

Aspectos funcionales y nutricionales de harinas comerciales orgánicas de trigos ancestrales (*Triticum spelta*) y Trigo Pan (*Triticum aestivum* L.) en Argentina

Ormando, P.^{3,4,5}; Mir, L.²; Di Pane, F.¹; Molfese; E.¹

Correspondencia: molfese.eleanorosa@inta.gob.ar

1. Chacra Experimental Integrada Barrow. Grupo Mejoramiento y Calidad (Convenio MDA-INTA) C.C. 50-7500-Tres Arroyos, Pcia. Buenos Aires, Argentina. 2. Estación Experimental A. EEA, Marcos Juárez. Córdoba, Argentina. 3. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto Tecnología de Alimentos. Argentina. 4. Instituto de Ciencia y Tecnología de Sistemas Alimentarios Sustentables, UEDD INTA CONICET. Argentina. 5. Universidad Argentina de la Empresa (UADE). Instituto de Tecnología (INTEC). Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN

La valorización del consumo de productos elaborados a partir de harinas de trigos ancestrales como el Espelta está aumentando en el mundo. Su cultivo se efectúa de manera sustentable y se asocia con dietas saludables. Particularmente en Argentina, la producción se realiza de manera orgánica.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de dos harinas integrales comerciales de trigo Espelta (*Triticum spelta*), comparando su performance respecto de una harina integral de Trigo pan (*Triticum aestivum*) de alta calidad industrial.

Se determinó composición nutricional y se caracterizó las propiedades reológicas mediante el análisis del gluten, farinograma, alveograma, mixolab, entre otros, además de ensayos de panificación y elaboración de galletitas.

Las harinas de Espelta presentaron diferencias entre sí y respecto del Trigo Pan en: granulometría, cenizas, fósforo, sodio, hierro, grasa, fibra, color, fuerza panadera, actividad amilásica, calidad galletitera.

Se corroboró que las harinas integrales de Espelta forman gluten y su contenido así como el de proteína, fue mayor al del Trigo Pan. Sin embargo las masas fueron más débiles y con menor fuerza panadera.

No se evidenciaron diferencias en el volumen de panes elaborados probablemente debido a la metodología utilizada.

Este estudio mostró que las harinas integrales de espelta comercializadas en nuestro país poseen características diferenciales en calidad nutricional, aptitud y potencial para la elaboración de productos, presentándose como una alternativa válida al momento de diversificar las dietas.

La difusión de la información generada podría ser un estímulo para el cultivo y para los elaboradores de productos a partir de harina de espelta.

1. Introducción y Objetivos

1.1 Origen del *Triticum Spelta*

El trigo es utilizado como una fuente de alimentación básica desde la edad de piedra (6700 a.C) y cultivado desde aproximadamente 5000 a.C. Las variedades del trigo moderno (*Triticum aestivum*) han evolucionado por diferenciación genómica a partir de tres granos ancestrales y por cruzamientos con trigos silvestres. Las tres especies originales actualmente referidas como granos antiguos son Espelta (*Triticum spelta*), Farro (*Triticum dicococcum*) y Escanda o Escaña (*Triticum monococum*), Collar, (2007).

Como trigo tetraploide se menciona la especie silvestre *T. turgidum* ssp. *dicocoides* L. (AABB). La domesticación de este trigo tetraploide silvestre dio lugar a *T. turgidum* ssp. *dicocum*, del que evolucionaron posteriormente otras subespecies de trigos. El espelta ($2n=6x=42$; AABBDD) *T. aestivum* ssp. *spelta* L. em Thell.) es el trigo hexaploide primitivo del que habría evolucionado el trigo harinero moderno (*T. aestivum* ssp. *aestivum* L. em. Thell). Este trigo se habría producido por el cruzamiento espontáneo entre *T. turgidum* ssp. *dicocum* y *Ae. tauschii* ssp. *strangulata* Coss. Cuando se sintetiza artificialmente el *T. aestivum* por cruzamiento entre *T. turgidum* y *Ae. tauschii* el producto resultante es un trigo vestido como el espelta, Caballero García, (2005).

La domesticación de cultivos se asocia con la selección de rasgos genéticos que pueden incluir cambios, por ejemplo, que llevan a la obtención de granos descascarados. En los cereales antiguos las glumas de la flor se adhieren firmemente al grano. Debido a que el carácter de trilla libre se encuentra condicionado y está controlado por mutaciones en solo dos loci genéticos (Dubcovsky y Dvorak, 2007), el trigo y la espelta se consideran formas de la misma especie (*Triticum aestivum*). El trigo panadero y el trigo espelta son realmente la misma especie, resultante de la combinación de muchos tipos modernos de espelta que contienen material genético desde el trigo panadero, el cual ha sido incorporado para mejorar su producción, (Shewry, 2018).

En la Tabla N°1 se presenta el nombre común, científico y los genomas de los trigos actuales.

Tabla N° 1: Trigos actuales con su nombre común, científico y los genomas

Nombre común	Nombre científico	Genoma
Wheat (bread)	<i>Triticum aestivum</i>	AA BB DD
Durum (pasta) wheat	<i>Triticum turgidum</i> var <i>durum</i>	AA BB
Spelt	<i>Triticum aestivum</i> var <i>spelta</i>	AA BB DD
Emmer	<i>Triticum turgidum</i> var <i>diccum</i>	AA BB
Kamut	<i>Triticum turgidum</i> , ssp. <i>turanicum</i>	AA BB

Fuente: (Marsh, 2000)

1.2. Cereales en el mundo

El trigo y su harina representan el alimento básico para el 40% de la población mundial y ha sido fundamental en la historia humana, puesto que es utilizado por millones de comunidades. No solo se emplea como materia prima, en

forma de granos, sino que también se consume a través de uno de sus derivados más inmediatos: la harina (FAO, 2018).

Los cereales como Escanda, Farro y Espelta continúan produciéndose en pequeñas cantidades en algunas regiones de Europa y de América del Norte. Actualmente en España, por ejemplo, el cultivo se mantiene ligado a la zona de Asturias. Además, las especies de trigos antiguos han sido reintroducidos en la agricultura ecológica. Existe un interés creciente en identificar especies de trigo con mayor potencial para la salud, más específicamente para mejorar las propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Este interés podría contribuir al estudio de las enfermedades crónicas relacionadas con la dieta. En un trabajo de Dinu y col., 2018, se menciona que el perfil nutricional de las variedades antiguas es “más saludable” respecto a los trigos modernos.

El trigo espelta se diferencia del trigo pan y candeal en aspectos tales como la apariencia física del grano y las propiedades nutritivas, Collar (2007). Los trigos ancestrales poseen granos vestidos que le confieren resistencia a plagas y enfermedades. La presencia de ese “grano vestido” tiene como ventaja la resistencia al ataque de patógenos y también la infección, por ejemplo del hongo *Fusarium*, que puede atacar al grano sintetizando micotoxinas, entre ellas el DON (deoxinivalenol) cuya presencia puede tener consecuencias nocivas para la salud, (Konvalina et al, 2005). La barrera física del grano vestido otorgaría protección ante algunos patógenos, posibilitando la obtención de harinas integrales con potencial nutricional, garantizando su inocuidad alimentaria y adaptable a una agricultura sostenible.

En general las posibilidades de utilización de las tres especies originales Espelta, Farro y Escanda (Escaña) son: productos panificados, galletitas, mezclas para sopas, fideos, cereales para desayuno, cerveza y sémola.

1.3 Producción de trigo y harina en Argentina

Nuestro país es uno de los principales productores mundiales de trigo, con un volumen anual que supera las 18 millones de toneladas donde una tercera parte se destina a la molienda. De acuerdo al último reporte de la Cadena de Trigo, el consumo de harina de trigo pan en el 2017 fue de 77,7 kg/habitante. El trigo candeal aporta anualmente cerca de 300.000 toneladas y la sémola que se obtiene, insumo básico para la industria fideera, es prácticamente utilizada en su totalidad en el mercado interno.

En el caso del trigo Espeltano existen cifras oficiales en cuanto a hectáreas sembradas, producción ni consumo. Ante el INASE (Instituto Nacional de Semillas) se encuentran registradas dos variedades de *Triticum spelta*: Dinkel ECOFAUNO, variedad argentina que se inscribió en el año 2008 y OberKulmer ROTKORN, una introducción europea registrada a principios del siglo XX en Suiza, cuya inscripción se realizó en el 2018 en Argentina.

Los obtentores son los encargados de producir y comercializar las harinas integrales que se encuentran en el mercado. La producción se realiza en condiciones de agricultura orgánica certificada, de acuerdo a lo declarado por sus comercializadores. Estas harinas integrales se venden en ferias, dietéticas, *e-commerce* y mercados artesanales con mucho éxito.

La relevancia que el cultivo está adquiriendo se manifiesta en el pedido que el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) realizó sobre la incorporación del Trigo Espelta al Código Alimentario Argentino. Así, desde el 2017 el Ministerio de Agroindustria de la Nación lo incorporó en el

Código Alimentario Argentino y lo define en el Capítulo IX ('Farináceos-cereales, harinas y derivados') Artículo 657 tris – (Resolución Conjunta SPRel y SAV N° 7 - E/2017): “Se entiende por Trigo Espelta (Dinkel, Escaña, Espelta) a la semilla sana, limpia y bien conservada de distintas variedades de *Triticum spelta* L.”

En el Laboratorio de Calidad Industrial de Barrow (MDA-INTA) desde hace varios años se realizan pruebas con el fin de evaluar distintos aspectos de la calidad funcional y el comportamiento en la panificación de este cereal antiguo (Molfese & Di Pane, 2019). En el último tiempo, tanto productores como profesionales asociados a la agricultura e incluso desde el área comercial de la embajada argentina han consultado ante INTA sobre las posibilidades de siembra, producción y aspectos de comercialización de este trigo. Existe un marcado interés desde el ámbito académico para estudiar y presentar resultados vinculados a aspectos nutricionales como el contenido de fibra, proteínas, minerales y vitaminas.

Actualmente, los autores de este estudio trabajan con el fin de caracterizar el perfil nutricional, reológico y sensorial de alimentos con énfasis en el agregado de valor que poseen los productos elaborados con harinas integrales provenientes de trigo Espelta asociados a diversos sistemas de producción agropecuaria. El Proyecto Estructural (PE I517) corresponde a la nueva cartera de proyectos aprobados por INTA donde además se prioriza el agregado de valor en la producción agropecuaria/agroalimentaria a través de la mejora, identidad y/o transformación de producto y oportunidad de su comercialización.

El objetivo de este trabajo fue evaluar las características tecnológicas y el comportamiento de dos harinas integrales comerciales de trigo Espelta (*Triticum spelta*) de nuestro país, comparando su performance respecto de una harina integral de Trigo pan (*Triticum aestivum*) de alta calidad industrial generando información para la comunidad.

2. Materiales y Métodos

Las dos harinas integrales orgánicas utilizadas de Trigo Espelta (*Triticum spelta*) son las únicas que se encuentran presentes en el mercado argentino.

Cada una de ellas corresponde a una variedad específica (Dinkel ECOFAUNO y OberKulmer ROTKORN). Como referencia se utilizó una harina integral orgánica de Trigo Pan (*Triticum aestivum* L.) de muy buena calidad. Todas las muestras provenían de explotaciones orgánicas certificadas y su producción fue realizada en la campaña 2018, en la Subregión triguera IV Argentina, (Trigo Argentino, 2020). Se analizaron muestras representativas de un mismo lote.

A continuación se informan los ensayos de calidad aplicados y técnicas utilizadas para el presente estudio:

Granulometría: equipo vibrador Zonytest (Sistema tridireccional tipo Ro-Tap), provisto de tamices según Normas A.S.T.M. E-11/70 IRAM 1501. **Humedad:** IRAM 15850-I: 2009, **Cenizas:** IRAM 15.851:2009. Para estimar la actividad alfaamilásica se utilizó el **Falling Number** Mod.1400 (Perten, Hagersten, Suecia), IRAM 15.8:206203. Se determinó **Color** en harina, miga y corteza de pan por Método triestímulo, Minolta Chroma Meter CR-310 notación Hunter *Lab* que define cada color a partir de tres coordenadas denominadas L*, a* y b*.

Estos valores se integraron en el **Índice de Pardeamiento ó Browning Index** (BI) como medida de la pureza del color marrón; El Gluten Húmedo, Gluten Index y Seco se realizó en Glutomatic (Pertten, Hagersten, Suecia) según: Norma IRAM15.864-2*: 2013.

El **Alveograma** se realizó con el Alveograph modelo 2018, Chopin, Francia (Norma IRAM 15857: 2012), obteniendo la Fuerza panadera (W, Joules x10⁻⁴) y Relación tenacidad/extensibilidad (P/L).

El **Farinograma** se trazó según IRAM 15.855:2000 con un farinógrafo Brabender-E (Brabender OHG, Duisburg, Alemania). Se obtuvieron el porcentaje de absorción de agua (AA), Tiempo de desarrollo de la masa en minutos (TD), Estabilidad en minutos (EST), Aflojamiento en unidades farinográficas (AFLO) y Número de Calidad Farinográfico (FQN).

Perfil de Viscosidad: (Norma ICC, Standard No. 162, 1996), utilizando un viscoanalizador, Rapid Visco Analyzer (RVA- súper 4; Newport Scientific Pty. Ltd., Australia) siguiendo el perfil del método estándar 1. Los parámetros obtenidos fueron: Viscosidad máxima (VISC MAX), Viscosidad media (VISC MED), Viscosidad final (VISC FINAL), Set Back o Retrogradación (SETBACK) diferencia entre VISC FINAL y VISC MED, Break down o Estabilidad (BDOWN) diferencia entre VISC MAX y VISC MED, Temperatura de pasting (TPASTING).

Perfil de Capacidad de Retención de Solventes (SRC) (Método 56-11, AACC, 2000) utilizando solución de: agua destilada, ácido láctico 5% (p/p), sacarosa 50% (p/p) y carbonato de sodio 5% (p/p).

El test **MIXOLAB**[®], Chopin Technologies, Francia, (AACC Method 54-60.01) proporcionó información sobre la harina durante 5 fases en las que varía su consistencia debido a los cambios de temperatura que experimenta la masa.

Ensayo Panificación: (Norma IRAM 15858:2019) Parte 2 - Método experimental para ser usado en programas de mejoramiento de trigo. Se determinó: AA % absorción de agua, T. AMAS: Tiempo de amasado (minutos); T.FER: Tiempo de fermentación (minutos); Ve: Volumen del pan/peso del pan; VP: Valor Panadero: calificación relativa del pan tomando como referencia 700 cm³ de volumen, 60% de AA y 140 min de tiempo de fermentación.

Ensayo de Calidad Galletera: Método del Instituto Americano de Panificación (ABI) – Kansas, Manhattan. USA (AACC 10-50D). Los parámetros obtenidos fueron diámetro (DG, cm), factor galleta (FG) (relación largo de 4 galletas, cm, y alto de 4 galletas, cm) y características sensoriales de aspecto exterior e interior de las mismas.

Se evaluó la presencia de **Macro y Micronutrientes: Nitrógeno Total:** (factor 5,7) por método de Kjeldahl. **Grasa Bruta:** extracción continua con hexano con extractor Soxhlet. **Fibra Bruta:** se partió de una muestra desengrasada que luego fue digerida con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio y calcinado el residuo. La diferencia de pesos después de la calcinación indica la cantidad de fibra presente; **Sodio (Na) y Potasio (K):** Determinación mediante fotometría de llama. **Fósforo (P), Hierro (Fe) y Calcio (Ca):** mediante espectrofotometría de absorción molecular en el visible utilizando una reacción previa. **Magnesio (Mg):** Determinación mediante volumetrías por formación de complejo.

El pH, la acidez etanólica y la acuosa se determinaron en extractos de harina y utilizando peachímetro y volumetrías ácido base.

2.1. Análisis estadístico

Los resultados de las determinaciones realizadas durante el estudio se procesaron estadísticamente a través del paquete estadístico InfoStat versión 2016, (Di Rienzo, Casanoves, Balzarini, & González, 2016), mediante un ANOVA y prueba de Fisher ($p > 0,05$). De cada ensayo o análisis se realizaron tres repeticiones en cada muestra.

3. Resultados y Discusión

Para caracterizar las harinas integrales de Trigo Espelta se evaluaron: la granulometría, el color, aspectos nutricionales, las calidades plásticas y de viscosidad y la calidad panadera y galletera. Se tomó como referencia a una harina integral de Trigo Pan de conocida buena calidad, ver Figura 1.

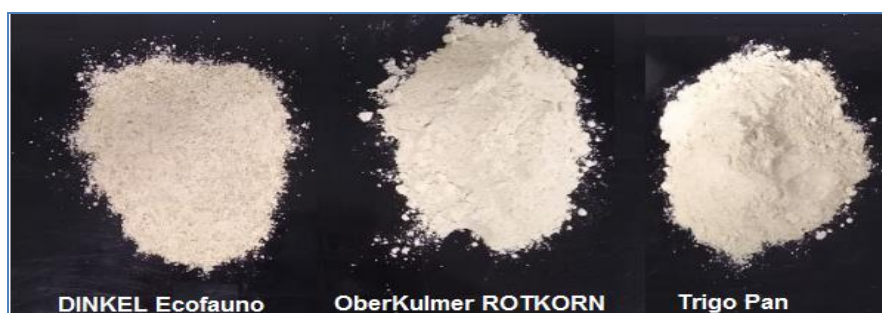


Figura 1: Harinas integrales utilizadas para este estudio

3.1. Granulometría

El tamaño de las partículas influye en los parámetros de absorción y retención de agua, así como en las propiedades reológicas de la masa según mencionaron Al-Saqer, et al (2000). Considerando que en este trabajo se utilizaron harinas de distinto origen disponibles en los comercios y que para su obtención, los granos recibieron diferente tipo de procesamiento (acondicionamiento y molienda) se determinó la granulometría.

Tabla N° 2: Distribución en porcentaje (%) de fracciones de harinas integrales retenidas sobre tamices de 500, 297, 177 micrones y fondo del tamiz.

HARINA INTEGRAL	500 micrones %	297 micrones %	177 micrones %	Fondo tamiz %
Dinkel ECOFAUNO	59 a	1 a	3 a	37 c
OberKulmerROTKORN	34 c	4 a	4 a	57 a
Trigo Pan	44 b	4 a	4 a	48 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la Tabla N° 2 se presentan los resultados de la distribución en porcentaje (%) de las fracciones de harinas integrales retenidas sobre tamices de 500, 297, 177 micrones y fondo del tamiz. Las tres muestras presentaron diferencias estadísticamente significativas en la proporción de material retenido sobre el tamiz de 500 micrones y el fondo.

La harina Dinkel ECOFAUNO presentó mayor retención sobre el tamiz de 500 micrones (59%) y menor porcentaje (37%) de harinas de menor granulometría. En la situación inversa encontramos el comportamiento de OberKulmer ROTKORN con la menor retención de partículas gruesas (34%) y el mayor porcentaje de harinas finas (57%). La harina de Trigo Pan tuvo un comportamiento intermedio en la distribución respecto de las dos harinas de espelta. Se debe considerar que las harinas integrales OberKulmer ROTKORN y Trigo Pan fueron obtenidas con el mismo molino.

3.2. Evaluación de la composición centesimal y parámetros cromáticos

En la Tabla N° 3 se presentan los valores promedio del porcentaje de Ceniza (CEN), Humedad (HUM), Falling Number (FN) y los parámetros cromáticos para el color (L^* , a^* y b^*) y el BI, índice de pardeamiento.

El valor de la ceniza expresa el contenido total de sustancias minerales. Ambas variedades de Trigo Espelta mostraron diferencias estadísticamente significativas frente al Trigo Pan, obteniéndose para la variedad OberKulmer ROTKORN el nivel más alto en contenido de cenizas. El más bajo se observó en la harina integral de Trigo Pan.

Los minerales del grano se encuentran concentrados en las capas más externas del mismo y una mayor proporción de salvado en harina, dará mayores valores de cenizas, aportando a su vez, un color más oscuro, más sabor y capacidad de fermentación, Antoja Giralt, (2015). La variedad Dinkel ECOFAUNO presentó el mayor contenido de cenizas respecto de las otras harinas, coincidiendo con Spisni et al., 2019, quienes mencionaron que pueden encontrarse diferencias entre los trigos, especialmente en términos de contenido mineral, con una ventaja en los trigos más antiguos.

El contenido de humedad fue normal y estuvo por debajo del 14% exigido en la comercialización de harinas en nuestro país, destacándose el Trigo Pan por su valor más bajo. Cuanto menor sea su contenido de agua, mayor será la absorción de agua de la harina durante el amasado para obtener una buena consistencia de la masa panaria, Antoja Giralt, (2015).

Para el caso de la actividad amilásica (FN en segundos) se observaron valores similares y menores en las harinas integrales de Espelta respecto de los obtenidos para Trigo Pan. Los autores Wiwart et al., en 2017, compararon un set de quince variedades de trigo espelta frente a dos variedades de trigo blando hallando que estos últimos poseían menor actividad amilásica.

Para la evaluación de los parámetros de color las muestras de harina integrales presentaron como coordenada de L^* un rango de valores entre 82,42 a 76,42, siendo la variedad OberKulmer ROTKORN la que tuvo un valor de luminosidad mayor respecto a las otras. Los tonos amarillo claro hacen referencia a valores positivos de b^* y en particular, la variedad Dinkel ECOFAUNO presentó un menor tono amarillo. Los valores de a^* fueron positivos (1,67 a 0,68) encontrándose dentro de la zona de los tonos rojizos y presentando diferencias estadísticamente significativa entre sí. El BI es un índice que integra las mediciones de color. La harina de Trigo Pan mostró el mayor valor y diferente respecto de las harinas de Espelta.

Tabla N° 3: Valores promedio del porcentaje de Ceniza, Humedad, Falling Number y parámetros cromáticos sobre harinas integrales

HARINA INTEGRAL	CEN %	HUM %	FN s	Parámetros cromáticos			
				L*	a*	b*	BI
DINKEL ECOFAUNO	2,241 b	13,18 b	321 b	77,48 b	1,16 b	9,1 b	13,21 b
OberKulmer ROTKORN	2,345 a	13,34 a	332 b	82,42 a	0,68 c	10,3 a	13,54 b
Trigo Pan	1,960 c	13,00 c	383 a	76,42 c	1,67 a	10,2 a	15,43 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Las variaciones en el contenido de proteína y gluten en el grano pueden influenciar significativamente las propiedades de fuerza de las masas de las variedades de trigo. Sin embargo, la cantidad no explica las diferencias en calidad que existe entre los cultivares de trigo, Gomez Becerra et al.(2010).

En una revisión realizada por Escarnot y col. (2012), sobre el contenido y los perfiles de macronutrientes en espelta y trigo pan, demostró que diferencias en la composición química de los diversos cultivares de trigo, se encuentran fuertemente influenciadas por su genética, pero también por el ambiente y por la interacción entre ambos. Asimismo, se destaca que los granos vestidos poseen mayor contenido de proteínas y cenizas que los trigos desnudos por su menor tamaño, y una mayor relación Superficie/Volumen, indicando que a mayor cubierta del grano mayor será el contenido de proteínas y de minerales/cenizas

Se observaron diferencias significativas en % NT, % PB y % GB entre las tres harinas analizadas presentadas en la Tabla N° 4.

Tabla N°4: Valores promedio de % Nitrógeno, Proteína, Grasa y Fibra Bruta

HARINA INTEGRAL	% NT	%PB	%GB	%FB
Dinkel ECOFAUNO	2,1983 a	12,53 a	2,4463 b	1,3788 a
OberKulmer ROTKORN	1,7136 c	9,77 c	1,9780 a	1,4624 a
Trigo Pan	1,9910 b	11,35 b	2,1414 c	1,4406 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La Tabla N° 5 presenta los valores de los parámetros de acidez, pH y minerales cuantificados (mg/100g). La variedad Dinkel ECOFAUNO presentó un valor 2,4463% de Grasa Bruta y 1,5057% de Fibra Bruta, siendo estadísticamente diferente respecto de la otra variedad. Los minerales analizados presentaron concentraciones similares, destacándose un contenido mayor en Fósforo y Sodio también en Dinkel ECOFAUNO. Para una mejor asimilación de los minerales es aconsejable realizar una fermentación moderada en la harina de los productos a panificar. Antoja Giralt, (2015).

Tabla N° 5: Valores promedios de acidez, pH y minerales analizados

HARINA INTEGRAL	Acidez en alcohol mgH2SO4/100g	pH	Na mg/100g	K mg/100g	P mg/100g	Fe mg/100g	Ca mg/100g	Mg mg/100g
Dinkel ECOFAUNO	148,47 b	6,23 ab	6,55 a	316,85 a	174,37 a	5,9 ab	43,83 a	187,3 a
OberKulmer ROTKORN	129,07 b	6,17 b	2,17 b	325,15 a	161,87 b	6,2 a	39,67 a	169,9 a
Trigo Pan	198,73 a	6,33 a	2,05 b	317,55 a	159,57 b	4,5 b	38,40 a	191,6 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La acidez en cereales y derivados, se debe a la presencia de fosfatos ácidos (KH_2PO_4) y de pequeñas cantidades de ácidos orgánicos. Este valor otorga una idea sobre el estado de conservación de las harinas, ya que durante el almacenamiento pueden ocurrir cambios por actividad de las enzimas lipasas. El grado de acidez de una harina también depende del grado de extracción y de la variedad del trigo, de las condiciones agrícolas climáticas donde se ha desarrollado el trigo. Si bien no se presentaron diferencias significativas entre las dos espeltas si se obtuvo frente a Trigo Pan y es importante destacar que para las dos variedades de espeltas, los valores de acidez se vinculan con los valores de cenizas y de Fósforo mayores que en Trigo Pan.

3.3. Determinación de propiedades reológicas

Para caracterizar las interacciones que ocurren durante el amasado se realizaron pruebas agregando agua destilada o solución salina (según la metodología utilizada) a las harinas integrales.

El gluten es responsable de las propiedades viscoelásticas de las masas y la cantidad (GLUTEN HUM y SECO) es el principal factor que determina el uso final de la harina en panificación, (Peña et al., 2002) mientras que el gluten Index (GI) permite obtener una confiable predicción de la calidad del mismo. Las proteínas que forman el gluten son las gliadinas y gluteninas. El balance entre ellas, junto al contenido total de proteínas, es determinante para que la masa tenga las propiedades ideales de panificación. La fuerza panadera se evaluó por medio del alveograma (W y P/L) y el comportamiento durante el amasado con el farinograma (AA, TD, EST, AFLO y FQN).

Estos ensayos son utilizados por la industria para separar o clasificar las partidas o lotes de harina con el objetivo de responder a requisitos concretos para la elaboración de productos leudados. En la Tabla N° 6 se indican los valores obtenidos y su análisis estadístico. Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las tres harinas para el parámetro de la calidad del gluten (GI), fuerza panadera (W) y la relación de tenacidad y extensibilidad (P/L) y en los aspectos farinográficos TD, EST y FQN. Todos los parámetros referidos se encuentran mayormente asociados a diferencias genéticas.

Tabla N° 6: Valores promedio de los parámetros vinculados a la calidad y cantidad de gluten, alveograma y farinograma.

HARINA INTEGRAL	% Gluten			Alveograma		Farinograma				
	HUM	GI	SECO	W ($\text{J} \times 10^4$)	P/L	AA (%)	T.D. (min)	EST. (min)	AFLO (min)	FQN
Dinkel ECOFAUNO	24,8a	95 b	9,0 a	107 b	3,26 b	55,0 b	5,70 b	7,8 a	62 c	106 a
OberKulmer ROTKORN	21,1 b	93 c	7,5 b	86 c	2,22 c	55,5 b	2,77 c	3,5 c	91 b	45,7 c
Trigo Pan	20,6 b	98 a	7,2 b	183 a	4,30 a	67,8 ^a	7,13 a	5,3 b	114 a	95,6 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la harina integral de Dinkel ECOFAUNO el contenido de Gluten HÚMEDO y SECO fueron los más altos y presentaron diferencias significativas respecto de las otras harinas. Para el GI, la mayor parte de la bibliografía indica que el gluten de espelta tiene menor fuerza que el de trigo pan, sin embargo esta

apreciación se basa en análisis realizados sobre harinas blancas (Wiwart et al., 2017, Podolska et al., 2020). De acuerdo con el trabajo de Cubadda et al. (1992), un GI >80% corresponde a un gluten fuerte. En nuestro estudio y a pesar de tener diferencia estadística, los valores de GI en valor absoluto fueron altos en las tres harinas.

La fuerza panadera medida a través del W mostró diferencia estadística significativa para las tres harinas, siendo la mayor en Trigo Pan, seguida por Dinkel ECOFAUNO y OberKulmer ROTKORN (183, 107 y 66 respectivamente). Las masas resultaron ser tenaces (baja relación entre gliadinas/ gluteninas) y con diferencia estadística significativa entre ellas.

La de mayor tenacidad fue la harina integral de Trigo Pan, excesivamente fuerte con P/L de 4,30.

En la Figura 2, se presenta el comportamiento alveográfico de las tres harinas integrales

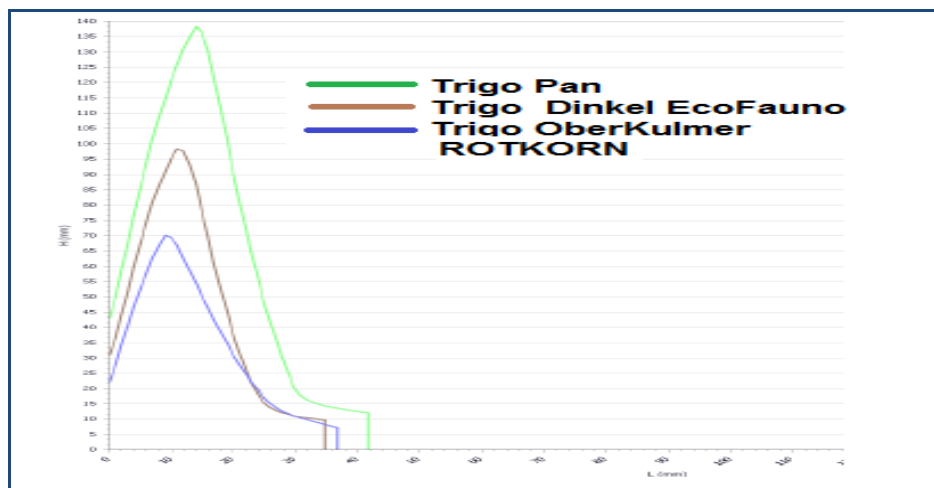


Figura 2: Comparación alveográfica de las tres harinas integrales evaluadas.

La calidad del producto final de la harina se relaciona con la absorción de agua del farinograma y con el contenido de proteína. El tiempo de desarrollo es el requerido para que se hidraten las proteínas y la estabilidad indica la fuerza de la masa. (Magaña-Barajas y col., 2009). En este análisis se observaron diferencias estadísticamente significativas al nivel en los parámetros de absorción de agua (AA) y Tiempo de desarrollo (TD) en la harina integral de Trigo Pan respecto de las harinas de Espelta. En las Figura 3 a) y b) se presenta el desempeño farinográfico del Trigo pan vs. Dinkel ECOFAUNO y Trigo pan vs. OberKulmer ROTKORN.

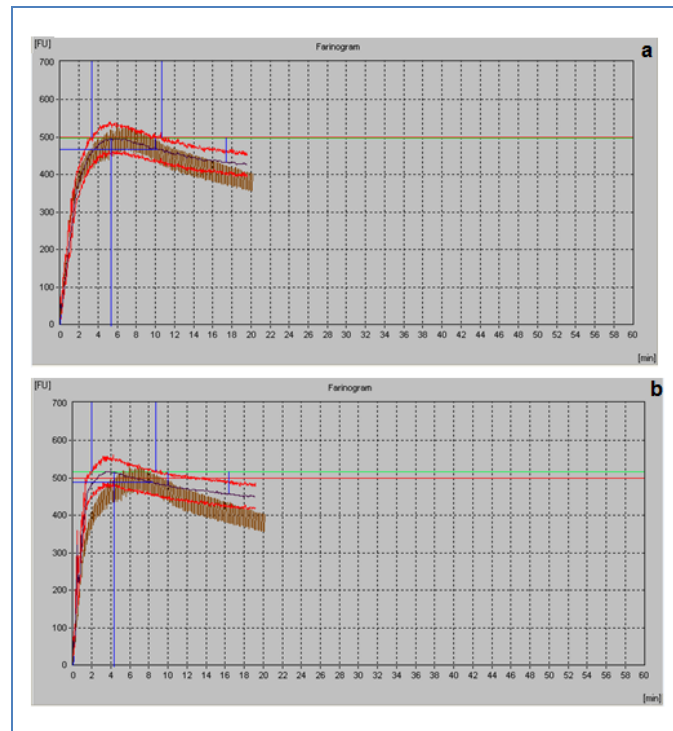


Figura 3: a) Farinogramas de Trigo Pan vs. Dinkel EcoFauno b) Farinogramas de Trigo Pan vs. Trigo OberKulmer ROTKORN

3.4. Determinación de propiedades térmicas

Las cualidades funcionales de las harinas y los almidones por efecto del calor experimentan cambios físicos y químicos que influyen en la calidad del producto final. Las propiedades viscosas dependen de varios factores como el tipo de cereal (características genéticas y dureza de grano) condiciones ambientales, contenido relación amilosa-amilopectina (Sasaki et al., 2007), efecto de molienda sobre el grano de trigo y parámetros relacionados a este como son almidón dañado, granulometría y carga enzimática (Kurimoto, 1988). Una manera de evaluar esos cambios térmicos es utilizando un analizador rápido de viscosidad donde se determina la temperatura de hinchamiento de los gránulos de almidón por el incremento de la viscosidad. En la Figura 4 se muestra gráficamente el perfil de viscosidad de las harinas analizadas.

En la Tabla N° 7 se muestra que el parámetro TPASTING presentó diferencias estadísticamente significativas para las tres harinas analizadas, siendo menor para la harina de Trigo Pan.

La VISCMAX se refiere al pico máximo de viscosidad alcanzado por la harina cuando se calienta en presencia de agua. Los valores de VISCMAX y VISCMED de la harina Dinkel ECOFAUNO fueron significativamente menores respecto de las otras harinas.

El responsable del incremento de viscosidad de una mezcla de agua y harina durante el calentamiento es el almidón, por lo que un menor contenido porcentual de proteínas indicaría una mayor proporción de almidón que podría explicar la mayor viscosidad de las harinas de Trigo Pan y OberKulmer ROTKORN.

En este estudio, los bajos valores (BDOWN) para la harina DINKEL ECOFAUNO revelan una mejor estabilidad de pasta. Este resultado indicaría la resistencia de los gránulos de almidón a la ruptura y fuerza de cizalla y como consecuencia su tendencia a romperse (Singh et al., 2010; Moiraghi, 2013). En trigos de mayor dureza, el agua ingresa a los gránulos con menor dificultad, y se espera que tengan temperaturas de gelatinización más bajas Caballero Barrigón y Rodríguez, (2009). Si bien en este estudio no conocemos el nivel de dureza de los granos, los autores Wilson et al., en 2008, evaluaron cinco Trigos Espelta durante tres años con un Trigo Pan como control encontrando menor dureza y almidón dañado en los Trigos Espelta. En 2007, Sasaki et al., detallaron la influencia que posee el tamaño de partículas en el perfil de pastificación del almidón.

Tabla N° 7: Valores promedio de parámetros de viscosidad de almidones sobre harinas integrales.

HARINA INTEGRAL	TPASTING (°C)	VISCMAX	VISCMED	VISCFINAL	SETBACK	BDOWN
Dinkel ECOFAUNO	88,08 b	162,25 b	104,58 b	313,89 b	209,31 ab	57,67 c
OberKulmer ROTKORN	89,77 a	248,20 a	135,11 a	325,42 b	190,30 b	113,08 a
Trigo Pan	87,05 c	238,14 a	141,36 a	373,97 a	232,61 a	96,78 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

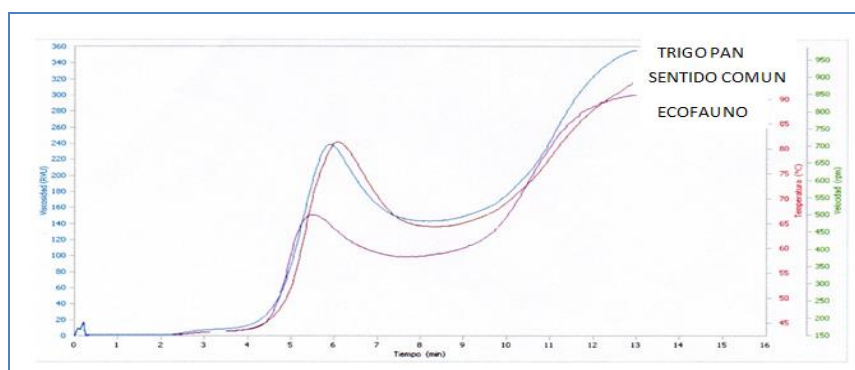


Figura 4: Perfil de viscosidad de harinas integrales analizadas

3.5. Análisis complementarios: Capacidad de Retención de Solventes y Test MIXOLAB®

Con el objetivo de lograr una mayor comprensión de las características de las harinas integrales estudiadas se realizaron otras determinaciones: SRC (Solvent Retention Capacity o capacidad de retención de solventes) y el Test MIXOLAB®.

3.5.a. Capacidad de retención de solventes

Por este método se analizó el efecto de la presencia de las gluteninas, almidón dañado y pentosanos en las harinas y su contribución individual sobre el comportamiento final de la masa. Este ensayo es una medida de hidratación

basada en la capacidad de absorción de los diferentes polímeros presentes en la harina al ponerlos en contacto con: agua destilada, ácido láctico 5% m/m (para la medición de gluteninas), carbonato de sodio 5% m/m (para la medición de almidón dañado), y sacarosa 50% m/m (para la medición de pentosanos). En la siguiente Tabla N° 8 se describen las diferencias estadísticas encontradas para las tres harinas evaluadas.

Tabla N° 8: Valores promedio del perfil de capacidad de retención de solventes (RSC) sobre harinas integrales

HARINA INTEGRAL	Parámetros			
	SRCA (%)	SRCL (%)	SRCS (%)	SRCC (%)
Dinkel ECOFAUNO	51,66 c	56,14 b	68,20 b	60,49 c
OberKulmer ROTKORN	55,94 b	58,15 b	81,14 a	67,42 b
Trigo Pan	75,07 a	75,04 a	84,20 a	90,27 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El valor de SRCA se relaciona con todos los componentes hidrofílicos de las harinas. Las diferencias en la composición química de las harinas determina su absorción de agua y su capacidad de uso final, valores elevados son deseados para la elaboración de panes mientras que para galletitas se los prefiere bajos, ya que se trata productos secos, Levine & Slade, (2004). En este estudio las tres harinas tuvieron diferente absorción de agua siendo mayor en Trigo Pan. El parámetro SRCL se encuentra relacionado con el contenido de gluteninas. El Trigo Pan, con un valor de 75,04 superó a las dos variedades de Espelta, que no presentaron diferencias estadísticas entre sí. Este resultado puede asociarse con la mayor fuerza panadera medida por valor de W en el Trigo Pan. El valor de SRCS se relaciona con el contenido de pentosanos que son hemicelulosas solubles e insolubles que forman las paredes celulares. Los trigos Oberkulmer ROTKORN y Trigo Pan presentaron los mayores valores de SRCS sin diferencias estadísticas entre ellas, superando a Dinkel ECOFAUNO. Finalmente, el valor de SRCC se relaciona con el almidón dañado, observándose el mayor en la harina de Trigo Pan, seguido por Oberkulmer ROTKORN y finalmente Dinkel ECOFAUNO. Los autores Ram et al. (2005), describieron que uno de los factores que más influye en la absorción del agua es la presencia del almidón dañado que también se asocia a una mayor dureza de los granos.

3.5.b. Test de MIXOLAB[®]

Considerando la importancia que tiene la inclusión de harinas con salvado en la dieta y el consumo de productos ricos en fibra, se utilizó una metodología complementaria para la caracterización de estas harinas. El test es específico para ese tipo de material ya que las pruebas tradicionales no consideran a las harinas ricas en fibra. Esta misma dificultad es mencionada por Sehn y Steelen 2017, quienes observaron la falta de correlación de los parámetros reológicos actualmente utilizados por las industrias de molienda y panadería en la harina integral y para las características tecnológicas del producto final.

Se realizaron ensayos en el equipo MIXOLAB[®], cuya función es evaluar las propiedades reológicas de las harinas integrales durante el mezclado:

absorción de agua, tiempo de desarrollo y estabilidad de la masa, a la vez que determina la calidad de la proteína y el almidón y la actividad amilolítica. La medida se registra en tiempo real (min) a través del torque (Nm) observándose la consistencia de la masa mientras experimenta cambios de temperatura. Durante las cinco fases o etapas se obtienen una serie de valores C1, C2, C3, C4, C5 y las pendientes α , β y γ de la curva a través de todo el ensayo con duración igual a 45 minutos, ver Tabla N° 9.

Los valores obtenidos durante la etapa 1 y evaluada a temperatura constante de 30 °C, indican el comportamiento y el desarrollo de la masa para alcanzar el valor máximo de torque (1,1 Nm). Esta etapa determina además la estabilidad de la masa relacionada con el contenido de proteínas y la absorción de agua. Si bien el valor C1 no presentó diferencias estadísticamente significativas para las harinas estudiadas, si se observaron diferencias significativas en el tiempo para alcanzar este valor máximo en los Trigos Espeltas respecto del Trigo Pan. Cuanto menor es el resultado de la pendiente α , mayor es el debilitamiento de las proteínas, Oberkulmer ROTKORN presentó diferencias significativas respecto del Trigo Pan y Dinkel ECOFAUNO.

En la fase dos, se incrementa la temperatura de la cubeta de amasado a razón de 4°C/min, y también de la masa, observándose una reducción del torque que correspondiente al debilitamiento de la proteína. Cuanto mayor es el valor del resultado obtenido, mayor es la resistencia a la desnaturalización de las proteínas, dado que corresponde a la disminución de la consistencia de la masa a medida durante el incremento térmico.

La variedad de Trigo Oberkumer ROTKORN presentó una mejor performance frente al efecto térmico y de sobreamasado combinado, respecto a las demás variedades evaluadas.

En la fase tres, se observa el comportamiento del almidón durante el calentamiento hasta los 90 °C. Cuanto mayor sea el valor de C3, más viscosa resultará la masa. Las tres harinas integrales estudiadas presentaron valores de viscosidad diferenciables estadísticamente entre sí. En esta etapa se define la pendiente β , representando a la tasa de gelatinización del almidón. A mayor valor de la pendiente β , indica una mayor la velocidad de gelatinización, que en este caso es para Oberkulmer Rotkorn.

Tabla N° 9: Valores promedios de parámetros obtenidos mediante la caracterización de harinas integrales utilizando el equipo MIXOLAB®

Parámetros	Trigo		
	Dinkel ECOFAUNO	OberKulmer ROTKORN	Trigo Pan
C1 (Nm)	1,088 a	1,110 a	1,122 a
Tiempo C1 (min)	10,677 a	4,460 b	10,100 a
C2 (Nm)	0,270 b	0,384 a	0,282 b
C3 (Nm)	2,106 a	1,911 b	1,992 c
C4 (Nm)	2,125 a	1,586 b	1,603 b
C5 (Nm)	3,281 a	3,275 a	2,030 b
(C5-C4/C5)*100	35 %	51%	21%
Estabilidad	10.86 b	10.32 b	14.75 a
Hidratación	54.93 b	52.97 c	61.80 a
Pendiente de α (Nm/min)	-0,0713 a	-0,3513 b	-0,072 a
Pendiente de β (Nm/min)	0,000 c	0,671 a	0,599 b
Pendiente de γ (Nm/min)	0,0000 a	-0,0487 b	-0,0507 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El comportamiento de la actividad amilásica fue evaluado en la fase cuatro. La ruptura de los gránulos e hidrólisis del almidón es provocado por el efecto de la fricción mecánica y la temperatura (con mantenimiento térmico a 90°C), donde se produce un descenso en la consistencia de la masa. La variedad Dinkel ECOFAUNO presentó un menor valor de C4, comportamiento asociado a una mayor actividad amilolítica. En particular, la diferencia de valores entre C2-C3, el valor de C3 y C4, pueden ser vinculados directamente a los valores de FN. Cuanto mayor es esta diferencia y los valores de estos parámetros C3 y C4, menor es el valor de FN, lo que implica una alta actividad de las enzimas amilasas. La última fase cinco revela el comportamiento de la masa cuando es sometida a un descenso térmico desde 90 °C hasta 50 °C. El aumento de consistencia está asociado a la retrogradación del almidón, consecuencia de la bajada de temperatura y su consecuente cristalización, mediante el parámetro C5. Las harinas de trigo Espelta presentaron mayores valores del parámetro C5, sin diferencias entre ellas pero si respecto del Trigo Pan. Al calcular el valor porcentual de retrodegradación de las harinas $(C5-C4)/C5*100$, el mayor valor lo obtuvo el Trigo Oberkulmer ROTKORN. La pendiente y en esta etapa indica la velocidad de degradación de la alfa amilasa. En este caso no hubo diferencia estadística entre Oberkumer y Trigo Pan. En la Figura 5 se muestran las diferentes gráficas brindadas de las harinas evaluadas a través del equipo MIXOLAB®.

De este ensayo se puede inferir la potencialidad de uso de las diferentes variedades de los trigos. Se destaca la similitud en estabilidad y absorción de los trigos espeltas, siendo más adecuados para la elaboración de galletitas frente al Trigo Pan que presentó mayor estabilidad, absorción y menor índice de retrodegradación del almidón, con una mejor performance para la obtención de productos panificados. La determinación mediante el equipo de MIXOLAB® resultó complementaria a los análisis obtenidos mediante los estudios de alveograma y farinograma, facilitando la tarea de caracterización de las harinas, calidad y utilización.

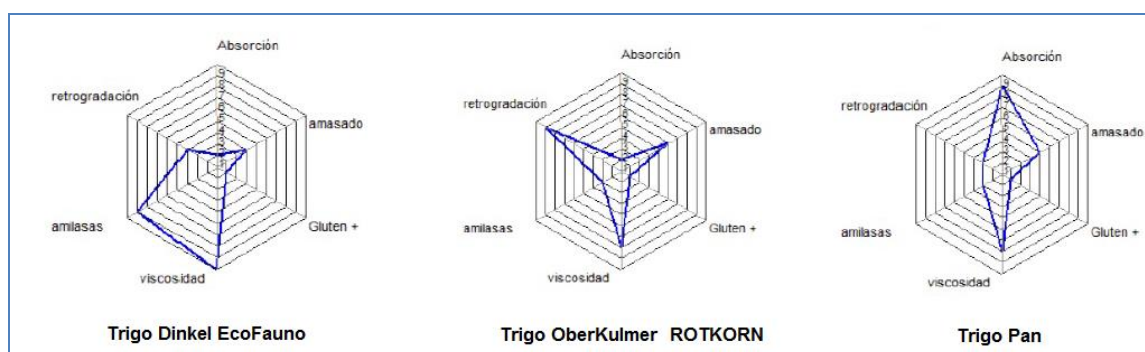


Figura 5: Perfiles de harinas integrales obtenidos a partir del análisis mediante el Equipo MIXOLAB©

3.6. Análisis sobre productos elaborados con harinas integrales

Para conocer la capacidad I y la aptitud de una harina, es necesario realizar un ensayo definitorio como es la elaboración de productos tales como el pan o las galletitas.

3.6.a. Panificación en moldes

Los parámetros medidos sobre los productos elaborados se muestran en la Tabla N° 10 y en la Figura 6 se observan los panes. En la evaluación general de panificación el volumen (VOL) en las tres harinas no presentó diferencias significativas, logrando el mínimo valor que permite el método de panificación (400 cm³). Esto puede adjudicarse a la metodología utilizada en este trabajo que fue desarrollada para evaluar harinas blancas en los programas de mejoramiento. En cambio, la AA presentó diferencias significativas siendo mayor en harinas provenientes de OberKulmer ROTKORN y Trigo Pan respecto de Dinkel ECOFAUNO. El VP que integra la AA, T.FER. y VP fue significativamente menor para Dinkel ECOFAUNO, lo que indicaría un menor desempeño panadero a pesar de no tener diferencia en volumen bajo un método normalizado. Varios componentes del salvado tienen impacto negativo en el tiempo de desarrollo de la masa ya que interactúan con las proteínas del gluten (Khalid et al., 2017).

Tabla N° 10: Valores promedio obtenidos en el ensayo de panificación

HARINA INTEGRAL	PANIFICACION					
	AA (%)	T. AMAS (min)	T.FER. (min)	VOL (cm ³)	Ve (cm ³ /g)	VP
Dinkel ECOFAUNO	55,5 b	2 00" b	110 a	400 a	2,6 b	77 b
OberKulmer ROTKORN	58,0 a	2 30" a	127 a	400 a	2,7 a	81 a
Trigo Pan	58,0 a	2 30" a	122 ab	400 a	2,7 a	80 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El color es uno de los atributos más importantes tanto para la harina como en los productos panificados y es una propiedad sensorial asociada al sentido de la vista. Para evaluar el color de la corteza sobre los panes y de la miga, se utilizó un medidor triestímulo midiéndose L^* , a^* , b^* y posteriormente se integró los valores en el BI para su mejor interpretación. En la Tabla N°11 se presentan los valores obtenidos. De acuerdo a los resultados la corteza del pan realizado con la harina de Trigo Pan es menos luminosa y más oscura en comparación con los otros panes de Espelta. En el caso de la miga la más oscura correspondió a Oberkulmer ROTKORN.

Tabla N° 11: Determinación de parámetros de color y BI en la corteza y miga de los panes elaborados

HARINA INTEGRAL	CORTEZA			BI	MIGA			BI
	L^*	a^*	b^*		L^*	a^*	b^*	
DINKEL ECOFAUNO	49,85 b	13,19 ab	25,18 b	87,06 ab	55,13 a	9,25 a	19,97 b	56,01 b
OberKulmer ROTKORN	59,32 a	13,02 b	28,36 a	79,05 b	54,83 a	9,97 a	22,93 a	65,66 a
Trigo Pan	44,13 b	14,43 a	22,78 c	93,11 a	58,21 a	9,65 a	21,5 ab	56,83 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tanto la granulometría, o el grado de almidón dañado, o el contenido de amilasas, contribuyen también a la coloración del producto. En particular, cuando el contenido en α -amilasas es excesivo, pueden obtenerse colores de corteza rojizos (a^*). Sumado a lo anterior, la espelta contiene almidón que se puede hidrolizar más fácilmente en azúcares, participando en las reacciones de Maillard o caramelización que imparten el característico color dorado-

amarillento en el pan corteza. La harina y su tasa de extracción, es decir, la cantidad de harina que se obtiene de la molienda de una cierta cantidad de trigo, es factor determinante de su color. OberKulmer ROTKORN fue estadísticamente diferente en el BI en corteza y miga.



Figura 6: Panes obtenidos a partir de harinas integrales.

3.6.b. Elaboración de galletitas dulces

La aptitud de una harina para elaborar galletitas dulces se puede resumir en dos grandes términos. Por un lado el tamaño de la galleta, dado por el diámetro (DG, cm) y el Factor galleta (FG) que relaciona el diámetro con el espesor (cm) de cuatro galletas, siendo deseables galletitas de buen diámetro y bajo espesor. A eso se debe sumar su textura y consistencia al quiebre, en este punto lo deseado es que estas sean tiernas y crocantes, con una textura abierta, (Barrera y col., 2012; Lezcano, 2015; Hosney, 1991).

Tabla N° 12: Valores promedio obtenidos en el ensayo de galletitas

HARINA INTEGRAL	DIAMETRO (cm)	ALTO 4 GALLETAS (cm)	LARGO 4 GALLETA (cm)	FG
Dinkel ECOFAUNO	7,53 a	2,00 c	30,27 a	15,20 a
OberKulmer ROTKORN	6,93 b	2,80 b	27,73 b	9,53 b
Trigo Pan	6,37 c	3,07 a	25,20 c	8,23 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Las galletitas provenientes de las tres harinas presentaron características de calidad estadísticamente diferentes (Tabla N° 12). El mayor diámetro y factor galleta lo presentó la harina Dinkel ECOFAUNO seguida de Oberkulmer ROTKORN y finalmente la de harina integral de Trigo Pan. A pesar de tener el mayor FG la harina Dinkel ECOFAUNO, no fue la que obtuvo la mejor calidad galletitera.

La apreciación sensorial mostró que las galletitas resultaron muy finas, duras a la mordida, con buena aireación, percibiendo partes del grano debido a la granulometría de la misma. También con buen diámetro pero con contornos irregulares y el color fue oscuro (Figura 7). Las galletitas realizadas con harina

espelta Oberkulmer ROTKORN mostraron buen craquelado en la superficie, bordes regulares, tiernas, crocantes con buena aireación y de buen sabor dando la mejor performance en cuanto a calidad galletera. Las galletitas de Trigo Pan presentaron aspecto exterior deseable, con un buen diámetro, color deseado pero a la mordida no fueron crocantes.



Figura 7: Galletitas obtenidas a partir de harinas integrales. Vista externa e interna

4. Conclusiones

A partir de este estudio, se logró caracterizar las harinas integrales de dos variedades de espelta y evaluar su aptitud para la elaboración de diferentes productos panificados como pan y galletitas.

Se corroboró que el trigo Espelta posee gluten lo que permite realizar productos leudados.

El análisis de relaciones existentes entre los parámetros de calidad de las harinas estudiadas amplió la información de las variedades de espelta cultivadas en nuestro país.

El perfil analizado para cada variedad permitirá dar mayor difusión tanto para futuros productores como elaboradores de productos a partir de harina de espelta.

Los datos obtenidos en este trabajo pueden ser de utilidad para los nutricionistas al momento de diseñar dietas saludables.

Como trabajos futuros, se prevé explorar variaciones en la formulación y estrategias para la panificación, obtención de galletitas además de realizar el análisis sensorial de los mismos

Agradecimientos

Agradecemos a INTA por el apoyo brindado para realizar esta investigación en el marco del Proyecto Estructural (PE I517) de INTA: "Calidad nutricional y sensorial de alimentos asociada a diversos sistemas de producción agropecuaria" de INTA.

También a las empresas: la Madrecita Orgánica y Molino Sentido Común que nos facilitaron las harinas integrales de Espelta para su análisis.

Bibliografía

1. Al-Saqer, J., Sidhu, J., & Al-Hooti, S. (2000). *Instrumental texture and baking quality of high-fiber toast bread as affected by added wheat mill fractions*. Journal of Food Processing and Preservation 24(1):1 - 16 DOI: [10.1111/j.1745-4549.2000.tb00402.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2000.tb00402.x)
2. Antoja Giralt, F. (2015). *Masas Madre – Sourdough. Elaboración y Utilización*. Madrid: Montagud Editores S.A.
3. Alimentos Argentinos. (2019). Recuperado el Octubre de 2020, de Alimentos
4. Argentinos http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Cadenas%20de%20Valor%20de%20Alimentos%20y%20Bebidas/informes/Resumen_Cadena_2019_HARNA_DE_TRIGO_MARZO_2019.pdf
5. Barrera, G., Bassi, E., Reyes Martínez, R., León, A., & Ribotta, P. (2012). *Efectos de diferentes fracciones de harinas de trigo pan obtenidas con molino industrial sobre la calidad de galletitas dulces*. Agriscientia., 29(2): 69-79.
6. Caballero Barrigón A. y Ruiz Rodríguez L. (2009). *Influencia de la dureza del trigo en las propiedades de las harinas panificables. Métodos analíticos de control del proceso de panificación*. V Congreso Virtual Iberoamericano.
7. Caballero García, L. (2005). *Variabilidad para proteínas de reserva de trigo espelta de origen español*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. España.
8. Cubadda R, Carcea M, Pasqui LA.(1992) *Suitability of the gluten index method for assessing gluten strength in durum wheat and semolina*. Cereal Foods world., 37(12):866-869 AGR: IND93021334
9. Collar, C. (2007). *De tales harinas, tales panes. Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica*. En A. E. Leon. ISEKI-Food.
10. Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., & González, L. (2016). *InfoStat versión 2016*. Córdoba: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
11. Dinu, M., Pagliai, G., Casini, A., & Sofi, F. (2018). *Mediterranean diet and multiple health outcomes: an umbrella review of meta-analyses of observational studies and randomised trials*. European Journal of Clinical Nutrition, 72(1): 30-43.
12. Dubcovsky, J., & Dvorak, J. (2007). *Genome plasticity a key factor in the success of polyploid wheat under domestication*. Science, 318:393.
13. Escarnot, E., Jacquemin, J., Agneessens, R., & Paquot, M. (2012). *Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat, a review*. BASE, 16(2), 243-256.
14. FAO. (2018). *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*. <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/committees/es/>
15. Gómez –Becerra, HF, H Erdem, A Yazici, Y Tutus, B. Torum, L. Ozturk, I. Cakmark. (2010) *Grain concentrations of protein and mineral nutrients in a large collection of spelt wheat grown under different environments,- Journal of Cereal Science Volume 52, Issue 3, November 2010, Pages 342-349*
16. Hosney, R. (1991). En R. Hosney, *Proteínas de los cereales. En: Principios de la Ciencia y Tecnología de los Cereales*. (págs. 239-269). American Association of Cereal Chemists, Inc.
17. INASE-Instituto Nacional de Semillas .<https://www.argentina.gob.ar/inase>
18. IRAM- www.iram.org.ar
19. Khalid, K., Ohm, J., & Simsek, S. (2017). *Whole wheat bread: Effect of bran fractions on dough and end-product quality*. Journal of Cereal Science.
20. Konvalina, P., Štěřba, Z., & Vlášek, O. (2005). *Fusarium spp. Occurrence in grains of ancient wheat species*. Corpus ID ;92982566
21. Kurimoto, M. (1988). *The effect of flour particle size on baking quality and the other flour attributes*. Cereal Foods World, 33(5)1:6.

22. Levine, H., & Slade, L. (2004). *Influence of hydrocolloids in low-moisture foods- a food polymer science approach*. Gums and Stabilisers for the food Industry, (12) 425-436.
23. Lezcano, E. (2015). *El trigo y sus derivados. Análisis de la cadena alimentaria*. Alimentos Argentinos: http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/farinaceos/Productos/GalletitasBizcochos_2015. Activa Marzo 2016
24. Magaña-Barajas, E., Ramirez-Wong, L., Platt-Lucero, L., Lopez Ahumada, G., Torres, P., & Sanchez Machado, D. (2009). *Caracterización viscoelástica de masas de variedades de trigos suaves*. Tecnología Ciencia, 24(1):12-22.
25. Marsh, N. M. (2000). *Celiac Disease Methods and Protocols*. Humana Press, ISBN 0-89603-650-2.
26. Moiraghi, M. (2013). *Calidad tecnológica de trigos blandos para la obtención de galletitas. Asociación entre la composición genética del grano y las propiedades físico-químicas de sus harinas*. Tesis Doctoral: Universidad Nacional de Córdoba.
27. Molfese, E., & Di Pane, F. (2019). *Evaluación de la calidad funcional en variedades de Triticum spelta vs Triticum aestivum en cultivos orgánicos de Argentina*. Actas Congreso CyTAL- ALACTA. Buenos Aires.
28. Peña, R., Trethowan, R., Pfeiffer, W., & Van Ginkel, M. (2002). *Quality (end-Use) improvement in wheat: compositional, Genetic and environmental factors*. Journal of Crop Production, 5(1)1-37.
29. Podolska, G., Aleksandrowicz, E., & Szafrńska, A. (2020). *Bread making potential of Triticum aestivum and Triticum spelta species*. Open Life Sciences, 15(1),30–40.
30. Ram, S., Vinamrata, D., Singh, R., & Shoran, J. (2005). *Application of solvent retention capacity tests for the prediction of mixing properties of wheat flour*. Journal of Cereal Science, 42: 261-266.
31. Sasaki, T., Yasui, T., Kiribuchi-Otobe, C., Yanagisawa, T., Fujita, M. & Kohyama, K. (2007). *Rheological properties of starch gels from wheat mutants with reduced amylose content*. Cereal Chemistry, 84(1): 102-107.
32. Sehn, G., & Steel, G. (2017). *Classification of whole wheat flour using a dimensionless number*. J Food Sci Technol., 54(12): 3827–3836.
33. Singh, S., Gupta, A., Gupta, S., & Kaur, N. (2010). *Effect of sowing time on protein quality and starch pasting characteristics in wheat (Triticum aestivum L.) genotypes grown under irrigated and rain-fed conditions*. Food Chemistry, 122(3): 559-56.
34. Shewry, P. (2018). *Do ancient types of wheat have health benefits compared with modern bread wheat?* Journal of Cereal Science, (79),469-476.
35. Spisni, E., Imbesi, V., Giovanardi, E., Petrocelli, G., Alvisi, P., & Valerii, M. (2019). *Differential Physiological Responses Elicited by Ancient and Heritage Wheat Cultivars Compared to Modern Ones*. Nutrients, 11(12), 2879.
36. Trigo Argentino. (2020). *Trigo Argentino*. Recuperado el 2020, de <https://www.trigoargentino.com.ar/Subregiones/SubregionIV>
37. Wilson J. D., Bechtel, D. B., Wilson G.W.T., and Seib P.A (2008). *Bread Quality of Spelt Wheat and Its Starch 1*. Cereal Chem. 85 (5): 629-638
38. Wiwart, M., Szafrńska, A., Wachowska, U., & Suchowilska, E. (2017). *Quality Parameters and Rheological Dough Properties of 15 Spelt (Triticum spelta L.) Varieties Cultivated Today*. Cereal Chemistry, 94(6)-1037-1044.