

TESIS DE MAESTRÍA

Maestría en Tecnología de los Alimentos

Título:

“Desarrollo de pastas secas funcionales tipo Penne Rigate: efecto en las propiedades tecnológicas, sensoriales y en el proceso productivo”

Autor: Ing. en Alim. Lorena Paola Vega
Director de Tesis: Dra. Ing. Alicia Gallo

Buenos Aires - 2021

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	I
LISTA DE TABLAS	II
LISTA DE FIGURAS	III
LISTA DE ABREVIATURAS.....	IV
LISTA DE ABREVIATURAS DE MUESTRAS.....	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
1. INTRODUCCIÓN	12
1.1 Las pastas.....	12
1.2 Origen de las pastas	12
1.3 Consumo mundial	12
1.4 Definición.....	13
1.5 Materias primas para las pastas	13
1.5.1 Harina de trigo.....	13
1.5.2 Sémola de trigo duro	14
1.6 Materias primas alternativas para la elaboración de pastas	14
1.6.1 Harina integral de centeno	14
1.6.2 Harina integral de trigo.....	15
1.6.3 Harina de garbanzo	15
1.6.4 Salvado de avena.....	15
1.7 Desafíos de la formulación	16
1.8 Descripción general de producción de pastas secas	16
1.8.1 Amasado	16
1.8.2 Extrusión	16
1.8.3 Secado.....	17
1.9 Hipótesis	19
1.10 Objetivo general.....	19
1.11 Objetivos específicos	19

2. MATERIALES Y MÉTODOS	21
2.1 Materias primas	21
2.2 Equipamiento.....	21
2.3 Ingredientes y formulación.....	22
2.4 Etapas de elaboración de pastas frescas	22
2.5 Secado de las pastas.....	24
2.6 Caracterización de las materias primas, productos intermedios y productos terminados.....	26
2.6.1 Determinaciones analíticas.....	26
2.6.1.1 Determinaciones fisicoquímicas para las materias primas secas y las formulaciones	26
2.6.1.2 Determinación del tamaño de partículas de las materias primas.....	26
2.6.1.3 Determinación de la Capacidad de Retención de Agua (CRA) de las materias primas y las formulaciones	26
2.6.2 Determinaciones para las pastas frescas	27
2.6.3 Determinaciones para las pastas secas	27
2.6.4 Determinación de color	27
2.7 Ensayos de cocción.....	28
2.7.1 Determinaciones en las pastas cocidas	28
2.8 Análisis sensorial	30
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
3.1 Caracterización de las materias primas y formulaciones	33
3.1.1 Determinaciones analíticas para las materias primas	33
3.1.1.1 Determinaciones fisicoquímicas para las materias primas secas.....	33
3.1.1.2 Determinación del tamaño de partículas de las materias primas.....	33
3.1.1.3 Determinación de la Capacidad de Retención de Agua de las materias primas	34
3.1.1.4 Determinación de color de las materias primas.....	35
3.1.2 Determinaciones analíticas para las formulaciones	36
3.1.2.1 Determinación de la Capacidad de Retención de Agua de las formulaciones	36
3.1.2.2 Determinación de color de las formulaciones.....	37
3.2 Elaboración preliminar de las pastas penne rigate	38
3.3 Cocción preliminar de las pastas penne rigate	39
3.4 Optimización del proceso de elaboración de las pastas.....	41

3.5 Proceso de secado de las pastas optimizadas	45
3.6 Caracterización de las pastas secas.....	49
3.6.1 Determinaciones fisicoquímicas de las pastas secas.....	49
3.6.2 Determinación de color de las pastas secas	50
3.7 Pruebas de cocción de las pastas secas optimizadas	51
3.8 Análisis sensorial de las pastas secas	54
3.9 Análisis composicional de las pastas secas.....	56
CONCLUSIONES.....	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61

A mi madre Alicia, que vive en mi corazón

A mi padre Mario

AGRADECIMIENTOS

Con la alegría de llegar a la recta final, se vienen a la memoria innumerables momentos que han transcurrido durante la realización de esta tesis, e inmediatamente aparecen en mi pensamiento aquellas personas sin las cuales esto no hubiera sido posible. Mi más sincero agradecimiento a todos los que de una u otra forma me ayudaron a alcanzar este trascendental logro.

A la Dra. Alicia Gallo por distinguirme en ser su tesista, por su valiosa dirección y por su desinteresado apoyo y tiempo, a pesar de la dificultad de la distancia.

Al Dr. Roberto Aguerre, por sus inestimables consejos y por su permanente ayuda y apoyo. Un especial agradecimiento no solo por haberme brindado una excelente formación a nivel científico y profesional, sino por su calidez humana.

A la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires por haberme facilitado un lugar de trabajo para el desarrollo de este estudio.

A la UNLu por haberme permitido realizar parte de mi trabajo en sus laboratorios.

Al Molino Tassara que prestó sus instalaciones y equipos para realizar algunas de las determinaciones que formaron parte de este trabajo.

A mi padre, Mario, para el cual no existen palabras de agradecimiento, por su incondicional apoyo; por animarme y contenerme en los momentos más difíciles, y por hacer suyos mis logros y metas alcanzadas.

A mi madre, Alicia, que desde el cielo fue mi guía para nunca bajar los brazos, mi principal inspiradora, seguramente estará orgullosa de mi por haberlo logrado.

A mis hermanos, María y Gastón, por escucharme, aconsejarme y animarme para alcanzar este logro.

A mi abuelita, la Lela, que siempre me apoyó en mis años de estudiante.

A mi compañero de vida Gonzalo, por su inestimable apoyo y comprensión.

A mi cuñado, Charly, y mi cuñado del corazón, Diego, por la gran ayuda en el diseño de la tesis, por sus conocimientos de informática.

A mis amigas, por el apoyo constante y la confianza en que era posible lograrlo.

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Composición porcentual de los ingredientes de las pastas, expresados como materias primas secas.
- Tabla 2. Relación temperatura/tiempo de secado.
- Tabla 3. Composición química de las materias primas.
- Tabla 4. Análisis de granulometría de las materias primas.
- Tabla 5. Análisis de color de las materias primas.
- Tabla 6. CRA de las mezclas de las seis mezclas farináceas (%).
- Tabla 7. Análisis de color de las formulaciones secas.
- Tabla 8. Análisis de color de las formulaciones, con un 30% de agua agregada.
- Tabla 9. Elaboración preliminar para las diferentes formulaciones de pastas frescas.
- Tabla 10. Resultados de la primera prueba de cocción.
- Tabla 11. Adecuación del porcentaje de agua en la fórmula control (100%T).
- Tabla 12. Elaboración optimizada para las diferentes formulaciones de pastas frescas.
- Tabla 13. Análisis de color de las pastas frescas.
- Tabla 14. Humedad inicial de las formulaciones.
- Tabla 15. Humedad final de las formulaciones.
- Tabla 16. Composición química de las seis formulaciones elaboradas.
- Tabla 17. Análisis de color de las pastas secas.
- Tabla 18. Resultados de la prueba de cocción de las pastas optimizadas.
- Tabla 19. Análisis de color de las pastas cocidas.
- Tabla 20. Análisis de grados Brix en el agua de cocción.
- Tabla 21. Resultados de la prueba de evaluación sensorial para tres parámetros evaluados: sabor(A), color (B), sensación en la masticación (C).
- Tabla 22. Resultados de la valoración global en las pastas.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Curva de secado teórica.
- Figura 2. Secado con temperaturas programadas.
- Figura 3. Equipamiento utilizado en la elaboración(A) y análisis (B) de las pastas tipo penne rigate.
- Figura 4. Diagrama de flujo del proceso productivo de elaboración de pastas penne rigate.
- Figura 5. Amasado(A), extrusión de las pastas(B).
- Figura 6. Corte transversal para determinar el TOC.
- Figura 7. Capacidad de retención de agua de las materias primas farináceas (%).
- Figura 8. Materias primas: harina de trigo (A), salvado de avena (B), harina integral de centeno (C), harina de garbanzo (D), harina integral de trigo (E).
- Figura 9. Formulaciones secas elaboradas: 100% T (A); 20% CE(B); 10%CE: 10%S(C); 10%I: 10%S(D); 10%G: 10%S(E); 20%S (F).
- Figura 10. Pastones elaborados con las formulaciones secas amasadas con un 30% de agua.
- Figura 11. Resultados de la primera prueba de cocción:100% T(A), 20% CE(B), 10%CE: 10%S (C), 10%I: 10%S (D), 10%G: 10%S (E), 10% S (F).
- Figura 12. Pastas frescas obtenidas con el proceso de optimización: 100% T(A), 20% CE(B), 10%CE: 10%S (C), 10%I: 10%S (D), 10% G: 10%S (E), 10% S (F).
- Figura 13. Estufa de secado abierta (A), fideos secos preliminares en la bandeja utilizada para el secado (B), pastas frescas optimizadas (C), pastas secas optimizadas (D).
- Figura 14. Curvas de secado de las pastas.
- Figura 15. Curvas de velocidad de secado de las pastas.
- Figura 16. Resultados de la prueba de cocción de las pastas luego del optimizado: 100% T(A), 20% CE(B), 10%CE: 10%S (C), 10%I: 10%S (D), 10%G: 10%S (E), 10% S (F).
- Figura 17. Información nutricional de las pastas secas: 100% T (A), 20% CE (B), 10%CE: 10%S (C), 10%I: 10%S (D), 10%G: 10%S (E), 20% S (F).

LISTA DE ABREVIATURAS

IPO	International Pasta Organisation
CAA	Código Alimentario Argentino
TOC	Tiempo óptimo de cocción
CRA	Capacidad de retención de agua
x_w	humedad del sólido en base seca
w_{ss}	masa de sólido seco
w	masa de sólido húmedo
m	humedad total eliminada
peso _{mp0}	peso de materia prima inicial colocada en la cámara de amasado
peso fideos frescos	peso de los fideos frescos obtenidos

LISTA DE ABREVIATURAS DE MUESTRAS

100% T	100% harina de trigo
20% CE	80% harina de trigo ,20% harina integral de centeno
10% CE:10% S	80% harina de trigo,10% harina integral de centeno,10% salvado de avena
10% I:10% S	80% harina de trigo,10% harina integral de trigo,10% salvado de avena
10% G:10% S	80% harina de trigo,10% harina de garbanzo,10% salvado de avena
20% S	80% harina de trigo, 20% salvado de avena

RESUMEN

Las pastas son un alimento de consumo masivo y de alta aceptabilidad a nivel mundial, debido a su bajo costo, versatilidad y facilidad de preparación. Sin embargo, se requiere mejorar las deficiencias nutricionales, sin afectar las características tecnológicas y sensoriales.

En este trabajo, se estudió la pasta tipo penne rigate, con diferentes niveles de harinas proteicas y salvado de avena en su fase sólida (100%T y cinco tipos de pastas con 20%CE, 10%CE:10%S, 10%I:10%S, 10%G:10%S y 20%S, T: harina de trigo, CE: harina integral de centeno, I: harina integral de trigo, G: harina de garbanzo, S: salvado de avena). Se optimizó el proceso de elaboración, el de secado y se evaluó la calidad de cocción, parámetros fisicoquímicos, atributos sensoriales y composición nutricional. Todas las formulaciones que incorporan otras harinas y salvado de avena superan el límite inferior fijado por el CAA (3 g de fibra/100g de producto sólido), por lo que pueden ser rotuladas como Pastas secas fortificadas con fibra.

La formulación con 20% de salvado de avena resultó ser el producto de mayor calidad nutricional, tecnológica, y una buena aceptación sensorial. Se constituye como una alternativa alimentaria valiosa para la población más vulnerable.

Palabras claves: pastas funcionales, salvado de avena, fibra dietaria, harina de garbanzo, secado, optimización.

ABSTRACT

Pasta is a food for mass consumption and highly acceptable worldwide, due to its low cost, versatility and ease of preparation. However, it is required to improve nutritional deficiencies, without affecting the technological and sensory characteristics.

In this work, penne rigate type pasta was studied, with different levels of protein flours and oat bran in its solid phase (100% T and five types of pasta with 20% CE, 10% CE: 10% S, 10% I: 10% S, 10% G: 10% S and 20% S, T: wheat flour, CE: whole rye flour, I: whole wheat flour, G: chickpea flour, S: oat bran). The manufacturing and drying processes were optimized and the quality of cooking, physicochemical parameters, sensory attributes and nutritional composition were evaluated. All formulations that incorporate other flours and oat bran exceed the lower limit set by the CAA (3 g of fiber / 100g of solid product), so they can be labeled as dry pasta fortified with fiber.

The formulation with 20% oat bran turned out to be the product with the highest nutritional and technological quality, and a good sensory acceptance. It is constituted as a valuable food alternative for the most vulnerable population.

Keywords: functional pasta, oat bran, dietary fiber, chickpea flour, drying, optimization.

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Las pastas

Las pastas alimenticias son productos que se consumen en todo el mundo, se caracterizan por ser un alimento tradicional y de gran aceptación debido a su conveniencia, fácil preparación, palatabilidad y cualidades nutricionales (Petitot et al., 2009). Dentro de las muchas razones que justifican la popularidad de las pastas, se destacan, entre las más importantes, ser fuente importante de carbohidratos complejos y moderada de proteínas y de algunas vitaminas, la versatilidad en la alimentación diaria y su conveniente valor comercial. Se considera que en general, tienen índices de glucemia bajos y, por ende, producen bajas respuestas postprandiales de insulina y glucosa en sangre (Granito et al., 2014). Y no menor, es su vida útil, que, en el caso de las pastas secas envasadas, pueden prácticamente considerarse como un alimento no perecedero, si se conservan de manera adecuada (Marchylo et al., 2004).

1.2 Origen de las pastas

Más allá de la difundida versión histórica que señala que Marco Polo introdujo las pastas en Europa desde China, el origen de las pastas se remonta a 1200 años a. C. en Egipto, en donde se encontró un bajo relieve de una especie de panadería en la cual se hacían rollos de masa, que se cortaban y se cocinaban. A partir de allí la pasta se extendió desde Palestina hacia el Asia Menor y luego a Grecia y Europa.

En la Edad Media las pastas estaban definitivamente incluidas en la dieta de los sicilianos, propagándose luego hacia el norte de Italia. Inicialmente la pasta era laminada, cortada en tiras y comercializada como pasta fresca. Posteriormente, se descubrió que el clima de la costa de Italia era ideal para el secado y así la pasta seca se hizo rápidamente muy popular debido a su estabilidad durante el almacenamiento. La mecanización de la fabricación de las pastas comenzó durante los siglos XVIII y XIX con la invención de prensas hidráulicas y amasadoras. Los gabinetes de secado aparecieron en el siglo XX y la elaboración de las pastas siguió siendo un proceso por lotes hasta la década de 1930, cuando se introdujo la extrusión continua (Martínez, 2010).

1.3 Consumo mundial

En todo el mundo se producen anualmente 14,5 millones de toneladas de pastas alimenticias, de lo cual un 24% corresponde a Italia y un 2,8% a la Argentina. A nivel regional, nuestro país ostenta el segundo lugar como mayor fabricante de pasta en Latinoamérica, detrás de Brasil y superando a México.

El “Reporte Anual 2019” de la IPO (International Pasta Organisation) muestra los datos de consumo per cápita hasta 2018 inclusive (los últimos disponibles a nivel internacional). En este ranking nuestro país se mantiene entre los 7 principales consumidores mundiales de pastas alimenticias con 8,5 kilos per cápita/año. Italia no sólo tiene, por lejos, el consumo per cápita más alto del mundo (23,2 kg por persona por año), sino que, además, exporta casi la mitad del total mundial (UIFRA, 2018).

El tipo de pasta más consumido en Argentina es el guisero (39,5%), mientras que la pasta larga va incrementando paulatinamente su participación en el mercado (36,5%). El resto se reparte entre los fideos soperos y nidos. Es importante resaltar que este sector se caracteriza en general por una baja fidelidad de marca por parte de los consumidores (COPAL, 2014).

1.4 Definición

En el Código Alimentario Argentino (CAA), artículo 706, se definen como Pastas alimenticias o Fideos, a los productos no fermentados obtenidos por el empaste y amasado mecánico de: sémolas o semolín o harinas de trigo ricos en gluten o harinas de panificación o por sus mezclas, con agua potable, con o sin la adición de sustancias colorantes autorizadas a este fin, con o sin la adición de otros productos alimenticios de uso permitido para esta clase de productos.

Y en el artículo 707, se establece la denominación de Pastas alimenticias o Fideos secos, sin otro calificativo de consistencia, se entienden los productos mencionados anteriormente que se han sometido a un proceso de desecación con posterioridad a su moldeo y cuyo contenido en agua no debe ser superior al 14% en peso y su acidez no mayor de 0,45/g% expresada en ácido láctico (CAA, 2021).

1.5 Materias primas para las pastas

Las materias primas indispensables en la fabricación de pastas alimenticias son la harina o sémola de trigo Candeal, o una mezcla de ambas y el agua. Existen también otros ingredientes que ayudan a mejorar la calidad nutricional u organoléptica de las pastas (Aguilar Guncay, 2017).

1.5.1 Harina de trigo

El trigo es uno de los tres granos más ampliamente producidos en el mundo, con el arroz y el maíz, y es el más consumido por el hombre desde la antigüedad en distintas naciones y culturas.

El grano del trigo se lo utiliza para hacer harina, harina integral, sémola, pan con levadura, pastas y otros alimentos. Aproximadamente el 44% de las proteínas son provistas por el trigo en

comparación con otras fuentes de granos de cereales. Esto resalta la importancia del trigo como grano alimenticio (Kumar y Prabhasankar, 2014).

1.5.2 Sémola de trigo duro

El ingrediente de elección por excelencia para la pasta es la sémola de trigo candeal, obtenida de la molienda de granos de trigo duro (*Triticum durum* Desf.), por tener un alto nivel de proteínas, mayoritariamente gluten que favorece a la firmeza de la pasta; y un alto contenido de beta-carotenos, que le otorga el color amarillento característico.

Infelizmente, el trigo durum requiere de condiciones climáticas relativamente estrictas, no pudiendo ser cultivado en áreas demasiado frías o demasiado cálidas y húmedas.

A lo largo de los últimos diez años la producción de trigo durum ha representado solo el 1% de la cosecha triguera total.

Cuando el trigo candeal presenta un precio elevado, poca oferta y disponibilidad, es reemplazado parcial o totalmente por trigo pan (*Triticum aestivum*) para elaborar las pastas, resultando en productos de buena calidad excepto por la pérdida del color amarillo y la resistencia a la sobre cocción, características de las pastas elaboradas a partir de sémola de trigo candeal.

Si bien se puede producir sémola a partir de trigo pan, ésta se encuentra más acotada que la producción de la harina “0000” o “000”, dado que, para producirla, los molinos harineros deben contar con equipos especiales denominados sasores o purificadores de sémolas.

Considerando las limitaciones antes mencionadas, es frecuente encontrar pastas elaboradas a partir de harinas de trigo pan, especialmente en aquellos productos destinados a consumidores que priorizan el costo sobre la calidad (Martínez, 2010).

1.6 Materias primas alternativas para la elaboración de pastas

1.6.1 Harina integral de centeno

La incorporación de harina integral de centeno a diferentes matrices alimentarias, proporciona efectos beneficiosos sobre el metabolismo de la insulina en comparación con el trigo en condiciones isocalóricas y en cantidades estandarizadas de carbohidratos disponibles, lo que puede tener implicancias positivas para la prevención de la diabetes. Además, varios estudios han demostrado los efectos beneficiosos en la saciedad, por su alto contenido de fibra, que es un efecto beneficioso para el control del peso (Jonsson et al., 2018).

1.6.2 Harina integral de trigo

Esta harina contiene carbohidratos complejos conocidos como fibra, la mayor parte es celulosa (insoluble), compuesta de cadenas de glucosa unidas por enlaces β -1,4. El cuerpo humano no produce una enzima que pueda romper estos enlaces. Los microorganismos en el tracto gastrointestinal humano pueden romperlos, pero la celulosa tiene un efecto de volumen que estimula el movimiento del material a través del intestino a un ritmo más rápido, lo que es beneficioso para la salud humana (Bock y Flores, 2011).

1.6.3 Harina de garbanzo

La inclusión de harina de garbanzo como ingrediente en las pastas, que presenta altas cantidades de proteína y fibra, proporciona un alimento con más baja respuesta glucémica para el consumidor (Goñi y Valentin-Gamazo, 2003).

El garbanzo contiene una gran cantidad de carbohidratos no digeribles, como almidón y fibras resistentes, por eso su consumo está inversamente asociado con el riesgo de enfermedad coronaria, diabetes mellitus tipo 2 y obesidad. La posibilidad de adicionar, en los alimentos a base de cereales, la harina de garbanzo crudo o procesado, permitiría aumentar el valor nutricional, la fibra dietética, el contenido mineral y las propiedades antioxidantes (Fares y Menga, 2014).

1.6.4 Salvado de avena

El alto contenido de fibras beneficiosas junto con los compuestos bioactivos, hace de la avena un componente atractivo tanto para una dieta común como para una dieta libre de gluten. La fibra dietética de la avena es nutricionalmente destacada debido al alto contenido de β -D-glucanos solubles, y su ingesta se asocia con una reducción del riesgo de enfermedades cardíacas y coronarias. El contenido de proteína en la avena es más alto que en arroz o harina de maíz y proporciona cantidades sustanciales de ácidos grasos insaturados y compuestos bioactivos. La mayoría de los lípidos son insaturados y los ácidos grasos más abundantes son el ácido oleico mono-insaturado y el ácido linoleico poli-insaturado. Otros compuestos antioxidantes presentes incluyen ácidos fenólicos, avenantramidas y esteroides (Sontag-Strohm et al., 2008).

1.7 Desafíos de la formulación

La adición de una alícuota de ingredientes nuevos, podría disminuir la calidad de la pasta y requiere equilibrar las formulaciones. Además, es esperable que las condiciones de procesamiento deban también adecuarse, ya que pueden producirse problemas tecnológicos que dependen de varios factores, entre ellos la hidratación de los ingredientes y el desarrollo de una matriz de almidón–proteína homogénea durante la formación de la masa (Aravind et al, 2012).

Desde un punto de vista nutricional, es claro que la inclusión de granos integrales y fibra dietética tiene efectos positivos significativos en el control de la saciedad y la respuesta glicémica postprandial (Brennan, 2013).

El diseño y desarrollo de alimentos funcionales no puede realizarse únicamente en base a la función nutricional deseada, sin tener en cuenta las propiedades del producto como el color, sabor y sensación en la boca, ya que las propiedades sensoriales de los alimentos son los atributos más importantes para el consumidor y muy a menudo son evaluados antes de los valores nutricionales (Lorusso y Conte, 2015).

1.8 Descripción general de producción de pastas secas

1.8.1 Amasado

En la primera etapa del proceso de producción las materias primas se hidratan y se transforman en masa. Durante el mezclado, el agua se distribuye lo más uniformemente posible por toda la materia prima sólida, favoreciendo así la hidratación homogénea de las partículas (Martínez, 2010).

1.8.2 Extrusión

La unidad de extrusión está compuesta por un cilindro provisto de un tornillo de extrusión. La rotación del tornillo empuja la masa hacia el troquel, donde toma su forma final. El vacío ayuda a minimizar la oxidación de los pigmentos, reducir las reacciones de descomposición enzimática y oxidativa y disminuir la probabilidad de que se incorporen burbujas a la masa, lo que puede causar mala apariencia en la pasta final.

Como resultado tanto de la mezcla como de la extrusión, los gránulos de almidón quedan atrapados en una matriz de proteína amorfa.

Los insertos del troquel suelen estar recubiertos de teflón para producir pasta con una superficie lisa, mientras que los de bronce se utilizan para lograr una superficie de pasta más rugosa, lo que ayuda a que las salsas se adhieran mejor a la pasta cocida. Las matrices recubiertas de teflón logran tasas de rendimiento mucho más altas (Lorusso y Conte, 2015).

1.8.3 Secado

Las pastas frescas se someten a un proceso de secado. Es una operación básica donde intervienen dos factores importantes: la transferencia de calor, para suministrar el calor latente de evaporación del agua, y la de agua, que implica su movimiento a través de los productos alimenticios y su separación de los mismos.

Un proceso de secado convencional es usualmente descrito por diagramas construidos con las siguientes coordenadas (figura 1):

–Contenido de humedad del material vs Tiempo de secado (Curva de secado).

En el período inicial de secado, el cambio de humedad en el material está ilustrado en la curva A–B. La recta B–C, es llamado el periodo de velocidad de secado constante, y al siguiente período se lo conoce como el período de velocidad decreciente (Dávila Nava, 2004).

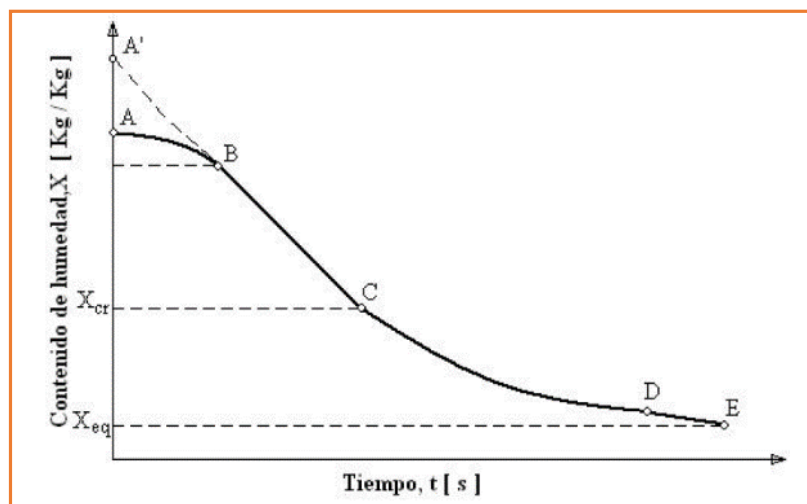


Figura 1. Curva de secado teórica.

Las transiciones graduales en temperatura y humedad durante el secado programado también son importantes para controlar la calidad del producto. Estos procesos de secado implican tres variables, temperatura, humedad y tiempo de secado, y su combinación. La temperatura de transición vítrea se eleva al reducirse la humedad durante el secado. Para mantener el material en estado gomoso hay que elevar la temperatura de secado, por encima de la temperatura de transición (Ogawa y Adachi, 2017).

La figura 2 muestra el efecto de la temperatura programada, que es mantener el material en estado gomoso para evitar la aparición de daños en el producto final.

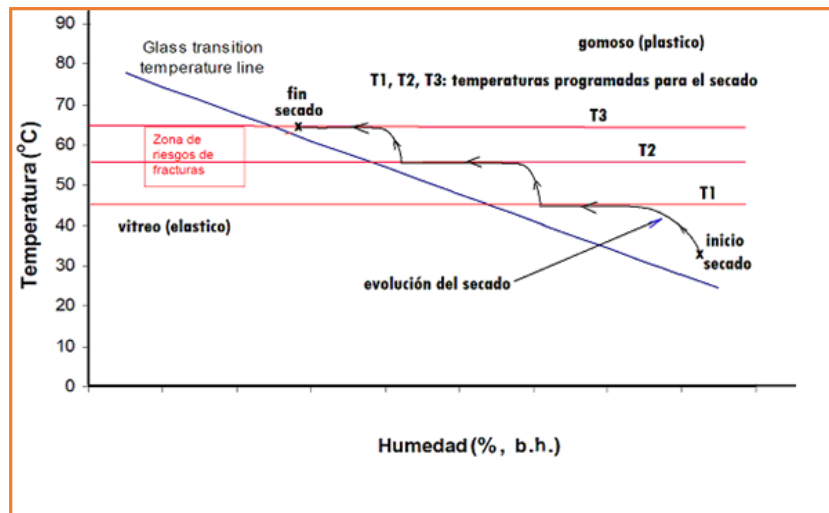


Figura 2. Secado con temperaturas programadas.

Un secado inapropiado puede dañar la estructura de la pasta, causando sobre-elongación, grietas, deformación y división de las hebras, con los problemas en la manipulación y el envasado que estos defectos generan. Además, las propiedades de cocción pueden ser severamente afectadas. Si se procura secar demasiado rápido, se va a crear una gran diferencia de humedad entre la superficie y el núcleo de los fideos. Al perder la humedad, la pasta se encoge y la superficie seca tiende a contraerse sobre el núcleo húmedo. Mientras que la superficie de la pasta va a estar bajo tensión, el centro va a estar bajo compresión, pudiendo ocasionar una deformación permanente de la hebra de pasta al liberar esa tensión (Martínez, 2010).

1.9 Hipótesis

Es posible desarrollar una pasta potencialmente funcional con adición de harinas proteicas y salvados, aumentando el aporte de proteínas y fibra en la alimentación, obteniendo un producto atractivo y aceptable para el consumidor.

1.10 Objetivo general

El objetivo general de este trabajo fue elaborar y caracterizar una pasta funcional con adición de harinas de mayor contenido proteico bajo diferentes niveles de sustitución en la fase sólida de la formulación tradicional, para lograr un perfil más saludable que el de pastas convencionales.

1.11 Objetivos específicos

- ✓ Optimizar las diferentes formulaciones de los productos
- ✓ Caracterizar el producto respecto de su funcionalidad a través de su análisis composicional
- ✓ Estudiar los efectos de la inclusión de harinas no convencionales en el comportamiento frente a la deshidratación y cocción
- ✓ Analizar la aceptabilidad de los productos desarrollados en la población objetivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materias primas

Se utilizaron las siguientes materias primas, disponibles en el mercado local de la ciudad de Junín, provincia de Buenos Aires:

- Harina de trigo, marca Favorita.
- Harina integral de centeno, molido fino, marca Campo Claro.
- Harina integral de trigo, marca La esquina de las Flores.
- Harina de garbanzos, marca La esquina de las Flores.
- Salvado de avena, marca La esquina de las Flores.
- Agua destilada.

2.2 Equipamiento

Para la elaboración y análisis de las pastas se utilizó el siguiente equipamiento (figura 3).

- Balanza granataria, marca Adventurer Ohaus, modelo ARA 520.
- Máquina extrusora doméstica de pastas marca Philips, modelo HR 2355/08.
- Tazas medidoras para las materias primas sólidas y el agua, provistas junto con la máquina Philips.
- Estufa de aire forzado, marca San Jor, modelo Serie SL DB.
- Colorímetro Mini Scan EZ, modelo 4500L.
- Refractómetro marca Atago, modelo PAL-1.
- Termómetros, cronómetro.
- Utensilios para la cocción (Ollas acero inoxidable, colador, cuchillo, tenedor y plato).



Figura 3. Equipamiento utilizado en la elaboración(A) y análisis (B) de las pastas tipo penne rigate.

2.3 Ingredientes y formulación

Se elaboraron diferentes formulaciones de pastas con porcentajes de sustitución variables de harinas proteicas y salvado de avena, resultando, 20%CE, 10%CE: 10%S, 10%I: 10%S, 10%G: 10%S y 20%S. Se incluyó una pasta control elaborada con un 100% de harina de trigo (100%T). Las sustituciones están basadas en la fase sólida de la formulación. Los ingredientes y formulaciones se detallan en la tabla 1.

Tabla1. Composición porcentual de los ingredientes de las pastas, expresados como materias primas secas. T: Harina de trigo, CE: Harina integral de centeno, I: Harina integral de trigo, G: Harina de garbanzo, S: Salvado de avena.

Número de muestra	Código de muestra	Materias primas				
		Harina de trigo (%)	Harina integral de centeno(%)	Harina integral de trigo(%)	Harina de garbanzo(%)	Salvado de avena(%)
1	100%T	100	-	-	-	-
2	20%CE	80	20	-	-	-
3	10%CE: 10%S	80	10	-	-	10
4	10%I: 10% S	80	-	10	-	10
5	10%G: 10% S	80	-	-	10	10
6	20%S	80	-	-	-	20

2.4 Etapas de elaboración de pastas frescas

Las formulaciones desarrolladas durante el estudio, se elaboraron en el Laboratorio de Alimentos, UNNOBA, siguiendo la metodología ajustada, donde la pasta es el resultado de la mezcla, homogeneización y amasado de dos componentes: 70% de una fase sólida (premezcla seca) y 30% de fase líquida (agua) (Astaíza et al., 2010).

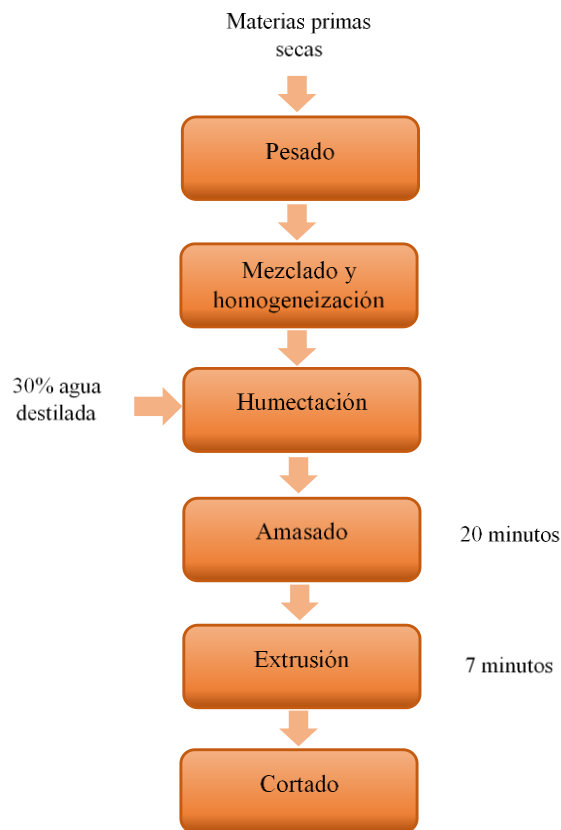


Figura 4. Diagrama de flujo del proceso productivo de elaboración de pastas penne rigate.

Las diferentes etapas del proceso de elaboración (Figura 4) incluyeron:

- Pesado de las diferentes formulaciones en balanza granataria.
- Mezclado y homogeneización de las materias primas secas, se hizo manual para lograr una distribución uniforme de los componentes.
- Humectación, se realizó añadiendo el agua destilada a temperatura de 20°C, lentamente para formar una masa húmeda y homogénea, cuidando una correcta dosificación para evitar que se produzca adherencia entre las diferentes piezas de fideos entre sí o a la máquina, se rompan o se provoquen manchas blancas. Se utilizó una cantidad de agua óptima, determinada experimentalmente acorde los resultados de capacidad de retención de agua de las formulaciones, además por pruebas de acuerdo a la apariencia y propiedades para la manipulación y extrudado que presentaba la masa (Aravind et al., 2012).
- Amasado, el principal objetivo es distribuir los ingredientes uniformemente e hidratar las partículas de harina, se hizo durante 20 minutos en la cámara mezcladora del extrusor de manera mecánica hasta obtener una masa plástica fácilmente moldeable, con un desarrollo parcial de gluten (Figura 5–A) (Astaíza et al., 2010). Una distribución de

tamaño de partícula estrecha asegura una masa homogénea y reduce el riesgo de formación de partículas no humedecidas que se observan como manchas blancas (Steglich, 2015).

- Extrusión, la masa atraviesa los orificios de teflón del cabezal de salida, que otorgan la forma característica de las pastas tipo penne rigati. (Figura 5–B) (Vedia–Quispeet al.,2016).
- Cortado, las pastas penne rigate se cortan a la salida del troquel con un cortante provisto con la máquina Philips, con una longitud de aproximadamente 3,4 cm.

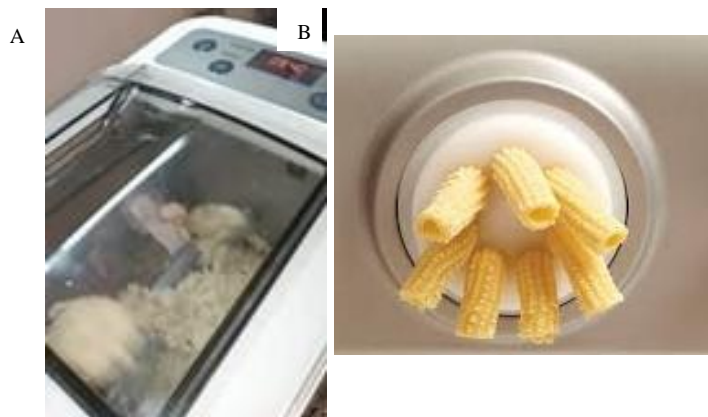


Figura 5. Amasado(A), extrusión de las pastas(B).

Ensayos preliminares: El primer ensayo de elaboración, se realizó respetando las proporciones, los tiempos de amasado y extrusión según indicaciones del fabricante de la máquina de pastas utilizada.

Posteriormente se adecuaron las diferentes proporciones de agua para definir tiempos de humectación y homogeneización de las diversas formulaciones evaluadas.

2.5 Secado de las pastas

Los métodos de secado artesanales involucran bajas temperaturas (29– 40°C) y tratamientos de larga duración (24–60 h), mientras que las temperaturas altas (entre 75 y 100°C) y muy altas (> 100° C), y cortos tiempos de tratamiento (5–12 h o 1–2 h) han sido ampliamente adoptados en la producción industrial (Giannetti et al., 2014).

Se puede observar que las condiciones de temperaturas altas pueden llevar a valores de tensión elevados y luego a posibles daños mecánicos; de hecho, las muestras pueden exhibir muchas grietas en la superficie externa; por el contrario, cuando se aplican condiciones de temperatura escalonada, se presentan tensiones bajas y no se produce ningún daño (De Cindio et al., 2002).

Se comenzó con un pre secado a 45°C, durante 45 minutos. Posteriormente se secó mediante ciclos de secado con diferentes temperaturas y tiempos: a 50°C, 55°C y 60°C, durante 120, 130 y 190 minutos respectivamente. Se registró la pérdida de peso de las diferentes muestras durante toda la operación, hasta alcanzar peso constante (tabla 2).

Además de un procesamiento más rápido y costos reducidos, es una ventaja adicional de las temperaturas de secado más altas, que los productos finales obtienen un mejor rendimiento de cocción (Hellwig, 2018).

Tabla 2. Relación temperatura/tiempo de secado.

Temperatura(°C)	Tiempo de secado(min)
45	45
50	120
55	130
60	190

La pérdida de agua del producto se registró gravimétricamente durante el secado. Se calculó la humedad del sólido en base seca (x), definido como la masa del agua presente en el producto por unidad de masa del material seco, utilizando la siguiente ecuación (Dávila Nava, 2004):

$$x_w(g \text{ agua} | g \text{ materia seca}) = \frac{w - w_{ss}}{w_{ss}}$$

x_w : humedad del sólido en base seca (g agua/g de materia seca)

w : masa de sólido húmedo

w_{ss} : masa de sólido seco

Para visualizar la cinética de deshidratación, se procedió a representar la humedad del material en función del tiempo de secado.

Otra forma de presentar esta cinética es graficar la humedad total eliminada en función del tiempo.

La humedad total eliminada (m) se calcula para cada tiempo mediante la ecuación:

$$\frac{\text{peso muestra}_{\text{inicial}} - \text{peso muestra}_{(t)}}{\text{peso muestra seca}_{\text{final}}}$$

Se obtiene un gráfico que puede modelarse con una recta cuya pendiente indica la velocidad de secado. La programación de tiempos y temperaturas ha permitido obtener una velocidad de secado prácticamente constante.

2.6 Caracterización de las materias primas, productos intermedios y productos terminados

2.6.1 Determinaciones analíticas

2.6.1.1 Determinaciones fisicoquímicas para las materias primas secas y las formulaciones

- Humedad (AACC 44–15.02); una muestra de 2 g de harina, se secó en estufa a 130 °C, durante 2,5 h. a presión normal, luego se enfrió a temperatura ambiente y se pesó el residuo, la cantidad de peso perdido es el contenido de humedad en base seca, expresados como un porcentaje.
- Cenizas (AACC 08–01.01); una muestra de harina o fideos de 3 a 5 gramos se calienta a 585 °C en un horno de cenizas (mufla) hasta que su peso sea estable. El residuo se enfría a temperatura ambiente y luego se pesa. Los resultados se expresaron como porcentaje de cenizas respecto al peso seco de la muestra.
- Proteína cruda (AACC 46–13.01, método Kjeldahl); los porcentajes de proteína total se calcularon como $N \times 5,7$.
- Fibra (AACC 32– 05.01).

2.6.1.2 Determinación del tamaño de partículas de las materias primas

Se determinó usando cuatro mallas en el equipo Zonytest. Las mallas fueron de 250, 210, 177 y 125 micrones respectivamente. La granulometría se determinó contabilizando los gramos de harina retenidos en cada tamiz.

2.6.1.3 Determinación de la Capacidad de Retención de Agua (CRA) de las materias primas y las formulaciones

Se calculó tanto de las materias primas utilizadas como de las 6 formulaciones secas. Se pesaron 0,5g de cada muestra (P_0) (g), se adicionaron 10 ml de agua destilada y se agitaron manualmente durante 10 minutos; se dejó durante 24 horas a temperatura ambiente; se centrifugó a 3000 rpm durante 10 minutos, inmediatamente se retiró el sobrenadante y se pesó el sedimento (P_1) (g) (Valencia G. y Román M., 2006).

La CRA (%) se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{P_1 - P_0}{P_0} \times 100$$

2.6.2 Determinaciones para las pastas frescas

El porcentaje de merma en el proceso amasado/extrusado se calculó con la ecuación:

$$\frac{\text{peso}_{mp0} - \text{peso}_{fideos frescos}}{\text{peso}_{mp0}} \times 100$$

peso_{mp0}: peso de materia prima inicial colocada en la cámara de amasado

peso_{fideos frescos}: peso de los fideos frescos obtenidos

–Luego se calculó el rendimiento del proceso de elaboración con la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento operativo}(\%) = 100 - \text{porcentaje de merma}$$

2.6.3 Determinaciones para las pastas secas

Los análisis fisicoquímicos realizados a las pastas fueron los mismos que se hicieron a las materias primas secas. Además, se calculó de manera teórica la composición nutricional de las diferentes formulaciones de pastas secas, mediante los datos de las materias primas aportados por la USDA (2018) y la normativa presente en la Resolución GMC N° 46/03 (2021).

2.6.4 Determinación de color

La medición de color se hizo en las materias primas secas y en las formulaciones respetando todos los porcentajes de sustitución, se prepararon en placas de Petri, cubriendo por completo la misma. En el caso las pastas frescas, secas y cocidas, se hizo sobre una monocapa de fideos ordenados de manera paralela y adyacente, sobre un fondo blanco.

En todos los casos este parámetro fue determinado con un colorímetro utilizando la escala de Hunter para L*, a*, b*. Los valores L* miden de negro a blanco (0–100); los valores de a* miden color rojo cuando es positivo y el verde cuando es negativo; los valores b* miden el color amarillo cuando es positivo y el azul cuando es negativo. Se tomaron cinco medidas para cada muestra y se informó su valor promedio (Petitot et al.,2010).

2.7 Ensayos de cocción

En un recipiente de acero inoxidable se calentaron hasta ebullición, 300 ml de agua destilada. Se añadieron 25 ± 0.5 g de pasta seca penne rigate. Cuando se agregó la pasta, la ebullición se detuvo, se permitió recuperar y luego se mantuvo esta condición durante la prueba. El tiempo óptimo de cocción (TOC) corresponde al logro de la gelatinización completa del almidón, se evaluó según el método 66–50 aprobado por la AACCC (American Association of Cereal Chemists, 2000), observando la desaparición del núcleo blanco en el eje central de la pasta, cuando se corta transversalmente por la mitad con un cuchillo afilado (figura 6), en intervalos de 30 segundos. Se detuvo el temporizador y se registró el tiempo (Kaur et al., 2015).



Figura 6. Corte transversal para determinar el TOC.

2.7.1 Determinaciones en las pastas cocidas

La evaluación de las propiedades de cocción en este tipo de alimentos es muy importante, sobre todo cuando se trata de materiales novedosos, distintos a las pastas convencionales, ya que estos son parámetros fundamentales e índices comúnmente empleados por los consumidores y por las industrias como predictores generales de calidad de distintas pastas alimenticias (Florez Avendaño et al., 2017).

Los fideos cocidos se enjuagaron con agua fría y se escurrieron durante 30 segundos previo al pesado (Kaur et al., 2015) y se realizaron los siguientes análisis;

–Se determinó el incremento de peso (g), transcurrido el tiempo óptimo de cocción retirándoles el exceso de agua, se pesó la pasta cocida y se reportó su peso en relación a la pasta seca cruda (Astaíza et al., 2010), con la siguiente fórmula:

$$\text{Incremento de peso} = \text{peso}_{\text{fideos cocidos}} - \text{peso}_{\text{fideos crudos}}$$

–El índice de absorción de agua (%), es la cantidad de agua que absorbe un peso de pasta seca conocido durante la cocción y lo retiene después de escurrir (Makhlouf et al.,2019). La absorción de agua se comprobó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de absorción de agua} = \frac{\text{peso fideos cocidos} - \text{peso fideos crudos}}{\text{peso fideos crudos}} \times 100$$

–La rotura en la cocción (%), que en la industria se considera que no debe ser superior al 10%, se calculó de la siguiente manera:

$$\frac{\text{peso fideos cocidos rotos}}{\text{peso fideos cocidos}} \times 100$$

–Rendimiento en la cocción (%):

$$\text{Rendimiento en cocción} = \frac{\text{peso fideos cocidos}}{\text{peso fideos crudos}} \times 100$$

–La pérdida por cocción se determinó por refractometría, midiendo grados brix en el agua de cocción a 20°C. Se consideró como blanco para la determinación la formulación 100% harina de trigo.

2.8 Análisis sensorial

Se realizó el análisis sensorial afectivo para evaluar el nivel de aceptabilidad de los fideos cocidos.

Se utilizó una escala hedónica de 5 puntos, donde el nivel de aceptabilidad se da dentro del rango 1 “me disgusta mucho” y 5 “me gusta mucho”.

El panel incluyó 15 consumidores que evaluaron cada una de las muestras desarrolladas.

Los productos de pasta se cocinaron en condiciones óptimas de cocción, en agua hirviendo sin la adición de sal, se escurrieron y se presentaron rápidamente a los evaluadores para mantener la temperatura del producto al momento de la prueba.

Los tratamientos fueron evaluados sirviendo a cada panelista las muestras correspondientes codificadas con números aleatorios, sin aderezos ni acompañamiento de otro tipo.

Los panelistas evaluaron los parámetros sensoriales de las pastas cocidas; sabor, color y sensación en la masticación (El-Sohaimy et al., 2020).

Responda las siguientes preguntas marcando con una cruz en la casilla correspondiente.

Edad en (años) entre	Sexo	Estudios	Oficio/Profesión
Menor a 18	Femenino	Ninguno	Estudiante
18 a 25	Masculino	Primario	Cocinero
26 a 35		Secundario	Profesor
36 a 45		Terciario	Empleado administrativo
46 a 55		Universitario	Comerciante
56 a 65		Posgrado	Ama de casa
Mayor a 65			Otro

A continuación, se le presentarán seis muestras de PASTAS SECAS COCIDAS, tipo Penne Rigati identificada con un número de tres dígitos. Indique el grado de aceptabilidad de la muestra, para cada uno de los atributos mencionados, siguiendo las instrucciones:

1. Escriba el código de la muestra
2. Pruebe la muestra
3. Responda la encuesta marcando con una cruz en el casillero correspondiente según su agrado.

PRODUCTO

Consumo este producto	¿Con qué frecuencia?
Si	Más de una vez por día
No	Una vez al día
	Más de una vez por semana
	Una vez por semana
	Más de una vez por mes
	Una vez por mes
	Esporádicamente

Código de la muestra:

COLOR DE LA PASTA COCIDA

¿Cuánto me gusta el aspecto/color de este producto?

Me gusta mucho	<input type="checkbox"/>
Me gusta	<input type="checkbox"/>
Ni me gusta ni me disgusta	<input type="checkbox"/>
Me disgusta	<input type="checkbox"/>
Me disgusta mucho	<input type="checkbox"/>

Observaciones.....

SABOR DE LA PASTA COCIDA

¿Cuánto me gusta el sabor de este producto?

Me gusta mucho	<input type="checkbox"/>
Me gusta	<input type="checkbox"/>
Ni me gusta ni me disgusta	<input type="checkbox"/>
Me disgusta	<input type="checkbox"/>
Me disgusta mucho	<input type="checkbox"/>

Observaciones.....

SENSACIÓN EN LA MASTICACIÓN DE LA PASTA COCIDA

¿Cuánto me gusta masticar este producto?

Me gusta mucho	<input type="checkbox"/>
Me gusta	<input type="checkbox"/>
Ni me gusta ni me disgusta	<input type="checkbox"/>
Me disgusta	<input type="checkbox"/>
Me disgusta mucho	<input type="checkbox"/>

Observaciones.....

INDIQUE SU VALORACIÓN GLOBAL DE ESTE PRODUCTO

Me gusta mucho	<input type="checkbox"/>
Me gusta	<input type="checkbox"/>
Ni me gusta ni me disgusta	<input type="checkbox"/>
Me disgusta	<input type="checkbox"/>
Me disgusta mucho	<input type="checkbox"/>

Observaciones:.....

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización de las materias primas y formulaciones

3.1.1 Determinaciones analíticas para las materias primas

3.1.1.1 Determinaciones fisicoquímicas para las materias primas secas

Los valores de proteínas, humedad, cenizas y fibra de las materias primas se muestran en la Tabla 3. Las muestras presentaron en general valores similares de humedad, entre 11 y 12,80% p/p.

En cuanto al contenido de proteínas (expresado en porcentaje) de las diferentes harinas utilizadas, la que ofrece mayor valor es la de garbanzo, y la de menor valor es la de trigo.

Respecto al contenido de fibra, es superior en el salvado de avena, y solo de 2,70% en la harina de trigo, que presenta el menor valor.

Respecto a los resultados de cenizas presenta el menor valor la harina de trigo, lo que, según el Código Alimentario Argentino, artículo 661, tiene un valor máximo permitido de 0,492 g/100g, estando dentro de los límites legales para este producto.

Tabla 3. Composición química de las materias primas.

Determinación	Materias primas				
	Harina de trigo	Salvado de avena	Harina de garbanzo	Harina integral de trigo	Harina integral de centeno
Proteínas (%)	10,09	17,30	20,49	13,21	12,55
Humedad (%)	12,80	11,90	11,00	11,10	12,70
Cenizas(%)	0,48	1,83	3,21	1,83	1,73
Fibra(%)	2,70	15,40	10,80	10,70	11,80

3.1.1.2 Determinación del tamaño de partículas de las materias primas

Respecto al análisis de granulometría (tabla 4), fueron retenidas en la malla de mayor micronaje, en orden decreciente, el salvado de avena, la harina integral de trigo, la harina de garbanzo, y la harina integral de centeno, lo que muestra el mayor tamaño de partículas para el salvado de avena.

La harina de trigo, debido a que 73,54 gramos pasan el tamiz de 125 micrones y quedan en el fondo del equipo, presenta un menor tamaño de partículas, característico de las harinas blancas refinadas.

Tabla 4. Análisis de granulometría de las materias primas.

Malla utilizada	Harina de trigo (Recuperación en gramos)	Harina integral de centeno (Recuperación en gramos)	Harina de garbanzo (Recuperación en gramos)	Harina integral de trigo (Recuperación en gramos)	Salvado de avena (Recuperación en gramos)
Malla 250 micrones	1,41	32,08	52,43	57,69	69,71
Malla 210 micrones	0,91	8,72	9,18	5,01	4,29
Malla 177 micrones	1,83	12,3	10,59	6,93	6,19
Malla 125 micrones	21,67	23,43	20,86	10,49	11,13
Fondo del tamiz	73,54	20,91	6,78	20,3	7,93

3.1.1.3 Determinación de la Capacidad de Retención de Agua de las materias primas

La capacidad de retención de agua es una interacción proteína-agua que ocurre en varios sistemas alimentarios. Sin embargo, las contribuciones de otros componentes de la harina no pueden pasarse por alto. Se observa que varios componentes de la harina influyen en el potencial de retención de agua, incluidos los pentosanos, el almidón dañado y la glutenina (Traynham et al.,2007).

En la figura 7 se observa el mayor valor de la harina de garbanzo (142%), seguido por el salvado de avena (110%).

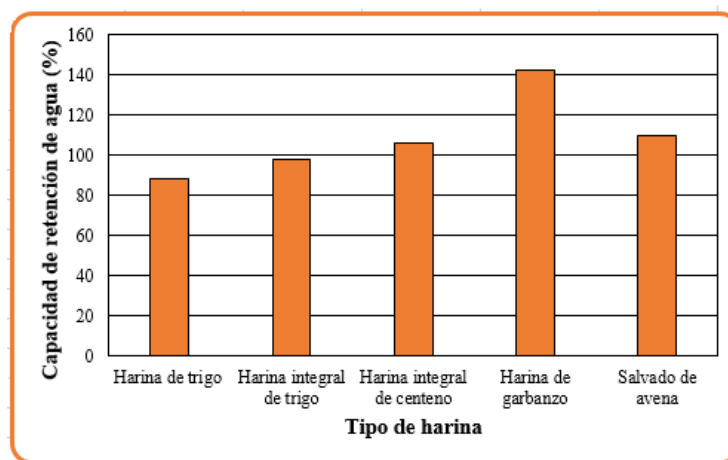


Figura 7. Capacidad de retención de agua de las materias primas farináceas (%).

Los valores de CRA que presentaron la harina de garbanzo y el salvado de avena, pueden atribuirse a la presencia de más proteína disponible para las interacciones proteína-agua, que, son concordantes con los contenidos indicados en la tabla 3 de este capítulo.

Entre la harina de trigo e integral, se observó una diferencia que puede atribuirse a la presencia de fibras. Esto también se evidencia en los mayores valores correspondientes a harina integral de centeno, harina de garbanzo y salvado de avena.

Este ensayo muestra la necesidad de adecuar el contenido de agua en las diferentes formulaciones, ya que la humedad inicial de la masa es importante, pues de ella dependerán las propiedades plástico–viscosas de la misma (Aguilar Guncay, 2017).

3.1.1.4 Determinación de color de las materias primas

En la figura 8 se observan el aspecto, color y granulometría de las diferentes harinas utilizadas, presentadas en placas de Petri. Es notable el color blanco característico de la harina de trigo, contrastado con el color oscuro de las harinas integrales de trigo, centeno, y del salvado de avena, y el color amarillo de la harina de garbanzo.



Figura 8. Materias primas: Harina de trigo (A), salvado de avena (B), harina integral de centeno (C), harina de garbanzo (D), harina integral de trigo (E).

En la tabla 5 se presentan los datos de color de las materias primas. El índice de luminosidad (L) mayor corresponde a la harina de trigo (92,01), debido a su cercanía con el blanco, y el menor al salvado de avena (81,76).

El salvado de avena presentó el mayor valor del parámetro a^* (4,71). Mientras que, en la harina de garbanzo, su color amarillo se refleja en el parámetro b^* (22,11).

La harina de trigo no presenta color blanco ideal, lo que se refleja en valores positivos de b^* (tonalidad amarilla) y a^* (tonalidad rojiza).

Tabla 5. Análisis de color de las materias primas.

Parámetros de color	Tipo de harina				
	Harina de trigo	Salvado de avena	Harina integral de centeno	Harina integral de trigo	Harina de garbanzo
L*	92,01	81,76	85,54	90,12	86,94
a*	0,58	4,71	1,95	2,21	2,38
b*	9,77	17,58	12,23	13,66	22,11

3.1.2 Determinaciones analíticas para las formulaciones

3.1.2.1 Determinación de la Capacidad de Retención de Agua de las formulaciones

Considerando la harina de trigo como blanco (88% CRA), como era de esperar el agregado de salvado de avena y harinas proteicas provocan el aumento de la CRA. En la tabla 6 se observa la variación, influenciada por las distintas formulaciones, presentando el porcentaje mayor la que incluye harina de trigo, salvado de avena y harina de garbanzo (95%).

Tabla 6. Capacidad de retención de agua de las seis mezclas farináceas (%).

Formulación	CRA (%)
100%Harina de trigo	88
80% Harina de trigo, 20% Harina integral de centeno	91
80%Harina de trigo, 10%Salvado de avena, 10%Harina integral de centeno	92
80%Harina de trigo, 10%Salvado de avena, 10%Harina integral de trigo	91
80%Harina de trigo, 10%Salvado de avena, 10%Harina de garbanzo	95
80%Harina de trigo, 20%Salvado de avena	92

Sanz–Penella et al. (2008) también observó que la inclusión de salvado de avena en una masa genera una mayor absorción de agua debido a los niveles más altos de pentosanos presentes en el salvado. Por otro lado, el salvado de la harina integral puede interferir con la migración de agua aumentando la retención de agua dentro de la pasta (Villeneuve y Gélinas, 2007).

3.1.2.2 Determinación de color de las formulaciones

En la figura 9 se presentan las formulaciones en seco. En B se destacan los puntos oscuros provocados por la presencia de la harina integral de centeno, mientras que, desde la C a la F, los puntos oscuros están dados por el salvado de avena.

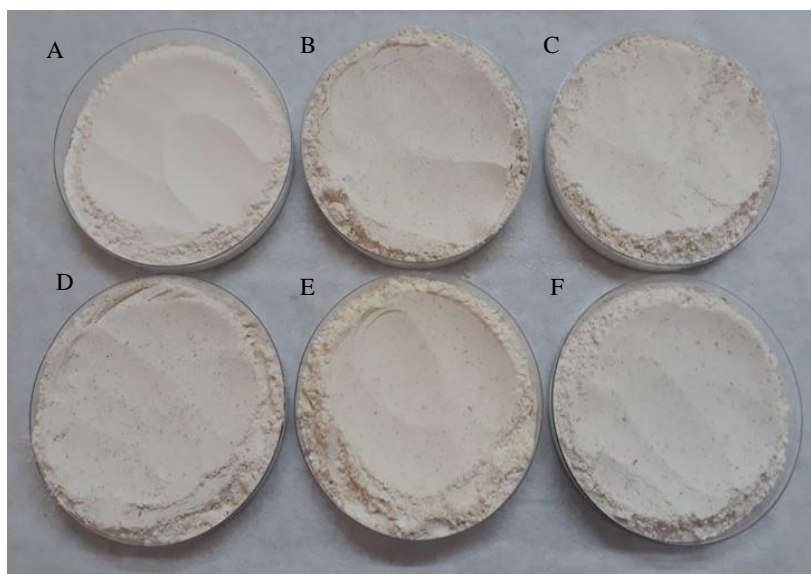


Figura 9. Formulaciones secas elaboradas: 100% T (A); 20% CE(B);10%CE:10%S(C); 10%I:10%S(D); 10%G:10%S(E);20%S(F).

En cuanto la medición de color el índice de luminosidad mayor corresponde al control (100%T), debido a su cercanía con el blanco, y el menor lo tiene la formulación con harina integral de trigo y salvado de avena (fórmula 4).

La formulación 10%CE:10%S presentó mayor a^* , y la tonalidad amarilla se hace más evidente en el control y en 10%G:10%S (tabla 7).

Tabla 7. Análisis de color de las formulaciones secas.

Parámetros de color	Fórmula 1 100%T	Fórmula 2 20%CE	Fórmula 3 10%CE:10%S	Fórmula 4 10%I:10%S	Fórmula 5 10%G:10%S	Fórmula 6 20%S
L^*	92,01	50,04	55,13	44,50	68,76	64,04
a^*	0,58	0,92	1,40	0,83	0,92	0,94
b^*	9,77	6,39	7,34	5,88	7,88	6,94

Los pastones provenientes de las mezclas de harinas y 30% de agua potable, mostraron las diferentes tonalidades que podrían corresponderse con el producto cocido.

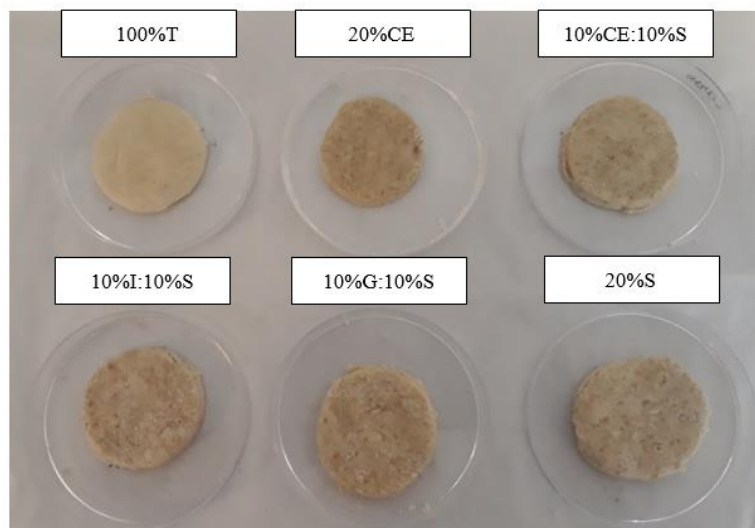


Figura 10. Pastones elaborados con las formulaciones secas amasadas con un 30% de agua.

Como era de esperar el índice de luminosidad mayor correspondió al control (100%T), y el menor a la formulación con harina de garbanzo y salvado de avena (10%G:10%S), mezcla más oscura.

Las diferencias cromáticas de las diferentes formulaciones se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Análisis de color de las formulaciones, con un 30% de agua agregada.

Parámetros de color	Fórmula 1 100%T	Fórmula 2 20%CE	Fórmula 3 10%CE:10%S	Fórmula 4 10%I:10%S	Fórmula 5 10%G:10%S	Fórmula 6 20%S
L*	71,36	63,87	48,67	53,40	39,83	47,42
a*	1,63	3,08	2,47	3,13	2,75	2,41
b*	17,56	17,17	11,85	13,66	13,33	10,94

3.2 Elaboración preliminar de las pastas penne rigate

Se utilizó una máquina doméstica extrusora marca Philips, modelo HR 2355/08 de 500 gramos de capacidad máxima por lote de producción.

Se prepararon las formulaciones secas con los diferentes grados de sustitución con harinas proteicas y salvado de avena, en un peso total de 250 gramos, y con 90 gramos de agua (relación recomendada por el fabricante de la extrusora).

En todos los casos el amasado se realizó durante 3 minutos y la extrusión durante 7 minutos, con una matriz de pasta corta tipo penne rigate. A medida que las pastas salen del cabezal de la extrusora se cortaron con un largo de 3,4 cm aproximadamente.

El peso de los fideos frescos obtenidos es en promedio 288 gramos, la merma es de 15,2% y el rendimiento promedio de 85% (tabla 9).

Las pastas frescas no tenían las propiedades estructurales deseadas a la salida del extrusor, estaban aplastadas en los extremos, sin la forma característica de estas pastas cortas extruidas.

Tabla 9. Elaboración preliminar para las diferentes formulaciones de pastas frescas.

	Fórmula 1	Fórmula 2	Fórmula 3	Fórmula 4	Fórmula 5	Fórmula 6
	100%T	20%CE	10%CE:10%S	10%I:10%S	10%G:10%S	20%S
Harina de trigo 0000 (g)	250	200	200	200	200	200
Harina integral de centeno (g)	0	50	25	0	0	0
Salvado de avena(g)	0	0	25	25	25	50
Harina integral de trigo (g)	0	0	0	25	0	0
Harina de garbanzo (g)	0	0	0	0	25	0
Materias secas totales(g)	250	250	250	250	250	250
Agua (g)	90	90	90	90	90	90
Materia prima inicial (g)	340	340	340	340	340	340
Peso de los fideos frescos(g)	286,6	291,12	287,54	288,8	289,51	286,08
Porcentaje de merma (%)	15,71	14,38	15,43	15,06	14,85	15,86
Rendimiento del proceso (%)	84,29	85,62	84,57	84,94	85,15	84,14

3.3 Cocción preliminar de las pastas penne rigate

Se realizó este ensayo de cocción (según ítem 3.7 de materiales y métodos) a los efectos de verificar los principales defectos visibles en los productos y que permitieran una posterior optimización de los procesos de amasado y extrudado, considerando como porción 25 gramos de pasta seca.

El comportamiento en la cocción es un parámetro de calidad que puede considerarse como el más importante para los consumidores. La primera prueba permitió observar visualmente el aspecto de las pastas cocidas, que se mostraron como productos quebradizos, con una matriz débil y discontinua (figura 11).

Inmediatamente que se incorporaron al agua de cocción se observó la elevada rotura longitudinal de las pastas, grietas en los extremos, no tenían la forma cilíndrica característica y eran pegajosos al tacto.

El límite de calidad aceptable utilizado frecuentemente en la industria corresponde a un porcentaje de rotura menor al 10%. Las formulaciones 1, 3, 4,5 y 6 variaron este parámetro entre 16 y 71 %, y sólo la fórmula 2 presentó un porcentaje menor, de 6,70% (tabla 10).



Figura 11. Resultados de la primera prueba de cocción:
 100% T(A), 20% CE(B), 10% CE:10% S(C),
 10% I:10% S(D), 10% G:10% S(E), 10% S(F).

Esta prueba se completó con un análisis sensorial simplificado que permitiera una caracterización primaria de los productos cocidos. La masticación arrojó resultados diferenciales, los fideos con harina de trigo se sintieron suaves y blandos, mientras que la presencia de fibra los tornó ásperos o fibrosos.

La formulación control (100%T) presentaba el sabor típico de las harinas de trigo, mientras que el resto de las formulaciones se caracterizaban por su astringencia. La muestra con harina de garbanzo presentó el sabor intenso, típico de las harinas de leguminosas.

Tabla 10. Resultados de la primera prueba de cocción.

	Fórmula 1	Fórmula 2	Fórmula 3	Fórmula 4	Fórmula 5	Fórmula 6
	100%T	20%CE	10%CE:10%S	10%I:10%S	10%G:10%S	20%S
Peso fideos crudos secos (g)	25,02	25,13	25,01	25,43	25,59	24,98
Unidades de fideos crudos	14	15	14	18	19	19
Peso fideos cocidos (g)	45,60	45,60	48,87	50,98	53,73	58,40
Tiempo de cocción (min)	11	11	8	8	8	8
Incremento de peso (g)	20,58	20,47	23,86	25,55	28,14	33,42
Rotura en la cocción (%)	28,00	6,70	71,00	38,00	31,00	16,00
Absorción de agua (%)	82,25	81,46	95,40	100,47	109,96	133,79
Rendimiento (%)	182	181	195	200	210	234
Sabor	Típico	Astringente	Astringente	Astringente	Intenso	Astringente
Características en la masticación	Suaves, blandos	Ásperos al masticar	Ásperos al masticar	Ásperos al masticar	Levemente ásperos	Fibrosos

Por otro lado, los porcentajes de absorción de agua en este primer ensayo mostraron la influencia del contenido de salvado y su mayor capacidad de absorción de agua en la formulación que presenta 20% de Salvado de avena (133,79%), consecuente con el incremento de peso en las pastas y esto se traduce en el incremento notable del rendimiento. Sin embargo, la incorporación de harina integral de centeno mostró valores de absorción de agua muy similares al control.

Los tiempos óptimos de cocción fueron 11 minutos para las formulaciones 1 y 2, para las fórmulas 3, 4, 5 y 6 de 8 minutos.

Esto puede explicarse por el hecho de que la adición de ingredientes de fibra en la formulación es probable que cause una ruptura física de la matriz de gluten durante la extrusión, lo que lleva a un efecto de 'acortamiento', que hace que la vía de difusión y absorción del agua se acorte y se gelatinice el almidón, en un tiempo de cocción más corto para las formulaciones que presentan salvado de avena (Makhloufet al., 2019).

Uno de los atributos que más contribuyen a la alta demanda de las pastas alimenticias por los consumidores, es su pronta cocción y, por lo tanto, se le debe prestar mucha atención a este atributo al momento de diseñar y desarrollar una nueva pasta alimenticia (Criollo Feijoo et al., 2017).

Se seleccionó como parámetro de referencia el índice de rotura que resultó elevado, lo que indicó una deficiente mezcla y/o amasado.

3.4 Optimización del proceso de elaboración de las pastas

El desarrollo ineficiente de gluten, que causó la elevada rotura durante la primera prueba de cocción, llevó a la necesidad de estandarizar las variables de elaboración; aumentar el amasado, respecto a los 3 minutos según recomendación de los fabricantes de la extrusora y el porcentaje de agua utilizado, para uniformar el manejo de la masa en el equipo piloto de elaboración y mejorar el aspecto culinario.

Se realizaron pruebas preliminares hasta lograr la optimización del tiempo de amasado, se utilizaron 3, 10, 15 y 20 minutos, este último fue el tiempo que finalmente se seleccionó, ya que se obtuvieron pastas frescas de aspecto homogéneo con líneas definidas (figura 12).

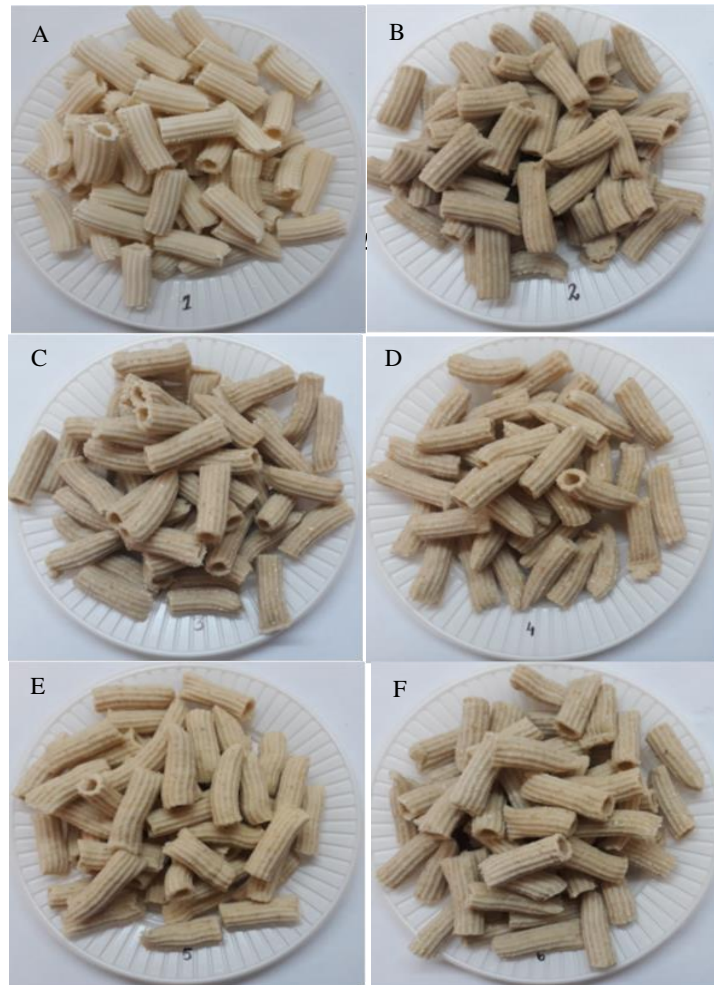


Figura 12. Pastas frescas obtenidas con el proceso de optimización:
100% T(A), 20% CE(B), 10% CE:10% S(C),
10% I:10% S(D), 10% G:10% S(E), 10% S(F).

El mayor tiempo de amasado puede causar alteraciones conformacionales en las proteínas, que favorecen la interacción con el agua.

Durante el amasado ocurren varias transformaciones químicas y físicas. La proteína del gluten absorbe agua y se desdobra parcialmente. Esto facilita las interacciones hidrofóbicas que dan como resultado la formación de polímeros filiformes. Estos polímeros interactúan entre sí con interacciones hidrofóbicas y enlaces de hidrógeno y crean una red en forma de hoja que mantendrá la masa unida y fortalecerá la pasta seca. Las proteínas (principalmente gliadina y glutenina) de la harina absorben agua y forman una red de gluten, que es importante para la calidad final de la pasta (Haraldsson, 2010).

Asimismo, al incorporar las diferentes harinas proteicas y el salvado de avena en las formulaciones la CRA aumentó y debió adecuarse el porcentaje de agua incorporado, desde el 27 al 30%, en la fórmula control.

Con esta optimización, se logró una masa homogénea, plástica y fácilmente moldeable. El rendimiento en peso de los fideos obtenidos fue mayor, mientras que el desperdicio disminuyó a un 9% respecto al generado con el porcentaje recomendado en el manual de la máquina. Por otro lado, el aspecto superficial de los fideos fue más liso y con líneas definidas (tabla 11).

Tabla 11. Adecuación del porcentaje de agua en la fórmula control (100%T).

	Cantidad de harina (g)	Cantidad de agua (g)	Porcentaje de agua utilizado (%)	Fideos frescos (g)	Desperdicio (g)	Porcentaje de desperdicio(%)
Harina de trigo	250	92	27%	290	39	12
	250	95	28%	293	39	12
	250	99	29%	298	39	11
	250	102	30%	309	32	9

Se adecuó entonces el porcentaje de agua hasta un 30%, lo que corresponde a 102 gramos de agua para la fórmula control, para el resto de las formulaciones se consideró la CRA, y este valor aumento a 105,4g.

Una vez obtenidas las pastas frescas optimizadas, se pesaron y registraron datos (tabla 12), el peso de los fideos frescos fue en promedio 304g, el rendimiento del amasado/extrusado, fue en promedio el 86%, las formulaciones 10%G:10%S y 20%S tuvieron un 87%, excepto en la formulación 1 que fue significativamente menor (84%).

Tabla 12. Elaboración optimizada para las diferentes formulaciones de pastas frescas.

	Fórmula 1	Fórmula 2	Fórmula 3	Fórmula 4	Fórmula 5	Fórmula 6
	100%T	20%CE	10%CE	10%I	10%G	20%S
Harina de trigo 0000 (g)	250	200	200	200	200	200
Harina integral de centeno (g)	0	50	25	0	0	0
Salvado de avena (g)	0	0	25	25	25	50
Harina integral de trigo (g)	0	0	0	25	0	0
Harina de garbanzo (g)	0	0	0	0	25	0
Materias secas totales(g)	250	250	250	250	250	250
Agua (g)	102	105,4	105,4	105,4	105,4	105,4
Materia prima inicial (g)	352,00	355,40	355,40	355,40	355,40	355,40
Peso de fideos frescos (g)	295,12	303,49	300,68	300,52	312,78	311,96
Porcentaje de merma (%)	16,16	14,61	15,40	15,44	11,99	12,22
Rendimiento del proceso (%)	83,84	85,39	84,60	84,56	88,01	87,78

A estas pastas frescas se les realizó la medición del color (tabla 13). El índice de luminosidad mayor correspondió a la formulación control (100%T), y el menor a la formulación con harina integral de trigo.

El parámetro a* presentó mayor valor en la formulación con 20 % de harina de centeno. Esto sucede por la presencia de componentes coloreados de origen natural en el centeno, como los flavonoides, que aumentan con un mayor contenido de centeno en la mezcla.

La presencia de centeno provocó la disminución del parámetro b* en la fórmula 20%CE (Kruger et al, 1998).

Tabla 13. Análisis de color de las pastas frescas.

Parámetros de color	Fórmula 1	Fórmula 2	Fórmula 3	Fórmula 4	Fórmula 5	Fórmula 6
	100%T	20%CE	10%CE:10%S	10%I:10%S	10%G:10%S	20%S
L*	62,01	43,05	53,07	41,66	43,96	51,97
a*	2,22	2,93	3,86	3,12	3,39	2,98
b*	13,42	11,47	12,31	13,10	13,39	13,22

3.5 Proceso de secado de las pastas optimizadas

Se implementaron procesos de secado en múltiples etapas, donde se combinaron rampas de baja y alta temperatura.

Las pastas frescas colocadas en bandejas perforadas de aluminio, se secaron en estufa de aire forzado con velocidad constante (figura 13–A), durante 8 horas, por duplicado, que coincide con los requeridos en las industrias de pastas en Argentina (Mamat et al., 2016).

En la figura 13–B se observan las formulaciones preliminares que luego del proceso de secado presentan algunos defectos en la estructura tales como pérdida de forma, aplastamiento y en algunos casos rotura de las piezas.

Las formulaciones frescas optimizadas (figura 13–C), se sometieron al proceso de secado por etapas y permitieron lograr pastas secas con una lógica contracción por la pérdida de agua, manteniendo una forma definida y con un despreciable porcentaje de rotura (figura 13–D).



Figura 13. Estufa de secado abierta (A), fideos secos preliminares en la bandeja utilizada para el secado (B), pastas frescas optimizadas (C), pastas secas optimizadas (D).

Todas las formulaciones se caracterizaron en porcentaje de humedad inicial expresado como g de agua/ g m.s. (tabla 14).

Tabla 14. Humedad inicial de las formulaciones.

	Fórmula 1	Fórmula 2	Fórmula 3	Fórmula 4	Fórmula 5	Fórmula 6
	100%T	20%CE	10%CE:10%S	10%I:10%S	10%G:10%S	20%S
Humedad inicial	0,571	0,566	0,635	0,644	0,666	0,654

Los parámetros obtenidos en los ensayos de CRA (tabla 6) permitieron definir las diferentes formulaciones, correspondiendo lógicamente mayor humedad inicial a aquella cuya CRA fuera la mayor (fórmula 5).

Las curvas experimentales se lograron respetando las rampas de temperatura/tiempo (figura 14). Se obtuvo una familia de curvas diferenciadas asociadas a la composición de las diferentes mezclas.

La pasta con harina de trigo y salvado de avena (20%S) se separa de la familia de curvas mostrandouna pérdida mayor de humedad a los 165 minutos del secado, a una temperatura de 50°C. Esto está ocasionado por la superficie más porosa del producto, que permite una mayor velocidad de evaporación.

El secado de la fórmula control responde a una curva típica de deshidratación de pastas en la industria fideera. Las diferentes formulaciones presentan comportamientos intermedios durante esta operación.

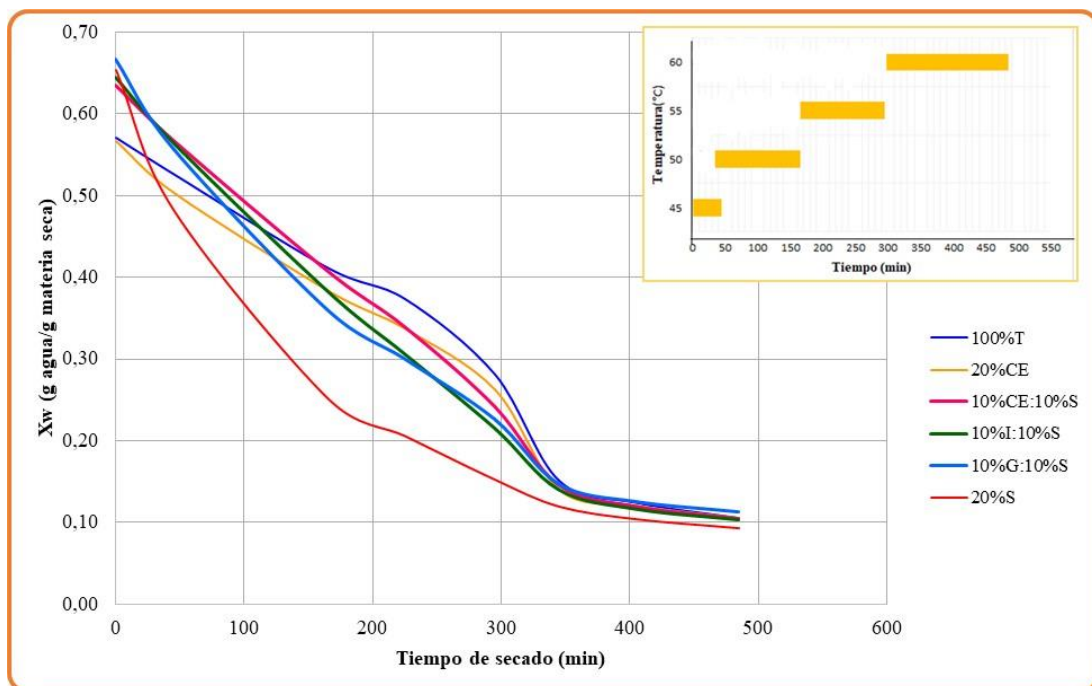


Figura 14. Curvas de secado de las pastas.

Las humedades finales que garantizan la estabilidad de los fideos secos se alcanzan alrededor de los 485 minutos de secado (tabla 15).

Tabla 15. Humedad final de las formulaciones.

	Fórmula 1	Fórmula 2	Fórmula 3	Fórmula 4	Fórmula 5	Fórmula 6
	100%T	20%CE	10%CE:10%S	10%I:10%S	10%G:10%S	20%S
Humedad final	0,105	0,105	0,104	0,104	0,114	0,093

Al representar el tiempo acumulado versus la humedad total eliminada se obtiene un gráfico que puede modelarse con una recta cuya pendiente indica la velocidad de secado, con un coeficiente de regresión R^2 aproximadamente de 1. La programación de tiempos y temperaturas ha permitido obtener una velocidad de secado prácticamente constante (figura 15).

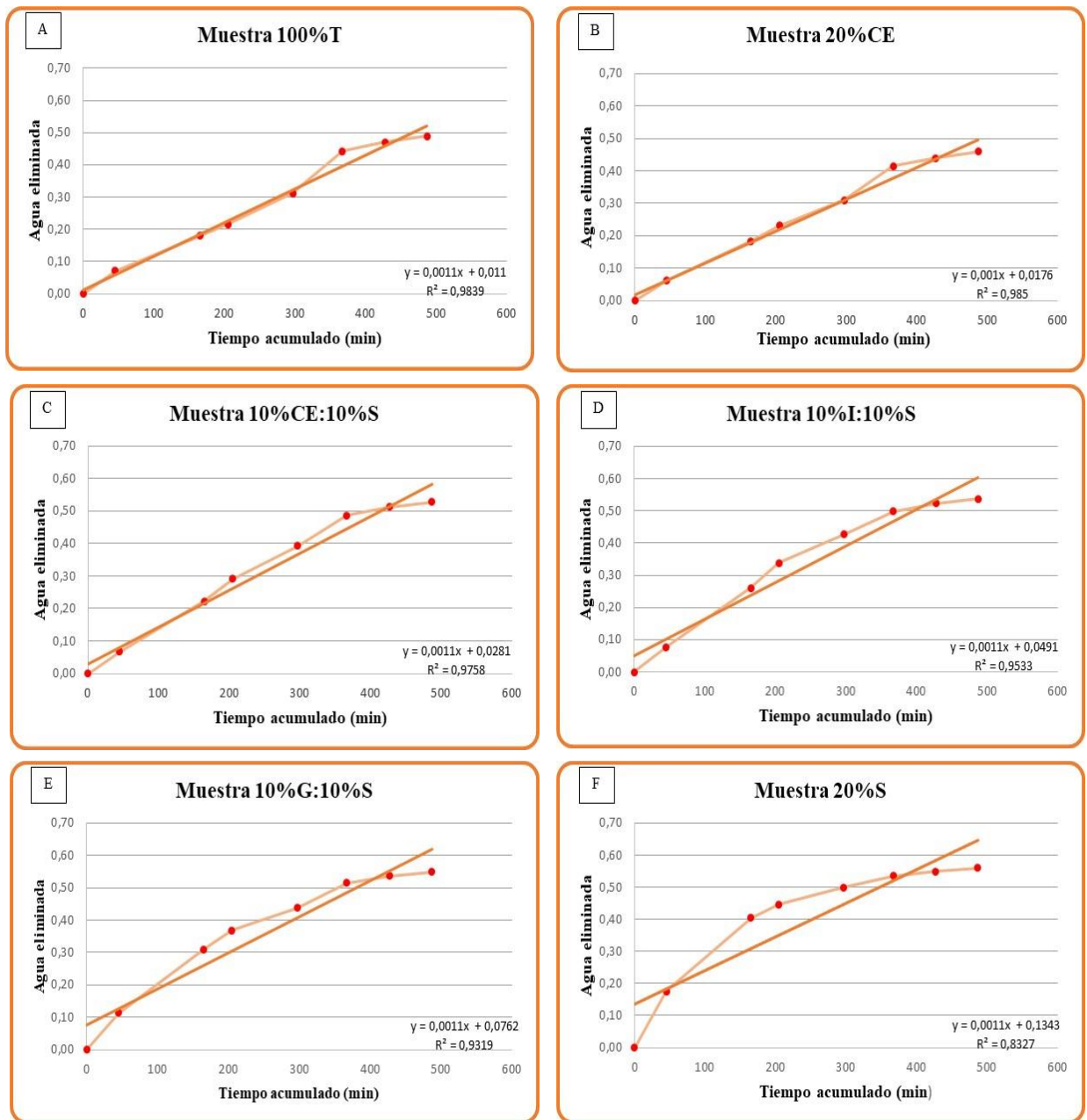


Figura 15. Curvas de velocidad de secado de las pastas.

3.6 Caracterización de las pastas secas

3.6.1 Determinaciones fisicoquímicas de las pastas secas

Las pastas secas fueron analizadas en cuanto a proteínas, humedad, cenizas y fibra (tabla 16).

Tabla 16. Composición química de las seis formulaciones elaboradas.

	Fórmula 1	Fórmula 2	Fórmula 3	Fórmula 4	Fórmula 5	Fórmula 6
Determinación	100%T	20%CE	10%CE:10%S	10%I:10%S	10%G:10%S	20%S
Proteínas (%)	10,15	10,58	10,72	10,90	11,51	10,86
Humedad (%)	10,00	10,00	10,30	10,00	10,90	8,70
Cenizas(%)	0,53	0,77	0,78	0,79	0,93	0,79
Fibra(%)	2,45	4,52	4,88	4,77	4,78	5,24

En cuanto al contenido de proteínas la que presenta el mayor valor es la formulación 5 consecuente con su composición (harina de garbanzo). Todas ellas son ligeramente superiores a la muestra control.

El contenido de fibra saludable aumentó significativamente en las pastas enriquecidas. La formulación número 6 que contiene 20% de salvado de avena mostró el mayor incremento.

Y lógicamente, el contenido de cenizas se incrementó en todas las mezclas respecto del control, concordante con la sustitución.

Las muestras presentaron en general valores similares de humedad, entre 10 y 10,9% p/p, a excepción de la formulación 6, que mostró un valor de 8,7% p/p.

Si bien el Código Alimentario Argentino en su artículo 707, establece un máximo de 14% de humedad, ese valor no asegura la inocuidad microbiológica del producto y las características organolépticas deseables por el consumidor, de modo que en las condiciones habituales de la industria se trabaja con valores inferiores de 12 a 12,5% (Martínez, 2010).

Es por ello que las condiciones de secado establecidas se consideran optimizadas ya que los valores de humedad de los productos terminados son menores a los establecidos por el CAA y aún menores a los recomendados para uso industrial.

La formulación con 10% de harina de garbanzo, presentó el mayor porcentaje de humedad, posiblemente relacionado con el mayor contenido de proteína, que ocasiona que la red proteica sea mayor y por tanto disminuya la eliminación de agua durante el secado de las pastas (Florez Avendaño, 2017).

3.6.2 Determinación de color de las pastas secas

Se evaluó el color de las pastas secas (tabla 17). La luminosidad está afectada por la composición de las formulaciones, lógicamente la fórmula 100% trigo presentó el mayor valor (67,69).

Tabla 17. Análisis de color de las pastas secas.

Parámetros de color	Fórmula 1	Fórmula 2	Fórmula 3	Fórmula 4	Fórmula 5	Fórmula 6
	100%T	20%CE	10%CE:10%S	10%I:10%S	10%G:10%S	20%S
L*	67,69	50,31	51,53	49,74	62,29	65,48
a*	1,75	5,76	4,10	4,43	3,91	3,03
b*	12,27	18,97	16,08	16,71	16,46	16,51

La reducción significativa de la luminosidad (L*) de la pasta seca, se debe probablemente al mayor contenido de cenizas de las harinas utilizadas para la sustitución que también provoca un aumento en a*. Además, tanto la disminución de luminosidad como el aumento del enrojecimiento están relacionados con el desarrollo de la reacción de Maillard que ocurre fácilmente durante el secado de la pasta, especialmente a temperaturas altas y muy altas (Petitot et al.,2010).

3.7 Pruebas de cocción de las pastas secas optimizadas

La selección de las mejores formulaciones se hizo en base a evaluaciones organolépticas y pruebas de cocción de las pastas, que se elaboraron con el porcentaje optimizado de agua, con un amasado de 20 minutos y una extrusión de 7 minutos con molde penne rigate. El secado en todos los casos es el que se describe anteriormente.

Se observó claramente que la optimización mejoró las características de las pastas, no estaban pastosas, no se desintegraron, conservaron su forma y firmeza, comparando el comportamiento con las del proceso preliminar (Florez Avendaño, 2017).

Desde el punto de vista del consumidor el parámetro de mayor importancia podría considerarse a la rotura de las piezas luego de la cocción. La adecuación de la formulación (contenido de agua) y el tiempo de amasado permitieron lograr una optimización en todas las formulaciones se destacan la 1, 2 y 5, en las que no se observaron piezas rotas, y la 6 que presentó un 8% de rotura (figura 16-A, 16-B, 16-E y 16-F).

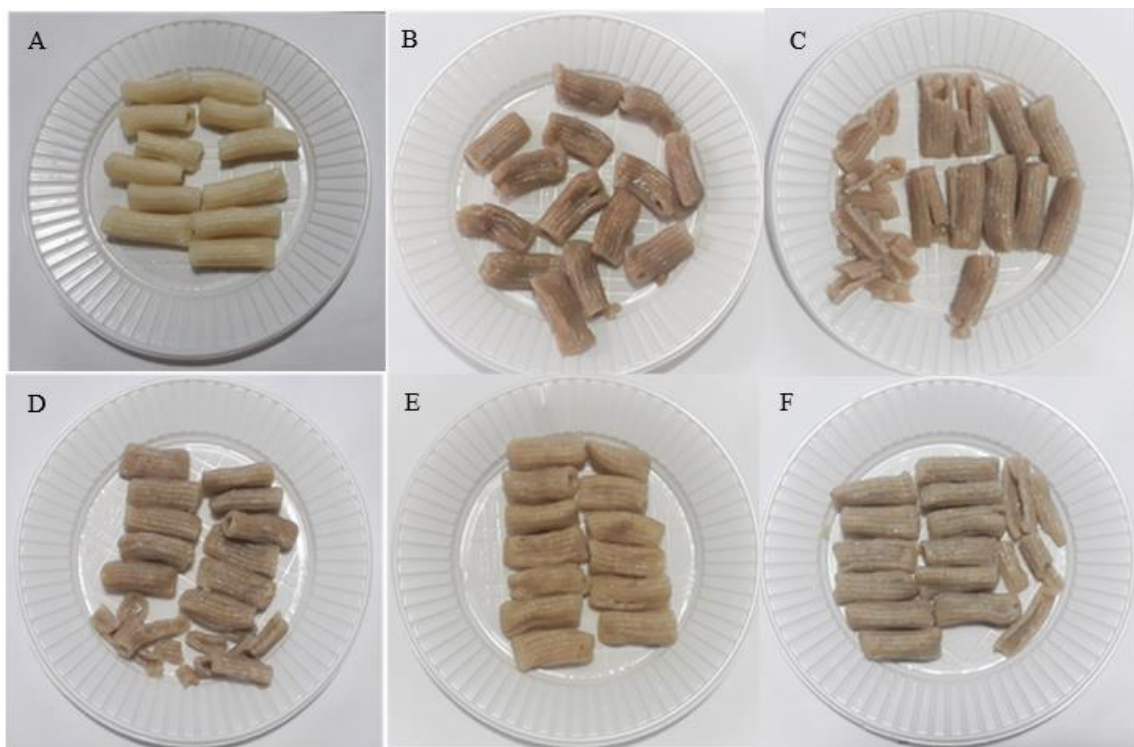


Figura 16. Resultados de la prueba de cocción de las pastas luego del optimizado: 100% T(A), 20% CE(B), 10%CE:10%S(C), 10%I:10%S(D), 10%G:10%S(E), 10%S(F).

La formulación 10%CE:10%S tuvo un amasado con dificultades, apenas salieron del extrusor se adhirieron entre ellos, sin conservar la forma cilíndrica de los penne rigate, y no presentaron las líneas definidas típicas de este producto. Además, se obtuvo el porcentaje de rotura más alto en la cocción.

La formulación control, posee el color y sabor típico de las pastas elaboradas con harina de trigo, la elasticidad y consistencia en la masa ligada con la fuerza del gluten (tabla 18).

En general, un valor adecuado de absorción de agua de las pastas debe ser tres veces mayor al de su peso seco, con lo cual la absorción de agua que presentaron las muestras estudiadas fue apropiada (Martínez, 2010).

Tabla 18. Resultados de la prueba de cocción de las pastas optimizadas.

	Fórmula 1	Fórmula 2	Fórmula 3	Fórmula 4	Fórmula 5	Fórmula 6
	100%T	20%CE	10%CE:10%S	10%I:10%S	10%G:10%S	20%S
Peso fideos crudos secos (g)	25,00	25,10	25,00	25,30	25,10	25,00
Unidades de fideos crudos	16	14	13	14	13	14
Peso fideos cocidos (g)	45,15	45,30	46,70	47,18	48,30	51,31
Tiempo de cocción (min)	9	9	8	8	8	8
Incremento de peso (g)	20,15	20,20	21,70	21,88	23,20	26,31
Rotura en la cocción (%)	0,00	0,00	23,00	9,00	0,00	8,00
Absorción de agua (%)	80,60	80,48	86,80	86,48	92,43	105,24
Rendimiento (%)	181	180	187	186	192	205
Sabor	Típico	Astringente	Astringente	Astringente	Intenso	Astringente
Características en la masticación	Suaves, blandos	Ásperos al masticar	Ásperos al masticar	Ásperos al masticar	Levemente ásperos	Fibrosos

La cocción de la pasta generó una disminución de los parámetros a* y b* (Nielsen et al., 1980).

La disminución del grado de amarillo después de la cocción de las muestras podría estar relacionada con la lixiviación y degradación térmica de los pigmentos (Giuberti, 2015).

Tabla 19. Análisis de color de las pastas cocidas.

Parámetros de color	Fórmula 1	Fórmula 2	Fórmula 3	Fórmula 4	Fórmula 5	Fórmula 6
	100%T	20%CE	10%CE:10%S	10%I:10%S	10%G:10%S	20%S
L*	40,05	28,17	31,91	31,81	32,94	35,28
a*	0,43	2,78	1,55	1,45	1,63	1,60
b*	8,50	11,06	8,84	8,75	11,06	13,53

Respecto a la determinación de la pérdida en la cocción, y considerando como blanco la pasta 100%T, las pérdidas fueron mínimas y se observó un valor ligeramente superior en los fideos con 10% de harina de garbanzo y 10% salvado de avena (tabla 20), ocasionado por la adición de harinas de leguminosas que es concordante con lo encontrado por Chillo et al. (2008).

Por otro lado, la pérdida de sólidos en las formulaciones sustituidas con salvado de avena se debe en parte a las alteraciones en la matriz del gluten por partículas de salvado, junto con la

presencia de componentes solubles en agua dentro de las capas de salvado y aleurona. Además, las pérdidas por cocción pueden deberse a la solubilización de proteínas solubles y sales (Granito et al., 2014).

Una pérdida sólida de menos del seis por ciento se considera muy buena (Ogawa y Adachi, 2017), por lo que las fórmulas desarrolladas tuvieron un excelente comportamiento en la cocción.

Tabla 20. Análisis de grados Brix en el agua de cocción.

	Fórmula 1	Fórmula 2	Fórmula 3	Fórmula 4	Fórmula 5	Fórmula 6
	100%T	20%CE	10%CE:10%S	10%I:10%S	10%G:10%S	20%S
Grados Brix	0,3	0,6	0,6	0,5	0,7	0,6

3.8 Análisis sensorial de las pastas secas

Quince panelistas, (9 hombres y 6 mujeres, de entre 27 y 51 años), realizaron una evaluación sensorial preliminar en muestras de pasta cocida en la Universidad Nacional de Noroeste de la provincia de Buenos Aires (UNNOBA). Los productos de pasta se cocinaron en tiempos óptimos de cocción, en agua hirviendo sin adición de sal, se escurrieron y se colocaron en condiciones calientes hasta el momento de la prueba. Se instruyó a los panelistas a evaluar los productos de pasta con respecto a su grado de aceptación. Los panelistas evaluaron los parámetros sensoriales de los productos de pasta; sabor, color y sensación en la masticación (El Sohaimy et al., 2020).

Para el análisis de los datos, las categorías se convirtieron en puntajes numéricos del 1 al 5, donde 1 representó "me disgusta mucho" y 5 representó "me gusta mucho" (tabla 21).

Tabla 21. Resultados de la prueba de evaluación sensorial para tres parámetros evaluados: sabor(A), color (B), sensación en la masticación (C).

Sabor							
Puntaje	Nivel de aceptación	100%T	20%CE	10%CE:10%S	10%I:10%S	10%G:10%S	20%S
5	Me gusta mucho	31,46	25,22	18,34	19,78	23,98	31,25
4	Me gusta	30,05	31,25	21,65	22,45	29,80	31,66
3	Ni me gusta ni me disgusta	17,79	17,29	16,14	18,36	18,66	16,00
2	Me disgusta levemente	11,83	17,14	22,56	20,15	18,31	11,97
1	Me disgusta mucho	8,87	9,10	21,31	19,26	9,25	9,12
Total		100	100	100	100	100	100

Color							
Puntaje	Nivel de aceptación	100%T	20%CE	10%CE:10%S	10%I:10%S	10%G:10%S	20%S
5	Me gusta mucho	31,55	25,11	16,14	17,34	24,17	29,10
4	Me gusta	31,27	30,31	18,56	21,00	29,38	31,62
3	Ni me gusta ni me disgusta	17,16	18,10	18,93	18,99	19,00	17,45
2	Me disgusta levemente	13,40	16,67	22,62	21,98	19,11	16,50
1	Me disgusta mucho	6,62	9,81	23,75	20,69	8,34	5,33
Total		100	100	100	100	100	100

Sensación en la masticación							
Puntaje	Nivel de aceptación	100%T	20%CE	10%CE:10%S	10%I:10%S	10%G:10%S	20%S
5	Me gusta mucho	32,15	24,12	15,41	16,81	23,78	29,99
4	Me gusta	33,17	31,12	16,61	19,61	30,10	33,16
3	Ni me gusta ni me disgusta	17,10	18,30	16,63	17,23	18,00	15,32
2	Me disgusta levemente	11,00	17,25	25,35	23,76	19,00	13,76
1	Me disgusta mucho	6,58	9,21	26,00	22,59	9,12	7,77
Total		100	100	100	100	100	100

De las observaciones acerca de la muestra 10%G:10%S, los panelistas indicaron frases como: “tiene un olor raro”, “tiene un olor fuerte”. La harina de garbanzo tiene un flavor característico, que para algunos consumidores puede ser desagradable, pero sin embargo la incorporación de varias leguminosas a la alimentación, especialmente en la vegana, se espera desarrolle nuevos perfiles de aceptación. Al informar a los panelistas acerca de la composición de los fideos, expresaron que cambiarían su evaluación ya que están dispuestos a incorporar estos productos en su dieta. Respecto al color, los consumidores asumieron que había harinas más oscuras en la

formulación de las pastas, por lo que las evaluaciones de las fórmulas 20%CE, 10%G:10%S y 20%S fueron similares a la de 100%T.

Las observaciones que se destacaron en la evaluación negativa de la sensación en la masticación es que las muestras 10%CE:10%S y 10%I:10%S resultaban ásperas durante la masticación y deglución, lo que se reflejó en las puntuaciones recibidas.

Teniendo en cuenta los resultados sensoriales obtenidos para las pastas en los cuales se había sustituido un porcentaje de la harina de trigo, el tratamiento con una sustitución del 20% de salvado de avena, fue el más aceptado por parte de los consumidores; siendo aceptables los atributos de sabor, color y sensación en la masticación, ubicándose en el segundo lugar después del testigo en la valoración global.

Luego de esta evaluación sensorial se puede ver que hay un porcentaje de la población que está dispuesto a consumir un alimento nuevo, con salvado en su formulación (tabla 22).

Tabla 22. Resultados de la valoración global en las pastas.

		Fórmula 1	Fórmula 2	Fórmula 3	Fórmula 4	Fórmula 5	Fórmula 6
Puntaje	Nivel de aceptación	100%T	20%CE	10%CE:10%S	10%I:10%S	10%G:10%S	20%S
5	Me gusta mucho	31,72	24,82	16,63	17,98	23,98	30,11
4	Me gusta	31,50	30,89	18,94	21,02	29,76	32,15
3	Ni me gusta ni me disgusta	17,35	17,90	17,23	18,19	18,55	16,26
2	Me disgusta levemente	12,08	17,02	23,51	21,96	18,81	14,08
1	Me disgusta mucho	7,36	9,37	23,69	20,85	8,90	7,41
Total		100	100	100	100	100	100

3.9 Análisis composicional de las pastas secas

La popularidad de las pastas está asociada a la facilidad de acceso y preparación, son sabrosas y generalmente, económicamente accesibles. Y desde el punto de vista nutricional, se considera que en general, tienen índices de glucemia bajos y, por ende, producen bajas respuestas postprandiales de insulina y glucosa en sangre (Zhang y Wang, 2018).

La pasta es el alimento recomendado para modificaciones funcionales, de hecho, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) consideran a la pasta un buen vehículo para la adición de nutrientes (Chillo et al., 2008).

Mejorar la calidad nutricional de las pastas involucra principalmente aumentarles la proporción de proteínas y de fibra dietética (Martínez, 2010).

La Asociación Dietética Estadounidense recomienda la ingesta de 25 a 30 g de fibra por adulto /día o de 10 a 13 g / 1000 Kcal (De Jesús Junqueira et al., 2017), es decir que una dieta variada y balanceada debiera incluir además de las pastas ricas en fibra, frutas y vegetales.

Se han calculado los valores de nutrientes de las seis formulaciones desarrolladas, que permiten estructurar los rótulos nutricionales (figura 17) correspondientes a 80 g de pastas, que es la porción recomendada para este alimento según la Resolución GMC N°47/03 (2021).

En cuanto al contenido de fibra si se comparan las 100%T(A) y 20%S(F), la presencia de salvado de avena mejora notablemente la composición en este nutriente, lo que es altamente positivo ya que, numerosos estudios han demostrado que, debido a diferentes causas, existe un déficit en la ingesta de fibra en la población adulta mayor, la cual puede causar diferentes patologías, tales como constipación, cáncer de colon, divertículos. Esta pasta con 20% de salvado de avena puede ofrecer una alternativa de solución a esta realidad, por ser un alimento de consumo habitual (Penna et al., 2002).

Según el artículo 1386 del CAA, se entiende por alimentos modificados en fibra a los que contengan como mínimo: 3 g /100 g para sólidos.

Los productos modificados en fibra que naturalmente la/s contuviere/n en su composición se denominarán 'X fortificado con ...' (donde X significa denominación específica del alimento) llenando el espacio en blanco con la/s fibra/s que se adicione/n, con letras de igual tamaño, realce y visibilidad.

En todas las formulaciones sustituidas el contenido de fibra fue superior al establecido anteriormente, por lo tanto, se puede rotular como Pastas secas fortificadas con fibra (Foschia et al., 2013).

El CAA, en el artículo 1364, establece que los alimentos fortificados con proteínas deberán contener por lo menos el doble del que contienen los alimentos comunes correspondientes. En

ningún caso podrá ser menor del 20% p/p del producto. Observando las informaciones nutricionales de las pastas secas el contenido de proteína sólo aumentó a 11 y 12g/100g en las que contienen salvado de avena, por lo tanto, no clasifican dentro de esta fortificación.

A	INFORMACIÓN NUTRICIONAL		B	INFORMACIÓN NUTRICIONAL	
	Porción : 80 g (1 plato de producto)			Porción : 80 g (1 plato de producto)	
	Cantidad por Porción	% VD (*)		Cantidad por Porción	% VD (*)
Valor energético	291 kcal=1216 kJ	15	Valor energético	289 kcal=1208kJ	14
Carbohidratos	61 g	20	Carbohidratos	61 g	20
Proteínas	8,3 g	6	Proteínas	8,4 g	6
Grasas Totales	0,8 g	1	Grasas Totales	0,9 g	1
Grasas Saturadas	0,1 g	1	Grasas Saturadas	0,1 g	1
Grasas Trans	0 g		Grasas Trans	0 g	
Fibra Alimentaria	2,2 g	6	Fibra Alimentaria	3,6 g	8
Sodio	1,6 mg	0	Sodio	1,6 mg	0
(*) % Valores Diarios con base a una dieta de 2000 Kcal. U 8400 kJ. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades energéticas.			(*) % Valores Diarios con base a una dieta de 2000 Kcal. U 8400 kJ. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades energéticas.		
C	INFORMACIÓN NUTRICIONAL		D	INFORMACIÓN NUTRICIONAL	
	Porción : 80 g (1 plato de producto)			Porción : 80 g (1 plato de producto)	
	Cantidad por Porción	% VD (*)		Cantidad por Porción	% VD (*)
Valor energético	281 kcal=1175kJ	14	Valor energético	280 kcal=1170kJ	14
Carbohidratos	60 g	20	Carbohidratos	60 g	20
Proteínas	8,9 g	7	Proteínas	9,1 g	7
Grasas Totales	1,3 g	2	Grasas Totales	1,4 g	2
Grasas Saturadas	0,2 g	1	Grasas Saturadas	0,2 g	1
Grasas Trans	0 g		Grasas Trans	0 g	
Fibra Alimentaria	3,9 g	8	Fibra Alimentaria	3,8 g	8
Sodio	1,8 mg	0	Sodio	1,8 mg	0
(*) % Valores Diarios con base a una dieta de 2000 Kcal. U 8400 kJ. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades energéticas.			(*) % Valores Diarios con base a una dieta de 2000 Kcal. U 8400 kJ. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades energéticas.		
E	INFORMACIÓN NUTRICIONAL		F	INFORMACION NUTRICIONAL	
	Porción : 80 g (1 plato de producto)			Porción : 80 g (1 plato de producto)	
	Cantidad por Porción	% VD (*)		Cantidad por Porción	% VD (*)
Valor energético	284 kcal=1187kJ	14	Valor energético	272 kcal=1137 kJ	14
Carbohidratos	59 g	20	Carbohidratos	59 g	20
Proteínas	9,8 g	7	Proteínas	9,4 g	7
Grasas Totales	1,7 g	2	Grasas Totales	1,8 g	2
Grasas Saturadas	0,2 g	1	Grasas Saturadas	0,3 g	1
Grasas Trans	0 g		Grasas Trans	0 g	
Fibra Alimentaria	3,8 g	8	Fibra Alimentaria	4,2 g	8
Sodio	3,8 mg	0	Sodio	1,9 mg	0
(*) % Valores Diarios con base a una dieta de 2000 Kcal. U 8400 kJ. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades energéticas.			(*) % Valores Diarios con base a una dieta de 2000 Kcal. U 8400 kJ. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades energéticas.		

Figura 17. Información nutricional de las pastas secas: 100% T(A), 20% CE(B), 10% CE:10%S(C),10%I:10%S (D), 10%G:10%S (E), 20%S(F).

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

La selección de las materias primas sustitutos de la harina de trigo en la formulación de pastas se basó en su alto contenido de fibra y proteínas. Particularmente la harina de garbanzo es la más proteica, mientras que el salvado de avena presenta el mayor contenido de fibra. Por ello, su utilización en alimentos de consumo masivo, como lo son las pastas, contribuyó a mejorar la calidad nutricional de un producto económico, y por ende de alto consumo. Las estadísticas muestran que nuestro país se mantiene entre los 7 principales consumidores mundiales de pastas alimenticias.

Se empleó una fórmula control de 100% harina de trigo, que se sustituyó con diferentes alternativas: 20% harina integral de centeno, 10% harina integral de centeno y 10% salvado de avena, 10% harina integral de trigo y 10% salvado de avena, 10% harina de garbanzo y 10% salvado de avena, 20% salvado de avena.

En las pastas frescas elaboradas se adecuó el porcentaje de agua ajustado a cada formulación, según la CRA de las materias primas, un amasado de 20 minutos y una extrusión de 7 minutos.

El uso de salvado de avena plantea un desafío tecnológico debido a su granulometría, por las dificultades en la hidratación y el desarrollo de una matriz de almidón-proteína homogénea durante la formación de la masa. Para resolver este inconveniente, se requieren pruebas a escala industrial utilizando esta materia prima con menor tamaño de partícula.

Se fijó un método de secado programado, con una combinación de rampas de bajas y altas temperaturas (45°C, 50°C, 55°C y 60°C) y se optimizó el tiempo de secado en 485 minutos, parámetro similar al proceso industrial en Argentina. La modelización posterior garantizó la optimización del proceso. Los productos obtenidos presentaron despreciable rotura y coloraciones diferenciales en función de los ingredientes utilizados en cada uno.

Las pérdidas en la cocción fueron mínimas, comparadas con la muestra control, y el valor ligeramente superior se encontró en la que contiene harina de garbanzo, ocasionado por la presencia de harinas de leguminosas.

Las optimizaciones de las variables tecnológicas dieron como resultado pastas con buena estructura, líneas definidas, típicas de los penne rigate, y la conservación de las condiciones culinarias.

En cuanto a las características sensoriales, el flavor de las pastas con harina de garbanzo que fue indicado por los evaluadores, no se considera negativo, ya que la incorporación de varias leguminosas a la alimentación, especialmente en la vegana, determina nuevos perfiles de

aceptación. La variación de color en los fideos penne rigate no redujo su aceptación, ya que está asociada a la presencia de fibra.

Aún cuando las formulaciones 10%CE:10%S y 10%I :10%S resultaron ásperas durante la masticación y particularmente en la deglución, los evaluadores estarían dispuestos a consumir un alimento nuevo, valorando las ventajas de los nutrientes que se incorporan.

Todas las pastas desarrolladas presentaron un incremento en el contenido de fibra lo que es altamente positivo y contribuye a mejorar el déficit que se presenta en este tipo de productos. Se destacó la formulación 20% salvado de avena, que duplica el valor de la pasta convencional, con la ventaja de la incorporación de betaglucanos y catequinas, cuyo consumo ayuda a prevenir las enfermedades cardiovasculares. Podría entonces caracterizarse como un alimento funcional.

Las pastas secas son fáciles de cocinar, pudiéndose preparar una extensa variedad de platos a partir de las diferentes formas y tamaños disponibles.

Los resultados de esta tesis, permitieron obtener un grupo de productos con características nutricionales diferenciadas, que mejoran la cartera de alimentos saludables, que además de su bajo precio, son de alto consumo especialmente en la población económicamente más vulnerable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC. American Association of Cereal Chemists. (2000). Approved methods of the AACC (11th ed.). <http://methods.aacct.org/methodnumbering.aspx>.
- Aguilar Guncay, I.M. (2017). *Optimización del proceso de secado en pastas alimenticias* (Título profesional). Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Aravind, N., Sissons, M., Egan, N. y Fellows, C. (2012). Effect of insoluble dietary fibre addition on technological, sensory, and structural properties of durum wheat spaghetti. *Food Chemistry*. 130(2), 299–309. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.07.042>
- Astaíza, M., Ruíz, L. y Elizalde A. (2010). Elaboración de pastas alimenticias enriquecidas a partir de harina de harina de quinua (*Chenopodium quinoa wild.*) y zanahoria (*Daucus carota*). *Bioteología en el sector agropecuario y agroindustrial*. 8(1), 43–53.
- Bock, M.A. y Flores, N. (2011). Nutrition Information Related to Battered and Breaded Food Products. *Batters and Breading in food processing* (segunda edición). 153–168. <https://doi.org/10.1016/B978-1-891127-71-7.50014-0>
- Brennan, C.S. (2013). Fibre– enriched and whole wheat pasta. *Fibre– Rich and wholegrain foods. Improving quality*. 273–290. <https://doi.org/10.1533/9780857095787.3.273>.
- CAA. Código alimentario argentino. (2021). *Capítulo IX: Alimentos farináceos. Cereales, harinas y derivados*. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2018/05/capitulo_ix_harinasactualiz_2021-08.pdf
- CAA. Código alimentario argentino. (2021). *Capítulo XVII: Alimentos de régimen o dietéticos*. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anmat_caa_capitulo_xvii_actualiz_2021-01.pdf.
- Chillo, S., Laverse, J., Falcone, P.M., Protopapa, A. y Del Nobile, M.A. (2008) Influence of the addition of buckwheat flour and durum wheat bran on spaghetti quality. *Journal of Cereal Science*. 47 ,144–152.
- COPAL. Coordinadora de las industrias de productos alimenticios. (2014). La industria argentina de pastas secas. http://copal.org.ar/wp-content/uploads/2015/06/pastas_secas_argentinas.pdf.
- Criollo Feijoo, J., Martínez Mora, E., Silverio Calderón, C. y Díaz Torres, R. (2017). Pruebas de cocción de pastas alimenticias elaboradas con harina de trigo – almidón de banano. *Revista Cumbres*. 3 (2), 9–16.
- Dávila Nava, J.R. (2004). *Estudio experimental del efecto de la porosidad de partículas sobre el proceso de secado en un lecho fluidizado a vacío empleando aire*. (Título profesional). Universidad de las Américas Puebla, México. http://caterina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/davila_n_jr/
- De Cindio, B., Gabriele, D., Migliori, M. y Pollini, C.M. (2002). *Modelling of dryng for high quality pasta production*. Tercer Simposio Internacional sobre Reología y Estructura de los Alimentos. Universidad de Calabria, Italia.

- De Jesus Junqueira, J.R., De Lima Junior, F.A., Souza Fernandes, G., Dias Paes, M.C. y Pereira, J. (2017). Proximate composition and technological characteristics of dry pasta incorporated with micronized corn pericarp. *Revista Caatinga*.30(2),496–502. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252017v30n225rc>.
- De Penna, E.W., Serrano, L., Bungler, A., Soto, D., López, L., Hernández, N. y Ruales, J. (2002). Optimización de una formulación de espaguetis enriquecidos con fibra dietética y micronutrientes para el adulto mayor. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 52 (1). http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222002000100014.
- El-Sohaimy, S.A., Brennan, M., Darwish, A. M.G. y Brennan, C. (2020). Evaluación fisicoquímica, textura y sensorial de pasta enriquecida con harina de garbanzo y aislado proteico. *Anales de Ciencias Agrícola*.65(1),28–34. <https://doi.org/10.1016/j.aogas.2020.05.005>.
- Fares, C. y Menga, V. (2014). Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Fortification of Cereal-Based Foods to Increase Fiber and Phytochemical Content. *Benefits, risks and mechanisms of whole grains in health promotion*.533–546. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-401716-0.00041-6>.
- Florez Avendaño, E.J., Ortega García, L.M. y Rincones Marriaga, E.E. (2017). Evaluación nutricional y sensorial de pastas alimenticias elaboradas con sémola de trigo (*Triticum durum*) y harina de ahuyama (*Cucurbita máxima duch*). *Revista alimentos hoy*. 25(42), 3–17.
- Foschia, M., Peressini, D., Sensidoni, A. y Stephen Brennan, C. (2013). The effects of dietary fibre addition on the quality of common cereal products. *Journal of Cereal Science*.58, 216–227.
- Giannetti, V., Boccacci Mariani, M., Mannino, P. y Testani, E. (2014). Furosine and flavour compounds in durum wheat pasta produced under different manufacturing conditions: Multivariate chemometric characterization. *LWT. Food Science and Technology*. 56 (1), 15–20. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.10.045>.
- Giuberti G., Gallo, A., Cerioli, C., Fortunati, P. y Masoero, F. (2015). Cooking quality and starch digestibility of gluten free pasta using new bean flour. *Food Chemistry* .175, 43–49. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.127>.
- Goñi, I y Valentin-Gamazo, C. (2003). Chickpea flour ingredient slows glycemic response to pasta in healthy volunteers. *Food Chemistry*. 81(4), 511–515.
- Granito, M., Pérez, S. y Valero, Y. (2014). Calidad de cocción, aceptabilidad e índice glicémico de pasta larga enriquecida con leguminosas. *Revista chilena de nutrición*.41(4). <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182014000400012>
- Haraldsson, J. (2010). *Development of a Method for Measuring Pasta Quality Parameters* (Tesis doctoral). Universidad de Linneo, Suecia.
- Hellwig, M., Kühn, L. y Henle, T. (2018). Individual Maillard reaction products as indicators of heat treatment of pasta — A survey of commercial products. *Journal of Food Composition and Analysis*.72, 83–92. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.06.009>
- Johnston, A. J., Jones, P. J. H. y Mollard, R. C. (2019). Low-Glycemic Foods: Pulses. *Encyclopedia of Food Chemistry* .437-445. <http://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21770-8>.

- Jonssoh, K. et al. (2018). Rye and health– Where do we stand and where do we go?. *Trends in food science & technology*.79, 78–87.
- Kaur, A. et al (2015). Relationship of various flour properties with noodle making characteristics among durum wheat varieties. *Food chemistry* .188, 517–526.
- Kruger, J.E., Hatcher, D.W. y Anderson, M.J. (1998). The effect of incorporation of rye flour on the quality of oriental noodles. *Food Research International*. 31 (1), 27–35.
- Kumar, S.B. y Prabhasankar, P. (2014). Low glycemic index ingredients and modified starches in wheat based food processing: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 35 (1),32-41. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.10.007>
- Lorusso, A.V. y Conte, A. (2015).*Optimization of functional pasta based on durum wheat semolina* (Tesis doctoral). Universidad de Foggia, Italia.
- Makhlouf, S., Jones, S., Ye, S–H., Sancho–Madriz, M., Burns–Whitmore, B. yLi, Y. O. (2019). Effect of selected dietary fibre sources and addition levels on physical and cooking quality attributes of fibre–enhanced pasta *Food Quality and Safety*. 3, 117-127. DOI: 10.1093/fqsafe/fyz010.
- Manthey, F.A. and Schorno, A.L. (2002). Physical and cooking quality of spaghetti made from whole wheat durum. *Cereal Chemistry*. 79(4),504–510. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2002.79.4.504>.
- Mamat, K.A., Yusof, M.S., Hassan, S y Wan Yusoff, W.F (2016). Temperature and humidity determination for dried instant noodle drying machine. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*.11(12),7853–7857.
- Marchylo, B.A., Dexter, J.E. y Malcolmson, L.J. (2004). Improving the texture of pasta. En:Kilcast, D. (Ed.), *Texture in food*(pp. 475–500). <https://doi.org/10.1533/978185538362.3.475>.
- Martínez, C.S. (2010). *Utilización de pastas como alimentos funcionales* (Tesis doctoral). Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- Nielsen, M.A., Sumner, A.K. y Whalley, L.L. (1980). Fortification of pasta with pea flour and air–classified pea protein concentrate. *Cereal Chemistry*. 57(3), 203–206.
- Ogawa, T. y Adachi, S. (2017). Drying and Rehydration of Pasta. *Drying Technology. An International Journal*.35, 1–107. <http://dx.doi.org/10.1080/07373937.2017.1307220>.
- Petitot M., Abecassis J. y Micard V. (2009). Structuring of pasta components during processing: impact on starch and protein digestibility and allergenicity. *Trends in food science & technology*.20, 521–532.
- Petitot, M., Boyer, L., Minier, C. y Micard, V. (2010). Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: Pasta processing and quality evaluation.*Food Research International*.43(2),634–641. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.020>.
- Reglamento técnico MERCOSUR sobre el rotulado nutricional de alimentos envasados. (2021). Resolución GMC N° 46/03. www.puntofocal.gov.ar/doc/r_gmc_46-03.pdf.

- Reglamento técnico MERCOSUR de porciones de alimentos envasados a los fines del rotulado nutricional. (2021) Resolución GMC N° 47/03. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anmat_capitulo_v_rotulacion_actualiz_2021-08.pdf
- Sanz–Penella, J.M., Collas, C. y Haros, M. (2008). Effect of wheat bran and enzyme addition on dough functional performance and phytic acid levels in bread. *Journal of Cereal Science*. 48(3), 715–721.
- Sontag–Strohm, T., Lehtinen, P. y Kaukovirta–Norja, A. (2008). Oat products and their current status in the celiac diet. *Gluten-free cereal products and beverages*. 191–202. <https://doi.org/10.1016/B978-012373739-7.50010-1>.
- Steglich, T. (2015). *Multi-scale characterisation of pasta. Effects of raw materials on water absorption, water distribution, and microstructure* (Tesis doctoral). Universidad tecnológica de Chalmers, Suecia.
- Traynham, T. L., Myers, D.J., Carriquiry, A. L. y Johnson, L. A. (2007). Evaluation of water-holding capacity for wheat–soy flour blends. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 84, 151–155. 10.1007/s11746-006-1018-0.
- UIFRA. Unión de industriales fideeros de la República Argentina. (2018). *Reporte anual de la Industria Fideera Argentina*. <https://uifra.org.ar/wp-content/uploads/2020/04/dossier2020v2.pdf>.
- USDA .Departamento de Agricultura de los Estados Unidos Servicio de Investigación Agrícola . (2018). Bases de datos de composición de alimentos. <https://ndb.nal.usda.gov>.
- Valencia G., F.E y Román M., M. O. (2006). Caracterización fisicoquímica y funcional de tres concentrados comerciales de fibra dietaria. *Vitae, revista de la facultad de química farmacéutica*. 13(2), 54–60.
- Vedia–Quispe, V.S., Gurak, P.D., Espinoza, S.K. y Ruano–Ortiz, J.A. (2016). Calidad fisicoquímica, microbiológica y sensorial de tallarines producidos con sustitución parcial de sémola de trigo por harina de amaranto. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*. 20(3), 190 – 197.
- Villeneuve, S. y Gélinas, P. (2007). Drying kinetics of whole durum wheat pasta according to temperature and relative humidity. *LWT* .40, 465–471. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.01.004>.
- Zhang, H. y Wang, H. (2018). Preparation and modification of high dietary fiber flour: A review. *Food Research International*. 113, 24–35. DOI: 10.1016 / j.foodres.2018.06.068.