	0,0000	0,1584	-0,0893	-0,1109	-0,0804	0,0707	0,1981	0,0527	0,0010	0,1009
Temperatura de almacenamiento			0,0000	-0,1455	0,0733	0,0539	0,2132	0,0353	0,3621	0,4738	0,4636	0,4037
Tiempo de almacenamiento				-0,7559	-0,8211	-0,6959	0,6764	0,8067	0,1219	0,8609	0,7124	0,5880
AG					0,7407	0,4331	-0,6972	-0,7321	-0,1515	-0,5968	-0,3581	-0,6795
Sabor dulce						0,7596	-0,6794	-0,8242	-0,1152	-0,5736	-0,4356	-0,5792
Sabor típico							-0,5413	-0,6217	-0,0527	-0,5136	-0,3606	0,4073
Sabor rancio								0,8344	0,4925	0,7295	0,6035	0,4870
Sabor amargo									0,2804	0,7149	0,6817	0,5015
IP										0,5275	0,4151	0,0976
K ₂₃₂											0,7948	0,6440
K ₂₇₀												0,6884
Temperatura *	0,0000			-0,2034	0,0807	-0,0839	0,3256	0,1406	0,9364	0,7753	0,6805	0,5595

* Los coeficientes de correlación se obtuvieron tomando los resultados obtenidos a partir del día 140 de almacenamiento y omitiendo en el análisis estadístico el tiempo de almacenamiento.

V.4.3. Comparación entre aceites de nuez pecán: Análisis de Componentes Principales

Para una mejor visualización de los resultados expuestos precedentemente se realizó, para el final del almacenamiento, un análisis por ACP con el que se logró explicar con 2 dimensiones el 81,7 % de la varianza (Figura V. 12).

Si se observan los aceites del T₁ se puede ver que los aceites de T₁₍₂₅₎ se distinguen por sobre los de T₁₍₅₎ en cuanto a características de calidad aceptables, mientras que los aceites de T₁₍₃₅₎ se caracterizaron por atributos negativos de calidad. Por otra parte, los aceites obtenidos a partir del T₂ tuvieron mejores características de calidad cuanto más baja fue la temperatura de almacenamiento.

Se puede ver en la Figura V. 12 que al término de los estudios de almacenamiento los aceites de T₁₍₅₎ y T₂₍₅₎ tuvieron características similares, destacándose por tener aceptables “sabor dulce”, “sabor típico” y AG.

En cambio, los aceites de T₁₍₂₅₎ y T₂₍₂₅₎ se encuentran separados en el plano, observándose que el primero de los aceites tuvo los atributos de “sabor dulce”, “sabor típico” y una AG superior a la de todos los aceites estudiados; mientras que los aceites de T₂₍₂₅₎ si bien poseen los atributos antes mencionados, los tienen en menor medida y está también asociado a características de calidad negativas representadas a la derecha de la gráfica en el segundo componente principal, esto es IP, “sabor amargo” y “sabor rancio”.

En este mismo sentido, los aceites de T₁₍₃₅₎ y T₂₍₃₅₎ se encuentran distantes. No obstante, ambos aceites están caracterizados por los mismos atributos; esto es, elevados K₂₃₂, K₂₇₀ e IP, además de poseer “sabor rancio” y “sabor amargo”.

De lo expuesto se puede señalar que, al final del almacenamiento a 5 ± 1 °C , los aceites turbio y límpido tuvieron características de calidad similar y ambos fueron aceptables. Cuando los aceites tanto turbio como límpido fueron almacenados a 25 ± 1 °C , los primeros conservaron mejor sus características de calidad. Por su parte, cuando los aceites se almacenaron a 35 ± 1 °C , al finalizar los estudios ambos aceites tuvieron características de calidad negativas, siendo más acentuadas en los aceites que fueron decantados y centrifugados para reducir los finos presentes en los mismos.

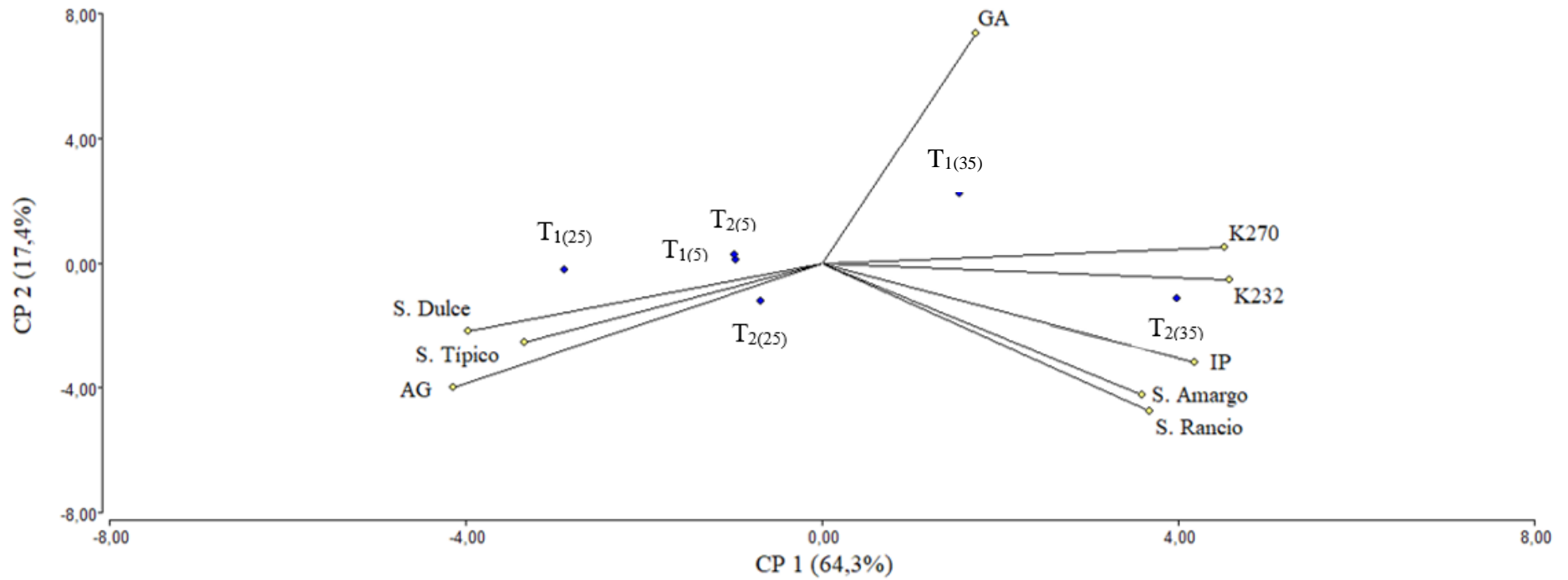


Figura V. 12 Análisis de componentes principales de la caracterización de aceites de nuez pecán T₁ (aceite turbio) y T₂ (aceite límpido) almacenados a 5 ± 1 °C, 25 ± 1 °C y 35 ± 1 °C. Resultados del día 405 de almacenamiento.

V.5. Discusión

En el presente capítulo se presentaron resultados de atributos de calidad obtenidos por 2 procedimientos de obtención de aceite, los cuales se diferenciaron en que uno de los tratamientos (T₂) tuvo las etapas de decantación y centrifugación para facilitar la separación de finos, mientras que los aceites del otro tratamiento (T₁) se envasaron luego del prensado por lo que presentaron cierta turbidez y sedimento en las botellas, debido a la presencia de 3,7 veces más de finos.

El impacto que tuvieron estas etapas adicionales sobre la calidad de los aceites sin almacenar se vio reflejado en el IP y en el K₂₇₀, no así en los atributos sensoriales. El IP fue 1,5 veces superior en el aceite límpido; mientras que el K₂₇₀ duplicó su valor en este mismo aceite respecto del aceite turbio.

Se encontraron publicaciones que estudiaron el contenido de finos en los aceites, pero en estos casos el porcentaje fue superior a los obtenidos en la presente tesis. Así Martínez *et al.* (2013a y b) obtuvieron contenido de finos en aceite de nuez tipo mariposa en el rango de 5,7 % – 16,8 % y para almendras de 2,6 % – 28,6 %. De igual modo, en aceites de nuez tipo mariposa elaborados a escala industrial se publicaron contenidos de finos que variaron de 10,6 ± 0,1 % – 15,1 ± 0,1 % (Martínez *et al.*, 2017). También Fantino *et al.* (2020) encontraron variaciones en el contenido de finos en aceite de pistacho de entre 3,79 ± 0,29 % – 10,57 ± 0,43 %, lo que dependió del contenido de humedad de las muestras que procesaron (3 %, 7 % y 11 %). La diferencia entre los resultados obtenidos en el presente estudio y los autores antes mencionados, fue atribuida a que en esta investigación se utilizó una prensa hidráulica mientras que, tanto Martínez *et al.* (2013a y b, 2017) como Fantino *et al.* (2020) trabajaron con prensa helicoidal.

En general, se puede señalar que con el transcurrir del tiempo de almacenamiento hubo un deterioro oxidativo de los aceites para todas las temperaturas estudiadas.

Se mencionó recientemente que los IP de los aceites del T₂ fueron superiores a los del T₁ antes del almacenamiento, lo que se atribuyó al proceso de obtención de los mismos. A partir del día 29 de almacenamiento los IP de los aceites de los T₁ y T₂ almacenados a 5 ± 1 °C fueron similares y en ningún caso superaron los 2,50 meq O₂/kg de aceite. Cuando el almacenamiento se realizó a 25 ± 1 °C tampoco hubo diferencia en los IP de los aceites de los diferentes tratamientos, pero para tiempos de almacenamiento de entre los 29 d y 140 d este parámetro tomó valores superiores

respecto de la temperatura de refrigeración, alcanzando un máximo de $2,90 \pm 0,20$ meq O₂/kg aceite. Por su parte, para los aceites de T₁ y T₂ almacenados a 35 ± 1 °C los IP fueron parecidos durante los primeros 5 meses de almacenamiento, mientras que a partir del día 166 se observó una diferencia significativa entre los IP de los aceites turbio y límpido, siendo notablemente mayores los de este último. Los aceites del T₁ en ningún momento superaron los 3,0 meq O₂/kg aceite; mientras que los del T₂ alcanzaron un máximo de $6,61 \pm 0,10$ meq O₂/kg aceite.

A pesar de que a 35 ± 1 °C en el aceite decantado y centrifugado se obtuvieron IP significativamente elevados, estos valores no superaron los señalados en los artículos 528 y 535 del CAA para aceites de girasol y oliva, respectivamente. Se señaló en el Capítulo IV que esta normativa estipula máximos de 15 meq O₂/kg para aceite girasol virgen, 10 meq O₂/kg para aceite girasol refinado y 20 meq O₂/kg para aceites de oliva virgen extra y virgen.

En cuanto al efecto adverso de la temperatura de almacenamiento sobre el IP, Dedebas *et al.*, (2021) encontraron que aceites de diversas semillas almacenados durante 12 meses a 4 °C, 20 °C y 37 °C tuvieron mayor IP cuanto más elevada fue la temperatura de almacenamiento. Así dichos autores publicaron valores de IP para aceite de cilandro de 1,01 meq O₂/kg aceite para el inicio del almacenamiento y de 3,21 meq O₂/kg de aceite para el final del almacenamiento a 4 °C; 6,50 meq O₂/kg cuando el aceite se conservó a 20 °C y 9,97 meq O₂/kg aceite para la temperatura de 37 °C. Estos resultados fueron comparables a los obtenidos en la presente Tesis Doctoral. Sin embargo, para aceite de lino midieron al inicio IP de 0,25 meq O₂/kg aceite y luego de 12 meses los valores fueron a 4°C 4,04 meq O₂/kg aceite; a 20 °C 24,94 meq O₂/kg de aceite y a 37 °C 31,19 meq O₂/kg aceite. Para aceite de sésamo midieron un IP inicial de 2,05 meq O₂/kg aceite y luego del período de almacenamiento a las respectivas temperaturas 9,91 meq O₂/kg aceite; 13,22 meq O₂/kg aceite y 31,91 meq O₂/kg de aceite. Estos resultados publicados fueron superiores a los de la presente investigación, lo que fue atribuido a las materias primas lino y sésamo.

De igual modo, Shao *et al.* (2015) concluyeron en su investigación sobre cambios en la calidad y estabilidad oxidativa de aceites de semilla de tomate almacenados a 25 °C y 35 °C, señalando que la temperatura provoca un efecto de aceleración en la formación de peróxidos.

Por otra parte, en cuanto al efecto del tiempo de almacenamiento se obtuvo, al igual que para las nueces almacenadas (Apartado II.4.2.2.), cierto grado de fluctuación del IP; probablemente relacionado con la continua formación y posterior descomposición de hidroperóxidos en productos volátiles, no volátiles y poliméricos (Shahidi y Zhong, 2005; Pannico *et al.*, 2015; Ribeiro *et al.*, 2022).

Los coeficientes de extinción específica fueron los parámetros que más evidenciaron el deterioro oxidativo de los aceites con el incremento del tiempo de almacenamiento. Los K_{232} en los aceites almacenados a 5 ± 1 °C fueron similares en ambos tratamientos durante el tiempo que duraron los ensayos; comportamiento similar se observó en los aceites conservados a 25 ± 1 °C, con excepción de los valores hacia el final del almacenamiento. Al concluir los ensayos el K_{232} del aceite $T_{1(25)}$ fue 1,4 veces inferior respecto del aceite de $T_{2(25)}$. En cuanto a los aceites almacenados a 35 ± 1 °C tampoco hubo diferencias entre tratamientos, excepto en el K_{232} del aceite del T_2 al final de los ensayos que fue mayor respecto del aceite del T_1 . Sin embargo, en todos los aceites el efecto de la temperatura sobre este atributo de calidad fue notable, sobre todo a partir del día 140. En aceites del $T_{1(35)}$ este parámetro tomó valores entre 1,2 y 2,4 veces superiores a los correspondientes a los aceites almacenados a 5 ± 1 °C y 25 ± 1 °C; mientras que en los aceites del $T_{2(35)}$ fueron entre 1,2 y 2,5 veces superiores; dependiendo del tiempo de almacenamiento. El aceite de $T_{2(35)}$ al finalizar el almacenamiento fue el único que superó el máximo permitido por el CAA en su artículo 535 para el aceite de oliva virgen extra (máx $K_{232} = 2,50$ %), mientras que sí cumplió con el requisito para aceite de oliva virgen (máx $K_{232} = 2,60$ %).

Se mencionó anteriormente que los K_{270} antes de iniciar los estudios de almacenamiento se vieron duplicados en los aceites del T_2 respecto de los del T_1 . No obstante, durante el almacenamiento los aceites almacenados a temperaturas de refrigeración tuvieron valores similares en este atributo para cada tiempo de almacenamiento cuantificado. Igual comportamiento se observó en los aceites conservados a 25 ± 1 °C, con excepción de los almacenados a partir del día 291 donde los coeficientes de extinción de trienos en los aceites del T_1 fueron 1,5 veces inferiores a los aceites del T_2 . Si se hace una comparación similar entre los aceites de ambos tratamientos almacenados a 35 ± 1 °C se puede señalar que se observaron valores bastante similares en los K_{270} , salvo para los correspondientes a los días 166 y 291 donde este parámetro se vio prácticamente duplicado en los aceites del T_1 . De todos modos,

cabe destacar que en ningún caso los valores superaron los máximos establecidos por el CAA para aceite de oliva (Art. 535 CAA).

Si bien el Consejo Oleícola Internacional (2015) no hace mención a los coeficientes de extinción específica en aceites especiales, sí establece valores máximos de 2,5 % para K_{232} y de 0,22 % para K_{270} para aceite de oliva extra virgen; por lo que en los ensayos cuantificados en la presente Tesis Doctoral no se superaron estos máximos pre-establecidos, salvo para el caso del aceite del $T_{2(35)}$ al día 405, como ya se dijo cuando se comparó con las exigencias del CAA.

Se encontró publicación referida a la obtención de aceite de nuez tipo mariposa (*Juglans regia L.* var. Franquette) cultivada en Catamarca (Argentina) (Martínez *et al.*, 2013b). El aceite se obtuvo por secado de los granos a 30 ± 2 °C, molienda, humidificación hasta alcanzar una humedad de 75 g de agua/kg nuez, prensado en prensa de tornillo a 50 °C, filtrado, centrifugación (11.000 g durante 30 min), envasado y almacenamiento a 25 ± 1 °C durante 6 meses. Estudiaron el almacenamiento bajo iluminación de 800 lux y en oscuridad. Para los aceites recién elaborados obtuvieron $K_{232} = 1,18 \pm 0,01$ % y $K_{270} = 0,06 \pm 0,00$ %. En los estudios de almacenamiento los autores obtuvieron para los aceites almacenados expuestos a la luz valores de K_{232} de $2,62 \pm 0,03$ % y $7,36 \pm 0,32$ % para tiempos de almacenamiento de 90 d y 180 d y para los almacenados en oscuridad valores de $3,12 \pm 0,8$ % y $7,87 \pm 0,54$ % ; respectivamente. Mientras que los resultados del K_{270} fueron $0,08 \pm 0,00$ % y $0,16 \pm 0,00$ % para aceites expuestos a la luz a los 90 d y 180 d de almacenamiento; respectivamente. En tanto que el mismo coeficiente fue de $0,09 \pm 0,00$ % a los 90 d y $0,17 \pm 0,00$ % a los 180 d de almacenamiento en condiciones de oscuridad. Se puede ver que, al igual que en la presente Tesis Doctoral, los coeficientes de extinción específica aumentaron con el incremento del tiempo de almacenamiento, siendo los valores publicados para tiempos de almacenamiento comparables significativamente superiores a los de la presente tesis. Estos valores superiores fueron atribuidos a que, en la presente investigación, la humedad fue de $5,56 \pm 0,39$ g/100 g, mientras que la humedad de la nuez triturada con la que trabajaron los investigadores señalados fue 7,5 g/100 g; conviene recordar que altos contenidos de humedad pueden afectar negativamente la calidad de los aceites (Rombaut *et al.*, 2015). Por otro lado, en el presente estudio se utilizó una prensa hidráulica y la temperatura de trabajo fue 15 °C

por debajo de la temperatura de prensado empleada por Martínez *et al.* (2013b), esto es 50 °C.

Por otra parte, Baccouri *et al.* (2022a) midieron valores iniciales de K_{232} de $1,42 \pm 0,02$ % y K_{270} de $0,11 \pm 0,01$ % para aceite de oliva extra virgen de la variedad Chemlali cultivada en Túnez. Los valores de K_{232} medidos por dichos autores duplicaron los obtenidos en la presente tesis, mientras que los valores de K_{270} sextuplicaron los cuantificados para T_1 y fueron casi 3 veces superiores a los obtenidos para T_2 . Los resultados superiores de los coeficientes de extinción fueron atribuidos a la matriz y a la tecnología de obtención del aceite de oliva, puesto que los investigadores extrajeron el aceite mediante un sistema compuesto por una trituradora de martillos equipada con tamices intercambiables, un batidor y una centrífuga de cesta (Abencor). Adicionalmente, los autores concluyeron que sus aceites presentaron valores muy bajos de coeficientes de extinción, por lo que, teniendo en cuenta esta observación y que los resultados obtenidos para los aceites de T_1 y T_2 fueron inferiores a los publicados se puede señalar que estos aceites de nuez pecán obtenidos en el presente estudio tuvieron calidad aceptable.

Se encontró otra publicación en la que conservaron aceite de oliva extra virgen de las variedades Arbequina y Coratina a 30 °C durante 12 meses. Al igual que en esta tesis, los autores observaron fluctuaciones en los coeficientes de extinción específica en distintos tiempos de conservación, tomando valores entre 1,8 % y 1,5 % para K_{232} al inicio de la conservación y de 2,6 % y 1,6 % al final de la misma para las variedades Arbequina y Coratina respectivamente. El K_{270} varió entre 0,13 % y 0,10 % al inicio de la conservación y entre 0,10 % y 0,32 % para las variedades señaladas al concluir sus ensayos. Estas variaciones se atribuyen a que los compuestos formados por oxidación inicial sufren un proceso oxidativo formando aldehídos y cetonas (Irigaray *et al.*, 2016).

Se describió en el apartado correspondiente (V.4.2.3) que el GA aumentó paulatinamente con el tiempo de almacenamiento. Este parámetro no mostró diferencias significativas entre los aceites de T_1 y T_2 para una misma temperatura y tiempo de almacenamiento, salvo para los aceites conservados a 35 ± 1 °C que sí se observaron diferencias a partir del día 140, donde el GA fue superior en los aceites del T_1 . En cuanto al efecto de la temperatura sobre esta variable, se observó que ésta tuvo un efecto adverso cuando los aceites se almacenaron a 35 ± 1 °C .

El CAA en su capítulo VII señala un límite máximo de 2 % de acidez expresada como % de ácido oleico para aceite de girasol (Art. 528) y aceite de oliva virgen (Art.

535), por lo que los aceites de ambos tratamientos durante todo el almacenamiento a las 3 temperaturas estudiadas no superaron este límite. Sin embargo, todos los aceites superaron el máximo establecido por el CAA para aceite de girasol refinado, cuyo valor es de 0,20 %. En cambio, esta normativa estipula para aceite oliva virgen extra un máximo de acidez de 0,8 g de ácido oleico/100 g de aceite. En este caso los aceites que tuvieron un GA por debajo de este límite fueron los de T₁₍₅₎, T₁₍₂₅₎ y T₁₍₃₅₎ almacenados hasta los 291 d, 166 d y 57 d; respectivamente y los aceites de los T₂₍₅₎, T₂₍₂₅₎ y T₂₍₃₅₎ conservados hasta los 405 d, 291 d y 166 d; respectivamente.

Reboredo-Rodríguez *et al.* (2015) obtuvieron para aceite de oliva de las variedades Arbequia y Picual cultivadas en España un GA de 0,34 % de ácido oleico, mientras que Baccouri *et al.* (2022b) encontraron valores de 0,3 % de ácido oleico para la variedad Chemlali; lo que constituye la mitad del valor del GA de los aceites de nuez pecán antes de iniciar el almacenamiento. Esto probablemente se deba a que se trata de una matriz diferente.

En este sentido, los valores obtenidos en la presente investigación fueron semejantes al GA de 0,59 % de ácido oleico publicada por dos Santos *et al.* (2019) para aceite de nuez pecán obtenida mediante extracción con metano presurizado a 10 bar y 20 °C. En cambio, cuando estos autores utilizaron dióxido de carbono supercrítico a 250 bar y 20 °C y extracción Soxhlet obtuvieron GA de 1,68 % y 1,20 % de ácido oleico, respectivamente. Estos valores son 2,6 y 1,8 veces mayores a los obtenidos en la presente investigación para los aceites del T₁ y T₂ al inicio del almacenamiento.

En síntesis, cabe destacar que el efecto de la temperatura, sobre todo a partir del día 140 de almacenamiento, tuvo un efecto significativo, señalado también por los altos coeficientes de correlación entre esta variable y los parámetros indicadores de la devaluación de la calidad de los aceites: IP, K₂₃₂, K₂₇₀ y GA. Dichos coeficientes tomaron los valores de 0,9364; 0,7753; 0,6805 y 0,5595; respectivamente. Por su parte, el tiempo de almacenamiento también mostró correlación con los K₂₃₂, K₂₇₀ y el GA siendo los coeficientes 0,8609; 0,7124 y 0,5880; respectivamente; poniendo de manifiesto el incremento del grado de oxidación con el transcurrir del tiempo de almacenamiento. Además, se obtuvieron correlaciones entre moderadas y altas entre el IP y el K₂₃₂ (0,5275), el K₂₃₂ y el K₂₇₀ (0,7948), K₂₃₂ y la acidez (0,6440) y el K₂₇₀ y la acidez (0,6884); poniendo de manifiesto el incremento de los parámetros indicadores de deterioro de los aceites.

En cuanto a la evaluación sensorial, se observó que las notas sensoriales agradables como “sabor dulce” y “sabor típico” disminuyeron paulatinamente con el aumento del tiempo de almacenamiento.

El “sabor dulce” de los aceites de ambos tratamientos conservados a 5 ± 1 °C no presentaron diferencias durante los primeros 4 meses, pero a partir del día 140 los aceites del T₁ fueron percibidos como más dulces por los jueces respecto de los aceites del T₂. Por su parte, los aceites almacenados a 25 ± 1 °C tuvieron “sabor dulce” similares, salvo al concluir los ensayos donde los aceites del T₁₍₂₅₎ fueron percibidos 1,6 veces más dulces que los aceites del T₂₍₂₅₎. Al igual que para los aceites conservados en condiciones de refrigeración, los almacenados a 35 ± 1 °C comenzaron a percibirse como diferentes en este atributo sensorial a partir del día 140 de almacenamiento; señalando los jueces que los aceites del T₁ fueron más dulces que los del T₂; salvo para el día 405. El efecto de la temperatura de almacenamiento fue claramente perceptible a los 405 d, donde los aceites de T₁₍₂₅₎ y T₂₍₂₅₎ fueron percibidos como más dulces y los de T₁₍₃₅₎ y T₂₍₃₅₎ como menos dulces.

Se señaló anteriormente que con el transcurrir del tiempo de almacenamiento también se observó una reducción de las notas gustativas típicas de la nuez pecán. El “sabor típico” presentó mayor diferencia entre los aceites cuando estos estuvieron almacenados a 5 ± 1 °C entre los días 57 y 166, luego los jueces no percibieron diferencias en este atributo de calidad entre los aceites de ambos tratamientos. En los aceites conservados a 25 ± 1 °C los jueces no percibieron diferencias entre tratamientos, salvo a los 140 d. Un comportamiento similar se observó en los aceites almacenados a 35 ± 1 °C, donde la única diferencia entre tratamientos fue observada al día 57. Al igual que lo ocurrido con el “sabor dulce”, el “sabor típico” a los 405 d obtuvo puntuaciones superiores en los aceites de T₁₍₂₅₎ y T₂₍₂₅₎ respecto de los aceites almacenados tanto a 5 ± 1 °C como a 35 ± 1 °C.

Los procesos de oxidación en la matriz lipídica de los aceites fueron evidentes desde el punto de vista sensorial, los que se vieron reflejados con el incremento de los sabores rancio y amargo a medida que fue aumentando el tiempo de almacenamiento.

El “sabor rancio”, a partir del día 140, en los aceites del T₁₍₅₎ fue superior al de los aceites del T₂₍₅₎. En cambio, cuando los aceites fueron almacenados a 25 ± 1 °C no se observó diferencias en este atributo entre los aceites de ambos tratamientos para un mismo día de almacenamiento, salvo al finalizar los estudios donde los aceites del T₁₍₂₅₎

fueron catalogados con menor “sabor rancio” respecto de los del T₂₍₂₅₎. En los aceites conservados a 35 ± 1 °C se observó mayor variabilidad entre tratamientos. Al comienzo del almacenamiento si bien los jueces percibieron “sabor rancio” en los aceites de ambos tratamientos, no se observaron diferencias significativas en las puntuaciones de los aceites de diferentes tratamientos para un mismo día de almacenamiento. Pero en el rango de tiempo de 140 d y 166 d los jueces catalogaron los aceites del T₁₍₃₅₎ con mayor “sabor rancio” que los del T₂₍₃₅₎; mientras que para los días 291 y 405 los aceites de este último fueron percibidos como más rancios. El efecto adverso de la temperatura fue claramente perceptible hacia el final del almacenamiento. Al día 405 el aceite de T₁₍₂₅₎ fue catalogado como el menos rancio, mientras que el aceite de T₂₍₃₅₎, como el más rancio.

En cuanto al “sabor amargo” las mayores diferencias entre tratamientos en los aceites conservados a 5 ± 1 °C comenzaron a percibirse a partir del día 166, donde los aceites del T₁₍₅₎ fueron percibidos con menor “sabor amargo” que los del T₂₍₅₎. También en los aceites almacenados a 25 ± 1 °C los catadores tuvieron diferentes percepciones en este atributo de calidad a partir de los 166 d, siendo puntuados los aceites del T₁₍₂₅₎ con mayor sabor amargo respecto de los del T₂₍₂₅₎ para las muestras correspondientes a los días 166 y 291; mientras que para el día 405 los aceites de este último tratamiento fueron catalogados como más amargos. En efecto, los aceites del T₁₍₃₅₎ tuvieron mayor “sabor amargo” a los 140 d y 166 d, mientras que para los días posteriores de almacenamiento los jueces percibieron estos aceites como menos amargos que los correspondientes a T₂₍₃₅₎.

A pesar que tanto en los parámetros fisicoquímicos como en los atributos sensoriales estudiados se observaron diferencias significativas entre tratamientos, temperaturas y tiempos de almacenamiento; para el caso de la AG las diferencias entre los aceites fueron menos marcadas. Como se señaló en el Apartado V.4.2.3.5, los aceites de T₁ y T₂ a todas las temperaturas de almacenamiento se mantuvieron aceptables hasta el día 291, teniendo en cuenta el límite de calidad o aceptabilidad (AG = 5, “Ni me gusta, ni me disgusta”). Al día 405 también tuvieron aceptación los aceites conservados a 5 ± 1 °C y 25 ± 1 °C. Sin embargo, los aceites conservados a 35 ± 1 °C tuvieron una AG inferior al límite de aceptabilidad.

Se obtuvieron altos coeficientes de correlación entre el tiempo de almacenamiento y los parámetros sensoriales. Los valores de los coeficientes fueron para AG -0,7559; para

“sabor dulce” -0,8211; “sabor típico” -0,6959; demostrando que con el incremento del tiempo de almacenamiento los aceites disminuyeron las notas sensoriales agradables. Asimismo, el tiempo de almacenamiento y el “sabor rancio” tuvieron un coeficiente de 0,6764 y con el “sabor amargo” de 0,8067; señalando la relación directamente proporcional entre el tiempo y los sabores rancio y amargo.

Por otra parte, los coeficientes de correlación de 0,7407 entre la AG y el “sabor dulce” y entre éste último y el “sabor típico” de 0,7596 permiten aseverar que cuanto más dulces fueron percibidos los aceites mayor puntuación otorgaron los jueces al “sabor típico” y mayor fue el grado de aceptación. En contraposición, los coeficientes de correlación de AG, “sabor dulce” y “sabor típico” con “sabor rancio” y “sabor amargo” fueron negativos; poniendo de manifiesto que a medida que disminuyeron los sabores dulce y típico aumentaron los sabores rancio y amargo y los aceites tuvieron menor grado de aceptación.

También se encontraron correlaciones significativas entre parámetros fisicoquímicos y atributos sensoriales. Así, para el K_{232} se obtuvieron correlaciones negativas moderadas con la AG (-0,5968), el “sabor dulce” (-0,5736) y el “sabor típico” (-0,5136); como así también entre el grado de acidez y la AG (-0,6795) y el “sabor dulce” (-0,5792). Por otra parte, el estudio mostró correlaciones positivas moderadas entre K_{270} y los sabores rancio (0,6035) y amargo (0,6817). Además, el ensayo estadístico indicó alta correlación entre K_{232} y los sabores rancio (0,7295) y amargo (0,7149). Estos resultados indican que conforme aumentó el proceso oxidativo cuantificado a través de los coeficientes de extinción específica y del GA hubo una reducción de las notas gustativas agradables acompañadas de la aparición de sabores desagradables reconocidos como sabores rancio y amargo.

Se encontraron estudios publicados sobre evaluación sensorial de aceite de nuez pecán de las variedades Western, Texas Native, Sioux, Pawnee y Caddo de Estados Unidos. Los investigadores llevaron a cabo una evaluación sensorial con consumidores en la que evaluaron el grado de aceptación de los aceites luego de 10 meses de almacenamiento a 4 °C. Los consumidores marcaron el grado de aceptación en una escala de 9 puntos. La puntuación obtenida estuvo comprendida en el rango de 5,7 y 6,5 dependiendo de la variedad (Du *et al.*, 2022). Estos resultados publicados fueron similares a los aceites de nuez pecán de la presente tesis almacenados a 5 ± 1 °C ya sea para tiempos de almacenamiento de 291 como de 405 d. Los investigadores

mencionados concluyeron que las puntuaciones obtenidas en la evaluación sensorial indicaron que los aceites conservaron una buena calidad sensorial.

Du *et al.* (2022) evaluaron sensorialmente 5 muestras de aceites varietales de nuez pecán que fueron conservados a 4 °C durante 10 meses al abrigo de la luz. Las calificaciones que encontraron para sabor típico fueron 6,7 para la variedad Western; 6,2 para Texas Native y Pawnee; 6,0 para Sioux y 5,6 para Caddo. Si se comparan los aceites del T₁ y T₂ conservados a 5 °C durante 291 d (9,7 meses), se observa que estos autores obtuvieron aceites calificados con mayor sabor típico que los obtenidos en esta Tesis Doctoral. Estas diferencias pueden atribuirse a que en la evaluación sensorial participaron consumidores y no jueces entrenados y a que las variedades de nuez pecán fueron distintas a la evaluada en la presente investigación.

En el análisis sensorial de obtención de aceite de oliva de la variedad Arbequina (Portugal) a nivel industrial Marx *et al.* (2022) obtuvieron notas dulces de sabor, otorgándole los 8 jueces entrenados la puntuación de $6,1 \pm 0,4$; valores comparables con los obtenidos para aceites de nuez pecán en la presente Tesis Doctoral.

En síntesis, se puede señalar que las diferencias entre tratamientos se observaron en algunos parámetros de calidad antes de iniciar los estudios de almacenamiento (IP, K₂₃₂ y K₂₇₀), los que estarían indicando que las etapas de decantación y centrifugación afectaron la calidad de los aceites. Sin embargo, desde el punto de vista sensorial no se observaron diferencias. Durante el almacenamiento, en los aceites que tuvieron las etapas de separación de finos se cuantificaron valores más altos de IP y K₂₃₂ sobre todo cuando la temperatura fue de 35 ± 1 °C y a tiempos de almacenamiento mayores. En la evaluación sensorial estos aceites tuvieron menor puntuación en el sabor dulce y puntuaciones más elevadas en los sabores rancio y amargo.

Cuando la temperatura de almacenamiento fue 5 ± 1 °C los aceites de ambos tratamientos tuvieron mayoritariamente atributos de calidad aceptables. Mientras que el incremento en la temperatura se reflejó en un aumento de los procesos oxidativos, evidenciados en los mayores valores de IP, K₂₃₂, K₂₇₀ y el GA; especialmente cuando ésta fue de 35 ± 1 °C. Además, se observó reducción de las notas gustativas agradables e incremento de los atributos sensoriales desagradables. Cabe destacar que los aceites almacenados a esta temperatura al finalizar el período de almacenamiento los catadores le asignaron una puntuación por debajo del límite de calidad aceptable. Llama particularmente la atención la ubicación de los aceites del T₁₍₂₅₎ al día 405 en el ACP,

en los que quedan ubicados como mejores aceites debido a que estos presentaron para ese tiempo bajos valores de IP, K_{232} , K_{270} y GA, sabores rancio y amargo y las puntuaciones más elevadas para los sabores dulce y típico. Esta mejora en la conservación de estos aceites fue atribuida a la mayor proporción de sedimentos, los que contienen compuestos fenólicos con capacidad antioxidante que contribuyen a la conservación (Ali *et al.*, 2013; Robbins *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2018; Maciel *et al.*, 2020).

Por último, se observó que con el transcurrir del tiempo de almacenamiento aumentaron los parámetros fisicoquímicos K_{232} , K_{270} y el GA; como así también los atributos sensoriales rancio y amargo, acompañado de una disminución de los sabores dulce y típico.

V.6. Conclusiones

De lo expuesto se concluye que el período en que los aceites tuvieron calidad aceptable fue de:

- 14 meses cuando estos se almacenaron a 5 ± 1 °C con o sin las etapas de separación de finos.
- 14 meses cuando estos se almacenaron a 25 ± 1 °C sin las etapas de separación de finos. Los aceites almacenados en estas condiciones fueron los que tuvieron mejores características de calidad al final de los estudios.
- 10 meses cuando estos se almacenaron a 25 ± 1 °C con las etapas de separación de finos.
- 5 meses cuando estos se almacenaron a 35 ± 1 °C con o sin las etapas de separación de finos.

Conclusiones finales

Los resultados alcanzados con este trabajo de Tesis Doctoral brindan a productores, exportadoras e industriales información sobre diferentes variedades de nuez pecán cultivadas en la provincia de Entre Ríos, proporcionan estrategias de conservación de los frutos, dependiendo de los destinos de comercialización y aportan una alternativa de agregado de valor y comercialización de nuez pecán con escaso valor comercial, como es la obtención de su aceite. Además, sienta las bases para gestionar la incorporación del aceite de nuez pecán al Código Alimentario Argentino.

Las conclusiones generales del estudio llevado adelante en la presente tesis son las siguientes:

- Las nueces con cáscara almacenadas durante 12 meses a 5 ± 1 °C tuvieron un gradual deterioro de su calidad, observándose un incremento del índice de peróxidos y de la componente de color a^* , mientras que disminuyeron el parámetro b^* y la aceptación global, hasta alcanzar la valoración entre “Ni me gusta, ni me disgusta” y “Me gusta un poco”.

- Las nueces con cáscara envasadas y almacenadas a 5 ± 1 °C durante 12 meses presentaron una componente L^* mayor que a 20 ± 1 °C.

- Las nueces se conservaron mejor cuando fueron envasadas en alguna poliolefina, siendo el polietileno de 100 μ y el polipropileno 30 μ los que posibilitaron una mejor conservación de los atributos de calidad.

- De las variedades estudiadas, las nueces recién colectadas mejor calificadas por los jueces catadores fueron Kernodle y Shoshoni, caracterizándose por los atributos “dulce”, “crujiente” y “sabor típico”.

- La variedad Success fue la que presentó mayor potencialidad para el almacenamiento, tanto a 5 ± 1 °C como a 20 ± 1 °C; mientras que la variedad Kernodle fue la que experimentó mayor deterioro durante el almacenamiento.

- Las nueces almacenadas a 20 ± 1 °C peladas y envasadas bajo atmósfera modificada (70 % de nitrógeno y 30 % de dióxido de carbono) en bolsas tricapa de 90 μ mantuvieron su calidad durante 225 d. Los atributos de calidad fueron semejantes a nueces almacenadas con cáscara en bolsas de red a 5 ± 1 °C. Hay que tener en cuenta que los costos que implica la refrigeración resultan más elevados que la conservación en atmósfera modificada.

- En nueces recolectadas, deshidratadas a una humedad del 4 %, almacenadas con cáscara a 5 ± 1 °C por un período que no supere los 90 d y luego peladas, envasadas bajo atmósfera modificada (70 % de nitrógeno y 30 % de dióxido de carbono) en bolsas tricapa

de 90 μ de espesor y almacenadas a una temperatura de 20 ± 1 °C el período de almacenamiento no debería superar los 270 d.

- Las variedades de nuez pecán Desirable, Success, Starking, Cheyenne, Stuart, Mahan, Kernodle, INTA Delta 2 y Shoshoni tienen potencialidad para la obtención de aceite.

- La etapa de calentamiento previa al prensado constituye un punto de control para asegurar la calidad del aceite obtenido y evitar el desarrollo de rancidez y sabor a tostado.

- Los aceites de nuez pecán de las variedades estudiadas constituyen una fuente interesante de ácidos grasos esenciales ω -6 y ω -3.

- El tamaño de partícula, la humedad y la temperatura de la nuez triturada influyeron en el rendimiento de obtención de aceite, mientras que el índice de peróxidos estuvo afectado por la humedad y la temperatura.

- Las condiciones de prensado que maximizaron el rendimiento de obtención de aceite y minimizaron el índice de peróxidos fueron tamaño de partícula igual o inferior a 1 mm, 35 °C y 5,5 % de humedad.

- El período de almacenamiento en que los aceites conservaron su calidad dependió de la existencia o no de las etapas de decantación y centrifugación para la separación de finos y de la temperatura de almacenamiento. Los aceites que mejor mantuvieron su calidad fueron los que se obtuvieron sin separación de finos y almacenados a 25 ± 1 °C. El tiempo de conservación fue de 14 meses.

Referencias bibliográficas

- ABDALLAH, I.B., TLILI, N., MARTINEZ-FORCE, E., RUBIO, A.G.P., PEREZ-CAMINO, M.C., ALBOUCHI, A., BOUKHCHINA, S. (2015). Content of carotenoids, tocopherols, sterols, triterpenic and aliphatic alcohols, and volatile compounds in six walnuts (*Juglans regia* L.) varieties. *Food Chemistry* 173, 972–978. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.095>
- ABDI, H., VALENTIN, D., CHOLLET, S., CHREA, C. (2007). Analyzing assessors and products in sorting tasks: DISTATIS, theory and applications. *Food Quality and Preference* 18, 627–640. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2006.09.003>
- ABENOZA, M., BENITO, M., SALDAÑA, G., ÁLVAREZ, I., RASO, J., SÁNCHEZ-GIMENO, A.C. (2013). Effects of pulsed electric field on yield extraction and quality of olive oil. *Food and Bioprocess Technology*, 6 (6), 1367-1373.
- ADAMS, J., WILLIAMS, A., LANCASTER, B., FOLEY, M. (2007). “Advantages and uses of check-all-that-apply response compared to traditional scaling of attributes for salty snacks”. En *7th Pangborn sensory science symposium*, August 12–16. Minneapolis, USA.
- ADKISON, C., RICHMOND, K., LINGGA, N., BIKOBA, V., MITCHAM, E. (2021). Optimizing walnut storage conditions: effects of relative humidity, temperature, and shelling on quality after storage. *HortScience*, 56 (10), 1244-1250. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15881-21>
- AHMED, M., PICKOVA, J., AHMAD, T., LIAQUAT, M., FARID, A., JAHANGIR, M. (2016). Oxidation of lipids in foods. *SJA*, 32, 230–238. <https://doi.org/10.17582/journal.sja/2016.32.3.230.238>
- AKKAYA, M.R., CIL, A., ÇİL, A.N., YÜCEL, H., KOLA, O. (2018). The influence of sowing dates on the oil content and fatty acid composition of standard, mid-oleic and high-oleic types of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Food Science and Technology*, 39, 448-453.
- ALARCÓN RIVERA, R., PÉREZ CAMINO, M.D.C., CHASQUIBOL SILVA, N. (2019). Evaluación de la vida útil de los aceites de Sacha Inchi (*Plukenetia huayllabambana* y *Plukenetia volubilis*) microencapsulados. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85 (3), 327-337.

- ALASALVAR, C. y PELVAN, E. (2011). Fat-soluble bioactives in nuts. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113 (8), 943-949.
- ALASALVAR, C. y BOLLING, B.W. (2015). Review of nut phytochemicals, fat-soluble bioactives, antioxidant components and health effects. *British Journal of Nutrition*, 113 (2), 68-78.
- ALCALA-GALIANO MORELL, D.D., CÓRDOVA LÓPEZ, J.A., ROMERO BORBÓN, E., RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, J.A., COSÍO CUADROS, R., RAMOS-SÁNCHEZ, L.B. (2021). Condiciones para la transesterificación enzimática de aceite de *Jatropha curcas* con un sólido fermentado. *Centro Azúcar*, 48 (2), 56-67.
- ALI, H.M., ABO-SHADY, A., SHARAF ELDEEN, H.A., SOROR, H.A., SHOUSHA, W.G., ABDEL-BARRY, O.A., SALEH, A.M. (2013). Structural features, kinetics and SAR study of radical scavenging and antioxidant activities of phenolic and anilinic compounds. *Chemistry Central Journal* 7, 53. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-7-53>
- ÁLVAREZ-ORTÍ, M., QUINTANILLA, C., SENA, E., ALVARRUIZ, A., PARDO, J. E. (2012). The effects of a pressure extraction system on quality the parameters of different virgin pistachio (*Pistacia vera* L. var. Larnaka) oils. *grasas y aceites*, 63 (3), 260-266.
- ALVAREZ-PARRILLA, E. (2018). Bioactive components and health effects of pecan nuts and their by-products: a review. *Instituto de Ciencias Biomédicas*, 1-56. <https://doi.org/10.31665/JFB>.
- AMINANE S., SICARD M., MELLITI Y., SER F., SICARD L. (2022). Experimental study of the kinetics of degradation of n-dodecane under thermos-oxidative stress at low temperature and mechanism inferred. *Fuel*, 307, 121669. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121669>
- ANDJELKOVIC, M., VAN CAMP, J., TRAWKA, A., VERHÉ, R. (2010). Phenolic compounds and some quality parameters of pumpkin seed oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112 (2), 208-217.

ANZALDÚA-MORALES, A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Zaragoza, España: Acribia.

AOAC Véase Association of Official Agricultural Chemists.

ARAYA-QUINTANILLA, F., GUTIÉRREZ-ESPINOZA, H., SÁNCHEZ-MONTOYA, U., MUÑOZ-YAÑEZ, M.J., BAEZA-VERGARA, A., PETERSEN-YANJARÍ, M., FERNÁNDEZ-LECAROS, L. (2020). Effectiveness of omega-3 fatty acid supplementation in patients with Alzheimer disease: A systematic review and meta-analysis. *Neurología (English Edition)*, 35 (2), 105-114. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2017.07.009>

ARES, G., BARREIRO, C., DELIZA, R., GIMÉNEZ, A.N.A., GÁMBARO, A. (2010). Application of a check-all-that-apply question to the development of chocolate milk desserts. *Journal of Sensory Studies*, 25, 67-86.

ARES, G. y JAEGER, S. R. (2013). Check-all-that-apply questions: Influence of attribute order on sensory product characterization. *Food Quality and Preference*, 28 (1), 141-153.

ARES, G., JAEGER, S.R., BAVA, C.M., CHHEANG, S.L., JIN, D., GIMENEZ, A., VARELA, P. (2013). CATA questions for sensory product characterization: Raising awareness of biases. *Food Quality and Preference*, 30 (2), 114-127. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.04.012>

ARES, G., ANTÚNEZ, L., GIMÉNEZ, A., ROIGARD, C.M., PINEAU, B., HUNTER, D.C., JAEGER, S.R. (2014). Further investigations into the reproducibility of check-all-that-apply (CATA) questions for sensory product characterization elicited by consumers. *Food Quality and Preference*, 36, 111-121.

ARES, G. y VARELA, P. A. (Eds.). (2018). *Methods in Consumer Research, New Approaches to Classic Methods*. Duxford, Reino Unido: Woodhead Publishing.

ARES, G. y JAEGER, S.R. (Eds.). (2023). “Check-all-that-apply (CATA) questions with consumers in practice: Experimental considerations and impact on outcome”. En *Rapid sensory profiling techniques*. 2 ed. Woodhead Publishing, 257-280. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821936-2.00013-3>

- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. (1998). *Official Methods of Analysis of the Association Analytical Chemists*. 15 ed. Washington DC, Estados Unidos.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. (2005). *Official Methods of Analysis of the Association Analytical Chemists*. 6 ed. Maryland, Estados Unidos.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. (2008). *Official Methods of Analysis of the Association Analytical Chemists*. 18 ed. Maryland, Estados Unidos.
- ATABANI, A.E., SILITONGA, A.S., ONG, H.C., MAHLIA, T.M.I., MASJUKI, H.H., BADRUDDIN, I.A., FAYAZ, H. (2013). Non-edible vegetable oils: a critical evaluation of oil extraction, fatty acid compositions, biodiesel production, characteristics, engine performance and emissions production. *Renewable and sustainable energy reviews*, 18, 211-245. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.12.011>
- ATANASOV, A.G., SABHARANJAK, S.M., ZENGIN, G., MOLLICA, A., SZOSTAK, A., SIMIRGIOTIS, M., MOCAN, A. (2018). Pecan nuts: A review of reported bioactivities and health effects. *Trends in Food Science & Technology*, 71, 246-257. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.019>
- ATEHORTÚA OSORNO, A.C., VELÁSQUEZ RODRÍGUEZ, C.M., LÓPEZ MARÍN, B.E. (2017). Caracterización de diversas especies de peces como fuente de PUFAs y omega 3 según su perfil de ácidos grasos. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 19 (1), 93-108. <https://doi.org/10.17533/udea.penh.v19n1a08>
- AZADMARD-DAMIRCHI, S., HABIBI-NODEH, F., HESARI, J., NEMATI, M., ACHACHLOUEI, B.F. (2010). Effect of pretreatment with microwaves on oxidative stability and nutraceuticals content of oil from rapeseed. *Food Chemistry*, 121 (4), 1211-1215.

- BACCOURI, B., RAJHI, I., THERESA, S., NAJJAR, Y., MOHAMED, S.N., WILLENBERG, I. (2022a). The potential of wild olive leaves (*Olea europaea* L. subsp. oleaster) addition as a functional additive in olive oil production: the effects on bioactive and nutraceutical compounds using LC–ESI–QTOF/MS. *Eur Food Res Technol* 248, 2809–2823. <https://doi.org/10.1007/s00217-022-04091-y>
- BACCOURI, B., RAJHI, I., ZARROUK, M. (2022b). Bioactive compounds and oxidative stability of feral olive oils from Tunisian Amazigh Mountains using LC-ESI-QTOF-MS approach for the development of innovative food products. *Eur Food Res Technol* 248, 2843–2855. <https://doi.org/10.1007/s00217-022-04094-9>
- BAKKALBAŞI, E. (2019). Oxidative stability of enriched walnut oil with phenolic extracts from walnut press-cake under accelerated oxidation conditions and the effect of ultrasound treatment. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13 (1), 43-50.
- BERGET, I., VARELA, P., TORMOD, N. (2019). Segmentation in projective mapping. *Science Direct*. 71, 8-20. Godočiková, L.; Ivanišová, E.; Kačániová, M. (2017). The influence of fortification of dark chocolate with seabuckthorn and mulberry on the content of biologically active substances. *Advanced Research in Life Sciences* 1 (1): 26-31.
- BEUCHAT, L.R. y PEGG, R.B. (2013). “Improving the safety and quality of pecans”. En *Improving the safety and quality of nuts*, 297–329. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/b978-1-78242-075-0.09001-3>
- BHARDWAJ, A., ALAM, T., TALWAR, N. (2019). Recent advances in active packaging of agri-food products: a review. *Journal of Postharvest Technology*, 7 (1), 33-62.
- BHUIYA, M.M.K., RASUL, M.G., KHAN, M.M.K., ASHWATH, N., AZAD, A.K., MOFIJUR, M. (2015). Optimization of oil extraction process from Australian native beauty leaf seed (*Calophyllum Inophyllum*). *Energy Procedia* 75, 56–61. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.137>

- BHUIYA, M.M.K., RASUL, M., KHAN, M., ASHWATH, N., MOFIJUR, M. (2020). Comparison of oil extraction between screw press and solvent (n-hexane) extraction technique from beauty leaf (*Calophyllum inophyllum* L.) feedstock. *Industrial Crops and Products* 144, 112024. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.112024>
- BI, J., KUESTEN, C., LEE, H.-S., O'MAHONY, M. (2018). Paired versions of various sensory discrimination forced-choice methods and the same-different area theorem. *Food Quality and Preference*, 63, 97-106.
- BLOOM, D.J., BAIK, H.-Y., LEE, S.-Y. (2019). Beverage complexity yields unpredicted power results for seven discrimination test methods. *Journal of Food Science*, 84, 606-612.
- BOLSA DE CEREALES DE BAHÍA BLANCA (2022). La dinámica del mercado de aceite de girasol y la participación argentina. *Estudios Económicos*. <https://www.bcp.org.ar/userfiles/files/RAE/Trabajos%20especiales/La%20din%C3%A1mica%20del%20mercado%20de%20aceite%20de%20girasol%20y%20la%20participaci%C3%B3n%20argentina.pdf>
- BOLSA DE COMERCIO DE ROSARIO (2022). Aceites Vegetales en el mundo: en 2022/23 la producción dará el salto más grande de los últimos 5 ciclos. *Informativo semanal*, Año XL, 2062.
- BORGES, T.H., PEREIRA, J.A., CABRERA-VIQUE, C., LARA, L., OLIVEIRA, A.F., SEIQUER, I. (2017). Characterization of Arbequina virgin olive oils produced in different regions of Brazil and Spain: Physicochemical properties, oxidative stability and fatty acid profile. *Food Chemistry*, 215, 454–462. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.162>
- BOUALI, I., TSAFOUROS, A., NTANOS, E., ALBOUCHI, A., BOUKHCHINA, S., ROUSSOS, P.A. (2020). Inter - cultivar and temporal variation of phenolic compounds, antioxidant activity and carbohydrate composition of pecan (*Carya illinoensis*) kernels grown in Tunisia. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 61 (1), 183–196. <https://doi.org/10.1007/s13580-019-00188-8>

- BOUALI, I., RATTOULI, H., HERCHI, W., MARTINE, L., GRÉGOIRE, S., ALBOUCHI, A., BERDEAUX, O. (2022). Chemical composition and thermal properties of Tunisian pecan nut [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] oils. *Grasas y Aceites*, 73 (3), 468.
- BRUZZONE, F., ARES, G., GIMÉNEZ, A.N.A. (2012). Consumers' texture perception of milk desserts. ii—comparison with trained assessors' data. *Journal of Texture Studies*, 43 (3), 214-226.
- BUERA, M.P., LOZANO, R.D., PETRIELLA C. (1985). Definition of colour in the non enzymatic browning process. *Die Farbe*, 32 (33) 318-322
- BURANASOMPOB, A., TANG, J., POWERS, J.R., REYES, S., CLARK, S., SWANSON, B.G. (2007). Lipoxygenase activity in walnuts and almonds. *LWT – Food Science and Technology* 40, 893-899.
- BURIN, M.A., FERRONATO, C., AMORIM, M.P., PEREIRA, L.M., BILIBIO, D., BENDER, J.P., PRIAMO, W.L. (2022). Extraction of Pecan nut (*Carya illinoensis*) oil using different techniques and its antitumor potential in human cancer cells. *The Journal of Supercritical Fluids*, 179, 105409. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2021.105409>
- CAA véase Código Alimentario Argentino.
- CABALLERO, G., TORIO, O., JIMENEZ, T., SÁNCHEZ F. (2017). Omega-3 fatty acids and depression: A systematic review. *Psiquiatria Biologica*, 24 (1), 10-17.
- CADENA, M.P. y COYAGO, A. (2023). Valoración sensorial de salsas y vinagretas de uvilla para determinar la aceptación de productos. *Revista Qualitas*, 25 (25), 089-103. <https://doi.org/10.55867/qual25.06>
- CADORET, M. y HUSSON, F. (2013). Construction and evaluation of confidence ellipses applied at sensory data. *Food Quality and Preference* 28, 106–115. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.09.005>
- CALAMARI, N.C. (2021). Determinación espacial de cultivos de pecan en la provincia de Entre Ríos, Argentina. Informe final de servicio técnico especializado (STE).

- CALVO, P., CASTAÑO, A., LOZANO, M., GONZALES, D. (2012). Influence of the microencapsulation on the quality parameters and shelf – life of extra –virgin olive oil encapsulated in the presence of BHT and different capsule Wall components. *Food Research International*, 45, 256-261. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.10.036>
- CÁRDENAS-MAZÓN, N.V., CEVALLOS-HERMIDA, C.E., SALAZAR-YACELGA, J.C., ROMERO-MACHADO, E.R., GALLEGOS-MURILLO, P.L., CÁCERES-MENA, M.E. (2018). Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación sensorial en el campo gastronómico. *Domino de las Ciencias*, 4 (3), 253-263.
- CARRILLO, G., GUTIÉRREZ, C., MURO, V., MARTÍNEZ, H., TORRES B. (2017). La chía como súper alimento y sus beneficios en la salud de la piel. *El Residente*, 12 (1), 18-24.
- CASTEJÓN, N., LUNA, P., SEÑORÁNS, F.J. (2018). Alternative oil extraction methods from *Echium plantagineum* L. seeds using advanced techniques and green solvents. *Food Chemistry*, 244, 75-82.
- CERVANTES, K., VELASCO-CRUZ, C., GRAUKE, L. J., WANG, X., CONNER, P., WELLS, L., RANDALL, J.J. (2023). Influence of Geographical Orchard Location on the Microbiome from the Progeny of a Pecan Controlled Cross. *Plants*, 12 (2), 360. <https://doi.org/10.3390/plants12020360>
- CHASQUIBOL, N., IPARRAGUIRRE, K., HUAMÁN, J., ALARCÓN, R. (2020). Oxidative stability of sacha inchi oils (*Plukenetia Huayllabambana* and *Plukenetia Volubilis*) and their importance in the food industry. *Revistas - Universidad de Lima*. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2020.n039.4922>
- CHRISTOPOULOS, M.V. y TSANTILI, E. (2012). Storage of fresh walnuts (*Juglans regia* L.) – Low temperature and phenolic compounds. *Postharvest Biology and Technology* 73, 80–88. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.06.001>

- CHUQUIPOMA, D., DIEGUEZ, E., GONZALES, L., COELLO, A., HIPÓLITO, J. (2022). Evaluación sensorial de cereales de chocolate utilizando el método de dominancia temporal de sensaciones (TDS) y mapeo de preferencia. *Journal of Neuroscience and Public Health*, 2 (3), 273-280. <https://doi.org/10.46363/jnph.v2i3.4>
- CIVILLE, G.V. y CARR, B.T. (2015). "Sensory Evaluation Techniques". 5 ed.; CRC Press; *Taylor & Francis Group*. Boca Raton, Florida. 79–557
- CLUSTER DEL PECÁN (2022). Los viveros: donde todo comienza. *Newsletter del Cluster – Junio 2022*. Disponible en: [Vivero Santa Mari a.pdf \(mcusercontent.com\)](https://mcusercontent.com/Vivero_Santa_Mari_a.pdf)
- COCKERHAM, S.N., GORMAN, W., MANESS, N., LILLYWHITE, J. (2011). *Feasibility assessment of investing in a pecan oil and flour processing facility using new extraction technology*. Tesis Doctoral, New Mexico State University.
- CÓDIGO ALIMENTARIO ARGENTINO. Ley 18.284. Normas para la producción, elaboración y circulación de alimentos para consumo humano en todo el país.
- COI véase Consejo Oleícola Internacional
- CONSEJO OLEÍCOLA INTERNACIONAL (2018). Sensory analysis of olive oil-method for the organoleptic assessment of virgin olive oil. Madrid, España.
- COWAN, D., HOLM, H. C., YEE, H. S. (2012). Reduction in free fatty acids in crude palm oil by enzymatic remediation. *J Oil Palm Res*, 24, 1492-1496.
- CZWARTKOWSKI, K., WIERZBIC, A., GOLIMOWSKI, W. (2022). Quality, Key Production Factors, and Consumption Volume of Niche Edible Oils Marketed in the European Union. *Sustainability*, 14 (3), 1846. <https://doi.org/10.3390/su14031846>

- DAVILA, M., LIU, X., YUSUFALI, Z., DU, X., (2022). Using texture analyzer to characterize pecan and olive oil tactile properties, compare to viscometer analysis, and link to fatty acid profile and total polyphenols. *Journal of Texture Studies* 53, 209–219. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12664>
- DE ALMEIDA, D.T., VIANA, T.V., COSTA, M.M., DE SANTANA SILVA, C., FEITOSA, S. (2020). Efectos de diferentes condiciones de almacenamiento en la estabilidad oxidativa del aceite de palma crudo y refinado, y la estearina y oleína de palma refinadas (*Elaeis guineensis*). *Palmas*, 41(3), 67-80.
- DE BERNARDI (2018). Perfil del aceite de maíz. Argentina. Ministerio de Agroindustria. Presidencia de la Nación.
- DE LA ROSA, L.A., ALVAREZ-PARRILLA, E., SHAHIDI, F. (2011). Phenolic compounds and antioxidant activity of kernels and shells of Mexican pecan (*Carya illinoensis*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59 (1), 152-162. <https://doi.org/10.1021/jf1034306>
- DE MARCO, R.D., GOLDSCHMIDT, R.J., HERTER, F.G., MARTINS, C.R., MELLO-FARIAS, P.C., UBERTI, A. (2021). The irrigation effect on nuts' growth and yield of *Carya illinoensis*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 93, 1–8. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120181351>
- DE OLIVEIRA, I., CORREA, W., NEVES, P., SILVA, P., LESCANO, C., MICHELS, F., PASSOS, W., MUZZI, R., OLIVEIRA, S., CAIRES, A. (2017). Optical analysis of the oils obtained from *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd: mapping absorption-emission profiles in an induced oxidation process. *Photonics*, 4, 3. <https://doi.org/10.3390/photonics4010003>
- DEDEBAS, T., EKICI, L. Y SAGDIC, O. (2021). Chemical characteristics and storage stabilities of different cold-pressed seed oils. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45 (2), 15107. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15107>
- DEL FAN-HOSSEINI, S., NAYEBZADEH, K., MIRMOGHTADAIE, L., KAVOSI, M., HOSSEINI, S. M. (2017). Effect of extraction process on composition, oxidative stability and rheological properties of purslane seed oil. *Food chemistry*, 222, 61-66. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.150>

- DELGADO, E.A. y CARABAJAL, D.E. (2018) Evaluación fenológica del nogal pecán en la provincia de Catamarca. *Revista de Cizas*, 19, 7-15.
- DELGADO-SORIANO, V., ESPINOZA, Y., TORRE, R., ENCINA-ZELADA, C.R. (2022). Metohuayo Oil (*Caryodendron orinocense* Karst) Obtained by hydraulic pressing and expeller: Yield analysis and physical-chemical characteristics. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24 (4), 236-247.
- DELUCCHI, C., PERCIBALDI, M., TREJO, M., EYHERABIDE, G. (2019). Mejoramiento genético del perfil de ácidos grasos del aceite de maíz. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 45 (2), 159-181.
- DESCALZO, A.M., BIOLATTO, A., RIZZO, S.A., PÉREZ, C. D., FRUSSO, E.A., CARDUZA, F., ROSSETTI, L. (2021). Oxidative stability parameters and sensory properties of in-shell "Stuart" pecans [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] stored at different temperatures under non-accelerated conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 179, 111591. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111591>
- DESCALZO, A.M., RIZZO, S.A., PÉREZ, C.D., BIOLATTO, A., FRUSSO, E.A., GRIGIONI, G.M., ROSSETTI, L. (2022). "Oxidative Stability and Sensory Properties of Pecan Nuts". En: Akram, M. *Nut Crops - New Insights*. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.106175>
- DOOLEY, L., LEE, Y.S., MEULLENET, J.F. (2010). The application of check-all-that-apply (CATA) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping. *Food Qual Prefer*, 21, 394–401
- DÓRAME-MIRANDA, R.F., GÁMEZ-MEZA, N., OVANDO-MARTÍNEZ, M., MEDINA-JUÁREZ, L.A., CÁRDENAS-LÓPEZ, J.L., RAMÍREZ-BON, R., BURRUEL-IBARRA, S.E. (2021). Encapsulation of sardine oil by electrospraying with gliadins and pecan nutshell extracts for its stabilization. *Food and Bioprocess Technology*, 14, 457-470.

- DOS SANTOS, A.J., CONFORTIN, T.C., TODERO, I., RODRIGUES, A.S., RIBEIRO, S.R., BOEIRA, C.P., DA ROSA, C.S. (2019). Simultaneous extraction of oil and bioactive compounds from pecan nut using pressurized solvents. *The Journal of Supercritical Fluids*, 153, 104598. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2019.104598>
- DOS SANTOS, A.J., CONFORTIN, T.C., TODERO, I., RODRIGUES, A.S., RIBEIRO, S.R., SASSO, S.R., DA ROSA, C.S. (2020). Use of compressed fluids in the recovery of pecan nut cake oil: Influence of extraction conditions on yield and extract quality. *The Journal of Supercritical Fluids*, 161, 104820. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2020.104820>
- DOWNS, M.L., BAUMERT, J.L., TAYLOR, S.L., MILLS, E.N.C. (2016). Mass spectrometric analysis of allergens in roasted walnuts. *Journal of Proteomics* 142, 62–69. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2016.04.045>
- DU, X., MUNIZ, A., JUMA, S. (2022). Pecan (*Carya illinoensis*) oil consumer hedonic rating, sensory characteristic, satiating and energizing effect, and drivers of overall acceptance. *J Americ Oil Chem Soc* 100, 57–68. <https://doi.org/10.1002/aocs.12659>
- DURÁN AGÜERO, S., TORRES GARCÍA, J., SANHUEZA CATALÁN, J. (2015). Aceites vegetales de uso frecuente en Sudamérica: características y propiedades. *Nutrición Hospitalaria*, 32 (1), 11-19.
- ENNIS, J. M. y JESIONKA, V. (2011). The power of sensory discrimination methods revisited. *Journal of Sensory Studies*, 26, 371-382.
- ENNIS, J.M. y CHRISTENSEN, R.H. (2014). Precision of measurement in Tetrad testing. *Food Quality and Preference*, 32, 98-106
- ESPINOSA-PARDO, F.A., SAVOIRE, R., SUBRA-PATERNAULT, P., HARSCOAT-SCHIAVO, C. (2020). Oil and protein recovery from corn germ: Extraction yield, composition and protein functionality. *Food and Bioproducts Processing*, 120, 131-142. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.01.002>

- ESTRADA-LÓPEZ, H.H., RESTREPO-FLÓREZ, C.E., IGLESIAS-NAVAS, M.A. (2018). Aceptabilidad sensorial de productos de panadería y repostería con incorporación de frutas y hortalizas deshidratadas como ingredientes funcionales. *Información tecnológica*, 29 (4), 13-20.
- FANTINO, V.M., BODOIRA, R.M., PENCI, M.C., RIBOTTA, P.D., MARTÍNEZ, M.L. (2020). Effect of screw-press extraction process parameters on the recovery and quality of pistachio oil. *Grasas y Aceites* 71, 360. <https://doi.org/10.3989/gya.0107191>
- FERNANDES, G.D., GÓMEZ-COCA, R.B., PÉREZ-CAMINO, M. DEL C., MOREDA, W., BARRERA-ARELLANO, D. (2017). Chemical characterization of major and minor compounds of nut oils: almond, hazelnut, and pecan nut. *Journal of Chemistry*, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2017/2609549>
- FERREIRA, I.J.B., ALEXANDRE, E.M.C., SARAIVA, J.A., PINTADO, M. (2022). Green emerging extraction technologies to obtain high-quality vegetable oils from nuts: A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 76, 102931. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102931>
- FLORES-CÓRDOBA, M., MUÑOZ MÁRQUEZ, E., MUÑOZ MÁRQUEZ, E., OJEDA BARRIOS, D.L., SOTO PARRA, J.M., PRECIADO RANGEL, P. (2017). Phytochemical composition and antioxidant capacity in Mexican pecan nut. *Emirates Journal of Food & Agriculture*, 29 (5), 346-350. <https://doi.org/10.9755/ejfa.EJFA-2016-08-1075>
- FLORES-ESTRADA, R.A., GÁMEZ-MEZA, N., MEDINA-JUÁREZ, L.A., CASTILLÓN-CAMPAÑA, L.G., MOLINA-DOMÍNGUEZ, C.C., RASCÓN-VALENZUELA, L.A., GARCÍA-GALAZ, A. (2020). Chemical composition, antioxidant, antimicrobial and antiproliferative activities of wastes from pecan nut [*Carya illinoensis* (Wagenh) K. Koch]. *Waste and Biomass Valorization*, 11, 3419-3432. <https://doi.org/10.1007/s12649-019-00681-2> .

- FRANKLIN, L.M., CHAPMAN, D.M., KING, E.S., MAU, M., HUANG, G., MITCHELL, A.E. (2017). Chemical and sensory characterization of oxidative changes in roasted almonds undergoing accelerated shelf life. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 65, 2549–2563. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b05357>
- FRONZA D., HAMANN J.J., BOTH V., DE OLIVEIRA-ANESE R., MEYER E.A. (2018). Pecan cultivation: general aspects. *Ciência Rural*, 48 (02). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20170179>
- FRUSSO, E.A. (2014). Influencia del nitrógeno, fósforo y cinc sobre la composición química y rendimiento de la nuez pecán y su relación con la variabilidad de nutrientes en hoja. Tesis de maestría. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- FRUSSO, E.A. (2018). Características morfológicas y fenológicas del pecán, guía fenológica ampliada y resumida. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_2018_caracteristicas_morfologicas_y_fenologicas_del_pecan_guia_fenologica_ampliada_y_resumida.pdf
- FUENTES, P.H.A., DO PRADO, A.C.P., OGLIARI, P., DESCHAMPS, F.C., BARRERA ARELLANO, D., BOLINI, H.M.A., BLOCK, J.M. (2013). Evaluation of physico-chemical and sensory quality during storage of soybean and canola oils packaged in PET bottles. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 90 (5), 619-629. <https://doi.org/10.1007/s11746-013-2211-6>
- GAIDO, A.P. (2019) “Descomoditización” de la nuez pecan. Trabajo de fin grado. Universidad del CEMA.
- GARCÍA, M., PÉREZ, G., ANTONIO, G., EMILIA, M. (2013). Influence of the parameters of the Rancimat test on the determination of the oxidative stability index of cod liver oil. *LWT - Food Science and Technology*, 51, 303-308
- GARCÍA-MARTÍNEZ, E., FERNÁNDEZ-SEGOVIA, I., FUENTES-LÓPEZ, A. (2014). Determinación del enranciamiento hidrolítico de un aceite de oliva mediante el grado de acidez. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universitat Politècnica de València. 8.

- GARDEA, A.A., MARTÍNEZ-TÉLLEZ, M.A., YAHIA, E.M. (2011). “Pecan (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch.)”. En *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits* 143-166. Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9780857092618.143>
- GARITTA, L., HOUGH, G., CHAVES, A. (2013). Sensory analysis of broccoli over time: Consumer defined critical attributes and evaluation of digital photographs in comparison to real product appearance. *Food Quality and Preference*, 29 (1), 48-52. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.02.001>
- GERTZ, C., ALADEDUNYE, F., MATTHÄUS, B. (2014). Oxidation and structural decomposition of fats and oils at elevated temperatures. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116 (11): 1457-1466. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201400099>
- GHARBY, S., HARHAR, H., EL MONFALOUTI, H., KARTAH, B., MAATA, N., GUILLAUME, D., CHAR-ROUF, Z. (2011). Chemical and oxidative properties of olive and Argan oils sold on the Moroccan market. A comparative study. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*. 44, 1–8.
- GHIRARDELLO, D., CONTESSA, C., VALENTINI, N., ZEPPA, G., ROLLE, L., GERBI, V., BOTTA, R. (2013). Effect of storage conditions on chemical and physical characteristics of hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Postharvest Biology and Technology* 81, 37–43. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.02.014>
- GODSON, A. y BASSEY U. (2015). Characterization of oil and biodiesel produced from *Thevetia peruviana* (Yellow oleander) seeds. *International Journal of Sustainable and Green Energy* 4 (4), 150-158.
- GODSWILL, N.N., FRANK, N.E.G., HERMINE, N.B., ACHILLE, N., MARTIN, B.J. (2017). A review of main factors affecting palm oil acidity within the smallholder oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) sector in Cameroon. *African Journal of Food Science*, 11 (9), 296-301.
- GÓMEZ-CORONA, C. (2020). Sensory and consumer research for good: A review on social responsibility. *Current Opinion in Food Science*, 33, 115-123. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.03.008>

- GONG, Y., PEGG, B., KERRIHARD, A.L., LEWIS, B. E., HEEREMA, R.J. (2020). Pecan kernel phenolics content and antioxidant capacity are enhanced by mechanical pruning and higher fruit position in the tree canopy. *Journal of American Society and Horticultural Science*, 145 (3): 193 – 202. <https://doi.org/10.21273/JASHS04810-19>
- GONZÁLEZ MEDINA, S. (2021). Revisión bibliográfica sobre la caracterización del aceite de semilla de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis L.*) y las propiedades de sus emulsiones. Trabajo de fin de grado. Universidad de los Andes.
- GONZÁLEZ, R., VIDONI, M., LOCATELLI, D., CAMARGO, A. (2017). Quality evaluation and discrimination of flavouring process of garlic-flavoured vegetable oils. *International journal of food properties*, 20, 1016-1024.
- GONZÁLEZ MORENO, J., SANCHO FERNÁNDEZ, M., ARNAL ARNAL, J.M., GARCÍA FAYOS, B. (2018). “Diseño del proceso de obtención de biodiésel a partir de salvado de arroz, plantas oleaginosas y aceites vegetales usados”. *22nd International Congress on Project Management and Engineering*. Madrid, 11 al 13 de julio de 2018. <http://dspace.aeipro.com/xmlui/handle/123456789/1641>
- GOROSTIAGUE, J.I., VICENTE, A.R., ORTIZ, C.M. (2022). Cambios en la calidad de nuez de pecán almacenada a partir del momento de pelado y de la condición de envasado. *Investigación Joven*, 9 (2), 62-62.
- GRAUKE, L., PRICE, H., JOHNSTON, J. (2001) Genome size of pecan as determined by flow cytometry. *HortScience* 36, 814.
- GRAUKE, L.J. (2010). Pecan seed stock selection—Regional implications. *Proc. SE Pecan Grow Assoc*, 103, 42-50.
- GRIGUOL, V., LEÓN-CAMACHO, M., VICARIO, I.M. (2007). Revisión de los niveles de ácidos grasos trans encontrados en distintos tipos de alimentos. *Grasas y Aceites*. 58 (1): 87-98.
- GRILLO, O., RIZZO, V., SACCONI, R., FALLICO, B., MAZZAGLIA, A., VENORA, G., MURATORE, G. (2014). Use of image analysis to evaluate the shelf life of bakery products. *Food research international*, 62, 514-522.

- GROSSO, A.L., ASENSIO, C.M., GROSSO, N.R., NEPOTE, V. (2017). Sensory quality preservation of coated walnuts. *Journal of Food Science*, 82 (1), 185-193. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13570>
- GROSSO, A.L., ASENSIO, C.M., GROSSO, N.R., NEPOTE, V. (2020). Increase of walnuts' shelf life using a walnut flour protein-based edible coating. *LWT*, 118, 108712. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108712>
- GUIDI, S., GÓMEZ, A., POLENTA, G., LÓPEZ, M.C., BLASCO, R. (2019). Desarrollo de barra de nuez pecan con cereales. En: Biolatto, A., Guidi, S., Nanni, M., Troilo, L.G. (eds.). *Estrategias para la diferenciación de alimentos y el desarrollo de nuevos productos alimentarios. Agroindustria y Agregado de valor*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Disponible en: <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/7130>
- GUINÉ, R.P., ALMEIDA, C.F., CORREIA, P.M., MENDES, M. (2015). Modelling the influence of origin, packing and storage on water activity, colour and texture of almonds, hazelnuts and walnuts using artificial neural networks. *Food and Bioprocess Technology*, 8 (5), 1113-1125.
- GUNARATNE, T.M., VIEJO, C.G., FUENTES, S., TORRICO, D.D., GUNARATNE, N.M., ASHMAN, H., DUNSHEA, F.R. (2019). Development of emotion lexicons to describe chocolate using the Check-All-That-Apply (CATA) methodology across Asian and Western groups. *Food Research International*, 115, 526-534.
- GUTIÉRREZ PULIDO, H. y DE LA VARA SALAZAR, R. (2008). *Diseño y análisis de experimentos*. 2 ed. Guanajuato, México: Mc Graw Hill.
- HAILS, G., CERMINATI, S., PAOLETTI, L., CABRERA, R., PEIRÚ, S., AGUIRRE, A., MENZELLA, H.G. (2020). A novel lecithin: Cholesterol acyltransferase for soybean oil refining provides higher yields and extra nutritional value with a cleaner process. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104, 7521-7532.
- HAO, J., QI, B., LI, D., ZENG, F. (2021). Catalytic co-pyrolysis of rice straw and ulva prolifera macroalgae: Effects of process parameter on bio-oil up-gradation. *Renewable Energy*, 164, 460-471. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.09.056>

- HEDEGAARD, R.V. y SKIBSTED, L.H. (2013). "Shelf-life of food powders". En *Handbook of Food Powders. Processes and Properties*. Filadelfia, Estados Unidos: Woodhead Publishing, 409–434. Disponible en: <https://doi.org/10.1533/9780857098672.2.409>
- HENRIQUE, N.A., DELIZA, R., ROSENTHAL, A. (2015). Consumer sensory characterization of cooked ham using the Check-All-That-Apply (CATA) methodology. *Food Engineering Reviews*, 7, 265-273.
- HEWAVITHARANA, G.G., PERERA, D.N., NAVARATNE, S.B., WICKRAMASINGHE, I. (2020). Extraction methods of fat from food samples and preparation of fatty acid methyl esters for gas chromatography: A review. *Arabian Journal of Chemistry*, 13 (8), 6865-6875.
- HUSSAIN, S.Z., NASEER, B., QADRI, T., FATIMA, T., BHAT, T.A. (2021). *Fruits Grown in Highland Regions of the Himalayas*. Cham, Suiza: Springer International Publishing.
- IFA, L., WIYANI, L., NURDJANNAH, N., GHALIB, A.M.T., RAMADHANIAR, S., KUSUMA, H.S. (2021). Analysis of bentonite performance on the quality of refined crude palm oil's color, free fatty acid and carotene: the effect of bentonite concentration and contact time. *Heliyon*, 7 (6), 07230. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07230>
- INDRASARI, S.D., KOSWARA, S., MUCHTADI, D., NAGARA, L.M. (2001). The effect of heating on the physicochemical characteristics of rice bran oil. *Indonesian Journal of Agricultural Science*, 2 (1), 1-5.
- INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (2012). *Norma IRAM 20003. Análisis sensorial: guía para la instalación de locales de ensayo*. Argentina: IRAM
- IRAM Véase Instituto Argentino de Normalización y Certificación
- IRIGARAY, B.A., MARTÍNEZ, N.I., FELLER, C., AMARILLO, M., GROMPONE, M.A. (2016). Shelf Life of monovarietal extra virgin olive oils cv. Arbequina and Coratina from Uruguay. *JFR* 5, 88. <https://doi.org/10.5539/jfr.v5n5p88>

- IRIGARAY, B., CALLEJAS, N., ESTRADÉ, D., REBELLATO, C., OSORIO, I.V. (2021). Determinación del contenido de antioxidantes naturales en frutos secos. *Innotec*, 21, 68-88. <https://doi.org/10.26461/21.08>
- ISHII, R., O'MAHONY, M., ROUSSEAU, B. (2014). Triangle and tetrad protocols: Small sensory differences, resampling and consumer relevance. *Food Quality and Preference*, 31, 49- 55
- JAEGER, S.R., SWANEY-STUEVE, M., CHHEANG, S.L., HUNTER, D.C., PINEAU, B., ARES, G. (2018). An assessment of the CATA-variant of the EsSense Profile®. *Food Quality and Preference*, 68, 360-370.
- JAKŠE, B., JAKŠE, B., GODNOV, U., PINTER, S. (2021). Nutritional, cardiovascular health and lifestyle status of 'health conscious' adult vegans and non-vegans from Slovenia: A cross-sectional self-reported survey. *International journal of environmental research and public health*, 18 (11), 5968.
- JEONG, Y.-N., KANG, B.-A., JEONG, M.-J., SONG, M.-J., HAUTUS, M. J., LEE, H.-S. (2016). Sensory discrimination by consumers of multiple stimuli from a reference: Stimulus configuration in A-Not AR and constant-ref. duo-trio superior to triangle and unspecified tetrad? *Food Quality and Preference*, 47, 10-22.
- JIA, X., LUO, H., XU, M., ZHAI, M., GUO, Z., QIAO, Y. (2018). Dynamic changes in phenolics and antioxidant capacity during pecan (*Carya illinoensis*) kernel ripening and its phenolics profiles. *Molecules*, 23 (2). <https://doi.org/10.3390/molecules23020435>
- JUHAIMI, F.A., ÖZCAN, M.M., USLU, N., DOĞU, S. (2017). Pecan walnut (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch) oil quality and phenolic compounds as affected by microwave and conventional roasting. *Journal of food science and technology*, 54, 4436-4441.
- JUHAIMI, F.A, ÖZCAN, M.M., GHAFOR, K., BABIKER, E.E., HUSSAIN, S. (2018). Comparison of cold-pressing and soxhlet extraction systems for bioactive compounds, antioxidant properties, polyphenols, fatty acids and tocopherols in eight nut oils. *Journal of food science and technology*, 55, 3163-3173. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3244-5>

- KAALE, D.L., EIKEVIK, M.T., RUSTAD, T., KOLSAKER, K. (2011). Superchilling of food: A review. *Journal of Food Engineering*, 107 (2), 141–146. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.06.004>
- KARRAR, E., SHETH, S., WEI, W., WANG, X. (2020). Effect of microwave heating on lipid composition, oxidative stability, color value, chemical properties, and antioxidant activity of gurum (*Citrulluslanatus var. Colocynthoide*) seed oil. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 23, 101504.
- KHAN, L.M. y HANNA, M.A. (1983). Expression of Oil from Oilseeds-A 9. *Journal of Agricultural Engineering* 28, 495-503.
- KHAREL, K., PRINYAWIWATKUL, W., YEMMIREDDY, V.K., GRAHAM, C.J., ADHIKARI, A. (2019). Effect of hot water treatment of in-shell pecans on physicochemical properties and consumer acceptability of roasted pecan kernels. *International Journal of Food Science & Technology*. 54, 1884 – 1891. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14096>
- KOÇ GÜLER, S., BOSTAN, S.Z., ÇON, A.H. (2017). Effects of gamma irradiation on chemical and sensory characteristics of natural hazelnut kernels. *Postharvest Biology and Technology* 123, 12–21. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.08.007>
- KONOPKA, I., ROSZKOWSKA, B., CZAPLICKI, S., TAŃSKA, M. (2016). Optimization of pumpkin oil recovery by using aqueous enzymatic extraction and comparison of the quality of the obtained oil with the quality of cold-pressed oil. *Food Technol. Biotechnol*, 54 (4), 413-420.
- KORNSTEINER, M., WAGNER, K. H., ELMADFA, I. (2006). Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types. *Food chemistry*, 98 (2), 381-387. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.033>
- KRUMREICH, F.D., BORGES, C.D., MENDONÇA, C.R.B., JANSEN-ALVES, C., ZAMBIAZI, R.C. (2018). Bioactive compounds and quality parameters of avocado oil obtained by different processes. *Food Chemistry*, 257, 376-381. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.048>

- KURECK, I., POLICARPI, P. DE B., TOALDO, I.M., MACIEL, M.V. DE O.B., BORDIGNON-LUIZ, M.T., BARRETO, P.L.M., BLOCK, J.M. (2018). Chemical characterization and release of polyphenols from pecan nut shell [*Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch] in zein microparticles for bioactive applications. *Plant Foods for Human Nutrition*, 73 (2), 137–145. <https://doi.org/10.1007/s11130-018-0667-0>
- KYRALEOU, M., HERB, D., REILLY, G.O., CONWAY, N., BRYAN, T., KILCAWLEY, K.N. (2021). The impact of terroir on the flavour of single malt whisky (E) y new make spirit. *Foods*, 10 (443), 1–23.
- LAFONT, J.J., ESPITIA, A.A., PÁEZ, M.S. (2019). Estudio fisicoquímico del aceite y análisis proximal de la torta de semillas oleaginosas nativas de Córdoba-Colombia. *Información tecnológica*, 30 (4), 85-92. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000400085>
- LAORETANI, D.S., FISCHER, C.D., IRIBARREN. O.A. (2017) Selection among alternative processes for the disposal of soapstock. *Food Bioprod Process* 101:177–183. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.10.015>
- LARROSA, J., TEDESCO, L.F., URIARTE, J.I., RAMÍREZ MUÑOZ DE TORO, G.R. (2022). Atributos e inestabilidad en el precio del aceite de oliva en Argentina. *RIVAR (Santiago)*, 9 (25), 55-76.
- LAWLESS, H. T. y HEYMANN, H. (2010). *Sensory evaluation of food: principles and practices*. 2 ed. New York, Estados Unidos: Springer.
- LÊ, S., JOSSE, J., HUSSON, F. (2008). FactoMineR: An R package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, 25, 1–18.
- LEE, Y., FINDLAY, C., MEULLENET, J.F. (2013). Experimental consideration for the use of check-all-that-apply questions to describe the sensory properties of orange juices. *Int J Food Sci Technol* 48, 215–219. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03165.x>

- LI, B., LI, C., ZHANG, Y., WANG, Y., JIA, D., YANG, M. (2016). Grinding temperature and energy ratio coefficient in MQL grinding of high-temperature nickel-base alloy by using different vegetable oils as base oil. *Chinese Journal of Aeronautics*, 29 (4), 1084-1095.
- LI, X., LI, Y., YANG, F., LIU, R., ZHAO, C., JIN, Q., WANG, X. (2019). Oxidation degree of soybean oil at induction time point under Rancimat test condition: Theoretical derivation and experimental observation. *Food Research International*, 120, 756-762.
- LIKENG-LI-NGUE, B.C., BELL, J.M., NGANDO-EBONGUE, G.F., NTSOMBOH, G.N., NGALLE, H.B. (2016). Genetic determinism of oil acidity among some DELI oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) progenies. *African Journal of Biotechnology*, 15 (34), 1841-1845.
- LOPEZ AYÚCAR, S. (2020). Aplicación de nuevas metodologías de análisis sensorial con imágenes. Trabajo de fin maestría. Universidad de Valladolid.
- MACIEL, L.G., RIBEIRO, F.L., TEIXEIRA, G.L., MOLOGNONI, L., DOS SANTOS, J.N., NUNES, I.L., BLOCK, J.M. (2020). The potential of the pecan nut cake as an ingredient for the food industry. *Food Research International*, 127, 108718. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108718>
- MAESTRI, D.M., GUZMÁN, G.A., GIORDA, L.M. (1998). Correlation between seed size, protein and oil contents, and fatty acid composition in soybean genotypes. *Grasas y aceites*, 49 (5-6), 450-453. <https://doi.org/10.3989/gya.1998.v49.i5-6.757>
- MAESTRI, D., CITTADINI, M.C., BODOIRA, R., MARTÍNEZ, M. (2020). Tree nut oils: Chemical profiles, extraction, stability, and quality concerns. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 122 (6), 1900450. <https://doi.org/10.1002/ejlt.20>
- MAGNUSON, S., KOPPEL, K., REID, W., CHAMBERS IV, E. (2015). Pecan flavor changes during storage. *Journal of the American Pomological Society*, 69 (4), 206-214.

- MARAULO, G.E. y ALDERETE, J.M. (2020). Estudio de la calidad sensorial en aceites de oliva argentinos para evaluar su posible posicionamiento comercial. *Revista Argentina de Ciencia y Tecnología*, 2618-1894. Universidad Nacional de Tres de Febrero.
- MARCHETTI, L., ROMERO, L.M., ANDRES, S.C., CALIFANO, A.N. (2017). Characterization of pecan nut expeller cake and effect of storage on its microbiological and oxidative quality. *Grasas y Aceites*, 68 (4), e226. <http://dx.doi.org/10.3989/gya.0667171>
- MARTÍN, M.P., NEPOTE, V., GROSSO, N.R. (2016). Chemical, sensory, and microbiological stability of stored raw peanuts packaged in polypropylene ventilated bags and high barrier plastic bags. *LWT - Food Science and Technology* 68, 174–182. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.031>
- MARTÍNEZ, M.L., PENCI, M.A.C., MARIN, M.A.A., RIBOTTA, P.D., MAESTRI, D.M. (2013a). Screw press extraction of almond (*Prunus dulcis* (Miller) D.A. Webb): Oil recovery and oxidative stability. *Journal of Food Engineering* 119, 40–45. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.05.010>
- MARTÍNEZ, M.L., PENCI, M.C., IXTAINA, V., RIBOTTA, P.D., MAESTRI, D. (2013b). Effect of natural and synthetic antioxidants on the oxidative stability of walnut oil under different storage conditions. *LWT-Food Science and Technology*, 51 (1), 44-50. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.10.021>
- MARTÍNEZ, M. y MAESTRI, D. (2015) *Aceites vegetales no tradicionales. Guía para la producción y evaluación de la calidad*. Córdoba, Argentina: Encuentro Grupo Editor.
- MARTÍNEZ, M.L., BORDÓN, M.G., BODOIRA, R.M., PENCI, M.C., RIBOTTA, P.D., MAESTRI D.M. (2017). Walnut and almond oil screw-press extraction at industrial scale: Effects of process parameters on oil yield and quality. *Grasas y Aceites* 68 (4), e216. <http://dx.doi.org/10.3989/gya.0554171>

- MARTINS, C.R., FRONZA, D., MALGARIM, M.B., BILHARVA, M.G., DE MARCO, R., HAMANN, J.J. (2017). Cultura da noz-pecã para a agricultura familiar. *Alternativas para a diversificação da agricultura familiar de base ecológica. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Brazil*, 65-81.
- MARX, Í.M., CASAL, S., RODRIGUES, N., CRUZ, R., VELOSO, A.C., PEREIRA, J.A., PERES, A.M. (2022). Impact of incorporating olive leaves during the industrial extraction of cv. Arbequina oils on the physicochemical–sensory quality and health claim fulfillment. *European Food Research and Technology*, 1-13.
- MATÍAS, A.C., TORO, A.A., MONTALVAN, I.D., MOLINA, M.S. (2010). *Variedades de olivo cultivadas en las provincias de Catamarca y La Rioja, Argentina*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones INTA.
- McKAY, A.M., KERR, W.L., DORICK, J. M., DUNN, L.L. (2022). Conditions for optimal shelling, microbial reduction, and kernel quality in pecans. *Postharvest Biology and Technology*, 191, 111966.
<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.111>
- MEIRELES, B.R.L.D.A., ALCANTARA, M.A., POLARI, I.D.L.B., SOUZA, A.G.D., SANTOS, N.A.D., GRISI, C.V.B., CORDEIRO, A.M.T.D.M. (2022). Catole coconut (*Syagrus cearensis*) oil: physicochemical characterization and thermo-oxidative stability by TG/DTG/DTA and Rancimat. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 147 (5), 3591-3598.
- MENDONÇA, A.P., ALMEIDA, F.D.A.C., OLIVEIRA, A.D.S., ROSA, J.C., ARAÚJO, M.E.R., SAMPAIO, P.D.T.B. (2020). Extração de óleo de andiroba por prensa: Rendimento e qualidade de óleo de sementes submetidas a diferentes teores de água e temperaturas de secagem. *Scientia Forestalis* 48.
<https://doi.org/10.18671/scifor.v48n125.09>
- MEXIS, S.F., BADEKA, A.V., RIGANAKOS, K.A., KARAKOSTAS, K.X., KONTOMINAS, M.G. (2009). Effect of packaging and storage conditions on quality of shelled walnuts. *Food Control* 20, 743–751.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.09.022>

- MEYNER, M., CASTURA, J.C., CARR, B.T. (2013). Existing and new approaches for the analysis of CATA data. *Food Quality and Preference*, 30 (2), 309-319.
- MILANICH, D., TORASSA, J., LIZARRALDE, J. (2022). “Campaña de exportación de nuez pecán 2022” en D’Alessio, M. (ed.). *XIII Jornadas Técnico Comerciales del Cluster del Pecán*. Concordia, 31 de marzo 2022 y 1 de abril de 2022. Entre Ríos: Cluster de la Nuez Pecán.
- MITCHAM, E., ADKISON, C., LINGGA, N., BIKOBA, V. (2022). Storage temperature, relative humidity, and time effects on the organoleptic profile of walnut kernels. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 147 (6), 291-299. <https://doi.org/10.21273/JASHS05196-22>
- MONTGOMERY, D.C. (2013). “Response surface methods and designs”. En: *Design and analysis of experiments*. 8 ed. John Wiley & Sons Inc. 478-523.
- MORALES-DE LA PEÑA, M., RÁBAGO-PANDURO, L.M., MARTÍN-BELLOSO, O., WELTI-CHANES, J. (2021). Challenges and benefits of using pecan kernels, derivatives, and byproducts as alternative ingredients in food product development. *Food Reviews International*, 1–13. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1961269>
- MORENO-MARTÍNEZ, E., GAVANZO-CÁRDENAS, Ó.M., RANGEL-SILVA, F.A. (2019). Evaluación de las características físicas y sensoriales de licor de cacao asociadas a modelos de siembra. *Ciencia y Agricultura*, 16 (3), 75-90.
- MU, H., GAO, H., CHEN, H., FANG, X., ZHOU, Y., WU, W. (2019). Study on the volatile oxidation compounds and quantitative prediction of oxidation parameters in walnut (*Carya cathayensis* Sarg.) oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 121 (6), 1800521. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201800521>.
- MUANGRAT, R., VEERAPHONG, P., CHANTEE, N. (2018). Screw press extraction of Sacha inchi seeds: Oil yield and its chemical composition and antioxidant properties. *Journal of food processing and preservation*, 42 (6), 13635. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13447>

- MURLEY, T., KELLY, B., ADHIKARI, J., REID, W., KOPPEL, K. (2020). A comparison of fatty acid and sensory profiles of raw and roasted pecan cultivars. *Journal of Food Science*, 85 (9), 2665-2672.
- MURRAY, J., DELAHUNTY, C., BAXTER, I. (2001). Descriptive sensory analysis: past, present and future. *Food Research International*, 461-471.
- NABTE, M.J. (2022a). Determinación espacial de cultivos de pecan en la provincia de Santa Fe, Argentina. Informe final de Servicio Técnico.
- NABTE, M.J. (2022b). Determinación espacial de cultivos de pecan en el sector norte provincia de Buenos Aires. Informe final de Servicio Técnico.
- NARAYANANKUTTY, A., ILLAM, S.P., RAGHAVAMENON, A.C. (2018). Health impacts of different edible oils prepared from coconut (*Cocos nucifera*): A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, 80, 1-7.
- NDE, D.B. y FONCHA, A.C. (2020). Optimization methods for the extraction of vegetable oils: A review. *Processes*, 8 (2), 209.
- NOPERI-MOSQUEDA, L.C., SOTO-PARRA, J.M., SÁNCHEZ, E., PIÑA-RAMÍREZ, F.J., PÉREZ-LEAL, R., FLORES-CÓRDOVA, M.A., SALAS-SALAZAR, N.A. (2019). Impact of organic and mineral fertilization in pecan nut on production, quality and antioxidant capacity. *Agricultural Sciences*, 10 (2), 227-240. <https://doi.org/10.4236/as.2019.102019>
- NWABUEZE, T.U. (2010). Basic steps in adapting response surface methodology as mathematical modelling for bioprocess optimisation in the food systems. *International Journal of Food Science & Technology*, 45 (9), 1768-1776. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02256.x>
- O'BRIEN, R.D. (2004). Fats and oils – Formulating and processing for applications. 2 ed. Boca Ratón, Estados Unidos: CRC Press, Taylor & Francias Group.

- O'FALLON, J.V., BUSBOOM, J.R., NELSON, M.L., GASKINS, C.T. (2007). A direct method for fatty acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissues, oils, and feedstuffs. *Journal of Animal Science* 85, 1511–1521. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-491>
- OJEDA-BARRIOS, D.L., ARRAS VOTA, A.M., HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, O.A., LÓPEZ DÍAZ, J.C., AGUILAR VALDÉS, A., DENOGEAN BALLESTEROS, F.G. (2010). SWOT analysis and perspectives of pecan production in Chihuahua-Mexico. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 14 (27), 348-359. <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/A>
- OLGUÍN-ROJAS, J.A., FAYOS, O., VÁZQUEZ-LEÓN, L.A., FERREIRO-GONZÁLEZ, M., RODRÍGUEZ-JIMENES, G.D. C., PALMA, M., GARCÉS-CLAVER A., BARBERO, G.F. (2019). Progression of the total and individual capsaicinoids content in the fruits of three different cultivars of *Capsicum chinense* Jacq. *Agronomy*, 9 (3), 141. <https://doi.org/10.3390/agronomy9030141>
- O'MAHONY, M. (2013). The tetrad test: Looking back, looking forward. *Journal of Sensory Studies*, 28, 289-263.
- ORO, T., OGLIARI, P.J., DIAS DE MELLO CASTANHO AMBONI, R., BARRERA-ARELLANO, D., BLOCK, J.M. (2008). Evaluación de la calidad durante el almacenamiento de nueces Pecán [*Carya illinoensis* (Wangenh.) C. Koch] acondicionadas en diferentes envases. *Grasas y Aceites* 59, 132–138. <https://doi.org/10.3989/gya.2008.v59.i2.501>
- ORO, T., BOLINI, H.M.A., ARELLANO, D.B., BLOCK, J.M. (2009). Physicochemical and sensory quality of crude Brazilian pecan nut oil during storage. *J Americ Oil Chem Soc* 86, 971–976. <https://doi.org/10.1007/s11746-009-1434-z>
- ORTIZ, C.M., VICENTE, A.R., FIELDS, R.P., GRILO, F., LABAVITCH, J.M., DONIS-GONZALEZ, I., CRISOSTO, C.H. (2019). Walnut (*Juglans regia* L.) kernel postharvest deterioration as affected by pellicle integrity, cultivar and oxygen concentration. *Postharvest Biology and Technology*, 156, 110948. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.110948>

- ÖZDOĞAN, G., LIN, X., SUN, D.W. (2021). Rapid and noninvasive sensory analyses of food products by hyperspectral imaging: Recent application developments. *Trends in Food Science & Technology*, 111, 151-165.
- PAGÈS, J. (2005). Collection and analysis of perceived product inter-distances using multiple factor analysis: Application to the study of 10 white wines from the Loire Valley. *Food Quality and Preference*, 16, 642–649.
- PANNICO, A., SCHOUTEN, R.E., BASILE, B., ROMANO, R., WOLTERING, E.J., CIRILLO, C. (2015). Non-destructive detection of flawed hazelnut kernels and lipid oxidation assessment using NIR spectroscopy. *Journal of Food Engineering* 160, 42–48. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.03.015>
- PAUCAR-MENACHO, L.M., SALVADOR-REYES, R., GUILLÉN-SÁNCHEZ, J., CAPA-ROBLES, J., MORENO-ROJO, C. (2015). Estudio comparativo de las características físico-químicas del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), aceite de oliva (*Olea europaea*) y aceite crudo de pescado. *Scientia Agropecuaria*, 6 (4), 279-290. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.04.05>
- PERDOMO, H., WALAUER, C., ARN, S. (2021). “Mercado para noz-peça no Brasil e no mundo”. En Madeiros, J.C. (ed.). *VI Seminário da Cultura da Noz-peça*. Anta Gorda, 20 y 27 de abril de 2021. Anta Gorda, Brasil: Prefeitura Municipal de Anta Gorda/RS.
- PÉREZ-GONZÁLEZ, E., SEVERIANO-PÉREZ, P., AVIÑA-JIMÉNEZ, H.M., VELÁZQUEZ-MADRAZO, O.D.C. (2023). Geothermal food dehydrator system, operation and sensory analysis, and dehydrated pineapple quality. *Food Science & Nutrition*.
- PERRIN, L., SYMONEAUX, R., MAÎTRE, I., ASSELIN, C., JOURJON, F., PAGÈS, J. (2008). Comparison of three sensory methods for use with the Napping® procedure: Case of ten wines from Loire Valley. *Food Quality and Preference*, 19, 1–11.

- PLEASANCE, E.A., KERR, W.L., PEGG, R.B., SWANSON, R.B., CHEELY, A.N., HUANG, G., PARRISH, D.R., KERRIHARD, A.L. (2018). Effects of storage conditions on consumer and chemical assessments of raw ‘nonpareil’ almonds over a two-year period: Effect of storage on raw almonds. *Journal of Food Science* 83, 822–830. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14055>
- POLMANN, G., BADIA, V., FRENA, M., TEIXEIRA, G.L., RIGO, E., BLOCK, J.M., FELTES, M.M.C. (2019). Enzyme-assisted aqueous extraction combined with experimental designs allow the obtaining of a high-quality and yield pecan nut oil. *LWT*, 113, 108283. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108283>
- POLMANN, G., ROSSI, G.B., TEIXEIRA, G.L., MACIEL, L.G., DE FRANCISCO, A., ARISI, A.C.M., FELTES, M.M.C. (2021). High-added value co-products obtained from pecan nut (*Carya illinoensis*) using a green extraction technology. *Journal of Food Science and Technology*, 1-11.
- PORTALFRUTÍCOLA (2022). Nuez Pecán: La nueva producción que se impulsa en Argentina. Argentina. Disponible en: <https://www.portalfruticola.com/noticias/>
- PORTARENA, S., ANSEMI, C., ZADRA, C., FARINELLI, D., FAMIANI, F., BALDACCHINI, C., BRUGNOLI, E. (2019). Cultivar discrimination, fatty acid profile and carotenoid characterization of monovarietal olive oils by Raman spectroscopy at a single glance. *Food Control*, 96, 137-145. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.09.011>
- PRABHAKAR, H., SHARMA, S., KONG, F. (2020). Effects of postharvest handling and storage on pecan quality. *Food Reviews International* 1–28. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1817066>
- PRABHAKAR, H., BOCK, C.H., KERR, W. L., KONG, F. (2022). Pecan color change during storage: Kinetics and Modeling of the Processes. *Current research in food science*, 5, 261-271. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.01.015>
- PRADHAN, R.C., MISHRA, S., NAIK, S.N., BHATNAGAR, N., VIJAY, V.K. (2011). Oil expression from *Jatropha* seeds using a screw press expeller. *Biosystems engineering* 109, 158–166. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2011.02.012>

- PRADO, A.C.P. DO, MANION, B.A., SEETHARAMAN, K., DESCHAMPS, F.C., BARRERA ARELLANO, D., BLOCK, J.M. (2013). Relationship between antioxidant properties and chemical composition of the oil and the shell of pecan nuts [*Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch]. *Industrial Crops and Products* 45, 64–73. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.11.042>
- RABADÁN A., ALVAREZ-ORTÍ M., GÓMEZ R., ALVARRUIZ A., PARDO J.E. (2017). Optimization of pistachio oil extraction regarding processing parameters of screw and hydraulic presses. *LWT - Food Sci and Technoogy*. 83, 79–85. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.05.006>
- RÁBAGO-PANDURO, L.M., MARTÍN-BELLOSO, O., WELTI-CHANES, J., MORALES-DE LA PEÑA, M. (2020). Changes in bioactive compounds content and antioxidant capacity of pecan nuts [*Carya illinoensis* (Wangenh. K. Koch)] during storage. *Revista mexicana de ingeniería química*, 19 (3), 1439-1452. <https://doi.org/10.24275/rmiq/Alim1149>
- RAEI, M. y JAFARI, S.M. (2013). Influence of modified atmospheric conditions and different packaging materials on pistachio (*Pistacia vera* L.) oil quality. *Latin American Applied Research*, 43 (1) 43-46.
- RAISI, M., GHORBANI, M., SADEGHI MAHOONAK, A., KASHANINEJAD, M., HOSSEINI, H. (2015). Effect of storage atmosphere and temperature on the oxidative stability of almond kernels during long term storage. *Journal of Stored Products Research* 62, 16–21. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2015.03.004>
- RAMÍREZ-RIVERA, E.D.J., JUÁREZ-BARRIENTOS, J.M., RODRÍGUEZ-MIRANDA, J., RAMÍREZ-GARCÍA, S.A., VILLA-RUANO, N., RAMÓN-CANUL, L.G. (2016). Comparación de mapas de preferencia mediante el análisis descriptivo cuantitativo y perfil flash en hamburguesas. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 3 (7), 103-112.

- REBOREDO-RODRÍGUEZ, P., GONZÁLEZ-BARREIRO, C., CANCHO-GRANDE, B., FREGAPANE, G., SALVADOR, M.D., SIMAL-GÁNDARA, J. (2015). Characterisation of extra virgin olive oils from Galician autochthonous varieties and their co-crushings with Arbequina and Picual cv. *Food Chemistry*, 176, 493-503. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.12.078>
- RIBEIRO, S.R., RIBEIRO, Q.M., KLEIN, B., DUARTE DOS SANTOS, I., FORGIARINI, S., HAMANN, J.J., CICHOSKI, A.J., FRONZA, D., BRACKMANN, A., BOTH, V., WAGNER, R. (2020a). Effect of low oxygen on quality attributes of 'Barton' pecan nuts after long-term storage at different temperatures. *Scientia Horticulturae* 263, 109098. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109098>
- RIBEIRO, S.R., KLEIN, B., RIBEIRO, Q.M., SANTOS, I.D., GENRO, A.L.G., FERREIRA, D.F., HAMANN, J.J., BARIN, J.S., CICHOSKI, A.J., FRONZA, D., BOTH, V., WAGNER, R. (2020b). Chemical composition and oxidative stability of eleven pecan cultivars produced in Southern Brazil. *Food Research International*, 136, 109596. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109596>
- RIBEIRO, S.R., GARCIA, M.V., COPETTI, M.V., BRACKMANN, A., BOTH, V., WAGNER, R. (2021). Effect of controlled atmosphere, vacuum packaging and different temperatures on the growth of spoilage fungi in shelled pecan nuts during storage. *Food Control* 128, 108173. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108173>
- RIBEIRO, S.R., KLEIN, B., DOS SANTOS, I.D., THEWES, F.R., BRACKMANN, A., BOTH, V., WAGNER, R. (2022). Effects of controlled atmosphere and storage temperature on the quality of shelled 'Barton' pecan nuts during long-term storage. *Food Research International*, 158, 111498. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111>
- RISVIK, E. (1994). Sensory properties and preferences. *Meat Science* 36, 67–77. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(94\)90034-5](https://doi.org/10.1016/0309-1740(94)90034-5)

- RISVIK, E., MCEWAN, J., COLWILL, J., ROGERS, R., LYON, D. (1994). Projective Mapping: A tool for sensory analysis and consumer research. *Food Quality and Preference*, 263-269.
- RIVERA-RANGEL, L.R., AGUILERA-CAMPOS, K.I., GARCÍA-TRIANA, A., AYALA-SOTO, J.G., CHAVEZ-FLORES, D., HERNÁNDEZ-OCHOA, L. (2018). Comparison of oil content and fatty acids profile of Western Schley, Wichita, and native pecan nuts cultured in Chihuahua, Mexico. *Journal of Lipids*. <https://doi.org/10.1155/2018/4781345>
- RIVEROS, C.G., NEPOTE, V., GROSSO, N.R. (2016). Thyme and basil essential oils included in edible coatings as a natural preserving method of oilseed kernels. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96 (1), 183-191. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7080>
- ROBBINS, K.S., GONG, Y., WELLS, M.L., GREENSPAN, P., PEGG, R.B. (2015). Investigation of the antioxidant capacity and phenolic constituents of US pecans. *Journal of Functional Foods*, 15, 11-22. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.03.006>
- RODRIGUES, A.C., HENRIQUE, A., SOUZA, P. DE, MATSUSHITA, M., DIAS, L.F. (2013). Proximate composition and fatty acids profile in Oleaginous seeds proximate composition and fatty acids profile in Oleaginous seeds. *Journal of Research*, 2 (1). <https://doi.org/10.5539/jfr.v2n1p109>
- RODRÍGUEZ, G., VILLANUEVA, E., GLORIO, P., BAQUERIZO, M. (2015). Estabilidad oxidativa y estimación de la vida útil del aceite de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *Scientia Agropecuaria*, 6 (3), 155-163.
- ROMBAUT, N., SAVOIRE, R., THOMASSET, B., CASTELLO, J., VAN HECKE, E., LANOISELLÉ, J.L. (2015). Optimization of oil yield and oil total phenolic content during grape seed cold screw pressing. *Industrial Crops and Products* 63, 26–33. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.10.001>

- ROS, E., LÓPEZ-MIRANDA, J., PICÓ, C., RUBIO, M.A., BABIO, N., SALA-VILA, A., PÉREZ-JIMÉNEZ, F., ESCRICH, E., BULLÓ, M., SOLANAS, M., GIL HERNÁNDEZ, A., SALAS-SALVADÓ, J. (2015). Consenso sobre las grasas y aceites en la alimentación de la población. *Nutrición hospitalaria*, 32 (2), 435-477. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.2.9202>
- SALVADOR, A.A., PODESTÁ, R., BLOCK, J.M., FERREIRA, S.R.S. (2016). Increasing the value of pecan nut [*Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch] cake by means of oil extraction and antioxidant activity evaluation. *The Journal of Supercritical Fluids*, 116, 215-222. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2016.05.046>
- SANZ CASTRODEZA, E. (2018). *Comparación de metodologías bidimensionales en análisis sensorial*. Trabajo Fin de Máster, Universidad de Valladolid.
- SATRIANA, S., SUPARDAN, M., ARPI, N. MUSTAPHA, W. (2019). Development of methods used in the extraction of Avocado oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 121, 1800210. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201800210>
- SCAPINELLO, J., MAGRO, J.D., BLOCK, J.M., DI LUCCIO, M., TRES, M.V., OLIVEIRA, J.V. (2017). Fatty acid profile of pecan nut oils obtained from pressurized n-butane and cold pressing compared with commercial oils. *Journal of Food Science Technology* 54, 3366–3369. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2771-9>
- SECRETARÍA DE AGROINDUSTRIA (2019). Cadena de nuez pecán – Resumen. Argentina. Ministerio de Producción y Trabajo. Presidencia de la Nación. Disponible en: http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Cadenas%20de%20Valor%20de%20Alimentos%20y%20Bebidas/informes/Resumen_Cadena_NUEZ_PECAN_mayo_2019.pdf
- SENA-MORENO, E., PARDO, J.E, CATALÁN, L., GÓMEZ, R., PARDO-GIMÉNEZ, A., ALVAREZ-ORTÍ, M. (2015). Drying temperature and extraction method influence physicochemical and sensory characteristics of pistachio oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117 (5), 684-691. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201400366>

SENASA véase Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria

SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA.

Resolución 446/2014: Reglamento técnico sobre identidad y calidad de la nuez de pecán (*Carya illinoensis* Wangenh K. Koch) con cáscara.

SEVDA, S. y SINGH, A. (Eds.). (2020). *Mathematical and Statistical Applications in Food Engineering*. Nueva York, Estados Unidos: CRC Press, Taylor & Francis Group.

SEVERIANO-PÉREZ, P. (2019). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial? *Inter disciplina*, 7 (19), 47-68.

SHAHIDI, F. y ZHONG, Y. (2005). “Lipid oxidation: measurement methods, bailey’s industrial oil and fat products”. 6 ed. En *Memorial University of Newfoundland, Canada*. <https://doi.org/10.1002/047167849X.bio050>

SHAHIDI, F. y ZHONG, Y. (2010). Lipid oxidation and improving the oxidative stability. *Chemical Society Reviews*, 39 (11), 4067.

SHAO, D., VENKITASAMY, C., LI, X., PAN, Z., SHI, J., WANG, B., TEH, H.E., MCHUGH, T.H. (2015). Thermal and storage characteristics of tomato seed oil. *LWT - Food Science and Technology* 63, 191–197. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.010>

SIEBENEICHLER, T.J., HOFFMANN, J.F., GALLI, V., ZAMBIAZI, R.C. (2023). Composition and impact of pre-and post-harvest treatments/factors in pecan nuts quality. *Trends in Food Science & Technology*, 131, 46-60 <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.11.010>

SIGER, A., DWIECKI, K., BORZYSZKOWSKI, W., TURSKI, M., RUDZIŃSKA, M., NOGALA-KAŁUCKA, M. (2017). Physicochemical characteristics of the cold-pressed oil obtained from seeds of *Fagus sylvatica* L. *Food chemistry*, 225, 239-245.

- SINGH, J. y BARGALE, P.C. (2000). Development of a small capacity double stage compression screw press for oil expression. *Journal of Food Engineering*, 43 (2), 75-82.
- SINGH, K.K., WIESENBORN, D.P., TOSTENSON, K., KANGAS, N. (2002). Influence of moisture content and cooking on screw pressing of crambe seed. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 79 (2), 165-170.
- STATHERS, T., LAMBOLL, R., MVUMI, B.M. (2013). Postharvest agriculture in changing climates: its importance to African smallholder farmers. *Food Security*, 5 (3), 361-392. <https://doi.org/10.1007/s12571-013-0262-z>
- STONE, H., SIDEL, J., OLIVER, S., WOOLSEY, A., SINGLETON, R.C. (1974). Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Food technology*, 28 (11), 24.
- STONE, H. y SIDEL, J.L. (2004). "Introduction to sensory evaluation". En *Sensory Evaluation Practices*. 3 ed. San Diego, Estados Unidos. Academic Press, 1-19.
- SYMONIUK, E., RATUSZ, K., OSTROWSKA-LIGEŻA, E., KRYGIER, K. (2018). Impact of selected chemical characteristics of cold-pressed oils on their oxidative stability determined using the Rancimat and pressure differential scanning calorimetry method. *Food Analytical Methods*, 11 (4), 1095–1104. <https://doi.org/10.1007/s12161-017-1081-1>
- TANWAR, B., MODGIL, R., GOYAL, A. (2021). Nutritional and phytochemical composition of pecan nut [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] and its hypocholesterolemic effect in an animal model. *British Food Journal*, 123 (4), 1433–1448. <https://doi.org/10.1108/BFJ-08-2020-0689>
- TAYLOR, N., KUNENE, S., PANDOR, M. (2020). Stick-Tights and Vivipary in pecans. South African pecan nut producers association NPC. <https://www.sappa.za.org/technical-info/>.

- THEWES, F.R., BOTH, V., THEWES, F.R., BRACKMANN, A., WAGNER, R., RIBEIRO, S.R., LUDWIG, V., ROSSATO, F.P. (2021a). Pecan storage: Effects of 1-MCP on the overall quality and volatile compounds profile of shelled and unshelled pecans. *LWT - Food Science and Technology*, 145, 111298. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111298>
- THEWES, F.R., BOTH, V., THEWES, F.R., BRACKMANN, A., SCHULTZ, E.E., BERGHETTI, M.R.P., RIBEIRO, S.R. (2021b). Interaction of oxygen and moisture content on ‘Barton’ and ‘Jackson’ pecan storage. *Postharvest Biology and Technology*, 179, 111584. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111298>
- TORASSA, J. (2023). Claves del negocio de la exportación: cómo conseguir el mejor precio para mis nueces? En Venticinque, N. (ed.) *Jornadas del Cluster del Pecán 2023*. Concordia, 30 y 31 de marzo 2023. Entre Ríos: Cluster del Pecán.
- TORRICO, D.D., JIRANGRAT, W., WANG, J., CHOMPREEEDA, P., SRIWATTANA, S., PRINYAWIWATKUL, W. (2018). Novel modelling approaches to characterize and quantify carryover effects on sensory acceptability. *Foods*, 7 (11), 186.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (2020). Nut production. National Agricultural Statistics Service. <https://www.usda.gov/>
- USDA véase United States Department of Agriculture.
- VALDÉS GARCÍA, A., BELTRÁN SANAHUJA, A., KARABAGIAS, I.K., BADEKA, A., KONTOMINAS, M.G., GARRIGÓS, M.C. (2021). Effect of frying and roasting processes on the oxidative stability of sunflower seeds (*Helianthus annuus*) under normal and accelerated storage conditions. *Foods*, 10 (5), 944.
- VALENTE, I.L., CONFORTIN, T.C., LUFT, L., UGALDE, G.A., ZABOT, G.L., MAZUTTI, M.A., TERRA, L.M. (2018) Extraction of bioactive compounds from *Botryosphaeria dothidea* using supercritical carbon dioxide and compressed liquefied petroleum gas. *Jornal Supercrit. Fluids*, 136, 52–59. <http://dx.doi.org/10.1016/j.supflu.2018.02.013>

- VALENTIN, D., CHOLLET, S., NESTRUD, M., ABDI, H. (2018). Projective Mapping & Sorting Tasks. En Kemp, S., Hort, J. Hollowood, T. (eds.) *Descriptive Analysis in Sensory Evaluation*. John Wiley & Sons Ltd. 535-559.
- VARELA, P. y ARES, G. (2012). Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. *Food Research International*, 893-908.
- VARELA, P. y ARES, G. (Eds.) (2014). *Novel techniques in sensory characterization and consumer profiling*. Boca Ratón, Estados Unidos: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- VARELA, P., ANTÚNEZ, L., BERGET, I., OLIVEIRA, D., CHRISTENSEN, K., VIDAL, L., NAES, T., ARES, G. (2017). Influence of consumers cognitive style on results from Projective Mapping. *Food Research International*, 99 (1), 693-701
- VARGAS, M., GUTARRA, H., SORIANO, V.D., AVENDAÑO, P.C., PEÑAFIEL, C.E. (2020). Ácidos grasos y criterios de calidad del aceite de palta obtenido mediante tres sistemas de extracción libres de solvente. *Agroindustrial Science*, 10 (1), 71-77.
- VASCO-LEAL, J.F., HERNÁNDEZ-RIOS, I., MÉNDEZ-GALLEGOS, S.D.J., VENTURA-RAMOS JR, E., CUELLAR-NÚÑEZ, M.L., MOSQUERA-ARTAMONOV, J.D. (2017). Relación entre la composición química de la semilla y la calidad de aceite de doce accesiones de *Ricinus communis* L. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8 (6), 1343-1356.
- VENKATACHALAM, M. y SATHE, S.K. (2006). Chemical composition of selected edible nut seeds. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54 (13), 4705-4714. <https://doi.org/10.1021/jf0606959>
- VENKATACHALAM, M., KSHIRSAGAR, H.H., SEERAM, N.P., HEBER, D., THOMPSON, T.E., ROUX, K.H. (2007). Biochemical composition and immunological comparison of select pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55 (24), 9899–9907. <https://doi.org/10.1021/jf0714721>

- VILLANUEVA, E., RODRÍGUEZ, G., AGUIRRE, E., CASTRO, V. (2017). Influencia de antioxidantes en la estabilidad oxidativa del aceite de chia (*Salvia hispanica* L.) por Rancimat. *Scientia agropecuaria*, 8 (1), 19-27. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.01.02>
- VILLARREAL-LOZOYA, J.E., LOMBARDINI, L., CISNEROS-ZEVALLOS, L. (2007). Phytochemical constituents and antioxidant capacity of different pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] cultivars. *Food Chemistry*, 102 (4), 1241-1249. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.07.024>
- VILLARREAL-LOZOYA, J.E., LOMBARDINI, L., CISNEROS-ZEVALLOS, L. (2009). Electron-Beam irradiation effects on phytochemical constituents and antioxidant capacity of pecan kernels [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57, 10732–10739. <https://doi.org/10.1021/jf901719s>
- WAKELING, L.T., MASON, R.L., D'ARC, B.R., CAFFIN, N.A. (2001). Composition of pecan cultivars Wichita and Western Schley [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] grown in Australia. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49 (3), 1277-1281. <https://doi.org/10.1021/jf000797d>
- WALTON, D.A., RANDALL, B.W., POIENOU, M., NEVENIMO, T., MOXON, J., WALLACE, H.M. (2017). shelf life of tropical canarium nut stored under ambient conditions. *Horticulturae*, 3, 1-24. <https://doi.org/10.3390/horticulturae3010024>
- WANG, Y., HEEREMA, R.J., WALWORTH, J.L., DUNGAN, B., VANLEEUEWEN, D., HOLGUIN, F.O. (2020). Nutraceutical properties of pecan kernels are affected by soil zinc fertilizer application. *HortScience*, 55 (12), 2001-2007. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15314-20>
- WATSON, R.R. y PREEDY, V.R. (Eds.) (2019). *Dietary interventions in liver disease: foods, nutrients, and dietary supplements*. San Diego, Estados Unidos: Academic Press. Elsevier. Disponible en: [10.1016/C2017-0-01377-0](https://doi.org/10.1016/C2017-0-01377-0)
- WELLS, L. (ed.) (2007) *Southeastern Pecan Grower's Handbook*. Unive Cooperative Extension Service, University of Georgia College of Agricultural & Environmental Sciences.

- WELLS, L. (2017). *Pecan: America's Native Nut Tree*. Tuscaloosa, Estados Unidos: University of Alabama Press.
- WOOD, B.W. (2000). Pollination characteristics of pecan trees and orchards. *HortTechnology*, 10 (1), 120-126.
<https://doi.org/10.21273/HORTTECH.10.1.120>
- WU, S., YAO, X., WANG, K., YANG, S., REN, H., HUANG, M., CHANG, J. (2022). Quality analysis and comprehensive evaluation of fruits from different cultivars of pecan (*Carya illinoensis* (Wangenheim) K. Koch). *Forests*, 13 (5), 746.
- XIA, Y., ZHANG, J., ZHANG, X., ISHII, R., ZHONG, F., O'MAHONY, M. (2015). Tetrads, triads and pairs: Experiments in self-specification. *Food Quality and Preferences*, 40, 97-105
- YANG, C.Y., LIU, X.M., CHEN, Z.Y., YANG, R.L., LIN, Y.S., ZHAO, X.L. (2013). Determination of phytosterols of fourteen edible vegetable oils by gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 28 (2), 123-128.
- YATE, A.V., NARVÁEZ, P.C., ORJUELA, A., HERNÁNDEZ, A., ACEVEDO, H. (2020). A systematic evaluation of the mechanical extraction of *Jatropha curcas* L. oil for biofuels production. *Food and Bioproducts Processing*, 122, 72-81.
- YEMMIREDDY, V.K., CASON, C., MOREIRA, J., ADHIKARI, A. (2020). Effect of pecan variety and the method of extraction on the antimicrobial activity of pecan shell extracts against different foodborne pathogens and their efficacy on food matrices. *Food Control*, 112, 107098. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107098>
- YOUSEFI, H., SU, H.M., IMANI, S.M., ALKHALDI, K., FILIPE, C.D.M., DIDAR, T. (2019). Intelligent food packaging: A review of smart sensing technologies for monitoring food quality. *ACS Sensors*, 4, 808–821.
<https://doi.org/10.1021/acssensors.9b00440>

- YU, L., WANG, Y., WU, G., JIN, J., JIN, Q., WANG, X. (2020). Quality and composition of virgin olive oils from indigenous and European cultivars grown in China. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 97 (4), 341-353. <https://doi.org/10.1002/aocs.12315>
- ZANQUI, A.B., SILVA, C.M. DA, RESSUTTE, J.B., DE MORAIS, D.R., SANTOS, J.M., EBERLIN, M.N., CARDOZO-FILHO, L., SILVA, E.A. DA, GOMES, S.T.M., MATSUSHITA, M. (2020). Extraction and assessment of oil and bioactive compounds from cashew nut (*Anacardium occidentale*) using pressurized n-propane and ethanol as cosolvent. *The Journal of Supercritical Fluids* 157, 104686. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2019.104686>
- ZHANG, J., LI, M., DING, Z., CHENG, J., YANG, S., LIU, X. (2019). Microwave airflow drying of pecans at variable microwave power. *Journal of Food Process Engineering*, 42 (12946), 1–8. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12946>
- ZHANG, R., PENG, F., LI, Y. (2015). Pecan production in China. *Scientia Horticulturae*, 197, 719-727. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.10.035>
- ZHANG, X., CHANG, J., YAO, X., WANG, J., ZHANG, J., YANG, Y., REN, H. (2022). Chemical composition in kernels of ten grafted pecan (*Carya illinoensis*) varieties in southeastern China. *Sci*, 4 (2), 25. <https://doi.org/10.3390/sci4020025>
- ZHANG, Y.Y., ZHANG, F., THAKUR, K., CI, A.T., WANG, H., ZHANG, J.G., WEI, Z.J. (2018). Effect of natural polyphenol on the oxidative stability of pecan oil. *Food and Chemical Toxicology* 119, 489–495. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.10.001n>
- ZHENG, L., JIN, J., HUANG, J., WANG, Y., KORMA, S. A., WANG, X., JIN, Q. (2018). Effects of heat pretreatment of wet-milled corn germ on the physicochemical properties of oil. *Journal of Food Science and technology*, 55, 3154-3162.
- ZHOU, Y., FAN, W., CHU, F., WANG, C., PEI, D. (2018). Identification of volatile oxidation compounds as potential markers of walnut oil quality. *Journal of Food Science*, 83 (11), 2745–2752. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14342>