

EXTRUSIÓN DE HARINA DE SORGO INTEGRAL CON RESIDUOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES DE CHÍA Y ALMENDRA

María Carolina Manuela Cuffia, Departamento de Química Industrial y Aplicada, ICTA, FCEFyN - UNC, mcm.cuffia@gmail.com.

Gonzalo Agustín Gusman, Departamento de Química Industrial y Aplicada, ICTA, FCEFyN - UNC, gmg.ing@outlook.com.

Silvina Rosa Drago, Instituto de Tecnología de Alimentos, CONICET - UNL, sdrago@fiq.unl.edu.ar.

Roberto Torres, Instituto de Tecnología de Alimentos, CONICET - UNL, rltorres@fiq.unl.edu.ar.

Pablo Daniel Ribotta, ICYTAC - FCEFyN - UNC – CONICET, pribotta@agro.unc.edu.ar.

María Gabriela Bordón, ICYTAC - FCEFyN - UNC – CONICET, gabrielabordon90@gmail.com.

María Andrea Marín, Departamento de Química Industrial y Aplicada, ICTA, FCEFyN – UNC, ma.andrea.marin@gmail.com.

Patricia Alejandra Montoya, Departamento de Química Industrial y Aplicada, ICTA, FCEFyN – UNC, pmontoya@unc.edu.ar.

Florencia Verónica Grasso, Departamento de Química Industrial y Aplicada, ICTA, FCEFyN – UNC, fgrasso@agro.unc.edu.ar.

Marcela Lilian Martínez, Departamento de Química Industrial y Aplicada - FCEFyN - IMBIV - UNC – CONICET, marcelamartinez78@hotmail.com.

Resumen— En el presente trabajo se realizó la extrusión de mezclas de harina de sorgo integral (*Sorghum spp.*) con residuos de extracción de aceite de chía (*Salvia hispanica*L.) y almendra (*Prunus dulcis* L). Se analizó el efecto de la humedad y la composición de la materia prima, sobre las propiedades físico químicas, nutricionales y reológicas del extrudido. Los rangos operativos ensayados fueron; humedad (H): entre 14-19 % y reemplazo de harina de sorgo (RS): entre 3-6 %. Los efectos de H y RS sobre el índice de expansión (IE), volumen específico (VE), consumo específico de energía mecánica (CEEM), solubilidad (S), absorción de agua (AA), y textura: comportamiento frente al corte (F) y a la compresión (D), se estudió a través de un diseño experimental de superficie de respuesta. La mezcla más adecuada fue aquella obtenida a 14% H y 3% RS. Se evaluó para la condición óptima: perfil de aminoácidos (aa), perfil de ácidos grasos (AG), digestibilidad proteica y respuesta amilográfica. No se evidenció complementación aminoacídica por el bajo contenido en RS de la mezcla, la digestibilidad para el extrudido fue de 84.4% y no presentó diferencia significativa con la harina sin tratar. La RS

incrementó los AG poli-insaturados de la mezcla, pero estos resultaron susceptibles al proceso de extrusión. En el amilograma se observó un elevado grado de cocción (GC) del extrudido, respecto de la materia prima sin tratar. Los resultados indican que el producto extrudido obtenido en el presente trabajo presentó una calidad inferior respecto a sus características físico-químicas, en comparación con trabajos anteriores en base a sorgo integral sin remplazo y en condiciones de trabajo similares (164°C y 14% H).

Palabras clave— *extrusión de alimentos, sorgo integral, harinas mixtas.*

1. Introducción

Los cereales pre cocidos se definen como alimentos a base de cereal sometidos a tratamientos termo mecánicos, que producen una cocción parcial del mismo [1]. Estos alimentos abarcan productos tanto a base de granos enteros como de harinas. Se consumen en forma de snacks, cereales para el desayuno, bases para sopas cremas, papillas, barras de cereal, entre los más importantes. Las principales materias primas utilizadas para los cereales pre cocidos son el maíz, el trigo, el arroz y la avena [2]. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), al igual que otras entidades, desde hace varios años están trabajando y facilitando fondos para el desarrollo de productos elaborados a partir de cereales más económicos y fácilmente adaptables a regiones semiáridas, como es el caso del sorgo y de harinas compuestas y alternativas que buscan incentivar la producción de materias primas locales [3] [4]. Los procesos más utilizados para obtener la mayoría de estos productos son nuevas técnicas de cocción para reemplazar o modificar la tradicional cocción hidrotérmica; entre los cuales se puede mencionar explosión, popeado (o puffing), laminado y extrusión. La extrusión puede definirse como un proceso que involucra el transporte de un material, bajo ciertas condiciones controladas, forzándolo a pasar por una boquilla de una geometría definida y con un caudal másico pre-establecido. Durante este transporte se produce la cocción parcial o total de los componentes de la mezcla [5]. Esta tecnología se destaca en la industria de alimentos como un proceso eficiente, utilizándose en el procesamiento de cereales y proteínas, para alimentación humana y animal [6].

El presente trabajo plantea la extrusión de harina de sorgo complementada con residuos de extracción de aceites de almendra y chia. Estas materias primas son novedosas en la obtención de productos precocidos. El Sorgo (*Sorghum* spp.) es una gramínea oriunda de las regiones tropicales y subtropicales de África oriental. La misma se adaptó, a través del mejoramiento genético, a una gran diversidad de ambientes, y se lo considera uno de los cultivos mundiales de seguridad alimentaria; alrededor del 40% de su producción es destinado a la alimentación humana [7]. La almendra, que es el fruto del almendro (*Prunus dulcis* L.), es un árbol caducifolio de la familia de las rosáceas. El subproducto de la obtención del aceite de almendra mediante prensado por tornillo helicoidal, presenta un alto contenido de proteínas, minerales, fibra alimentaria y sustancias con capacidad antioxidante. Esta composición lo convierte en una excelente fuente de nutrientes para ser utilizado en la producción de alimentos con actividad beneficiosa sobre la salud [8]. La *Salvia hispanica* L., comúnmente conocida como chía, es una planta herbácea perteneciente a la familia de las lamiáceas, oriunda de América Central. La harina de chía, proveniente del residuo de extracción de aceite por prensado, es una buena fuente de proteínas (19-23%), con un contenido en lisina superior a la harina de sorgo y fibra dietética (33,9-39,9%) [9] [10].

El objetivo general fue determinar el efecto de la humedad y la composición de la materia prima, sobre las propiedades físico-químicas, nutricionales y reológicas del extrudido elaborado a base de harina de sorgo con suplementación de residuos de extracción de almendra y chia.

2. Materiales y Métodos

Se trabajó con harina de sorgo blanco integral bajo en taninos (*Sorghum spp.*) y residuos de extracción de aceite (expeller), de almendras (*Prunus dulcis L.*) y chía (*Salvia hispanica L.*) obtenidos mediante prensa de tornillo helicoidal. La harina de sorgo fue proporcionada por la empresa Amylum S.A. y los residuos de extracción o expeller fueron obtenidos del Proyecto Manuel Belgrano, entre la Universidad Nacional de Córdoba y la empresa Aceites del Desierto SRL. El material de alimentación al extrusor se aditivó con antioxidante BHT (butil hidroxitolueno) grado técnico.

El resto de los reactivos empleados fueron grado analítico y provistos por Sigma-Aldrich y Merk.

Los residuos de extracción de aceite se molieron en un molino de martillos fijos con una malla de 0.75 mm y se seleccionó el material retenido entre las mallas 20 y 40. Las materias primas fueron caracterizadas en humedad [5], materia grasa, cenizas, proteínas [11] y carbohidratos (por diferencia).

Para el diseño experimental se utilizó la metodología de superficie de respuesta y se tomaron como variables independientes, la humedad de alimentación (H) y la composición del material de ingreso a la extrusora (C). Se definió como porcentaje de reemplazo (%RS), al porcentaje de sustitución de sorgo por la mezcla de residuos de extracción de chía-almendra, la cual se preparó en una proporción 3:1 respectivamente. Se confeccionó un diseño del tipo factorial de 3 niveles (3²), mediante el software Statgraphics Centurion XVI.II. Las 7 respuestas que se analizaron, fueron: Índice de expansión (IE); volumen específico (VE); consumo específico de energía mecánica (CEEM); dureza (D), fuerza máxima en compresión; fractura, fuerza máxima en corte; absorción de agua (AA) y solubilidad (S).

Para todos los ensayos, las muestras se prepararon y acondicionaron 24 h antes del proceso de extrusión para su estabilización. Las extrusiones se realizaron en la Universidad Nacional del Litoral (UNL), Facultad de Ingeniería Química (FIQ), Instituto de Tecnología de Alimentos (ITA), Ciudad de Santa Fe, Provincia de Santa Fe, donde se utilizó un equipo extrusor monotornillo Brabender a escala laboratorio.

Las corridas experimentales se llevaron a cabo utilizando 600g de material de partida, con la adición de 0,01g de BHT como antioxidante. Los productos obtenidos se almacenaron en forma hermética en recipientes de plástico y bolsas de polietileno.

Se caracterizó cada extrudido determinando IE y VE según Gonzalez et al [5]; CEEM según Llopart [3], dureza y comportamiento frente al corte y la compresión se determinaron empleando un texturómetro marca INSTRON (Universal Testing Machine, modelo 3342, EUA). Para determinar absorción de agua se empleó un equipo Baumman según la técnica propuesta por Torgensen y Toledo [12] y para solubilidad en agua se utilizó la técnica de Anderson modificada por González [5]. Se llevó a cabo la optimización de múltiples respuestas, la cual se maximizó para el índice de expansión (IE), volumen específico (VE), consumo específico de energía mecánica (CEEM) y solubilidad (S) y se minimizó para fractura mecánica (F).

Una vez determinado el óptimo, se procedió a caracterizar el producto nutricional y reológicamente. Se determinó el perfil de aminoácidos (aa) cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), en un equipo Perkin Elmer®, Serie 600, la adquisición de datos y el procesamiento se realizaron con el software TotalChrom Workstation versión 6.3. La separación se llevó a cabo con una columna Zorbax Eclipse Plus C18 (4,6 x 150 mm y tamaño de partícula de 5 µm) Agilent Technologies®; previa derivatización con etoximetilenmalonato de dietilo [13]. La identificación y cuantificación de ácidos grasos de los aceites se llevaron a cabo por cromatografía gaseosa (CG). Los ésteres metílicos se analizaron empleando columna de fase Supelcowax-10, de 30 metros de longitud, 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor de fase. Se empleó nitrógeno como gas portador (1 ml/min) y T° inicial 180 °C, con un aumento de 4 °C/min hasta 240 °C (10 min) [14]. La digestibilidad proteica se determinó por digestión sucesiva con pepsina y pancreatina y se determinó nitrógeno orgánico por Kjeldahl antes y después de la digestión. El porcentaje (%) de digestibilidad se calculó como la diferencia entre la muestra y la proteína patrón caseína. Para la caracterización reológica se determinó la respuesta amilográfica empleando un visco-amilógrafo-rápido (RVA) en el Instituto Superior de Investigación, Desarrollo y Servicios en Alimentos (ISIDSA) [15].

3. Resultados y Discusión

En la tabla 1 se muestran los resultados de la caracterización de las materias primas.

Tabla 1: Composición centesimal de las MP utilizadas

Materia Prima	Proteínas	Lípidos	Humedad	Cenizas	Glúcidos totales
Harina integral de Sorgo	8,2 ±0,2	4,4 ±0,1	13,9 ±0,1	1,2 ±0,1	72,2
Residuo de extracción Chía	30,0 ±0,2	7,5 ±0,2	11,9 ±0,5	5,6 ±0,1	44,9
Residuo de extracción Almendra	31,7 ±0,5	15,5 ±0,1	17,9 ±0,1	4,9 ±0,1	29,5

Valores expresados en g/100g de muestra.
Ensayos realizados por duplicado

En las tablas 2 a 4 se presentan los resultados obtenidos para las 7 variables de respuesta en cada ensayo del diseño experimental propuesto.

Tabla 2: Resultados variables de respuesta (Tabla 1 de 3)

	Reemplazo de la harina de sorgo	Humedad	Índice de expansión (IE)	Volumen específico (VE)	Consumo Específico de Energía Mecánica (CEEM)
Unidades	(% RS)	(%H)	(adimensional)	(mL/g)	(J/g)
Muestra					
1	3	16,5	2,00 ±0,08	4,33 ±0,35	648,0 ±0,1

Extrusión de harina de sorgo integral con residuos de extracción de aceites de chía y almendra

2	4,5	16,5	1,94	±0,11	4,77	±0,36	583,0	±8,6
3	3	14	1,99	±0,03	4,72	±0,16	668,3	±6,1
4	6	14	1,85	±0,04	3,62	±0,21	632,4	±4,6
5	6	19	1,76	±0,05	2,85	±0,14	521,7	±8,3
6	4,5	16,5	1,82	±0,05	3,93	±0,19	639,5	±1,8
7	4,5	19	1,77	±0,06	2,77	±0,17	522,9	±32,2
8	6	16,5	1,88	±0,12	3,00	±0,29	553,4	±0,8
9	4,5	16,5	1,93	±0,04	4,22	±0,22	631,2	±6,8
10	4,5	16,5	1,97	±0,07	3,75	±0,29	630,2	±43,2
11	3	19	1,74	±0,05	3,21	±0,26	514,9	±7,7
12	4,5	14	2,03	±0,14	4,07	±0,21	641,3	±0,9

*Para IE y VE se expresan valores medios (n = 5) ± DE.

*Para CEEM se expresan valores medios (n = 4) ± DE.

Tabla 3: Resultados variables de respuesta (Tabla 2 de 3)

Unidades	Reemplazo de la harina de sorgo (%RS)	Humedad (%H)	Absorción de agua Método Baumman (AA) (mL/g)	Solubilidad (S) (g sólidos solubles/100g BS)
Muestra				
1	3	16,5	3,81 ±0,16	10,2 ±0,2
2	4,5	16,5	5,36 ±0,23	9,4 ±0,1
3	3	14	4,46 ±0,35	11,2 ±0,2
4	6	14	4,66 ±0,20	10,3 ±0,3
5	6	19	5,10 ±0,26	8,4 ±0,4
6	4,5	16,5	4,79 ±0,45	9,1 ±0,1
7	4,5	19	4,43 ±0,22	8,5 ±0,3
8	6	16,5	3,45 ±0,28	8,8 ±0,3
9	4,5	16,5	2,46 ±0,24	9,5 ±0,2
10	4,5	16,5	5,01 ±0,09	9,0 ±0,7
11	3	19	4,06 ±0,24	8,8 ±0,2
12	4,5	14	5,23 ±0,47	11,0 ±0,4

*Se expresan valores medios (n = 3) ± DE.

Tabla 4: Resultados variables de respuesta (Tabla 3 de 3)

Unidades	Reemplazo de la harina de sorgo (%RS)	Humedad (% H)	DUREZA (fuerza máxima en compresión) (Newton)	FRACTURA (fuerza máxima en corte) (Newton)

Extrusión de harina de sorgo integral con residuos de extracción de aceites de chía y almendra

Muestra				
1	3	16,5	36,7 ±4,0	2,3 ±0,1
2	4,5	16,5	32,4 ±3,0	2,3 ±0,2
3	3	14	37,1 ±3,0	2,9 ±0,2
4	6	14	72,7 ±3,0	3,3 ±0,3
5	6	19	71,2 ±6,0	2,9 ±0,2
6	4,5	16,5	35,6 ±3,0	1,6 ±0,2
7	4,5	19	53,9 ±5,0	2,6 ±0,3
8	6	16,5	37,4 ±2,0	2,7 ±0,1
9	4,5	16,5	39,5 ±4,0	1,7 ±0,1
10	4,5	16,5	48,50 ±3,00	2,2 ±0,22
11	3	19	47,51 ±4,00	2,52 ±0,19
12	4,5	14	51,89 ±4,00	2,45 ±0,20

*Se expresan valores medios (n =5) ± DE.

El criterio para determinar el objetivo de optimización múltiple fue el de maximizar las características deseables de un snack y el GC alcanzado por el extrudido. En la tabla 5 se presentan los datos de entrada para la optimización simultánea de respuestas múltiples.

Tabla 5: Optimización simultanea de múltiples respuestas

Respuesta	Unidades	Optimizar	Objetivo	Impacto
IE	Adimensional	si	Maximizar	5
VE	mL/g	si	Maximizar	5
CEEM	J/g	si	Maximizar	5
AA	mL/g	si	Maximizar	5
S	g de sólidos solubles/100 g BS	si	Maximizar	5
D	Newton	no	Minimizar	-
F	Newton	no	Minimizar	-

La condición óptima determinada por el software fue 14 % de humedad (H) y relación 3 % para el reemplazo del sorgo (RS). En la Tabla 6 y la Tabla 7 se presentan los valores predichos vs experimentales obtenidos en las condiciones óptimas y en la figura 1 se muestra el gráfico de deseabilidad.

Tabla 6: Resultados experimentales condiciones óptimas

Resultados experimentales						
Repetición	IE	VE	CEEM	AA	S	
A	1,98 ± 0,10	4,68 ± 0,30	667 ± 9,32	5,3 ± 0,25	11,3 ± 0,24	
B	1,97 ± 0,06	4,8 ± 0,24	669 ± 12,15	5,22 ± 0,18	11,05 ± 0,06	
C	2,03 ± 0,08	4,7 ± 0,17	669 ± 14,60	5,25 ± 0,31	11,23 ± 0,13	

*Para IE y VE se expresan valores medios ($n = 5$) \pm DE.
 **Para CEEM se expresan valores medios ($n = 4$) \pm DE.
 ***Para AA y S se expresan valores medios ($n = 3$) \pm DE.

Tabla 7: Valores predichos vs experimentales

Respuesta	Optimizado	Predicción	Experimental	Error porcentual	Deseabilidad
IE	si	2,03	1,99 \pm 0,03	1,97%	1
VE	si	4,73	4,72 \pm 0,06	0,27%	0,98
CEEM	si	676	668 \pm 0,82	1,10%	1
AA	si	5,28	5,26 \pm 0,04	0,31%	1
S	si	11,4	11,2 \pm 0,13	2,17%	1

*Deseabilidad optimizada = 0,99 **Valores medios ($n=3$) \pm DE.

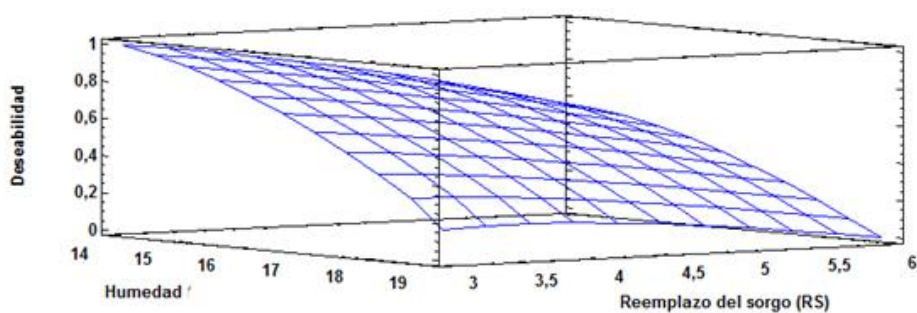


Figura 1: Deseabilidad vs humedad y % RS.
 Elaboración propia.

Los valores estimados por el modelo no presentaron una diferencia significativa respecto a los valores obtenidos experimentalmente ya que al compararlos presentan errores mínimos (entre 0,27% y 2,17%).

La humedad tuvo un impacto mayor sobre las variables de respuesta del proceso; esto puede deberse a que el agua juega un rol importante dentro del fenómeno de expansión, producido en la etapa de descompresión (evaporación instantánea), así como en características de lubricación, disipación de calor, entre los más importantes. Por otro lado, el reemplazo podría haber tenido un mayor impacto si se hubiese trabajado con mayores porcentajes.

En la tabla 8 se presentan los resultados del perfil de aminoácidos, tanto para la harina de alimentación como para el extrudido en las condiciones óptimas.

Tabla 8: Perfil de aminoácidos del óptimo

aa	Harina	Extrudido
aa g/ 100 g muestra		
Ac. Aspartico	0,630 ^a	0,604 ^a
Ac. Glutámico	1,916 ^b	2,011 ^a

Extrusión de harina de sorgo integral con residuos de extracción de aceites de chía y almendra

Serina	0,211 ^a	±0,007	0,203 ^a	±0,002
Histidina	0,412 ^a	±0,005	0,44 ^a	±0,001
Glicina	0,211 ^a	±0,005	0,222 ^a	±0,003
Treonina	0,314 ^b	±0,015	0,353 ^a	±0,005
Arginina	0,444 ^a	±0,006	0,443 ^a	±0,008
Alanina	0,831 ^a	±0,017	0,777 ^a	±0,014
Prolina	0,324 ^b	±0,067	0,103 ^a	±0,048
Tirosina	0,358 ^a	±0,019	0,351 ^a	±0,004
Valina	0,371 ^a	±0,020	0,377 ^a	±0,004
Metionina+ Cisteína	2,521 ^b	±0,023	1,567 ^a	±0,027
Isoleucina	0,349 ^b	±0,001	0,331 ^a	±0,004
Leucina	1,120 ^a	±0,014	1,153 ^a	±0,006
Fenilalanina	0,667 ^a	±0,019	0,669 ^a	±0,015
Lisina	0,172 ^a	±0,002	0,162 ^a	±0,019
Total	10,851^a		9,765^a	

**Metionina y cisteína fueron cuantificados juntos porque los picos no se resolvieron.*

**Supra índices diferentes indican diferencias estadísticamente significativa para $p < 0,05$.*

****Valores medios ($n=3$) \pm DE.*

Como puede observarse el producto obtenido no presentó diferencias significativas en el contenido de aminoácidos totales debidas al proceso de extrusión. El contenido de ácido glutámico, treonina, prolina, isoleucina y el par cisteína-metionina presentaron una diferencia significativa debido al proceso de extrusión. En el caso de los cambios observados para la prolina, isoleucina y el par cisteína-metionina, su disminución podría deberse a la reacción de pardeamiento no enzimático (reacción de Maillard), la cual se encuentra íntimamente vinculada con los procesos de extrusión de alimentos [16].

En la tabla 9 se presenta el perfil de ácidos grasos del producto obtenido en las condiciones óptimas.

Como se puede observar, el extrudido presenta un alto contenido de ácidos grasos poli insaturados, que se puede atribuir al aporte de la chía [18].

Tabla 9: Perfil de ácidos grasos óptimo

AG	Harina Extrudido Sorgo†		
	%AG/100g materia grasa		
C16:0	11,96%	17,72%	12,33%
C16:1	0,28%	0,04%	0,88%

Extrusión de harina de sorgo integral con residuos de extracción de aceites de chía y almendra

C18:0	1,64%	3,25%	1,06%
C18:1	31,22%	37,86%	29,21%
C18:2	48,71%	36,38%	39,55%
C18:3	5,76%	4,32%	1,97%
C20:0	0,28%	0,41%	x
C20:1	0,00%	0,00%	x
C21:0	0,14%	0,03%	x
AG SATURADOS	14,02%	21,41%	15,15%
AG MONO INSATURADOS	31,51%	37,90%	30,30%
AG POLI INSATURADOS	54,47%	40,70%	42,42%

x: no se encuentra presente en perfiles consultados

†[17]

En la tabla 10 se muestran los valores de digestibilidad del material antes y después de la extrusión en comparación con una proteína de alta digestibilidad como caseína. Se obtuvieron valores de digestibilidad para el extrudido superiores a los informados por bibliografía [3].

Tabla 10: Digestibilidad del óptimo

	Digestibilidad (%)
Harina	85,6 ^a ±0,35
Extrudido	84,4 ^a ±0,68
Caseína	87,4 ±2,75

*Supraíndices diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para $p < 0,05$.

**Valores medios (n=2) ± DE.

En la figura 2 se representa la respuesta amilográfica.

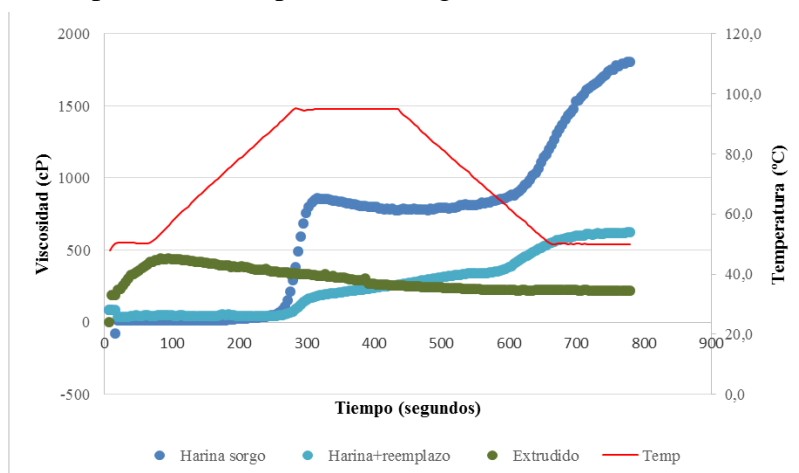


Figura 2: Curva de RVA para el extrudido del óptimo.
Elaboración propia.

La viscosidad del extrudido se observa que primero aumenta y luego lentamente disminuye, lo que puede deberse a la fragmentación y dextrinización progresiva del almidón [19] [20]. La viscosidad final del extrudido fue la menor y se relaciona con el fenómeno de retrogradación o asociación de las cadenas de amilosa y en forma inversa con el grado de cocción (GC) alcanzado [5]. Este comportamiento coincide con lo

hallado por otros autores para harina de maíz [21]: el agregado de otros componentes provoca una suavización de la curva amilo gráfica. Esto puede deberse al agregado de proteínas y otros componentes que pueden inhibir la gelatinización del almidón.

4. Conclusiones

Las condiciones óptimas de las variables establecidas por el diseño estadístico para la extrusión, fueron: harina de alimentación de 14% H y 3% de RS (relación almendra-chía 3:1). La tendencia general de las variables de respuesta indican que el producto extrudido alcanzó menores valores en todas sus características físico-químicas, en comparación con trabajos anteriores en base a sorgo integral sin remplazo y en condiciones de trabajo similares (164°C y 14% H).

En cuanto a las características nutricionales del producto: no se logró obtener una complementación aminoacídica para compensar las carencias propias del sorgo, principalmente la Lisina. Se obtuvo un aporte de ácidos grasos omega 3 y omega 6 por agregado del residuo de extracción de aceite de chía en la harina de alimentación, pero el proceso de extrusión produjo una disminución del contenido de ácidos poli insaturados. La digestibilidad proteica alcanzada fue elevada con respecto al valor de caseína, lo cual es sumamente favorable para el aprovechamiento de los aminoácidos del producto. La respuesta amilográfica obtenida para el producto extrudido presentó una curva suave, con poco aumento de la viscosidad durante el periodo de calentamiento. Al comparar las viscosidades de la harina de sorgo con y sin reemplazo, podemos observar una disminución en la harina adicionada,

5. Referencias

- [1] Gajula, H, Alavi S., Adhikari, K. y Herald, T. Precooked Bran-Enriched Wheat Flour Using Extrusion: Dietary Fiber Profile and Sensory Characteristics. *Journal of Food Science*, v.73, n.4, p. S173-S179.
- [2] Lescano, E.P. (2010). Análisis de producto: Cereales para el desayuno. Alimentos Argentinos, Ministerio de Agricultura,. [En línea] 2010. [Citado el: 15 de Junio de 2016.] www.alimentosargentinos.gob.ar.
- [3] Llopart, E. (2011). Efectos de las condiciones de extrusión en las propiedades físicoquímicas y funcionales de productos extrudidos de sorgo integral de bajo contenido de taninos. Tesis (Magíster en Ciencia y Tecnología de los Alimentos). Santa Fe, Argentina: Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ingeniería Química, Instituto de Tecnología de los Alimentos.
- [4] Dendy, D. & Dobraszczyk, B. (2001). Cereales y Productos Derivados. En: *Química y Tecnología*. 1a. ed. Zaragoza: Acribia S.A. p.17,312-316,326,423,426.
- [5] González, R. J., Torres, R. L. & De Greef, D. M. (2002). Extrusión–Cocción de Cereales. *Boletín da Sociedade Brasileira de Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, v.36, n.2, p.83-136.
- [6] Apró, N., Rodriguez, C. & Gornatti, J. (2000). La extrusión como tecnología flexible de procesamiento de alimentos. *Jornadas de Desarrollo e innovación*.

- [7] Carrasco, N., Zamora, M. y Melin, A. (2011). *Manual de Sorgo*. Buenos Aires: Publicaciones Regionales, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- [8] Martínez, M.L., Marín, M. A., Penci, M. C., Bianchi Gigena, M. J., Cabagnero, M. & Ribotta, P. D. (2013). Fideos frescos laminados a base de harina de almendra y soja. Congreso: Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Córdoba, Argentina.
- [9] Craig, R., & Sons, M. (2004). Application for approval of whole chia (*Salvia hispanica* L.) seed and ground whole chia as novel food ingredients. Kingsway, London: *Advisory committee for novel foods and processes* (ACNFP), Secretariat Food Standards Agency, p. 1–29.
- [10] Reyes-Caudillo, E., Tecante, A., & Valdivia-Lopez, M. A. (2008). Dietary fiber content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispánica* L.) seeds. *Food Chemistry*, v. 107, n.2, p656-663.
- [11] AOAC. (1999). *Oficcial Methods of Analysis of the Association of Official Analysis Chemist*. Gaithersburg: USA.
- [12] Torgensen, R.T.& Toledo, H. (1977). Physical properties of protein preparations related to their functional characteristics in comminuted meat systems. *Journal of Food Science*, v.42, n.6, p.1615–1620.
- [13] Alaiz, M., Navarro, J. L., Girón J. & Vioque, E. (1992). Amino acid análisis by high performance chromatography alter derivatization with dietilethoxymethylenemalonate. *Journal of Chromatography*, v.591, n.2, p.181-186.
- [14] Maestri, D.M., Labuckas, D.O., Meriles, J.M., Lamarque, A.L., Zygadlo, J.A., Guzman, C.A. (1998). Seed composition of soybean cultivars evaluated in different environmental regions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.77, p.494-498.
- [15] González, R. J., Torres, R. L. & De Greef, D. M. (1987).E fectos de algunas variables de extrusión sobre la harina de maíz. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, v.37, n.3, p. 578-592.
- [16] Björck, I. & Asp, N. G. (1983).The effects of extrusion cooking on nutritional value. *Journal of Food Engineering*, v.2, n.4, p.281-308.
- [17] USDA (2016).*National Nutrient Database for Standard Reference*. [En línea] [Citado el: 28 de Abril de 2016.] <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/>.
- [18] Gutiérrez Tolentino R., Ramírez Vega L., Vega y León S., Fontecha J., Rodríguez L. M., Medina A. E. (2014). Contenido de ácidos grasos en semillas de chía (*Salvia hispanica* L.) cultivadas en cuatro estados de México. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, v.19, n.3, p.199-207.
- [19] Mason, W. R. & Hosney, R. C. (1986).Factors affecting the viscosity of extrusion-cooked wheat starch. *Cereal Chemistry*, v.63, n.5, p.436-441.
- [20] Lengerich, B. (1989). Influence of extrusion processing on in-line rheological behavior, structure, and function of wheat starch. En: Faridi, H. and Faubion, J. M. (eds.). *Dough Rheology and Baked Product Texture*, New York: Van Nostrand Reinbold, p. 421-471.

Extrusión de harina de sorgo integral con residuos de extracción de aceites de chía y almendra

[21] Whalen, P. J., Bason, M. L. & Booth, R. I. (1996). Measuring degree of cook in extruded foods using the Rapid Visco Analyser. Proceedings of the *45th Australian Cereal Chemistry Conference*. RACI, Melbourne, Australia, p. 289-293.