

CARACTERIZACIÓN DE TEXTURIZADOS DE SOJA PRODUCIDOS POR PLANTAS PROCESADORAS ARGENTINAS

Accoroni, C.¹, Devia E.A.¹, Cruz M.D.¹, Magnano L.¹, Saavedra A.E.²

¹ INTA EEA Oliveros

² INTA AER Justiniano Posse

Introducción

La proteína de soja, es altamente demandada por el mundo, dado que ofrece un sinnúmero de características específicas para su transformación, tiene una alta calidad nutricional y bajo costo. Nuestro desafío como el tercer productor mundial de soja, es transformarla y exportarla bajo el formato de productos industrializados, con alto valor agregado. De este modo, sería posible aumentar significativamente la renta en Argentina y mejorar su distribución en el interior productivo.

El texturizado de soja es un producto que se utiliza en la industria alimentaria dadas sus excepcionales propiedades. El proceso de texturización desarrolla una estructura expansible similar a la carne, mejorando ampliamente sus características iniciales, aprovechadas para la fabricación de alimentos. Este ingrediente alimentario puede ser utilizado, en reemplazo parcial (extensor) de la carne en productos como: hamburguesas, embutidos, rellenos, salsas, sopas, y en reemplazo total dando origen a los productos denominados análogos cárnicos (plant based, veggies, entre otros).

Particularmente en Argentina, en los últimos años, se ha detectado una disminución creciente y sostenida del contenido proteico del poroto de soja (Cuniberti et al., 2018). Consecuentemente, esta situación se ve reflejada en la desventaja competitiva de la calidad de harinas soja y en la dificultad de cumplir con los parámetros preestablecidos por protocolos nacionales e internacionales.

Respecto a legislación alimentaria nacional, el Código Alimentario Argentino, aún no contempla a los productos proteicos texturizados, derivados de las harinas de soja dentro de definiciones y caracterizaciones de productos. Se considera necesario contar con dicha especificación en el CAA, con el mayor detalle posible de descripción, de modo que exista una referencia actualizada de los distintos tipos de harinas y productos proteicos derivados. A partir de dicha información, sería factible gestionar a través del SENASA solicitudes de trámites tales como inscripciones de productos y autorizaciones de uso de dichos productos como ingredientes de la industria cárnica.

A su vez, se está redefiniendo el protocolo del Sello de Calidad "Alimentos Argentinos", con el objetivo de diferenciar nuestros productos del resto del mundo, en función a las ventajas que podemos ofrecer actualmente. Este protocolo requiere de un relevamiento técnico de todas las empresas interesadas, y la gama de productos que se ofrecen.

Respecto de la comercialización del texturizado, se puede observar en el informe "Caracterización del comercio internacional y de la oferta exportable argentina" realizado por el Consejo Público Privado para la Promoción de Exportaciones, que la Argentina, a pesar de ser el tercer productor mundial de soja, no se posiciona dentro de los 10 principales exportadores ni importadores de texturizados en el mundo. El texturizado de soja se comercializa a través de la posición arancelaria 21.06.10, la cual engloba todos los productos proteicos de soja. En las Figura 1 se muestra la distribución de importaciones y exportaciones mundiales; sus volúmenes y principales países participantes a nivel mundial.

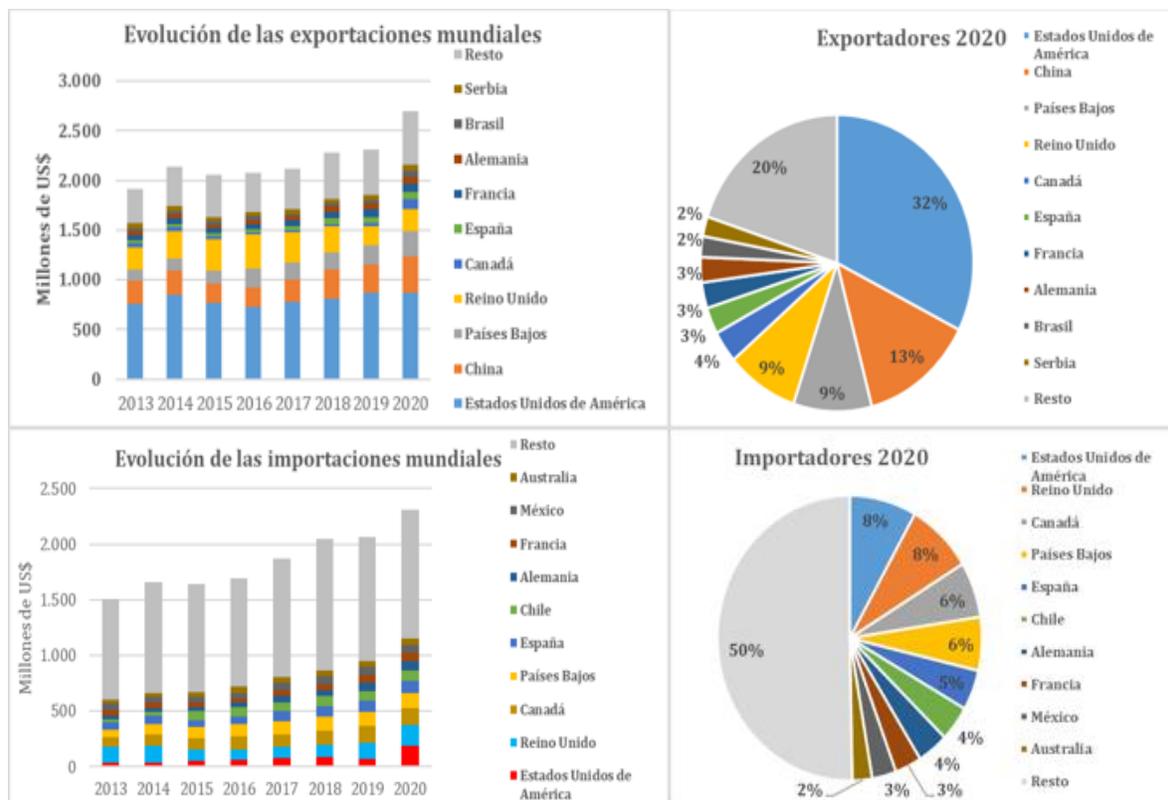
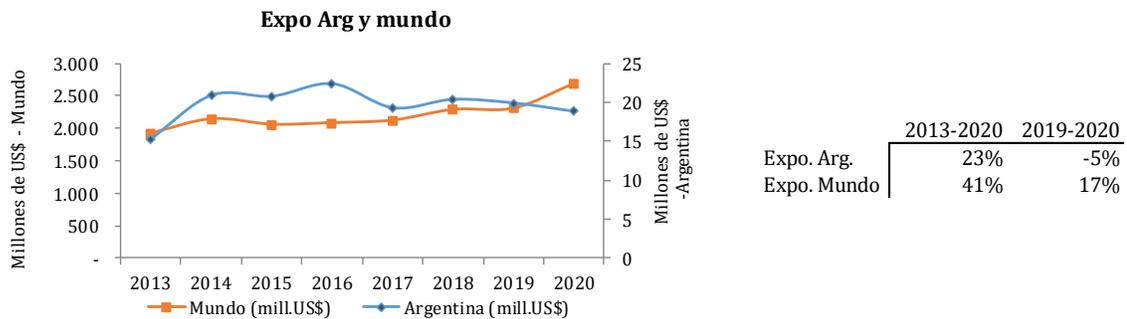


Figura 1. Mercado mundial de texturizado de soja (Programa de Generación y Análisis de Información Comercial, Cancillería Argentina)

En la Figura 2, se puede visualizar la evolución temporal de las exportaciones de texturizados de soja producidos en Argentina de los últimos años. En el período 2013 a 2020 se observa un crecimiento del 23 % con un ingreso promedio de 20 millones de dólares. El principal exportador (EEUU) participa con el 30 % de las exportaciones mundiales mientras Argentina solo con el 0,85 % de las mismas. De este modo, se refleja la potencialidad de nuestro país de participar en estos mercados a un precio competitivo, debido principalmente a la disponibilidad de materia prima; harinas y expeller de soja. Sumado a esto, es importante destacar el crecimiento constante de estos productos proteicos vegetales para la producción de productos “plant based” demandados por los consumidores veganos, vegetarianos, flexitarianos y/o sectores demandantes de proteínas de bajo costo. Este último sector responde a las nuevas demandas coyunturales debidas a la presencia de la actual guerra y los efectos que la misma está generando en la economía global y, principalmente, países en vías de desarrollo.



| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Argentina (mill.US\$) | 15 | 21 | 21 | 22 | 19 | 20 | 20 | 19 |
| Mundo (mill.US\$) | 1.917 | 2.140 | 2.054 | 2.079 | 2.119 | 2.285 | 2.307 | 2.693 |
| % Argentina | 0,8% | 1,0% | 1,0% | 1,1% | 0,9% | 0,9% | 0,9% | 0,7% |

Fuente: Trade Map

Figura 2. Exportaciones de Argentina y el mundo
(Programa de Generación y Análisis de Información Comercial, Cancillería Argentina).

El ensayo consiste en la caracterización de materias primas y texturizados provenientes de empresas procesadoras de Argentina y tiene como finalidad conocer la calidad de los productos, estandarizar la metodología de análisis entre plantas y poner a disposición de organismos oficiales SENASA, CONAL, MINAGRI (Sello Alimentos Argentinos) un informe técnico que aporte información para la evolución normativa y la unificación de criterios.

Objetivo

Caracterizar la composición fisicoquímica y propiedades funcionales de los texturizados de soja producidos en Argentina y sus respectivas materias primas; expeller y harina Hi-Pro.

Objetivos específicos

- Caracterizar la composición fisicoquímica de las materias primas y texturizados de soja producidos en Argentina, definiendo los valores medios y rangos encontrados.
- Analizar la capacidad de absorción de agua de los texturizados producidos.
- Identificar semejanzas y diferencias entre los texturizados producidos a partir de diferentes materias primas; expeller y harina Hipro.
- Validar la curva de calibración de NIR desarrollada para los expeller de soja producidos en Argentina, en los texturizados de soja.
- Procesar y disponer de información actualizada para colaborar en la elaboración de documentos (protocolos, definición en CAA, etc.)

Materiales y métodos

Materiales

Las materias primas; harina Hi-Pro (HP), expeller (EE), texturizados de harina Hi-Pro (TH) y texturizados de expeller (TE) fueron aportados por seis plantas procesadoras participantes. Cada planta aportó un total de 20 muestras; 10 de materia prima (EE y/o HP) y 10 de producto (TE y/o TH). De las 6 plantas participantes, 5 de ellas procesan TH, mientras solo 2 procesan EE. Es importante resaltar que la Planta N° 1, ha participado con 40 muestras; 20 de materia prima (10 HP y 10 EE) y 20 de texturizados (10 TH y 10 TE) dado que procesa ambas matrices para producir texturizados.

Descripción de las plantas y las muestras consideradas en el ensayo llevado a cabo:

- Procesadoras de expeller como materia prima para texturizados:
 - Planta 1 (P1-E1 a P1-E10) y (P1-TE1 a P1-TE10)
 - Planta 4 (P4-E1 a P4-E10) y (P4-TE1 a P4-TE10)
- Procesadoras de harina como materia prima para texturizados:
 - Planta 1 (P1-H1 a P1-H10) y (P1-TH1 a P1-TH10)
 - Planta 2 (P2-H1 a P2-H10) y (P2-TH1 a P2-TH10)
 - Planta 3 (P3-H1 a P3-H10) y (P3-TH1 a P3-TH10)
 - Planta 5 (P5-H1 a P5-H10) y (P5-TH1 a P5-TH10)

- Planta 6 (P6-H1 a P6-H10) y (P6-TH1 a P6-TH10)

Metodología

1- Análisis de composición por NIRS

En principio, se realizó el análisis de composición de las materias primas y sus productos derivados (texturizados) por el equipo NIR (NIR Foss DS 2500) haciendo uso de la curva de calibración construida en la EEA Anguil de INTA (Juan et al., 2015). Se analizaron un total de 420 muestras por NIRS; 70 muestras de materia prima (20 EE y 50 HP) y 70 muestras texturizados 70 (20 TE y 50 HP) por triplicado.

Los parámetros obtenidos a partir de esta metodología fueron: materia grasa (tal cual), proteína (tal cual), fibra (tal cual), humedad, cenizas, proteínas solubles. Posteriormente, se calculó el valor de materia seca de muestra y se ajustaron los parámetros de materia grasa, proteína y fibra a base seca.

Una vez culminado este primer análisis, se eligieron dos muestras de cada planta para su posterior análisis en laboratorio. El criterio de selección fue cada extremo máximo y mínimo del parámetro “contenido de proteínas en base seca”.

2- Determinaciones analíticas por técnicas de laboratorio

Según el criterio propuesto anteriormente, resultaron un total de 56 muestras analizadas, comprendidas por 14 muestras de materia prima (4 EE y 10 HP) y 14 muestras de texturizados (4 TE y 10 HP), por duplicado. Las determinaciones realizadas fueron las siguientes: materia grasa (% bs), proteína (% bs), fibra (% bs), humedad (%), materia seca (%), cenizas (%), proteínas solubles y actividad ureásica. Para ello se utilizaron los Métodos normalizados: IRAM 5624 - Materia Grasa, IRAM 15852-1 – Contenido de Nitrógeno total y proteína bruta - Modificado, IRAM 5587 - Fibra Cruda, IRAM 15850-1 – Humedad, IRAM 15851 – Cenizas, IRAM 5614 - Proteínas Solubles en hidróxido de potasio e IRAM 5608 - Actividad Ureásica.

3- Análisis estadístico:

Por último, mediante la herramienta (Excel, R, Minitab) se realizó el análisis estadístico básico de los datos obtenidos por NIR:

- Valores medios, rangos, etc. de cada materia prima y producto.
- Comparación entre plantas que procesen la misma materia prima

- Comparación entre muestras de distintos días (1 a 10) dentro de la misma planta, para evaluar la estabilidad de la planta.

Además, a partir de los datos obtenidos de laboratorio, se realizaron los análisis estadísticos para:

- Validación de la curva de calibración de NIR (comparación de datos para la misma muestra analizada por las diferentes técnicas)
- Valores medios, rangos, etc. de cada materia prima y producto.

Resultados y discusión

Para la evaluación de las materias primas, fueron considerados los parámetros y sus respectivos rangos, máximos y mínimos referidos a la normativa actual vigente establecidos por el Artículo 1407 - (Res 126, 29.1.80) del Capítulo XIX: harinas, concentrados, aislados y derivados proteínicos del Código Alimentario Argentino (CAA), Norma para productos proteínicos de soja - CXS 175-1989 del CODEX Alimentarius (CDX), el Protocolo de calidad del Sello Alimentos Argentinos (SAA) y la Norma XIX - Subproductos de oleaginosos que contiene las modificaciones establecidas por Resolución SAGPyA N° 317/99 (SENASA). En la Tabla 1 se presentan los valores establecidos en cada uno de ellos, evidenciando que los parámetros CAA, Codex y SAA están definidos en % base seca mientras que SENASA % en base tal cual.

Tabla 1. Comparación de parámetros de referencia.

| Parámetro | CAA (% bs) | CODEX (% bs) | SAA (% bs) | SENASA (% tc) |
|----------------------------------|---------------------|---|-----------------------|-------------------|
| Humedad (max.) | 9 | 10 | 7 (EE) – 9 (HP) | 11 |
| Proteína (min.) | 45 (EE) – 50 (HP) | 50 (HP) | 43,5 (EE) - 46,5 (HP) | 39 (EE) – 41 (HP) |
| Grasa (max.) | 4,5-9 (EE) – 2 (HP) | Deberá ser compatible con las buenas prácticas de fabricación | 4,5-6,5 (EE) – 2 (HP) | 9 (EE) – 3 (HP) |
| Fibra cruda (max.) | 3,3 (EE) – 3,5 (HP) | 5 | 3,3 (EE) – 3,5 (HP) | 8 (poroto soja) |
| Cenizas (max.) | 6,5 | 8 | 6,5 | - |
| Actividad ureásica (max.) | 0,3 | No especificado | - | 0,2 |

El parámetro de proteína soluble no está definido dentro de las normativas consideradas, sin embargo, es interesante incluirlo porque indica el grado de desnaturalización de las proteínas luego de haber sido procesadas durante la extracción de aceite. Araba & Dale (1990), establece que valores por debajo de 65 % indican sobrecalentamiento.

Materias primas

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos de las determinaciones analíticas realizadas por los diversos métodos considerados a las materias primas HP y EE. El parámetro de humedad fue analizado con especial énfasis a fin de determinar la existencia o no de diferencias significativas entre la preparación de muestras (preanalítica) y la técnica analítica, dado que el resto de los valores de los parámetros se ajustan luego a este parámetro. Las Tablas 2 y 3 presentan un breve resumen de los valores medios, máximos y mínimos de cada uno de los parámetros considerados y las Figuras 3 a 11 muestran el comportamiento de cada parámetro respecto de la performance de cada planta y/o lote considerado en el ensayo.

Humedad y materia seca

El parámetro de humedad fue analizado a partir de los materiales en estado “tal cual”, tal como se realiza en las empresas, y luego también, molido. Fueron analizadas 10 muestras de una misma planta (HP y EE) tanto por el Método IRAM en laboratorio como por NIR en modo tal cual, con el objetivo de evaluar la estabilidad de la composición de la materia prima en diferentes días, así como también las diferencias entre métodos. En las Figuras 3 y 4 se muestra la información obtenida de cada material. Es importante remarcar, que HP y EE al ingresar a la planta poseen un tamaño y granulometría superior, del mismo modo los valores de comercialización de las materias primas tienen como límite máximo 11 % de humedad (SENASA). No obstante, al ingresar a la línea de producción dichas harinas son micronizadas en molinos y, debido a la fricción, aumenta la temperatura y un porcentaje de la humedad es evaporada. Particularmente en el caso, de HP este parámetro no es posible ajustarlo a los valores de referencia del CAA debido a que se basa en la normativa vigente para exportación de harinas como piensos. En este estudio se evidencia que HP sin micronizar, posee un valor dentro del rango 10 – 12 % de humedad, mientras que las muestras de HP micronizadas poseen valores inferiores, dentro del rango de 6,5 – 8 % humedad.

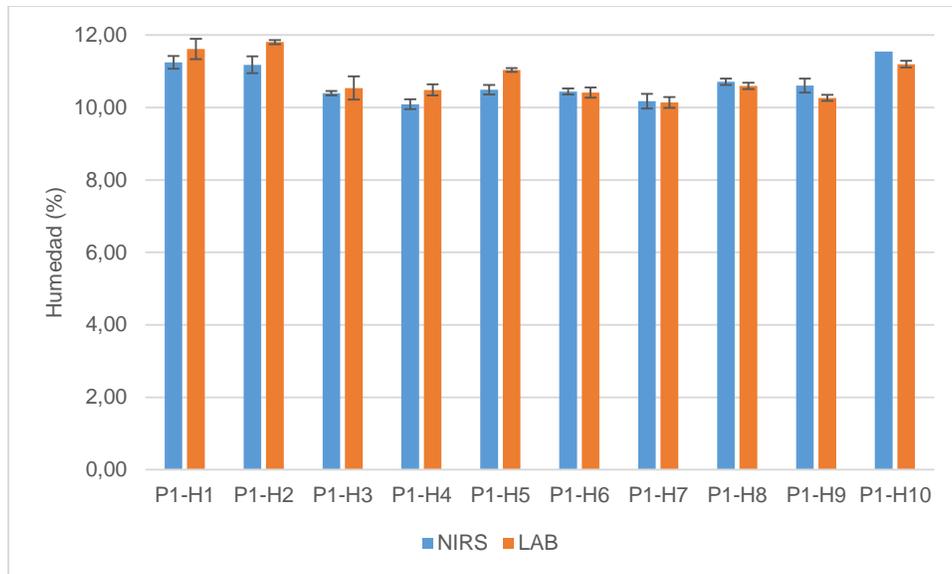


Figura 3. Evaluación de humedad de 10 muestras de HP por NIRS y Laboratorio.

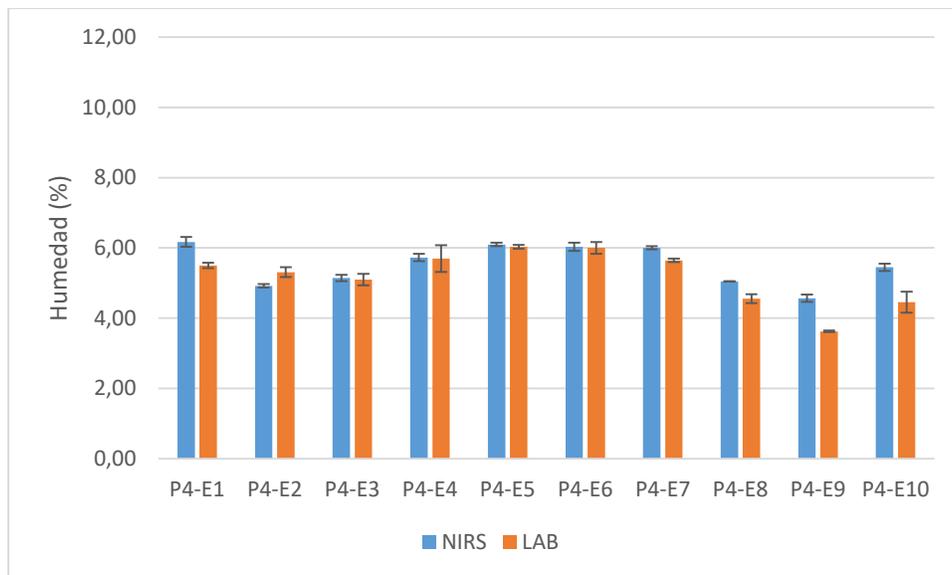


Figura 4. Evaluación de humedad de 10 muestras de EE por NIRS y Laboratorio.

Diferencia entre métodos

Al comparar los valores obtenidos en el laboratorio para ambas materias primas evaluadas en modo “tal cual” o “molidas” concluimos que no se evidencia diferencia significativa ($p > 0,05$) entre métodos analíticos de laboratorio y NIRS, a pesar de que la calibración de la curva utilizada se ha ajustado previamente solo con EE.

Diferencias entre lotes dentro de la misma planta

Se observa variabilidad del parámetro de humedad entre lotes de la misma planta al evaluar 10 lotes de la misma materia prima. Es decir, que existe diferencia significativa entre lotes ($p < 0,05$) para ambas materias primas, siendo el rango de humedad para HP de 10,49 - 11,40 %, mientras que para EE el rango varía de 4,45 - 6,29 %. A pesar de que el rango de humedad para HP es menor que para EE, resulta imposible que las plantas procesadoras de HP para producción de TH puedan controlar el valor de humedad debido a que dicho valor depende de los proveedores; plantas de extracción de aceite por extracción, y no de ellos mismos tal como sucede con las plantas de EE.

Diferencia entre plantas

En cuanto al parámetro de humedad, se evidencia diferencia significativa ($p < 0,05$) entre plantas para ambas materias primas como se puede observar en las Figuras 5 y 6. En estas figuras se pueden visualizar las líneas coloreadas con las referencias de cada normativa: CCA naranja, CDX verde, SAA amarillo y SENASA roja. En el caso de HP, dos de las plantas presentan valores medios de humedad fuera de los límites de referencia, mientras que en el caso de EE ambas plantas cumplen con la normativa vigente.

Las siguientes determinaciones corregidas por el parámetro de base seca, son calculadas a partir de los valores de humedad molido, dado que la técnica de IRAM contempla la molienda en el acondicionamiento de la muestra.

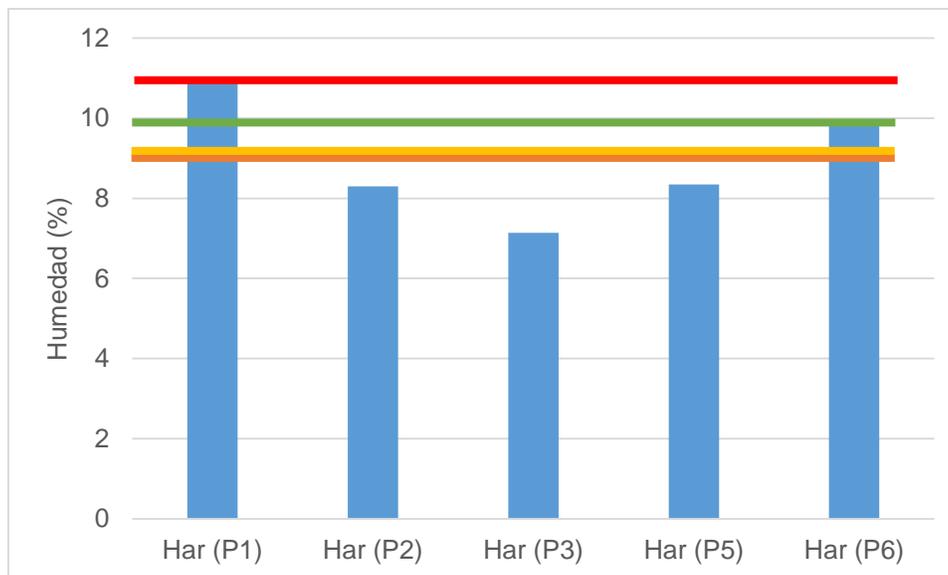


Figura 5. Valores medios de humedad por planta de HP (*).

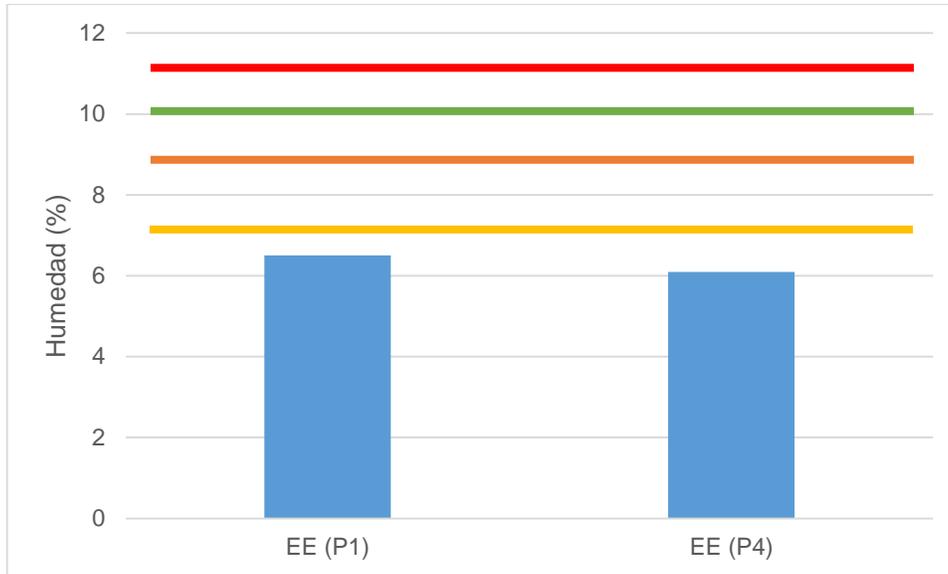


Figura 6. Valores medios de humedad por planta de EE (*).
 (*) nota: CCA naranja, CDX verde, SAA amarillo y SENASA roja.

Proteína total

Este parámetro resulta controversial debido a la tendencia continua de disminución del contenido de proteína del poroto de soja en Argentina. Chialvo et. al (2021) publicaron en el informe anual de calidad de soja de los acopios de la zona núcleo argentina “Productividad y calidad de la soja en la zona núcleo-sojera. Campaña 2020/21”, que el valor medio del contenido proteico de soja para la campaña 2020/2021 fue igual a 36,2 % (bs), similar a la cosecha anterior. El promedio de proteína en soja de la cosecha de 1° fue de 36,1 % (bs) y en soja de 2° fue de 36,2 % (bs). En la Figura 7 se muestra la evolución temporal del contenido proteico del poroto de soja y se evidencia el descenso progresivo del mismo a lo largo de los últimos 20 años.

Es evidente que existe una relación directamente proporcional entre la llamada “caída de la proteína” del poroto de soja sufrido en los últimos años y el contenido proteico de los subproductos de la extracción de aceite, lo cual, dificultaría a las empresas conseguir materia prima adecuada para cumplir con los estándares internacionales iguales a 50 % (bs). La Figura 8 muestra los valores medios del contenido proteico de cada planta y sus respectivos límites inferiores establecidos por las referencias; CAA y CDX (naranja) y SAA (amarillo). El contenido proteico mínimo establecido para HP por la normativa del CAA y CODEX es 50 (% bs) mientras que en el SAA es de 46,5 (% bs). Para HP, el parámetro de proteína determinado por el método IRAM 15852-1 ha presentado un valor medio igual a

49,25 ± 1,57 (% bs), con un valor mínimo de 47,93 (% bs) y un máximo de 51,69 (% bs), mientras que por NIR ha sido igual a 49,88 ± 0,99 (% bs) con un valor mínimo igual a 48,22 (% bs) y un valor máximo de 52,60 (%bs). Esto significa que el valor medio de proteína de las 5 plantas se encuentra dentro de la normativa vigente para SENASA, SAA pero no para CAA y CDX por 0,75 %. Para EE, el valor medio de proteína por IRAM 15852-1 es igual a 45,43 ± 0,67 (% bs) mientras que por NIR resultó ser igual a 44,71 ± 1,68 (%bs) con valores mínimos de 42,89 (% bs) y máximos de 47,89 (%bs), lo cual significa que los valores medios cumplen con el contenido mínimo requerido por CAA (45 % bs) y SAA (43,5 %bs).

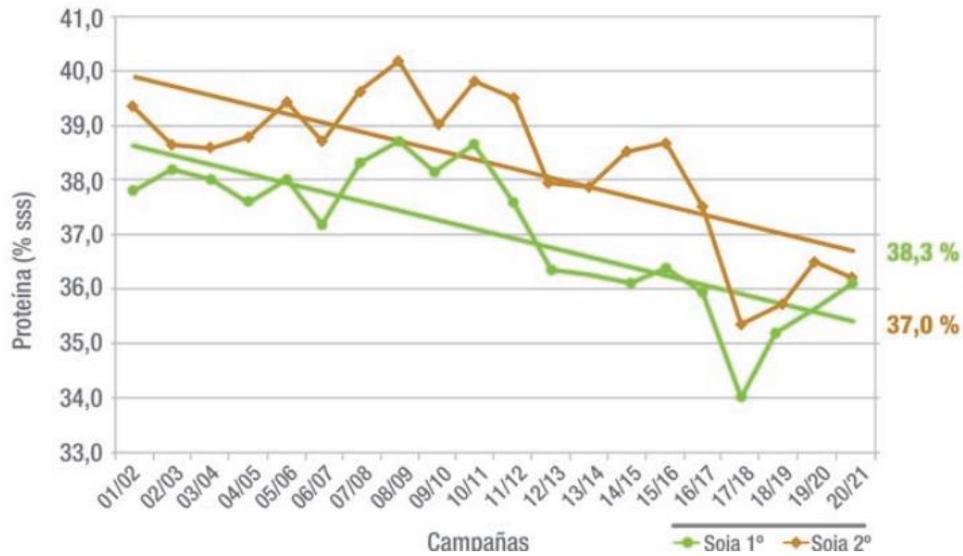


Figura 7. Contenido proteico soja siembra 1° y 2° - 2001/02 a 2020/21 (Chialvo et. al, 2021).

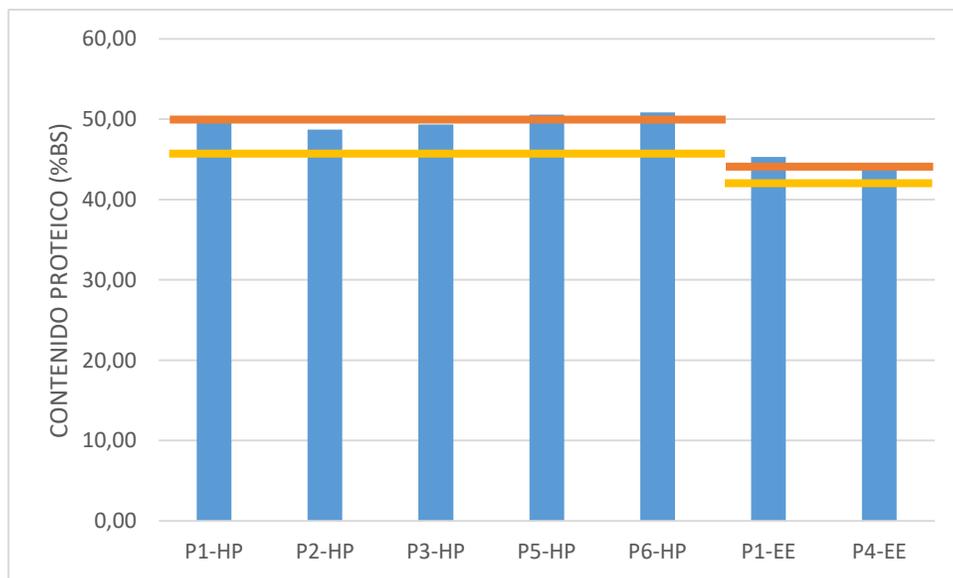


Figura 8. Contenido proteico medio de cada una de las plantas procesadoras.

Materia grasa

En el caso de HP, el parámetro de materia grasa presenta un límite superior igual a 2 % (bs) o 3 % (btc) mientras que para EE se estipula un 9 % (bs). Ambas materias primas presentaron valores promedios por debajo del límite máximo de referencia. En el caso de HP, el valor medio fue de 1,47 % (bs) por IRAM 5624 y 1,40 % (bs) por NIR, mientras que para EE ha sido de 5,35 % (bs) y 5,14 % (bs), respectivamente.

Cenizas

Respecto al parámetro de cenizas, se observa para HP un valor medio igual a 6,49 % determinado por NIRS y 6,94 % por el Método IRAM de referencia en laboratorio. En el caso del EE, estos valores fueron 5,92 % por NIRS y 6,27 % por Método IRAM de referencia en laboratorio. No existen diferencias significativas entre los métodos evaluados para este parámetro. En el caso de EE el valor se encuentra dentro del rango establecido por CAA y SAA (6,5 %), por el contrario, HP supera este valor. No obstante, dicho valor es menor al propuesto por CDX (8 %).

Actividad ureásica

Este parámetro solo fue determinado por el Método IRAM de referencia, dado que la curva de NIR no lo contempla. El valor medio de la actividad ureásica de las materias primas han sido $0,15 \pm 0,13$ para HP y $0,81 \pm 0,12$ para EE, siendo 0,3 el límite máximo propuesto por la normativa. Sin embargo, en este caso, el incumplimiento del límite máximo no resulta ser una limitante dado que en el procesamiento posterior las materias primas recibirán un nuevo tratamiento térmico. Esta aplicación de calor, beneficia la inactivación de los inhibidores de tripsina así como la disminución del valor medio de la actividad ureásica de los texturizados.

Fibra Cruda

En el caso de la fibra cruda existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre las materias primas, siendo el valor medio del EE igual a 5,5 % (bs) y, para HP, igual a 3,18 % (bs). En este último caso, tanto el valor medio como el valor máximo detectado se encuentran por debajo del valor máximo exigido en todas las normativas de referencia igual a 3,5 % (bs). Por el contrario, los valores determinados para EE superan el límite máximo igual a 3,3 % (bs) sugerido.

En las siguientes Figuras se pueden observar las variaciones de contenido de contenido proteico, materia grasa, cenizas y fibra para cada planta y entre plantas para ambas

materias primas; Figura 9 (HP) y Figura 10 (EE). Es importante resaltar, que no se encontraron diferencias significativas entre los Métodos utilizados para el análisis, Métodos oficiales IRAM y NIR.

Tabla 2. Caracterización de HP

| Variable | N | Media | Desv.Est. | Mínimo | Mediana | Máximo | Rango |
|---------------------|-----|-------|-----------|--------|---------|--------|-------|
| HP-Materia seca (%) | 150 | 91,12 | 1,27 | 88,42 | 91,44 | 93,05 | 4,63 |
| HP-Proteína (%bs) | 150 | 49,88 | 0,99 | 48,22 | 49,88 | 52,60 | 4,39 |
| HP-MG (% bs) | 150 | 1,58 | 0,52 | 0,59 | 1,44 | 2,77 | 2,18 |
| HP-Fibra (%bs) | 150 | 3,18 | 0,63 | 1,85 | 3,21 | 4,66 | 2,81 |
| HP-Proteina soluble | 150 | 70,98 | 9,90 | 46,92 | 73,96 | 91,07 | 44,15 |
| HP-Cenizas | 150 | 6,49 | 0,21 | 6,14 | 6,44 | 6,92 | 0,78 |

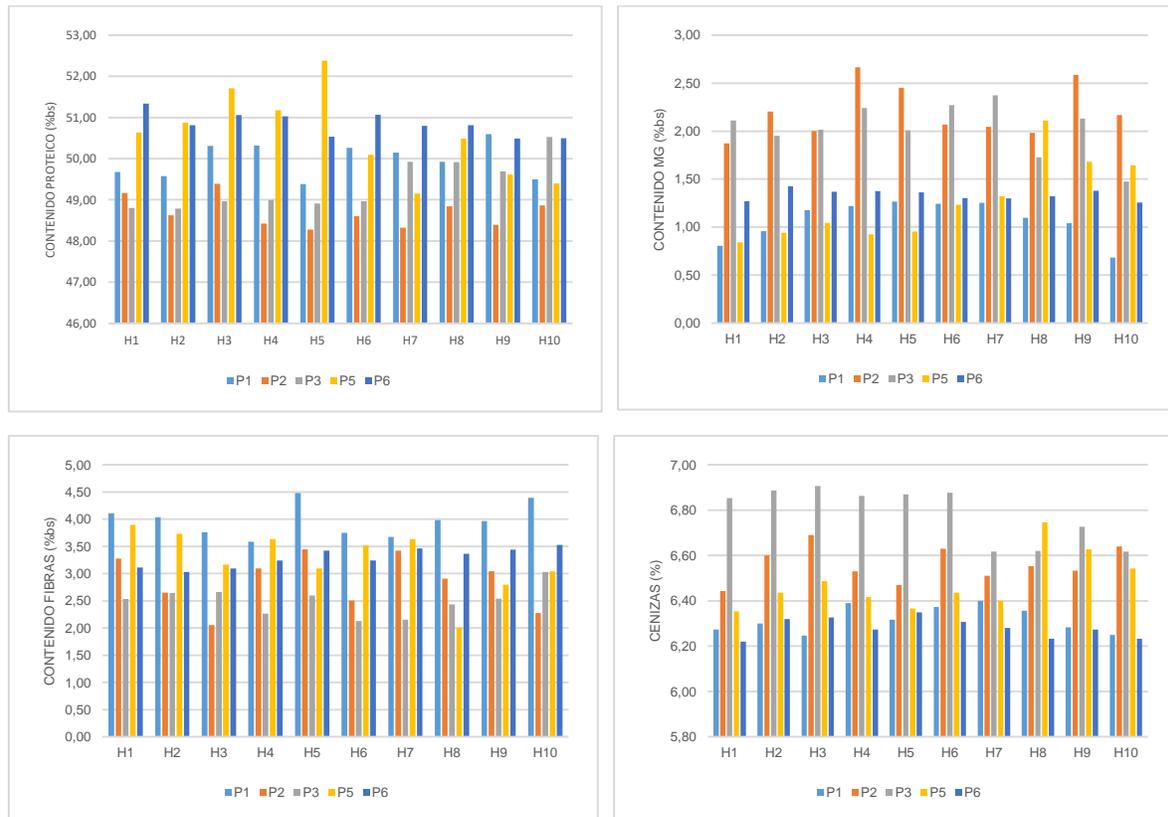


Figura 9. Estabilidad de lotes de HP para: (a) proteína % (bs), (b) Contenido fibra (% bs), (c) materia grasa % (bs), (d) cenizas (%)

Tabla 3. Caracterización del EE

| Variable | N | Media | Desv.Est. | Mínimo | Mediana | Máximo | Rango |
|---------------------|----|-------|-----------|--------|---------|--------|-------|
| EE-Materia seca (%) | 60 | 94,29 | 0,54 | 93,09 | 94,23 | 95,55 | 2,46 |
| EE-Proteína (%bs) | 60 | 45,71 | 1,68 | 42,89 | 44,84 | 47,89 | 6,00 |
| EE-MG (% bs) | 60 | 9,11 | 1,07 | 6,10 | 9,36 | 10,91 | 4,81 |
| EE-Fibra (%bs) | 60 | 5,50 | 0,64 | 4,58 | 5,34 | 6,99 | 2,40 |
| EE-Proteína soluble | 60 | 66,70 | 8,78 | 42,92 | 70,91 | 76,07 | 33,15 |
| EE-Cenizas | 60 | 5,92 | 0,24 | 5,61 | 5,88 | 6,69 | 1,08 |

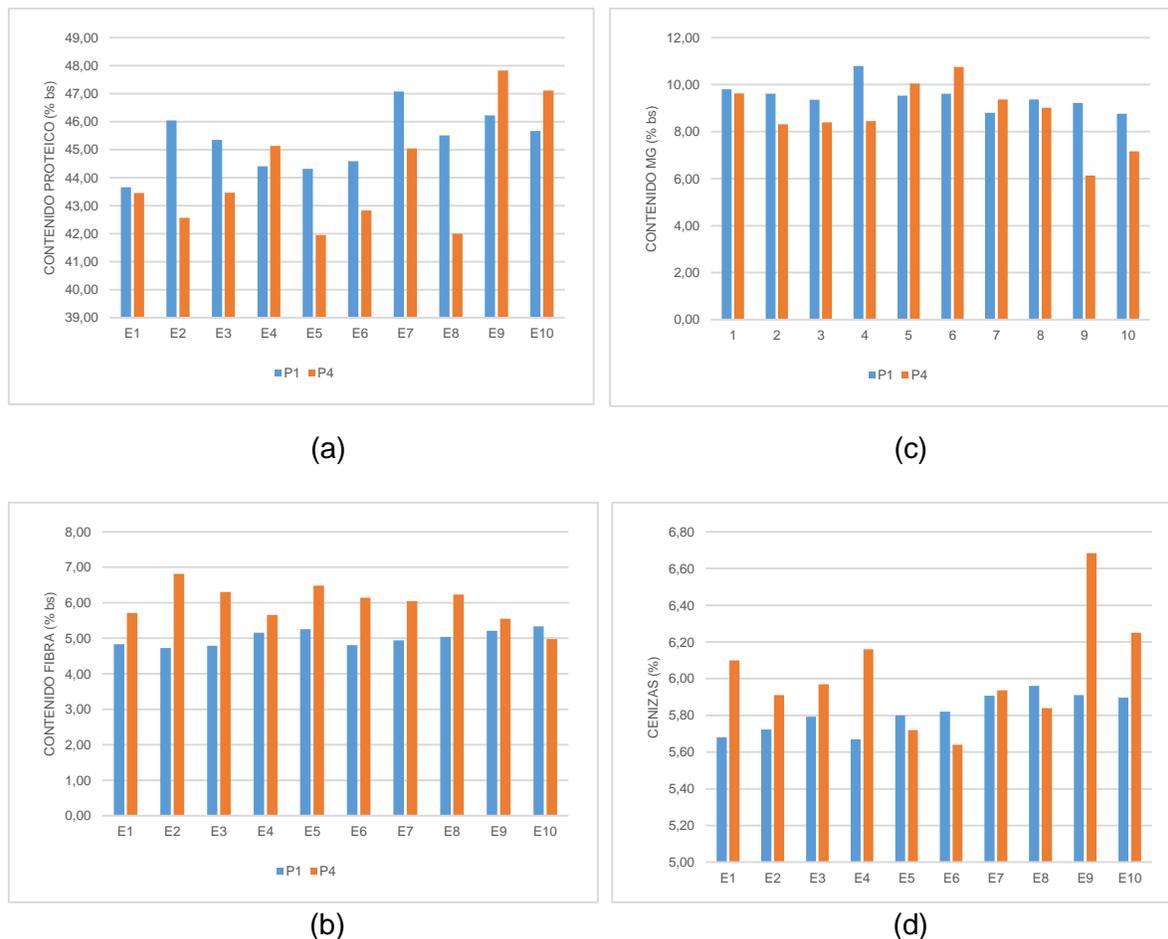


Figura 10. Estabilidad de lotes de EE para: (a) proteína % (bs), (b) Contenido fibra (% bs), (c) materia grasa % (bs), (d) cenizas (%)

Productos texturizados de soja

Las proteínas vegetales texturizadas provienen de diversas fuentes proteicas, a menudo soja, trigo y arvejas, aunque actualmente se están investigando otras fuentes como varias legumbres, algas y pseudocereales. Sin embargo, los subproductos de la extracción de aceite de soja; HP y EE, siguen siendo las principales materias primas para su producción.

En el proceso de texturización, las harinas proteicas se exponen a extrusión-expansión, lo que permite la desnaturalización y alineación de la proteína en una estructura que imita la naturaleza fibrosa de la carne. Estos productos texturizados posteriormente se incorporan en formulaciones alimenticias como hamburguesas, Nuggets, salchichas u otros.

La particularidad de las proteínas vegetales texturizadas, entre ellas las de soja, es que son dependientes del contenido proteico de la materia prima procesada. Es decir, que se pueden texturizar harinas de soja con aproximadamente 45-50 % proteína, concentrados con contenido mínimo de 65 % de proteínas o aislados con un 90 %.

Actualmente, la normativa vigente nacional en el Artículo 1412 - (Res 126, 29.1.80) del CAA, define a los Texturizados proteínicos de origen vegetal como los productos obtenidos mediante técnicas apropiadas a partir de harinas, sémolas, concentrados o aislados proteínicos vegetales, con o sin agregados de ingredientes opcionales con fines nutricionales o tecnológicos, agregados que en cada caso establecerá la autoridad sanitaria nacional. Estos productos podrán presentarse en forma de fibras, trozos, gránulos, tajadas u otras características. Cuando se preparen para el consumo por hidratación u otras formas apropiadas de cocción, retendrán su integridad estructural y sus características de aceptabilidad. Las distintas operaciones que conforman los procesos de elaboración de los productos anteriormente definido no deben disminuir en forma apreciable, el valor nutricional de las proteínas contenidas en los materiales de origen. Además, deberán satisfacer los requisitos de inocuidad que se fijen cuando corresponda. El texturizado de Soja o Soya: es el producto obtenido a partir de las harinas de sémolas, concentrados o aislados de semillas de *Glycine soja* Max (L) Merrill. Deberán responder a los requisitos de valor nutritivo e inocuidad establecidos por el presente Código, para las harinas". En la Tabla 4, se presentan los valores correspondientes a harinas de soja del (CAA y CODEX) y los valores definidos en el protocolo SAA. Dado que la normativa no especifica una composición específica, sino que se propone cumplir con la composición de la harina de partida, este trabajo tiene por objetivo conocer la composición de los texturizados

producidos en las empresas argentinas a fin de establecer los valores medios y rangos de los parámetros considerados.

Tabla 4. Comparación de parámetros de referencia.

| Parámetro | CAA* | CODEX | SAA |
|----------------------------------|---------------------|---|--|
| Humedad (max.) | 9 | 10 | 6 (EE) – 6 (HP) |
| Proteína (min.) | 45 (EE) – 50 (HP) | 50 (HP) | 45 (EE) - 50 (HP) |
| Grasa (max.) | 4,5-9 (EE) – 2 (HP) | Deberá ser compatible con las buenas prácticas de fabricación | 6 (EE) – 2 (HP) |
| Fibra cruda (max.) | 3,3 (EE) – 3,5 (HP) | 5 | 3,3 (EE) – 3,5 (HP) |
| Cenizas (max.) | 6,5 | 8 | 6,5 |
| Actividad ureásica (max.) | 0,3 | No especificado | 0,2 |
| Olor | | | Neutro, cereal, sin indicios de rancidez |

*nota: Valores establecidos para las harinas desgrasadas y semidesgrasadas del CAA.

Humedad

Al comparar los métodos aplicados para determinación de humedad a TE y TH, se evidencia que de las 10 muestras analizadas para una misma planta por Método NIR y por Método de referencia IRAM en laboratorio (muestra tal cual y molido) no existe diferencia significativa ($p > 0,05$). Esto podría deberse a que la curva de NIRS utilizada para la evaluación está ajustada para EE y la composición de TE no varía de EE. Sin embargo, existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los distintos lotes dentro de la misma planta tanto para TE como para TH. Las Figuras 11 y 12 muestran los valores de humedad de muestras de texturizados de diferentes lotes evaluadas por distintos métodos. Al igual que para las materias primas, en estas figuras se pueden visualizar las líneas coloreadas con las referencias de cada normativa: CAA naranja, CDX verde y SAA amarillo. Se evidencia que los productos TE y TH cumplen con la normativa vigente CAA y CDX, sin embargo, no alcanzan el nivel propuesto por SAA en todos los lotes.

Respecto a los valores de humedad de los productos, para TH el valor medio fue de $7,03 \pm 1,05$ con un valor mínimo de 4,72 % y un máximo de 10,4 % y para TE valor medio $6,55 \pm 0,91$ % con un valor mínimo de 4,70 % y un valor máximo de 8,57 %.

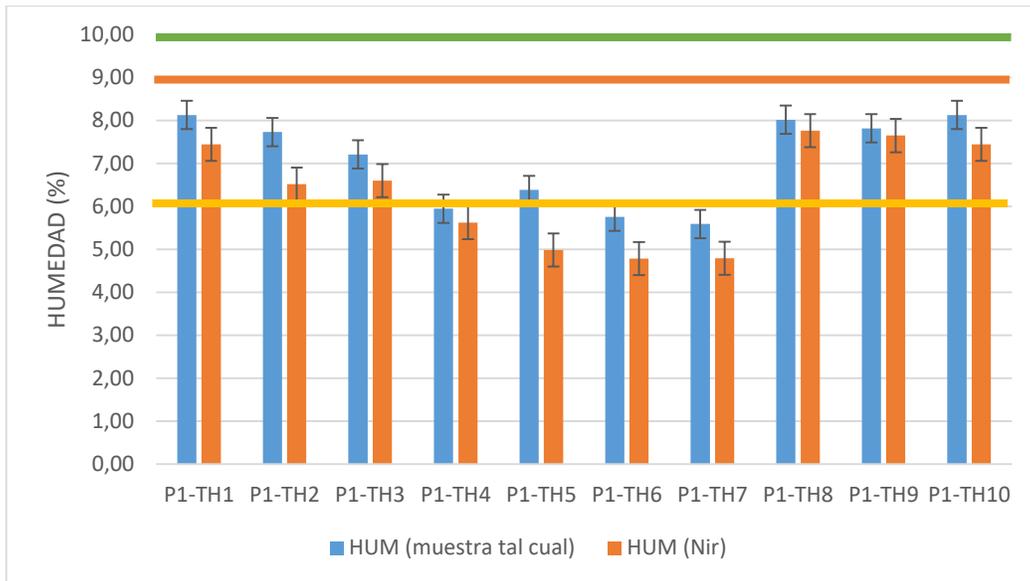


Figura 11. Evaluación de humedad de muestras de TH por NIRS y Laboratorio.

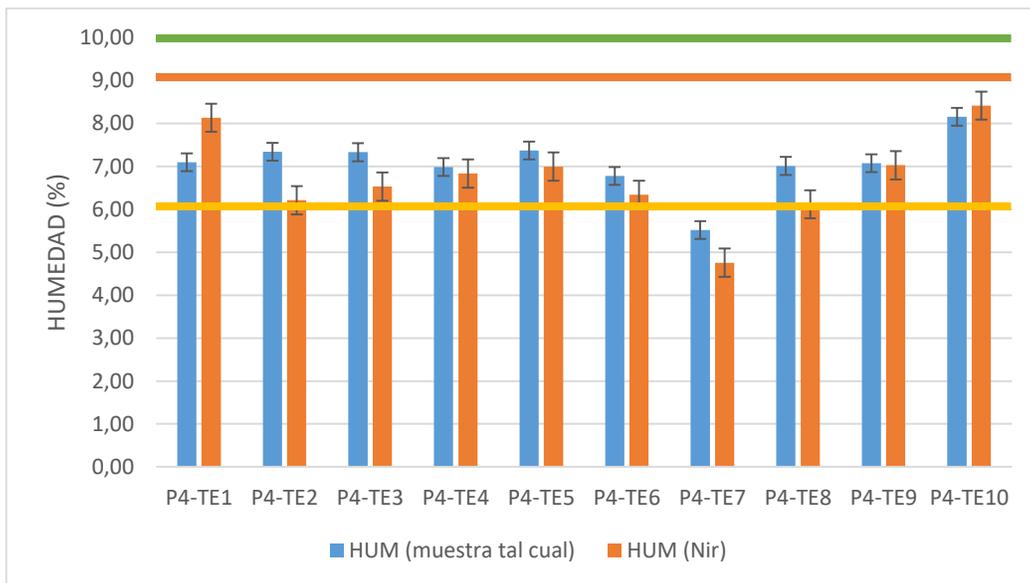


Figura 12. Evaluación de humedad de muestras de TE por NIRS y Laboratorio.

Del mismo modo que para la evaluación de las materias primas, para el estudio posterior se han considerado los valores de humedad determinados por el Método IRAM en laboratorio para el resto de las determinaciones analíticas; proteína total, materia grasa y fibra cruda, que están referidos al valor de materia seca.

Una vez definidos los valores de humedad, se ha calculado la composición fisicoquímica de los productos texturizados a base de HP y EE. En las Tablas 5 y 6 se presentan los datos estadísticos de las muestras texturizadas. Las Figuras 12 y 13 muestran la estabilidad de los contenidos de proteína, materia grasa, fibra cruda y cenizas para TH y TE.

Proteína total

En el caso de proteína total (% bs), los valores medios de ambos texturizados cumplirían con la normativa SAA, siendo el valor medio para TE determinado por Método de referencia IRAM igual a $47,8 \pm 0,98$ (% bs) y el determinado por NIR $44,55 \pm 1,23$ % (bs) superior al 43,5 (% bs) establecido por SAA, siendo 42,19 y 47,52 % (bs) los límites inferior y superior, respectivamente. Por otra parte, para TH el valor medio determinado por el Método de referencia IRAM ha sido igual a $49,5 \pm 1,01$ % (bs) mientras que por NIR fue de $48,63 \pm 1,10$ con un valor mínimo de 46,41 % (bs) y un valor máximo de 50,54 % (bs), por ende, ambos valores medios son inferiores al 50 (% bs) de referencia. El valor de TE está por encima del valor de referencia de las normativas consideradas, esto se debe principalmente a la posibilidad de las plantas que procesa EE de poder partir de porotos de soja con un mayor contenido de proteína. Por el contrario, el valor medio de TH no alcanza el valor mínimo referenciado por CAA, CXD y SAA igual a 50 (% bs). Sumado a esto, es importante remarcar que las empresas que procesan HP para la producción de TH no tienen la posibilidad de aumentar el valor mínimo de proteína desde poroto de soja, dado que HP proviene de plantas de gran volumen.

Materia grasa

El valor de materia grasa admitido por la normativa, es consecuente con la materia prima de partida. En el caso de TH el valor medio ha sido $0,82 \pm 0,26$ con un valor mínimo de 0,35 % (bs) y un máximo de 1,54 % (bs), esto significa que TH, se encuentra por debajo del límite máximo establecido (2 % bs) y cumpliendo con todas las normativas consideradas. Por otra parte, el valor medio de TE fue de $8,27 \pm 1,06$ % (bs), siendo el mínimo igual a 5,84 % (bs) y el máximo 10,28 % (bs). Este último (TE) supera el límite máximo establecido por CAA para harinas parcialmente desgrasadas (9 % bs). No obstante, este contenido de materia grasa parecería no afectar a la capacidad de retención de agua que está por encima del valor establecido por SAA (2,5 %).

Fibra cruda

Respecto a este parámetro, para TH se evidencia un valor medio igual a $5,19 \pm 0,94$ % (bs) con mínimo de 3,11 % (bs) y un máximo de 7,09, mientras que los valores para TE fueron $6,36 \pm 0,79$ % (bs), con mínimo de 5,01 % (bs) y máximo de 8,11 % (bs). Esto significa que para ambos productos TE y TH se detectaron valores medios por encima del límite mínimo establecido por CAA, CDX y SAA; 3,3 y 3,5 % bs, respectivamente. Este aumento de la fibra cruda, podría deberse a la calidad actual del poroto de soja procesado.

Cenizas

En el caso de HP y EE los valores máximos recomendados por CAA y SAA son de 6,5 %, no obstante, CDX admite valores máximos de 8 % para productos proteicos. Si se toma como referencia una normativa basada en productos proteicos, los valores medios de cenizas de ambos productos, fueron $6,52 \pm 0,28$ % para TH y $5,92 \pm 0,20$ % para TE. Ambos productos se encuentran dentro del rango admitido por CDX, mientras que TH está apenas por encima del valor establecido por CAA y SAA, alcanzando valores máximos de 7,11 %.

Actividad ureásica

Los valores de actividad ureásica para los productos texturizados se encuentran muy por debajo de los valores obtenidos previamente para sus materias primas (EE y HP). Esto se debe a la aplicación de tratamiento térmico durante el procesamiento de texturización, en el cual el calor actúa como un inactivador de los factores antinutricionales y asegura la disminución del parámetro de actividad ureásica. Los valores medios resultantes fueron $0,018 \pm 0,005$ para TE y $0,038 \pm 0,03$ para TH. En este caso, todos los valores de dicho parámetro se encuentran dentro de los estándares de la normativa vigente CAA y SAA.

Capacidad retención de agua

Este parámetro de propiedad funcional, representa la capacidad de captar agua en forma espontánea sin disolución de componentes, midiendo la captación de líquido o la cantidad de agua liberada durante la filtración a través de un conjunto estandarizado de condiciones que permita una caracterización confiable y aplicable en un control de calidad para texturizado de soja. Se ha tomado como referencia el método adaptado de Kearns et al. (1988), descrito en SAA. Esta normativa recomienda un valor mínimo del índice calculado igual a 2,5. El valor medio resultante de TE fue igual a 3,3 mientras que para TH fue de 3,5, lo cual indica una buena capacidad de retención de agua.

Tabla 5. Datos estadísticos de las variables de caracterización fisicoquímica de los texturizados a base de HP.

| Variable | N | Media | Desv.Est. | Mínimo | Mediana | Máximo | Rango |
|----------------------------|-----|--------|-----------|--------|---------|---------|--------|
| TH-Humedad | 147 | 7,0357 | 1,0576 | 4,7200 | 6,7800 | 10,4000 | 5,6800 |
| TH-Materia seca | 147 | 92,964 | 1,058 | 89,600 | 93,220 | 95,280 | 5,680 |
| TH-Proteína | 147 | 48,634 | 1,100 | 46,411 | 49,210 | 50,541 | 4,129 |
| TH-MG | 147 | 0,8166 | 0,2643 | 0,3470 | 0,7690 | 1,5366 | 1,1897 |
| TH-Fibra | 147 | 5,1942 | 0,9378 | 3,1118 | 5,2012 | 7,0941 | 3,9822 |
| TH-Proteína soluble | 147 | 36,70 | 13,99 | 12,48 | 36,81 | 61,82 | 49,34 |
| TH-Cenizas | 147 | 6,5245 | 0,2832 | 5,8300 | 6,5900 | 7,1100 | 1,2800 |

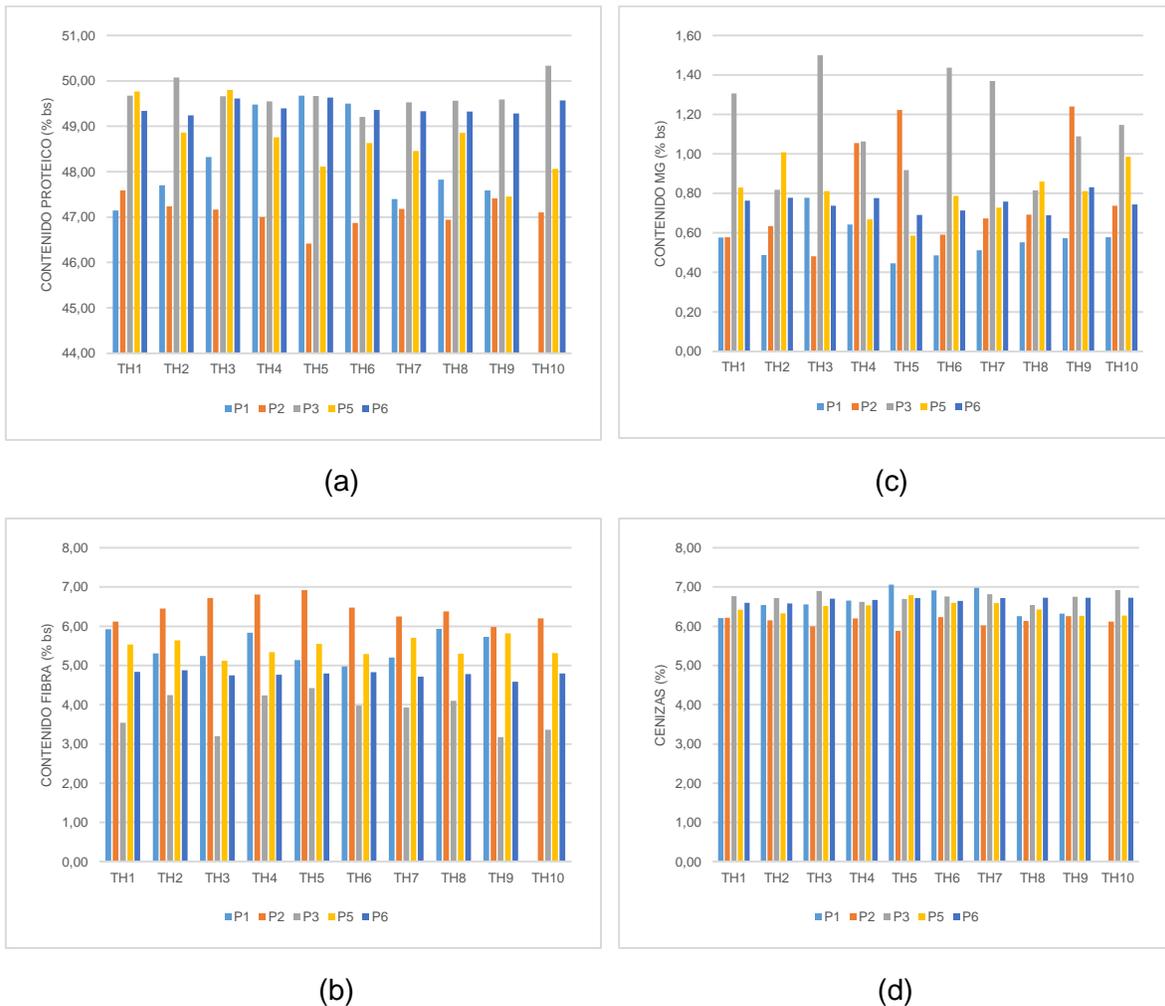


Figura 11. Estabilidad de lotes de TH para: (a) proteína % (bs), (b) Contenido fibra (% bs), (c) materia grasa % (bs), (d) cenizas (%)

Tabla 6. Datos estadísticos de las variables de caracterización fisicoquímica de los texturizados a base de EE.

| Variable | N | Media | Desv.Est. | Mínimo | Mediana | Máximo | Rango |
|----------------------------|----|--------|-----------|--------|---------|--------|--------|
| TE-Humedad | 61 | 6,550 | 0,906 | 4,700 | 6,580 | 8,570 | 3,870 |
| TE-Proteína | 61 | 44,546 | 1,232 | 42,190 | 44,328 | 47,519 | 5,329 |
| TE-MG | 61 | 8,270 | 1,065 | 5,836 | 8,455 | 10,287 | 4,451 |
| TE-Fibra | 61 | 6,365 | 0,797 | 5,012 | 6,344 | 8,111 | 3,099 |
| TE-Proteína soluble | 61 | 47,58 | 7,89 | 32,71 | 50,61 | 58,77 | 26,06 |
| TE-Cenizas | 61 | 5,9203 | 0,2017 | 5,5900 | 5,9200 | 6,5300 | 0,9400 |

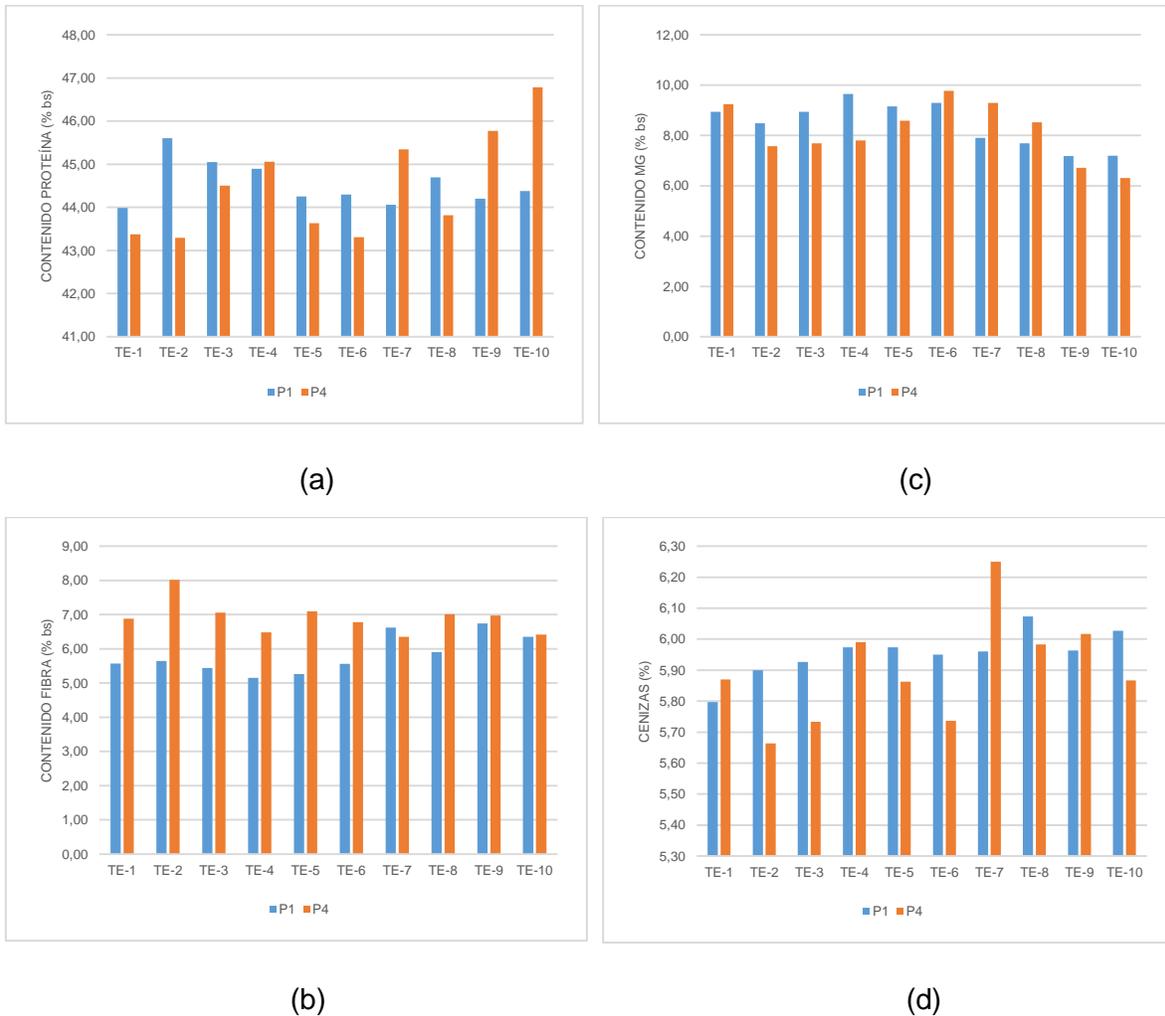


Figura 11. Estabilidad de lotes de TE para: (a) proteína % (bs), (b) Contenido fibra (% bs), (c) materia grasa % (bs), (d) cenizas (%)

Conclusiones

En este trabajo, se concluye que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) respecto a la composición fisicoquímica de las materias primas procesadas; HP y EE, así como también de los productos texturizados obtenidos; TE y TH. Es por ello, que se recomienda una normativa específica para cada materia prima y producto por separado. Además, otra de las conclusiones del trabajo ha sido la necesidad de actualizar la normativa vigente nacional (CAA) y, posteriormente, adaptar el sello de calidad “Alimentos Argentinos” (SAA) visto que la calidad del poroto de soja producido en Argentina es deficiente en su contenido proteico y, por ende, los subproductos y derivados proteicos también lo serán. Respecto a los valores de cenizas de los productos texturizados, es importante considerar la presencia de aditivos y/o colorantes agregados durante el procesamiento que puedan aumentar el porcentaje de cenizas. La normativa CDX pareciera contemplar este punto aumentando el límite máximo a 8 %. Sumado a esto, es interesante considerar el valor de materia grasa de EE a igual a 9 % (bs), visto que se ha demostrado que el parámetro de absorción de agua no se ve afectado por el contenido lipídico. Además, se recomienda adaptar el parámetro de fibra bruta, dado que tanto las materias primas como los productos tienen contenidos superiores a los establecidos por los protocolos y, es probable que el aumento de fibra se deba a los cambios de composición fisicoquímica del poroto de soja, tal como sucede con el contenido proteico.

Por último, se destaca que la capacidad de absorción/retención de agua en todos los casos haya mostrado un valor (3,5 %) por encima del límite mínimo (2,5 %) en todos los casos. Este valor de propiedad funcional es un indicador de vital importancia para la comercialización internacional de los productos texturizados. Es decir, que más allá de la composición nutricional, los productos presentan aptitud para las aplicaciones de las industrias alimentarias, principalmente como extensores o productos símil cárnicos (plant based).

Propuestas a trabajar en el futuro

Surge de este análisis la necesidad de:

1. Actualizar los valores referidos a proteína total, fibra cruda y cenizas de las materias primas HP y EE. Justificada, a partir del contenido proteico decreciente de los porotos

de soja cosechados en Argentina, como se describe en las publicaciones anuales de INTA Marcos Juárez (Cuniberti et al., 2011, 2018, y Chialvo et al., 2021).

2. Considerar dentro del CAA en el capítulo XIX a los productos proteicos texturizados, elaborados a base de las materias primas evaluadas anteriormente. Tomando como referencia las variables analizadas y los rangos que se evidencian este informe, dado que en la actualidad es un área vacante, que deja lugar a múltiples interpretaciones y confusiones.
3. Una vez definidos los parámetros en el CAA, presentar a SENASA, para poder disponer de información técnica de referencia, que permita la inscripción y el permiso de uso como ingredientes extensores cárnicos o productos símil cárnicos (plant based), en diferentes aplicaciones.
4. Presentar el informe respectivo ante quien corresponda, para ajustar el protocolo de Sello Argentino a los parámetros actuales que permita incluir a toda la gama de productos que hoy se ofrecen, y definir el parámetro de diferenciación, en función a las características específicas demandadas por el mercado.

Participación de empresas

Se agradece la colaboración de las empresas participantes del ensayo e informe técnico por los aportes de muestras y conocimientos técnicos: America Pampa Agroindustrial S.A., El Talar Agroindustrial S.A., Farnesa S.A, Galpro S.R.L., Latam Agroservicios S.A., Valorasoy S.A.

Bibliografía

Crowe, T. W., & Johnson, L. A. (2001). Twin-screw extrusion texturization of extruded-expelled soybean flour. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78(8), 781-786.

Chialvo, E., Herrero, R. M., Mir, L. R., Pronotti, M. S., & Mansilla, G. J. (2021). Productividad y calidad de la soja en la zona núcleo-sojera. Campaña 2020/21. *Ediciones INTA*.

Cuniberti, M., Herrero, R., Mir, L., Chialvo, E., Berra, O., Macagno, S., & Juárez, I. E. M. (2018). Productividad y calidad de la soja en la zona Núcleo-Sojera. *Soja 2018*, 57.

Cuniberti, M., Herrero, R., & Juárez, I. E. M. (2018). Problemática de la baja proteína de la soja. *Informe de actualización técnica. INTA ediciones*, 12, 9-3.

Cuniberti, M., Herrero, R., & Masiero, B. (2011, September). Evolución del contenido de proteína y de aceite en la región sojera argentina. In *Mercosoja 2011 y 5 Congreso de la soja del Mercosur, I Foro de la Soja Asia-Mercosur* (Vol. 14).

Kearns, J. P., Rokey, G. J., Huber, G. R., & Applewhite, T. (1989). Extrusion of texturized proteins. In *Proceedings of the world congress on vegetable protein utilization in human foods and animal feedstuffs* (pp. 353-362). The American Oil Chemists Society.

Páginas web

<http://www.senasa.gob.ar/normativas/resolucion-1075-1994-sagpya-secretaria-de-agricultura-ganaderia-pesca-y-alimentos#anexoXIX>

http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Sello/sistema_protocolos/Protocolo_de_texturizado_soja.pdf

http://www.anmat.gov.ar/webanmat/codigoa/CAPITULO_XIX_Aisladosprot_actualiz_2009-10.pdf

<https://www.fao.org/3/a1392s/a1392s.pdf>