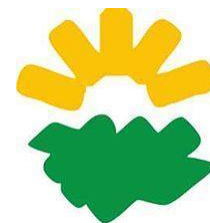




FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Trabajo Final de Grado

Licenciatura en Agroalimentos

Influencia de la germinación de trigo y de garbanzo en las propiedades fisicoquímicas y nutricionales de las harinas y su efecto en la producción de pastas secas



Autora:

Franco, Paloma

Tutora:

Dra. Steffolani María Eugenia, Tecnología de Cereales: Harinas y Farináceos

Asesor:

Lic. Navarro José Luis

Lugar:

Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Cátedra de Tecnología de Cereales. Córdoba, Argentina.

Año:

2024



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

AGRADECIMIENTOS

Con la alegría de llegar hasta el final, deseo expresar mi agradecimiento a todas las personas que fueron parte fundamental de este viaje académico, transformándolo en una experiencia inolvidable.

A mi querida tutora, Eugenia, quiero expresar mi sincero agradecimiento por ser mi guía constante y brindarme orientación experta en cada etapa de mi tesis. Tu apoyo y confianza han sido fundamentales, y valoro enormemente tu dedicación permanente y tu valiosa ayuda.

Agradezco a Pablo Mansilla por su aliento y constante predisposición desde el inicio de mi tesis. Su guía y sabios consejos fueron fundamentales para este trabajo.

Al equipo del laboratorio, agradezco sinceramente por acogerme y convertir mi experiencia en algo significativo. Su colaboración y compañerismo fueron fundamentales en el desarrollo de mis ensayos. Sentirme parte de este grupo fue enriquecedor, y estoy agradecida por la oportunidad de aprender y crecer junto a ustedes.

Agradezco a mis queridas compañeras y amigas de la facultad, Sol, Juli y Sofi. Su amistad no solo ha enriquecido mi experiencia académica, sino que también ha hecho que cada paso sea más llevadero.

A la Universidad Nacional de Córdoba, una institución ejemplar que, a través de su compromiso con una educación pública, gratuita y de calidad, me brindó la oportunidad de estudiar y crecer como profesional. Esta universidad no solo ha sido un espacio académico, sino un verdadero hogar intelectual donde me enriquecí gracias a la comunidad de profesionales que la conforman.

Asimismo, agradezco de corazón a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por su cálido recibimiento y su contribución esencial a mi formación. Gracias por proporcionar un espacio tan hermoso y acogedor.

A mi amiga y hermana Martina, mi gratitud se extiende por tu ayuda diaria, por ser mi compañera constante en este desafío. Aunque no compartimos las aulas de la facultad, tu constante respaldo fue crucial en mi camino. Tu presencia hizo que los momentos difíciles fueran más llevaderos, y celebro contigo cada logro alcanzado.

A mi amada familia, le agradezco por ser mi pilar fundamental. Su constante apoyo, sabios consejos y confianza, fueron los que me impulsaron a terminar este importante trayecto. Especialmente a mis padres Andrea y Agustín, y mi hermana Candela, para los cuales no existen palabras de agradecimiento suficientes. Su amor, aliento y respaldo fueron mi fortaleza. Aprecio enormemente la paciencia mostrada durante los momentos difíciles y la alegría compartida en cada uno de mis logros.

Finalmente, mi más sincero agradecimiento se extiende a todos aquellos que, de alguna manera, han formado parte de este significativo y desafiante viaje. Cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi experiencia, y su apoyo ha sido invaluable. Este logro no solo es mío, sino de todos ustedes que han sido parte de este capítulo en mi vida.

¡Gracias por este hermoso recorrido!

RESUMEN

Las pastas alimenticias, con su arraigada tradición culinaria y popularidad a nivel mundial, se destacan gracias a su practicidad, conveniencia económica, atractivo sabor y propiedades nutricionales. Representan una oportunidad única para enriquecer la calidad nutricional de la dieta, y la germinación se destaca como una estrategia clave para potenciar la biodisponibilidad de nutrientes. En el presente trabajo se estudió el efecto de la germinación de granos de trigo y garbanzo en la composición de las harinas y la posterior calidad tecnológica de las pastas obtenidas. La metodología comprendió la germinación de los granos, la molienda, el análisis fisicoquímico y nutricional de las harinas resultantes (composición proximal, actividad enzimática, contenido de polifenoles totales, pentosanos solubles y viscosidad) y la calidad de las pastas secas y cocidas (fuerza de fractura, color, tiempo óptimo de cocción, residuo de cocción, absorción de agua, índice de hinchamiento y textura). Se realizaron seis formulaciones: 100% trigo, 100% trigo germinado, 100% garbanzo, 100% garbanzo germinado, 50:50 % trigo:trigo germinado y 50:50 % trigo:garbanzo germinado. La germinación reveló un efecto distinto dependiendo del tipo de grano. Las harinas de trigo germinado evidenciaron una disminución en el contenido de almidón y un aumento en la actividad enzimática, reflejado en una marcada reducción en la viscosidad. En contraste, las harinas de garbanzo germinado presentaron niveles superiores de lípidos y proteínas en comparación con su control no germinado. Estas diferencias se acompañaron de una actividad enzimática menos marcada y una viscosidad similar a la harina de garbanzo control. Sin embargo, ambos granos evidenciaron un incremento en la concentración de polifenoles tras la germinación. Las pastas enriquecidas con harinas germinadas presentaron una mayor fragilidad; pero, durante la cocción, aquellas con mezcla de harina de trigo y harinas germinadas mostraron una calidad aceptable, similar a las pastas de trigo control. Respecto al color, la germinación no generó un impacto significativo. En cuanto a la textura de las pastas cocidas, las de trigo mantuvieron valores constantes, mientras que las de garbanzo mostraron una firmeza creciente con el aumento del porcentaje de sustitución. Considerando la mejora nutricional de las harinas y la calidad aceptable de las pastas, se plantea un panorama prometedor para la producción de alimentos más saludables. El próximo paso de la investigación involucrará ensayos de digestibilidad *in vitro*, buscando profundizar en la mejora nutricional observada.

Palabras clave: grano entero, actividad enzimática, harinas germinadas, pastas integrales

ABSTRACT

Pasta products, renowned for their deep-rooted culinary tradition and global popularity, stand out for their practicality, economic convenience, appealing taste, and nutritional properties. They represent a unique opportunity to enhance the nutritional quality of the diet, with germination emerging as a key strategy to boost nutrient bioavailability. This study investigated the effect of wheat and chickpea grain germination on flour composition and the subsequent technological quality of the obtained pastas. The methodology comprised grain germination, milling, physicochemical and nutritional analysis of the resulting flours (proximate composition, enzymatic activity, total polyphenol content, soluble arabinoxylans, and viscosity), and the quality of dry and cooked pastas (fracture strength, color, optimal cooking time, cooking residue, water absorption, swelling index, and texture). Six formulations were prepared: 100% wheat, 100% germinated wheat, 100% chickpea, 100% germinated chickpea, 50:50% wheat:germinated wheat, and 50:50% wheat:germinated chickpea. Germination revealed a distinct effect depending on the type of grain. Germinated wheat flours showed a decrease in starch content and an increase in amylase activity, reflected in a marked reduction in viscosity. In contrast, germinated chickpea flour exhibited higher levels of lipids and proteins compared to their non-germinated control. These differences were accompanied by a less pronounced amylase activity and a viscosity similar to that of the control chickpea flour. However, both grains showed an increase in polyphenol concentration after germination. Regarding the pasta, enrichment with germinated flours contributed to an increased fragility; however, during cooking, those with a mixture of wheat flour and germinated flours showed an acceptable quality, similar to control wheat pasta. Regarding color, germination did not have a significant impact. As for the texture of the cooked pastas, those formulated with wheat maintained constant values, while those with chickpea showed increasing firmness with the percentage of substitution. Considering the nutritional improvement of the flours and the acceptable quality of the pastas, a promising outlook for the production of healthier foods is proposed. The next step in the research will involve in vitro digestibility assays, seeking to delve deeper into the observed nutritional enhancement.

Keywords: whole grain, enzymatic activity, germinated flours, whole-grain pastas

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN.....	8
1.1.	Contexto mundial.....	8
1.2.	Pastas.....	9
1.2.1.	Materias primas.....	9
1.2.2.	Trigo.....	10
1.3.	Proceso de elaboración y cocción de las pastas.....	11
1.4.	Parámetros de calidad de las pastas.....	12
1.5.	Perfil nutricional de las pastas.....	12
1.6.	Garbanzo.....	13
1.7.	Germinación.....	14
1.8.	HIPÓTESIS.....	17
1.9.	OBJETIVOS:.....	17
1.9.1.	Objetivo general.....	17
1.9.2.	Objetivos específicos.....	17
2.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
2.1.	MATERIALES.....	18
2.2.	MÉTODOS.....	18
2.2.1.	Germinación.....	18
2.2.2.	Grado de germinado.....	19
2.2.3.	Molienda.....	19
2.2.4.	Caracterización de las harinas.....	20
2.2.4.1.	Humedad.....	20
2.2.4.2.	Contenido de proteínas.....	20
2.2.4.3.	Cenizas.....	20
2.2.4.4.	Lípidos.....	21
2.2.5.	Pentosanos solubles.....	21

2.2.6.	Polifenoles totales	21
2.2.7.	Almidón total	22
2.2.8.	Actividad alfa-amilasa	22
2.2.9.	Propiedades de <i>pasting</i> (RVA).....	23
2.2.10.	Elaboración de las pastas	24
2.2.10.1.	Preparación.....	24
2.2.11.	Evaluación instrumental de las pastas.....	25
2.2.11.1.	Textura de las pastas secas.....	26
2.2.11.2.	Tiempo óptimo de cocción (TOC).....	26
2.2.11.3.	Residuo de cocción	27
2.2.11.4.	Absorción de agua.....	27
2.2.11.5.	Índice de hinchamiento (<i>Swelling Index</i>).....	27
2.2.11.6.	Color de las pastas.....	27
2.2.11.7.	Textura de la pasta cocida.....	28
2.2.12.	Análisis estadístico.....	29
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
3.1.	Grado de germinación	30
3.2.	HARINAS	30
3.2.1.	Composición de las harinas.....	30
3.2.2.	Actividad enzimática de las harinas.....	32
3.2.3.	Propiedades de <i>pasting</i>	33
3.3.	PASTAS	35
3.3.1.	Calidad de la pasta seca.....	35
3.3.1.1.	Fuerza de fractura de la pasta.....	35
3.3.1.2.	Color de la pasta seca.....	36
3.3.2.	Calidad de las pastas cocidas	38
3.3.2.1.	Color de la pasta cocida	38

3.3.2.2.	Calidad tecnológica.....	39
3.3.2.3.	Análisis del perfil de textura de la pasta cocida.....	41
4.	CONCLUSIONES.....	43
5.	BIBLIOGRAFÍA.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formulación de las pastas.....	24
Tabla 2. Proteínas, cenizas, lípidos, almidón y polifenoles de las harinas.	31
Tabla 2 Actividad α -amilasa y pentosanos solubles en las harinas de trigo y de garbanzo.....	33
Tabla 4 Color de las pastas secas de trigo y de garbanzo	37
Tabla 5 Color de la pasta cocida de trigo y de garbanzo.	38
Tabla 6 Valores de TOC (tiempo óptimo de cocción), absorción de agua, residuo de cocción e índice de hinchamiento de las pastas	40
Tabla 7. Perfil de textura de la pasta cocida.	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Bandejas con granos germinados. Trigo (A) y Garbanzo (B).....	18
Figura 2. Grado de germinado de los granos de trigo.....	19
Figure 3. Molino ciclónico utilizado en el proceso de molienda de harina	19
Figura 4. Curva típica de calentamiento y enfriamiento RVA, con los parámetros principales (Rayner et al., 2016).....	23
Figura 5. Máquina modelo Dolly utilizada en el proceso de extrusión	25
Figura 6. Pastas extrusadas colgadas en soporte de madera.....	25
Figura 7. Modelo de sonda usada para medir fuerza de fractura de las pastas..	26
Figura 8. Determinación del TOC	26
Figura 9. Espectrofotómetro Minolta	28
Figura 10. Representación gráfica del espacio Cie-lab.	28
Figura 11. Grado de germinación de los granos de trigo y de garbanzo	30
Figura 12. Propiedades de pasting de la harina de trigo germinado y sin germinar.	34
Figura 13. Propiedades de pasting de la harina de garbanzo germinada y sin germinar.....	35
Figura 14. Fuerza de fractura de las pastas secas.	36

LISTA DE ABREVIATURAS

1. RVA: Rapid Visco Analyser
2. TOC: Tiempo Óptimo de Cocción
3. Cie-Lab: Espacio de Color CIE Lab*
4. FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
5. SOFI: Estado de la Seguridad Alimentaria y Nutrición en el Mundo (por sus siglas en inglés)
6. UIFRA: Unión de Industriales Fideeros de la República Argentina
7. CONASE: Comisión Nacional de Semillas (Argentina)
8. GC: Calidad panadera (por sus siglas en inglés)
9. FAOSTAT: Base de Datos de Estadísticas de la FAO
10. GABA: Ácido Gamma-Aminobutírico
11. INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Argentina)
12. AACCC: Asociación Americana de Químicos Cereales
13. RTS: Determinación Rápida de Almidón Total (por sus siglas en inglés)
14. NaOH: Hidróxido de Sodio
15. AMG: Amilogucosidasa
16. GOPOD: Glucosa Oxidasa y Peroxidasa
17. TP: Temperatura de Pasting
18. VP: Viscosidad de Pico
19. TPA: Análisis del Perfil de Textura
20. INFOSTAT: Software para Análisis Estadístico
21. DGC: Diseño de Experimentos con Comparaciones de Grupos

22. UNC: Universidad Nacional de Córdoba (Argentina)
23. TC: harina de trigo sin germinar (control)
24. TG: harina de trigo germinado
25. GC: harina de garbanzo sin germinar (control)
26. GG: harina de garbanzo germinado
27. PTC: pasta con 100% trigo sin germinar
28. PTG: pasta con 100% trigo germinado
29. PT/TG: pasta con 50% trigo germinado y 50% trigo sin germinar
30. PGC: pasta con 100% garbanzo sin germinar
31. PGG: pasta con 100% garbanzo germinado
32. PT/GG: pasta con 50% trigo sin germinar y 50% garbanzo germinado
33. FIDA: Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola
34. PMA: Programa Mundial de Alimentos
35. OMS: Organización Mundial de la Salud
36. UNICEF: Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contexto mundial

En la actualidad, 690 millones de personas en el mundo padecen de hambre crónica, casi 3000 millones de personas no pueden permitirse una dieta saludable y las dietas de mala calidad causan 11 millones de muertes al año (Panel Mundial sobre Agricultura y Sistemas Alimentarios para la Nutrición, 2020). El informe "El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo" (SOFI, 2022) presenta una perspectiva global preocupante en relación con la hambruna mientras que paralelamente y, de manera paradójica, se observa un aumento continuo del sobrepeso y de la obesidad en todas las regiones, especialmente entre los niños en edad escolar y los adultos (FAO, 2019).

Mientras que las dietas no saludables constituyen la carga global más significativa de enfermedades, compitiendo con otros factores graves como el consumo de alcohol y drogas, sexo inseguro, contaminación del aire y tabaquismo (GBD 2017 DALYs and HALE Collaborators, 2018; Panel Mundial sobre Agricultura y Sistemas Alimentarios para la Nutrición, 2016), nuestros sistemas alimentarios no logran satisfacer la demanda de alimentos esenciales para una dieta saludable en cantidades suficientes y a precios asequibles (FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF, 2023). Además, estos sistemas alimentarios contribuyen a la degradación de los ecosistemas, afectando la calidad del suelo, el agua y el aire, así como provocando la pérdida de biodiversidad, y el cambio climático, disminuyendo la capacidad productiva de la tierra (Benton *et al.*, 2021). Este escenario pone en riesgo nuestro bienestar futuro dejando en evidencia la necesidad de abordar estos desafíos de manera integral, no solo desde una perspectiva de salud pública, sino también en el contexto de la sostenibilidad ambiental y la seguridad alimentaria a largo plazo.

El creciente reconocimiento de la importancia de una alimentación saludable y sostenible ha generado un interés significativo en la búsqueda de soluciones que puedan mejorar la calidad nutricional de los alimentos que consumimos diariamente. Esto ha llevado a una exploración constante de innovaciones, donde se investigan nuevos ingredientes y técnicas de procesamiento que puedan enriquecer la calidad nutricional de los alimentos básicos que forman parte de nuestra dieta cotidiana. En este contexto, la incorporación estratégica de alimentos como frutas, verduras, legumbres y granos

integrales no solo enriquece la variedad de nuestra alimentación, sino que también contribuye de manera significativa a mejorar nuestra salud al proporcionarnos una amplia gama de nutrientes esenciales (OMS, 2019). La transformación de nuestros sistemas alimentarios es necesaria y con urgencia para poder abordar objetivos a largo plazo relacionados con la erradicación del hambre y la malnutrición, así como para impulsar formas de producción y consumo de alimentos más sostenibles y saludables (Soares *et al.*, 2020).

1.2.Pastas

Las pastas alimenticias son productos de consumo extendido a nivel mundial, destacadas por su arraigada tradición culinaria y su significativa aceptación cultural. Entre las numerosas razones que respaldan la popularidad de las mismas, destacan aspectos clave como su conveniencia, atractivo sabor y propiedades nutricionales de considerable valor (Petitot *et al.*, 2009). A su vez, las pastas mantienen una demanda constante tanto en períodos económicos favorables como en momentos de dificultades financieras, destacándose las pastas secas por su durabilidad cuando se almacenan envasadas adecuadamente (Marchylo y Dexter, 2001).

En el contexto argentino, el consumo y la producción de pastas alimenticias reflejan una marcada preferencia en la dieta de la población. Según datos de la Unión de Industriales Fideeros de la República Argentina, el consumo per cápita en 2019 fue de 8,54 kg de pastas por habitante, desglosado en 7,39 kg de pastas secas y 1,15 kg de pastas frescas. Estas últimas, que abarcan tanto las artesanales como las industriales, ofrecen una amplia variedad de presentaciones, al igual que las pastas secas, como las rellenas, al huevo, 100% candeal, trigo pan, libre de gluten, semoladas, entre otras. La diversidad de opciones resalta la versatilidad de la industria de pastas argentina para satisfacer las preferencias del consumidor y adaptarse a las demandas del mercado. Además, según la Organización Mundial de la Pasta, Argentina se posiciona como séptimo país productor de pastas alimenticias a nivel mundial, subrayando la relevancia y la competitividad de la industria en el escenario global (UIFRA, 2020).

1.2.1. Materias primas

Las pastas alimenticias tradicionalmente se obtienen a partir de la mezcla de sémola o harina de trigo y agua, aunque pueden enriquecerse, complementarse y

fortificarse (Antognelli, 1980; Fuad, 2010). La garantía de obtener una pasta cocida al dente, firme, elástica, sin superficie pegajosa y con pérdidas mínimas o nulas durante la cocción depende exclusivamente de la adecuada elección y proporción de las materias primas, así como de las variables de procesamiento (Brunnel *et al.*, 2010). La harina de trigo juega un papel esencial en todos los aspectos de la calidad de la pasta. El contenido de proteínas está correlacionado positivamente con la firmeza y, a veces, negativamente con la elasticidad. Por lo tanto, un rango correcto de proteínas es importante para las características de textura de la pasta (Fu, 2008).

1.2.2. Trigo

Existen muchos tipos de trigo, pero los más importantes comercialmente son tres, el trigo común o pan (*Triticum aestivum* L. subsp. *aestivum*, también llamado triticum vulgare), el trigo club (*Triticum aestivum* L. subsp. *compactum* (Host) Mackey) y el trigo duro (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum* (Desf.) Husn.), que en nuestro país se denomina candeal.

Dado que la harina compone entre el 95% y el 98% de los sólidos en las pastas secas, resulta crucial tomar decisiones informadas sobre el tipo de grano a emplear. El trigo pan tiene una estructura harinosa en su grano mientras que el trigo candeal tiene una estructura vítrea lo que hace que sus granos difieran en su dureza y que en la molienda se obtengan dos productos diferentes: harina blanca, pulverulenta del trigo pan y sémola de granulometría más gruesa y color amarillo en el trigo candeal (Castro, 2022). El trigo duro se destina principalmente para la producción de sémolas que se utilizan en la elaboración de pastas, mientras que el trigo pan es el más ampliamente cultivado y produce harinas de calidad superior para elaborar productos leudados. Sin embargo, es frecuente encontrar pastas elaboradas a partir de harinas de trigo pan (Martínez, 2010). Las diferencias entre ambos tipos de trigo en la elaboración de pastas resultan fácilmente distinguibles en términos de apariencia y textura. La pasta de trigo duro se caracteriza por una textura densa y firme con un color amarillo intenso debido a los carotenoides (Ficco *et al.*, 2014), mientras que la pasta de trigo pan es generalmente más suave y elástica, con un color amarillo muy claro (Bustos *et al.*, 2015). En Argentina el trigo candeal se cultiva solamente para abastecer la demanda de las industrias semolera y fideera, dependiendo exclusivamente de los contratos con los productores (Miravalles, 2017), por lo que históricamente, la producción de trigo candeal respecto a la cosecha triguera total ha sido

mínima (1%) (Lezcano, 2016). Esto tiene como resultado una mayor disponibilidad de trigo pan para la elaboración de pastas comerciales. Sin embargo, para que la textura de la pasta sea densa y firme como para resistir el procesamiento y la cocción, se deben elegir trigos pan con un elevado contenido de proteínas.

1.3. Proceso de elaboración y cocción de las pastas

La elaboración de pasta es un proceso continuo que consta de tres pasos principales: dosificación y mezcla, amasado y conformado (mediante extrusión o laminado) y secado (Bresciani *et al.*, 2022). En el primer paso se pesa la harina o sémola, se coloca en un mezclador, y se añade la cantidad adecuada de agua. Se busca hidratar uniformemente las partículas de harina, evitando disparidades de humedad entre ellas (Fu, 2008). Por lo general la masa obtenida se deja un tiempo en reposo, lo que favorece la redistribución del agua en el sistema y produce una relajación de la estructura del gluten (Fu, 2008). Esta mezcla homogénea se puede laminar o extruir. En ambos casos se continua el proceso con un secado para conferir estabilidad durante el almacenamiento (Bustos *et al.*, 2015). El proceso de extrusión o laminado tiene el propósito de lograr una lámina o tira de masa suave, con el espesor deseado y una matriz de gluten continua y uniforme (Fu, 2008), mientras que el secado reduce el contenido de humedad de la pasta a menos del 13%, sin crear tensiones indebidas en el complejo de la estructura proteína – almidón (Twonbly y Manthey, 2006). La superficie de la pasta seca exhibe gránulos de almidón de diferentes tamaños, asociados y profundamente embebidos en una matriz de proteínas (Petitot *et al.*, 2009). Durante la etapa de secado, el retículo proteico se consolida, lo que contribuye a formar un producto firme y no pegajoso luego de someterse a cocción.

En la cocción de la pasta, la red de proteínas se hidrata formando enlaces proteína-proteína (Calvelo, 2008), inhibiendo la entrada de agua a los gránulos de almidón, limitando así la gelatinización del almidón. La hebra de pasta absorbe agua, se expande y existe una transferencia de masa, desde la pasta al agua de cocción, llamada lixiviación. En este fenómeno superficial, parte de la amilosa y de la amilopectina que están en la superficie del alimento migran al agua, aportando al denominado residuo de cocción (Calvelo, 2008). Las transformaciones estructurales en el almidón y las proteínas son competitivas, compiten por el agua, y antagonistas, la hinchazón de los gránulos de almidón se opone a la coagulación de la red de proteínas (Pagani *et al.*, 1986).

1.4. Parámetros de calidad de las pastas

Las características predominantes que definen la calidad de las pastas están vinculadas a factores de apariencia y textura, tales como la translucidez, el color amarillo brillante o ámbar, la uniformidad en la apariencia, la resistencia y la integridad estructural, así como la ausencia de una superficie pegajosa (Cole, 1991). La pasta seca debe poseer cualidades visuales que atraigan al consumidor en el momento de la compra, mientras que la pasta cocida debe cumplir con criterios específicos, incluyendo la deseada textura “al dente”, la retención adecuada del color amarillo, una superficie lisa, firmeza y elasticidad. Además, la capacidad de la pasta para tolerar una moderada sobre cocción, minimizar pérdidas durante el proceso de cocción y ofrecer un sabor agradable son aspectos cruciales que impactan directamente en la aceptación del consumidor (Sissons *et al.*, 2005).

1.5. Perfil nutricional de las pastas

Al igual que la mayoría de los cereales, la pasta de trigo tradicional es fundamentalmente rica en hidratos de carbono complejos. Su principal fuente de valor energético proviene de esta composición y de su contenido proteico (Kill, 2001). Además, su atractivo desde el punto de vista nutricional se ve reforzado por su bajo índice glucémico (IG) (Di Pede, 2021). La textura compacta y firme de las pastas, requiere un bajo grado de masticación antes de ser ingerida, lo que limita la acción de la α -amilasa sobre el almidón y, por lo tanto, influye en la velocidad de digestión (Fardet *et al.*, 1998). Este bajo índice glucémico se considera beneficioso para la salud, especialmente en la prevención de condiciones como la obesidad, la diabetes tipo 2 y las enfermedades cardiovasculares (Marchylo y Dexter, 2001).

Un aspecto adicional a considerar es el contenido proteico de las pastas de trigo, que oscila entre el 11% y el 15% en peso seco y es deficiente en lisina y treonina. Esta situación abre la posibilidad de emplear fuentes no tradicionales de materias primas para enriquecer el valor nutricional de este alimento (Brennan *et al.*, 2002; Chillo *et al.*, 2008). La comprensión de las características particulares de las pastas tradicionales, con su bajo índice glucémico, pero deficiencias en proteínas y aminoácidos esenciales, resulta esencial para el desarrollo de productos mejorados que sean accesibles para la población y que contribuyan a mejorar la salud alimentaria a nivel mundial.

1.6. Garbanzo

En el panorama agrícola global, el garbanzo emerge como el segundo cultivo de legumbres más ampliamente extendido. Con una cobertura que abarca aproximadamente 17,81 millones de hectáreas y una producción mundial de 17,19 millones de toneladas en 2018, representando el 18,63% del total de la producción de legumbres (FAOSTAT, 2018). India es el país productor de garbanzos más grande a nivel global, seguido por Australia y Turquía. En Argentina el cultivo de esta legumbre comenzó a realizarse durante la etapa colonial en los establecimientos que dirigía la Compañía de Jesús en el actual departamento cordobés de Cruz del Eje y, desde allí se difundió hacia el norte (Vizgarra, *et al.*, 2013). Actualmente, Argentina es el principal productor en América del Sur, produciendo específicamente garbanzos tipo kabuli (FAOSTAT, 2018).

El garbanzo (*Cicer arietinum*), es una planta herbácea anual, resistente a la sequía, perenne, con hojas compuestas sin zarcillo, con flores blancas recorridas por venas azules, violetas o rosas, y que produce vainas que contienen entre una y tres semillas (Oliete y Pallarés, 2007).

El perfil nutricional de las semillas de garbanzo, y de las legumbres en general, varía según el entorno, el clima, la nutrición y la biología del suelo, las prácticas agronómicas y los factores de estrés (Shevkani *et al.*, 2019). El almidón es el principal componente de la fracción de hidratos de carbono (47,4%–66,9%) y representa el 41,0%–50,8% del total de carbohidratos en los garbanzos (Singh, 1985), siendo el resto compuesto por azúcares solubles y fibra. La fibra dietética, la parte de carbohidratos que no puede ser digerida en el intestino delgado de los humanos, es un componente importante de los garbanzos (18–22 g/100 g), con 10–18 g/100 g de fibra insoluble y 4–8 g/100 g de fibra soluble (Tosh y Yada, 2010).

La fracción proteica también emerge como un componente fundamental. El garbanzo posee un contenido proteico elevado, generalmente oscilando entre el 20% y 25% (Grasso *et al.*, 2022). Al igual que otras legumbres, el garbanzo contiene cantidades significativas de todos los aminoácidos esenciales, excepto los aminoácidos que contienen azufre, como la metionina, la cisteína y el triptófano, pero presenta un alto contenido de lisina (Jukanti *et al.*, 2012). De esta manera, las legumbres y los cereales se complementan nutricionalmente (Duranti, 2006). El contenido de lípidos de los garbanzos oscila entre 3,10% al 5,67% dependiendo del tipo de garbanzo, siendo más alto que el de

otras legumbres y algunos cereales, pero menor que el de otras leguminosas oleaginosas, como la soja. A su vez, el garbanzo se destaca por su riqueza en ácidos grasos insaturados de importancia nutricional, como el ácido linoleico y ácido oleico (Jukanti *et al.*, 2012). Asimismo, además de ser una valiosa fuente de carbohidratos, proteína y fibra dietaria, enriquece la dieta con minerales como potasio, calcio, sodio y magnesio, cobre, hierro y zinc (Zia-Ul-Haq *et al.*, 2007). Por otra parte, muchos de los beneficios para la salud asociados con el garbanzo se deben a la presencia de componentes bioactivos, tales como flavonoides, carotenoides, ácidos fenólicos, estilbenos y lignanos (Xu y Chang, 2007).

El garbanzo es un cultivo que puede crecer con poco o ningún fertilizante de nitrógeno sintético, y que posee un mayor contenido de proteínas, fibra y lípidos que el trigo. Esto sugiere un alto potencial para mejorar simultáneamente la sostenibilidad ambiental y la calidad nutricional de las cadenas alimentarias mediante la simple sustitución parcial o total de cereales con legumbres en alimentos básicos como la pasta (Saget *et al.*, 2020).

Al igual que otras legumbres, antes de su consumo, los garbanzos se someten a diversos tratamientos con el fin de mejorar su palatabilidad, reducir el tiempo de procesamiento y aumentar su valor nutricional. El propósito de estas técnicas radica en mejorar la digestibilidad de los garbanzos y eliminar o reducir los factores antinutricionales presentes en ellos (Khattak *et al.*, 2008), como fitatos, inhibidores de enzimas (tripsina, quimotripsina y α -amilasa), taninos condensados, lectinas y saponinas (Patterson *et al.*, 2017). A su vez, las legumbres son ricas en oligosacáridos de la familia de las rafinosas (galactooligosacáridos) los cuales no se digieren en el tracto gastrointestinal de animales monogástricos debido a la falta de α -1-6 galactosidasa. En consecuencia, estos son fermentados anaeróbicamente por la microbiota intestinal, lo que provoca trastornos digestivos y molestias (Kasprowicz-Potocka *et al.*, 2022). Por lo tanto, antes de consumir las legumbres se sugiere la aplicación de diferentes tratamientos de índole física (como el remojo), de naturaleza bioquímica (como la germinación y la fermentación) y de carácter térmico (como el tostado y la extrusión).

1.7. Germinación

La germinación de las leguminosas ha surgido como una estrategia para mejorar la digestibilidad (Tharanathan y Mahadevamma, 2003), generar nuevos compuestos con

mayor bioactividad (Xu *et al.*, 2019), y aumentar los valores nutricionales (Guajardo-Flores *et al.*, 2017).

Durante la germinación, se reactiva el metabolismo del grano, lo que conduce al catabolismo y degradación de compuestos antinutricionales y macronutrientes, pudiendo incrementar el perfil nutricional de los granos y sus derivados, y causar beneficios en la salud de los consumidores (Ikram *et al.*, 2021). Las semillas se someten a un proceso de hidratación con el que comienza un extenso proceso fisiológico y bioquímico para respaldar el crecimiento de la planta. En resumen, la hormona giberelina, se transloca desde el embrión hasta la capa aleurona, promoviendo la síntesis y secreción de enzimas como amilasas y proteasas para actuar sobre las moléculas de almacenamiento en el endospermo, liberando azúcares simples y aminoácidos, respectivamente (Marti *et al.*, 2020). Las reservas de almidón se movilizan mediante la acción de la α -amilasa, y la composición de aminoácidos también cambia; los triacilgliceroles comienzan a hidrolizarse; la cantidad de factores anti nutricionales disminuye significativamente y los compuestos bioactivos como fenoles, fitoesteroles, folatos y ácido γ -aminobutírico (GABA) aumentan (Benincasa, *et al.*, 2019). Estas transformaciones metabólicas resultan en modificaciones de las propiedades del grano, como su forma, bioactividad, textura, sabor y digestibilidad (Ikram *et al.*, 2021).

Debido al creciente interés de los consumidores en alimentos que posean una alta biodisponibilidad de nutrientes, características sensoriales adecuadas y una vida útil prolongada, se han realizado numerosas investigaciones que destacan los beneficios para la salud de los granos germinados. Estos mostraron ser una buena fuente de aminoácidos esenciales, ácidos grasos insaturados y vitaminas (Safonova *et al.*, 2018). Si estos granos fueran utilizados en alimentos tradicionales, podrían suplir las deficiencias de minerales y vitaminas (Ikram *et al.*, 2021) permitiendo enriquecer los productos alimenticios otorgándoles propiedades funcionales (Safonova *et al.*, 2018).

En este escenario, se propuso investigar el impacto de la germinación en granos de garbanzo y trigo y la incorporación de sus harinas germinadas sobre la calidad tecnológica de las pastas integrales. Este estudio no solo tiene como objetivo ampliar la oferta de alternativas saludables, sino también instaurar un enfoque integral que abarque los aspectos de procesamiento de las pastas, así como su valor nutritivo.

1.8.HIPÓTESIS

HIPÓTESIS 1:

La germinación induce modificaciones en la composición de los granos, conduciendo a una mejora en la calidad nutricional de las harinas.

HIPÓTESIS 2:

Las pastas elaboradas con harinas de granos germinados exhiben una calidad tecnológica aceptable, respaldando así la viabilidad de esta práctica dentro de la industria agroalimentaria argentina.

1.9.OBJETIVOS:

1.9.1. Objetivo general

- Estudiar el efecto de la germinación de granos de trigo y de garbanzo sobre las características fisicoquímicas y nutricionales de las harinas resultantes y, sobre la calidad tecnológica de las pastas obtenidas.

1.9.2. Objetivos específicos

- Germinar granos de trigo y garbanzo a fin de utilizar a posteriori las harinas para obtener pastas secas.
- Analizar el efecto de la germinación sobre la actividad enzimática y las características fisicoquímicas y nutricionales de las harinas obtenidas.
- Evaluar el impacto del reemplazo progresivo de la harina de trigo integral por harinas de trigo o garbanzo germinado sobre la calidad tecnológica de las pastas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. MATERIALES

La materia prima empleada consistió en granos de trigo suministrados por INTA Marcos Juárez de la variedad INTA 521 y de garbanzo tipo kabuli provistos por CONO S.A.

2.2. MÉTODOS

2.2.1. Germinación

Desinfección. Los granos de las distintas muestras fueron enjuagados con agua para eliminar restos de partículas de suelo y desinfectados con una solución de hipoclorito de sodio al 1% por 30 minutos para asegurar la inocuidad de los granos durante el proceso de germinación. Finalmente, fueron enjuagados con agua para eliminar remanentes de la solución utilizada.

Remojado. Los granos se dejaron en remojo con agua para el comienzo de la imbibición respetando una relación 1:2 grano:agua durante 24 horas a 20°C.

Incubación (germinado). Los granos escurridos se esparcieron en bandejas cubiertas con bolsas plásticas para mantener la humedad. El proceso de incubación se llevó a cabo en condiciones de oscuridad a humedad constante (80%). Los granos de trigo (Figura 1 A) fueron germinados por 24 horas a 20°C, mientras que los granos de garbanzo (Figura 1 B) fueron germinados por 72 horas a 25 °C. Ambas condiciones fueron optimizadas previamente por el grupo de trabajo (Navarro *et al.*, 2021, 2022).



Figura 1. Bandejas con granos germinados. Trigo (A) y Garbanzo (B)

Secado. Las muestras germinadas fueron secadas a 50°C con circulación de aire por 20 h para frenar el proceso de germinación disminuyendo el contenido de humedad de los granos.

2.2.2. Grado de germinado

Se determinó visualmente el grado de germinado según la metodología establecida por Krapf *et al.* (2019). Para realizar esta evaluación, se seleccionaron aleatoriamente 100 granos de cada muestra, los cuales fueron clasificados en una escala del 0 al 7 según la longitud de su radícula y coleóptilos (Figura 2), donde el 0 no evidencia crecimiento alguno de radícula y 7 corresponde a granos con coleóptilos de una longitud al menos dos veces mayor a la del propio grano. Posteriormente se calculó el grado de germinado como la sumatoria de la frecuencia relativa de las diferentes clases.

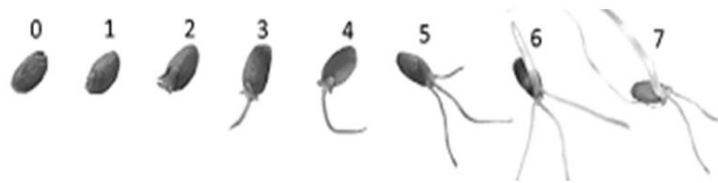


Figura 2. Grado de germinado de los granos de trigo

2.2.3. Molienda

Tanto los granos de trigo y garbanzo sin germinar, como los granos germinados fueron molidos enteros, sin extracción de las partes vegetativas como radícula y coleóptilos. La molienda se realizó en molino ciclónico Cyclotec 1093 (Foss, Dinamarca) (Figura 3), utilizando una malla de 1 mm para obtener una granulometría similar a una harina integral. Se obtuvieron así, harinas de trigo germinado (TG) y de garbanzo germinado (GG) con sus respectivos controles sin germinar (TC y GC). Las muestras se almacenaron a -18°C para preservar la integridad de los componentes nutricionales y minimizar posibles cambios en las propiedades de la harina antes de llevar a cabo los análisis subsiguientes.



Figure 3. Molino ciclónico utilizado en el proceso de molienda de harina

2.2.4. Caracterización de las harinas

Cada muestra fue examinada desde el punto de vista de su composición a fin de establecer cómo se fueron modificando sus componentes por el efecto de la germinación.

2.2.4.1. Humedad

La determinación del contenido de humedad se realizó empleando una balanza termo gravimétrica. Se pesaron aproximadamente 2 g de cada harina y se las sometió a un proceso de calentamiento a 130°C, hasta alcanzar una masa constante durante 60 segundos. La humedad se utilizó para calcular los distintos componentes en base seca.

2.2.4.2. Contenido de proteínas

El contenido de nitrógeno se determinó por el método de Kjeldahl descrito en el protocolo 46-10 de la AACC Internacional (2000) y se llevó a cabo en tres fases: mineralización, destilación y titulación.

Mineralización: Se realizó una digestión por duplicado de 200 mg de cada muestra, utilizando 2,6 g de sulfato de sodio, 0,28 g de sulfato de cobre pentahidratado como catalizadores y 4,0 ml de ácido sulfúrico concentrado. La digestión se llevó a cabo a 400 °C durante 15 minutos. Posteriormente, las muestras se dejaron enfriar hasta los 200 °C y se añadieron 15 ml de agua destilada.

Destilación: Se procedió a destilar el amoníaco en medio básico mediante arrastre con vapor de agua. El amoníaco destilado fue recolectado en una solución de ácido bórico con una mezcla de rojo de metilo y azul de metileno como indicadores.

Titulación: El borato de amonio resultante fue titulado utilizando una solución estandarizada de HCl 0,0388 N. Se calculó el porcentaje de nitrógeno para cada muestra y se multiplicó por el factor 5,7 (para trigo) y 6,25 (para el garbanzo) para convertir el porcentaje de nitrógeno en contenido proteico de cada muestra.

2.2.4.3. Cenizas

La determinación de cenizas se llevó a cabo por diferencia de pesada antes y después de la incineración de 2 g de muestra en crisoles de cerámica y colocándolos en

la mufla con un programa de 600°C por 5 horas (Método 08-03, AACC Internacional 2000).

2.2.4.4. Lípidos

Para la determinación de lípidos se siguió el Método de Grasa Cruda AACC 30-25. Para ello, se pesaron 4 g de muestra, se colocaron en cartuchos de papel filtro y se sometieron al proceso de extracción por Soxhlet utilizando hexano como solvente. Se obtuvo la cantidad de lípidos por diferencia de pesada antes y después de la extracción.

2.2.5. Pentosanos solubles

La cuantificación de pentosanos solubles se llevó a cabo según el método del Orcinol-HCl (Steffolani *et al.*, 2010). Se pesaron 100 mg de cada muestra en tubos de 15 ml. Se agregaron 10 ml de agua destilada a cada tubo, se agitó en vortex, y se colocó en baño de agua a 30°C durante 2 horas agitando cada 30 minutos. Posteriormente se centrifugó a 1000 \times g durante 15 minutos y se trasvasó 1 ml de sobrenadante a tubos de hidrólisis de 15 ml. Se agregó 1 ml de HCl 4 N, se colocaron embudos de vidrio (para evitar evaporación) y se llevó a 100°C durante 2 horas. Luego, se dejó enfriar y se realizó la reacción colorimétrica con Orcinol -HCl/FeCl₃ colocando las muestras a ebullición por 30 minutos. Posteriormente, se dejó enfriar y se midió la absorbancia a 670 nm en un espectrofotómetro UV-Vis de doble Haz (JASCO modelo V-730, EEUU). La curva estándar se generó utilizando una solución de xilosa en un rango de 0 a 200 μ g/3 ml.

2.2.6. Polifenoles totales

La cuantificación de polifenoles se llevó a cabo utilizando el método de Folin-Ciocalteu, según lo descrito por Singleton y Rossi (1965). El mecanismo básico del ensayo involucra una reacción redox. El reactivo de color amarillo contiene ácido fosfotúngstico y ácido fosfomolibdico que actúan como oxidantes y se reducen en presencia de compuestos fenólicos presentes en las distintas muestras a ensayar. La transferencia de electrones a pH básico reduce estos ácidos a óxidos de tungsteno (W₈O₂₃) y molibdeno (Mo₈O₂₃) de color azul intenso que tienen un máximo de absorbancia a 765 nm. Para la obtención de los extractos de cada muestra se utilizó una mezcla de solvente acetona:agua (70:30) con 1% de HCl. En un tubo de 15 ml se pesaron 250 mg de muestra y se le agregaron 3 ml de solvente. Luego se agitó en vórtex y se colocó en un agitador

horizontal protegido de la luz durante 2 horas. Se centrifugó 5 minutos a 10000 xg y los sobrenadantes se recolectaron y conservaron para su posterior análisis. Se construyó una curva de calibración utilizando ácido gálico como estándar en un rango de linealidad de 0,001 a 0,025 mg de ácido gálico/ml. La absorbancia de la solución se midió en espectrofotómetro UV-Vis de doble Haz (JASCO modelo V-730, EEUU) a 765 nm contra un blanco de reactivo procesado de la misma manera. Los resultados se expresaron como mg de ácido gálico por 100 mg de muestra seca.

2.2.7. Almidón total

Para realizar este análisis según el Método 76-13.01 (AACC Internacional 2010) se utilizó un kit de ensayos Megazyme®, el cual sirve para la determinación rápida de almidón total (RTS) en una amplia gama de alimentos, piensos y productos de plantas y cereales (naturales o procesados). En el caso de las muestras de trigo y de garbanzo se utilizó el procedimiento RTS-NaOH. Se pesaron 100 mg de cada muestra y se agregó etanol acuoso al 80% v/v y NaOH 1,7 M en frío para pre-disolver el almidón resistente presente. Posteriormente, se agregó buffer acetato de sodio 600 mM pH 3,8 y se agregaron las enzimas α -amilasa termoestable, para hidrolizar el almidón en maltodextrinas solubles, ramificadas y no ramificadas, amilogucosidasa (AMG) para hidrolizar cuantitativamente las maltodextrinas a D-glucosa. La reacción colorimétrica se llevó a cabo con el reactivo GOPOD (Glucosa oxidasa y peroxidasa) y finalmente se leyó la absorbancia a 510 nm utilizando un espectrofotómetro UV-Vis de doble Haz (JASCO modelo V-730, EEUU). Se expresó como porcentaje de almidón total/100 g de muestra seca.

2.2.8. Actividad alfa-amilasa

Su actividad se midió de acuerdo con el método Amylzyme (T-AMZBG200 7/98) de Megazyme. Se pesaron 500 mg de TC, GC y GG, y 100 mg de TG. Se les agregó buffer maleato de sodio (pH 6,0) con agitación continua durante 5 minutos a 60°C a fin de extraer/solubilizar la enzima alfa-amilasa presente. Posteriormente, se incorporó una tableta de Amylzyme conteniendo Amilosa azurine-crosslinked como sustrato para la reacción colorida con la alfa-amilasa y se continuó agitando durante exactamente 5 minutos a 60°C. Se agregó Trizma base (6 ml, 2% p/v, pH ~9) para detener la reacción. La suspensión se filtró para posteriormente medir la absorbancia a 590 nm en

espectrofotómetro UV-Vis de doble Haz (JASCO modelo V-730, EEUU). Para cada muestra se preparó un blanco de reacción y la actividad se calculó por referencia a una curva estándar (según el lote del kit amylazyme). En el caso de la harina de trigo germinada, se diluyó el filtrado azul con Trizma base (2% p/v) para medir la absorbancia.

2.2.9. Propiedades de *pasting* (RVA)

Para este ensayo se utilizó un Rapid Visco Analyser (RVA, Newport Scientific, Narrabeen, Australia) que evalúa la viscosidad, es decir, determina la resistencia al flujo

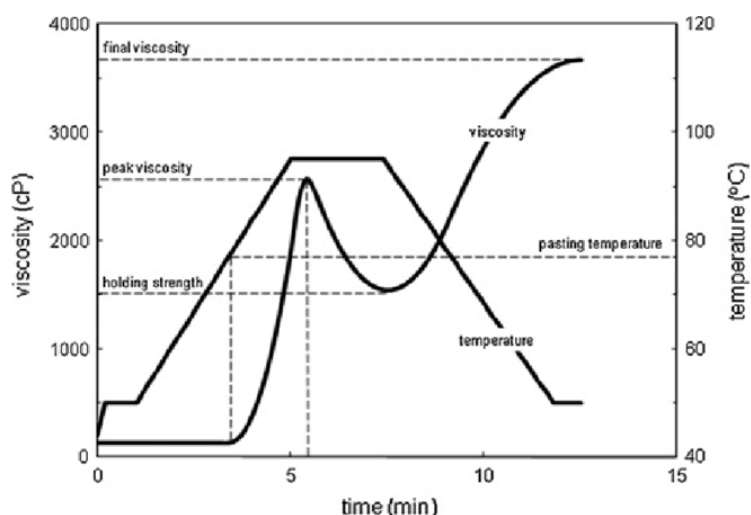


Figura 4. Curva típica de calentamiento y enfriamiento RVA, con los parámetros principales (Rayner et al., 2016).

de una suspensión de harina (almidón) cuando es sometida a una agitación constante en condiciones de tiempo y temperatura específicas (Martínez, 2010). Para ello se utilizaron 5 g de cada muestra (con su duplicado), con una cantidad de agua de 25 ml ajustada de acuerdo al porcentaje de humedad de cada harina. Las propiedades de *pasting* fueron determinadas de acuerdo al método estándar Newport Scientific. Se realizó un perfil de 13 minutos que comienza a 50°C y 960 rpm para favorecer la dispersión de la muestra. A los 10 segundos de comenzado el ensayo se bajó la velocidad de agitación a 160 rpm y se mantuvo elevada la temperatura (95°C). En los últimos minutos la temperatura desciende hasta 50°C nuevamente. Se utilizó el software Thermocline para Windows (V 3.15, Perten Instruments, Australia) para obtener los parámetros de *pasting* que incluyeron la temperatura de *pasting* (TP), la viscosidad pico (VP), y la viscosidad final (VF) (Figura 5). Otros parámetros calculados fueron la caída de viscosidad por la ruptura de los gránulos durante la fase de mantenimiento de la temperatura (breakdown) y el aumento de viscosidad durante el período de enfriamiento (setback).

2.2.10. Elaboración de las pastas

Se elaboraron pastas utilizando una extrusora y se configuraron diversas formulaciones para abordar la incorporación de harinas de trigo y garbanzo en distintas proporciones. Se utilizaron como control, pastas elaboradas con 100% de trigo sin germinar. En el caso de las pastas elaboradas con garbanzo, se incluyeron dos controles: la pasta con 100% de trigo sin germinar y las pastas con 100% de harina de garbanzo sin germinar. Esto permitió establecer diferencias significativas y comprender mejor el impacto de la germinación en las características de la pasta. Tanto para cada nivel de sustitución, como para las muestras control sin germinar, se elaboraron dos lotes diferentes. Para la elaboración de cada lote se utilizaron 150 g de harina y/o mezclas de harinas, con 1% de sal y con una cantidad de agua óptima, determinada experimentalmente, de acuerdo con la apariencia y las propiedades para la manipulación y extruido que presentaba la masa. En la Tabla 1 se presentan las distintas formulaciones de las pastas elaboradas.

Tabla 1. Formulación de las pastas.

Muestras	Ingredientes
PTC	100% trigo control sin germinar
PT/TG	50% trigo sin germinar + 50% trigo germinado
PTG	100% trigo germinado
PT/GG	50% trigo sin germinar + 50% garbanzo germinado
PGG	100% garbanzo germinado
PGC	100% garbanzo control sin germinar

2.2.10.1. Preparación

Al inicio del proceso de elaboración de la pasta, la harina seleccionada se integró con agua con el propósito de asegurar una distribución uniforme hacia el centro de las partículas, generando así una masa de textura granular. Este procedimiento propicia la movilidad molecular de sus componentes antes del pleno desarrollo de la masa, facilitando modificaciones bioquímicas en las proteínas y sus interacciones (Icard-Vernière *et al.*, 1999). Una vez alcanzada la textura deseada, se procedió a la extrusión.



Figura 5. Máquina modelo Dolly utilizada en el proceso de extrusión

Tanto para este proceso como para el mezclado de los ingredientes se utilizó una máquina de Modelo Dolly Monferrina (Italia) (Figura 5). Se obtuvieron fideos largos en forma de cintas, los cuales inmediatamente se colgaron en un tendedero de madera adecuados para su subsiguiente secado en condiciones controladas de humedad y temperatura (Figura 6). Las pastas fueron secadas hasta una humedad inferior al $10 \pm 1\%$ p/p, en una estufa Hessico, Otto Hess SA (Argentina) con bulbo seco a 45°C , y con control de humedad. Una vez secas, las pastas fueron conservadas en bolsas plásticas, cerradas herméticamente hasta su uso.



Figura 6. Pastas extrusadas colgadas en soporte de madera

2.2.11. Evaluación instrumental de las pastas

2.2.11.1. Textura de las pastas secas

La fuerza de fractura de la pasta se evaluó al cortar un solo trozo de pasta cruda a una velocidad de 3 mm/s utilizando una sonda de ruptura de aluminio con un dispositivo de flexión de tres puntos (Figura 7). La fuerza máxima necesaria para cortar la pasta se registró como la fracturabilidad o fuerza de fractura. Se realizaron tres mediciones por cada muestra usando un texturómetro modelo 3342 (Instron Corporatin, USA).



Figura 7. Modelo de sonda usada para medir fuerza de fractura de las pastas

2.2.11.2. Tiempo óptimo de cocción (TOC)

El tiempo óptimo de cocción se determinó de acuerdo a AACC 16-50 (AACC, 1995). La muestra se colocó en 200 ml de agua destilada a ebullición (Figura 8), a partir de la cual se fueron tomando sucesivas porciones, cada 30 segundos, a las que se les observaba la desaparición del centro blanco que presenta inicialmente al realizarle una ligera presión entre dos portaobjetos.

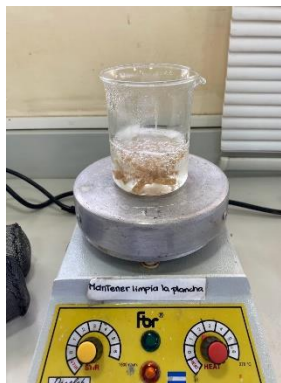


Figura 8. Determinación del TOC

2.2.11.3. Residuo de cocción

El residuo de cocción se determinó de acuerdo a AACC 16-50 Cooking Loss (AACC, 1995), sobre 4 g de muestra colocados en 200ml de agua destilada a ebullición, hasta su TOC. El agua de cocción se evaporó a 100°C hasta peso constante, expresando los sólidos como % p/p de muestra.

2.2.11.4. Absorción de agua

La absorción de agua fue determinada de acuerdo a Tudoricâ *et al.*, (2002). Se cocinaron 4 g de muestra cortada en segmentos de 5 cm de longitud, hasta su TOC en 200 mL de agua destilada a ebullición. Se enjuagaron con 50 ml de agua destilada, se escurrieron durante 20 segundos de un lado y otros 20 segundos del lado opuesto y se colocaron en un envase de cierre hermético previamente tarado hasta alcanzar temperatura ambiente. Se tomó entonces el peso de la pasta escurrida y se calculó la absorción de agua como $[(\text{Peso de la muestra cocida} - \text{peso de muestra cruda}) / (\text{peso de muestra cruda})] \times 100$.

2.2.11.5. Índice de hinchamiento (*Swelling Index*)

El índice de hinchamiento fue determinado de acuerdo a Tudoricâ *et al.* (2002), de manera semejante a la absorción de agua, pero para el cálculo, en lugar de utilizar la pasta seca sin cocinar, se utilizó la pasta cocida secada en estufa. El índice de hinchamiento se calculó como $[(\text{Peso de la pasta cocida} - \text{peso de muestra cocida secada}) / (\text{peso de muestra cocida secada})]$.

2.2.11.6. Color de las pastas

El color de las pastas crudas y cocidas se determinó de acuerdo a AACC 14-22 (AACC, 1995), con un espectrofotómetro de reflectancia CM-508d Minolta (Ramsey, NJ, USA) que provee un valor específico de color basado en la cantidad de luz reflejada fuera de la superficie del producto o transmitida a través del mismo (Figura 9). Las mediciones se realizaron utilizando 8 mm de apertura de la medición y un iluminador D65. El espectrofotómetro fue calibrado antes de cada ensayo con un plato estándar blanco. A cada muestra de pasta se efectuaron 3 mediciones de color en la superficie, informándose el valor promedio.



Figura 9. Espectrofotómetro Minolta

Como medida objetiva del color se utilizó el sistema Cie-Lab (C.I.E., 1986), que define cada color a partir de tres coordenadas denominadas L^* , a^* y b^* . La coordenada L^* recibe el nombre de luminosidad, el valor a^* es una medida de la intensidad de color rojo (a^* : rojo-verde) y b^* es una medida de la intensidad de color amarillo (b^* : amarillo – azul) (Figura 10).

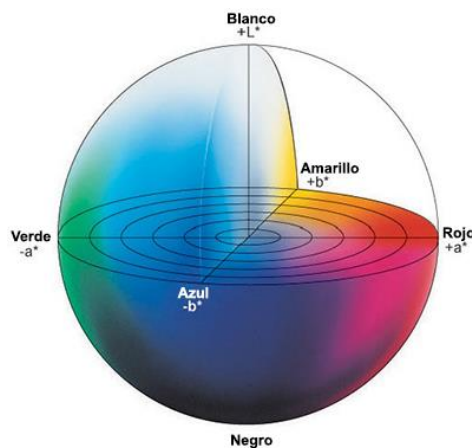


Figura 10. Representación gráfica del espacio Cie-lab

2.2.11.7. Textura de la pasta cocida

La textura es la respuesta primaria del sentido del tacto a los estímulos físicos provocados por el contacto entre una parte del cuerpo y un alimento (Bourne, 2002). La preferencia de los consumidores en la textura de las pastas varía alrededor del mundo. Sin embargo, lo que primero aparece en la mente cuando se habla de pastas es la tradición italiana de una textura “al dente”, caracterizada por un alto grado de firmeza y elasticidad (Marchylo *et al.*, 2004). La firmeza o dureza puede interpretarse como la fuerza necesaria para penetrar la pasta con los dientes, dicho de otra manera, representa el grado de resistencia al primer mordisco. En el caso del análisis instrumental la firmeza de la pasta se define como la fuerza máxima alcanzada durante la primera compresión y está

estrechamente relacionada con la fuerza de la matriz de proteínas (Bustos *et al.*, 2015). Por otro lado, la elasticidad se conoce como la velocidad a la que un material deformado regresa a su estado no deformado después de retirar la fuerza deformante (Marti *et al.*, 2014).

Para evaluar dichos parámetros, dos cintas de fideos cortados en segmentos de 5 cm longitud, fueron cocinadas hasta su TOC en 200 ml de agua en ebullición, se enjuagaron con 50 ml de agua a temperatura ambiente y se colocaron en un vaso de precipitado con 100 ml de agua fría hasta el momento de su medición. Se realizó un duplicado para cada lote. Se llevó a cabo un análisis del perfil de textura (TPA, por sus siglas en inglés) en base a al método AACC 16-50 (AACC, 1995), utilizando para ello un texturómetro modelo 3342 (Instron Corporatin, USA) y siguiendo el procedimiento establecido por Palavecino *et al.*, (2017). Se utilizó una velocidad de ensayo de 50 mm/min y una fuerza de compresión de 0.05 N. La evaluación consistió en 2 ciclos de compresión al 30% de la altura original. En este ensayo, se calcularon parámetros del perfil de TPA como dureza (g), cohesividad, elasticidad (cm), gomosidad (N) y masticabilidad a partir de la curva de fuerza-tiempo (El-Sohaimy *et al.*, 2020).

2.2.12. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los resultados se realizó mediante el software estadístico INFOSTAT (Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC, Argentina). Todos los ensayos fueron realizados al menos por duplicado y se informó el valor promedio +/- la desviación estándar. Las herramientas estadísticas empleadas fueron análisis de varianza (ANOVA), test D'Agostino-Pearson para verificar la distribución normal de los valores y el test de comparaciones múltiples de DGC. Todos se analizaron a un nivel de significancia del 5%.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Grado de germinación

La germinación de las semillas, esencial para el desarrollo de nuevas plantas, está regulada por diversos mecanismos, y su velocidad varía entre diferentes tipos de granos (Miransari y Smith, 2014; Finnie *et al.*, 2019). Estudios previos, como el de Milberg *et al.* (1996), resaltan la influencia de la masa de las semillas en las características de germinación, mientras que las interacciones entre las hormonas vegetales y los genes de la planta también desempeñan un papel significativo en este proceso (Miransari y Smith, 2014).

En la Figura 11 se presentan los resultados obtenidos en relación al grado de germinado de los granos de trigo y garbanzo. Tras 24 horas de incubación a 20°C se evidenció que aproximadamente el 41% de los granos de trigo alcanzaron un grado de germinación 3. En el caso de los granos de garbanzo, se observó un patrón similar, aunque bajo condiciones de incubación distintas. Después de 72 horas a 25°C alrededor del 40% de los granos de garbanzo alcanzaron un grado de germinación de 3. Es importante señalar que los granos clasificados como grado 3 exhiben longitudes de radículas que son inferiores a la mitad del tamaño del grano.

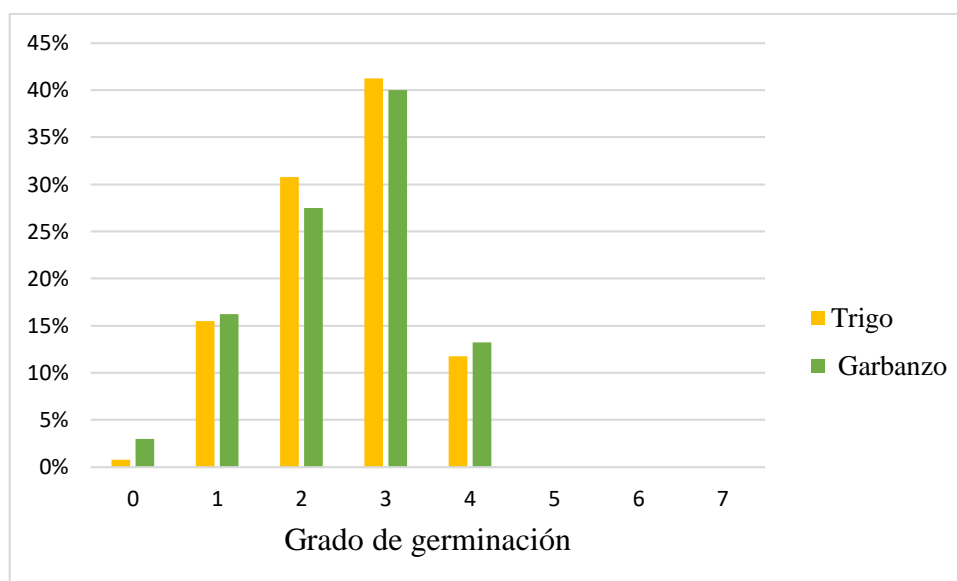


Figura 11. Grado de germinación de los granos de trigo y de garbanzo

3.2. HARINAS

3.2.1. Composición de las harinas

El contenido de proteínas, lípidos, cenizas, almidón total y polifenoles totales de las distintas harinas, se presentan en la Tabla 1. En relación al trigo, se observó que el proceso de germinación no generó cambios significativos en los valores de lípidos, cenizas y proteínas. En cuanto al contenido de almidón total se registró una disminución, la cual podría atribuirse a la acción de las amilasas, que catalizan la hidrólisis del almidón, convirtiéndolo en hidratos de carbono simples, lo que proporciona la energía y esqueletos carbonados necesarios para el crecimiento de las raíces (Pal *et al.*, 2016).

En el caso del garbanzo, no se observaron variaciones en los niveles de cenizas y almidón después del proceso germinativo. Por lo contrario, se evidenciaron aumentos estadísticamente significativos en los niveles de proteínas y lípidos. Esto concuerda con los resultados de otros estudios que atribuyen tal aumento a la síntesis de enzimas (por ejemplo, proteasas) durante la germinación o a los cambios en la composición relativa tras la degradación de otros constituyentes como la fibra (Bau *et al.*, 1997).

Tabla 2. Proteínas, cenizas, lípidos, almidón y polifenoles de las harinas.

	TRIGO		GARBANZO	
	TC	TG	GC	GG
Proteínas (% p/p)	14,21±0,16 A	14,37±0,04 A	23,12± 0,23 A	24,80±0,03 B
Lípidos (% p/p)	2,01±0,22 A	2,09±0,06 A	6,28±0,38 A	6,95±0,09 B
Cenizas (% p/p)	1,92±0,03 A	1,94±0,01 A	3,03±0,02 A	2,72±0,08 A
Almidón (% p/p)	59,10±1,62 A	51,53±0,77 B	40,37±1,41 A	40,26±0,67 A
Polifenoles Totales (mg Gal/ 100g)	187,81± 3,53 A	230,48±1,12 B	126,61±0,86 A	147,99±0,54 B

Los valores son los promedios ± desvío estándar. Valores de proteínas, lípidos, cenizas y almidón son expresados como % p/p: g/100 g de harina en base seca. Los polifenoles son expresados como mg Gal/100 g: mg de gálico cada 100 g de muestra en base seca. Letras diferentes dentro de una fila indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$), según el test DGC. Las diferencias se evaluaron entre TC y TG por un lado, GC y GG por otro.

Por otro lado, los resultados revelaron un aumento significativo en los polifenoles totales tanto en el trigo como en el garbanzo como resultado del proceso de germinación. Durante este proceso, se postula que ocurre tanto la síntesis de nuevos compuestos fenólicos para satisfacer las necesidades de las plántulas en desarrollo, como la

descomposición enzimática parcial de los polisacáridos de la pared celular, lo que modifica la disponibilidad de los compuestos fenólicos asociados (Schendel, 2019). Estos hallazgos concuerdan con investigaciones anteriores realizadas por Gharachorloo *et al.* (2013), Khattak *et al.* (2007) y Alvarez-Jubete *et al.* (2010). De acuerdo con los resultados de Gharachorloo *et al.* (2013), se observó el mayor contenido fenólico en los brotes de garbanzos germinados durante 5 días a 20°C, mientras que Khattak *et al.* (2007) señalaron que la influencia del tiempo de germinación e iluminación fue altamente significativa ($p < 0.01$) en el contenido de ácido fítico, así como en los polifenoles metanólicos, ácidos metanólicos y polifenoles solubles en agua de los granos de garbanzo. Además, de acuerdo con los estudios de Alvarez-Jubete *et al.* (2010), se observó que el contenido total de polifenoles en los granos de trigo se duplicó después de un proceso de germinación de 110 horas. Estos hallazgos respaldan las conclusiones de Khalil *et al.* (2007) y Milberg *et al.* (1996), quienes señalan que se han reportado efectos notoriamente dispares de la germinación en semillas de diversas especies vegetales. Además, Khalil *et al.* (2007) destacan que la variabilidad bioquímica durante la germinación se ha documentado como significativamente diferente, incluso dentro de diversas variedades de una misma especie.

3.2.2. Actividad enzimática de las harinas

La acción de la α -amilasa durante la germinación conduce a la descomposición del almidón en dextrinas e hidratos de carbono simples (Saman *et al.*, 2008), resultando en una disminución del contenido total de almidón en el grano. Los resultados de la Tabla 2 destacan el impacto significativo de la germinación en la actividad de la α -amilasa tanto en los granos de trigo como en los de garbanzo.

En base a investigaciones previas de Han y Yang (2015), se reconoce que la germinación de las semillas está gobernada por una compleja red de señalización y regulación génica. Aunque distintas plantas comparten mecanismos moleculares similares, existen variaciones notables entre especies, especialmente en la movilización de reservas y la activación del metabolismo. Estas disparidades sugieren adaptaciones específicas de las semillas. En consonancia con estos autores, los resultados de este estudio revelaron notables diferencias en la actividad de la α -amilasa durante la germinación de trigo y garbanzo. El trigo germinado presentó un aumento considerablemente mayor en la actividad de la α -amilasa en comparación con el trigo control. Este incremento en la actividad enzimática se relacionó con la disminución del

almidón total de la harina de trigo germinado presentado en la Tabla 1. En cambio, en el garbanzo, el efecto de la actividad de la α -amilasa no se reflejó en una disminución del contenido de almidón del grano germinado, posiblemente debido a que el incremento de la actividad enzimática fue bajo.

Por otro lado, los granos poseen polisacáridos no almidonosos denominados pentosanos, que pueden dividirse en solubles en agua (PS) e insolubles en agua (PI) (Courtin *et al.*, 2002). Según se observa en la Tabla 2, el contenido de PS aumentó tanto en los granos de trigo germinado como en los de garbanzo germinado, cada uno en relación a su control, indicando así que la germinación propició la ruptura y la solubilización de los pentosanos presentes en ambos granos. Este aumento en el contenido de PS se atribuye a la acción de enzimas, como la endoxilanasas, que están involucradas en la degradación progresiva de las paredes celulares durante la germinación del grano (Lemmens *et al.*, 2019). Estos resultados dejan en evidencia que las actividades de diversas enzimas aumentan significativamente a lo largo del proceso de germinación de los granos de trigo y de garbanzo.

Tabla 3 Actividad α -amilasa y pentosanos solubles en las harinas de trigo y de garbanzo.

	TRIGO		GARBANZO	
	TC	TG	GC	GG
α -amilasa (mU/g)	167,0 \pm 0,8 A	3514,5 \pm 7,8 B	16,4 \pm 2,4 A	32,5 \pm 2,4 B
PS (%)	1,21 \pm 0,17 A	2,21 \pm 0,11 B	0,83 \pm 0,01 A	1,42 \pm 0,03 B

Los valores son los promedios \pm desvío estándar y son expresados en base seca. Letras diferentes dentro de una fila indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$), según el test DGC. PS (%): porcentaje de pentosanos solubles. Las diferencias se evaluaron entre TC y TG por un lado, GC y GG por otro.

3.2.3. Propiedades de *pasting*

Las propiedades de *pasting* (viscosidad pico, viscosidad final, *breakdown* y *setback*) proporcionan información sobre los cambios en el comportamiento de la viscosidad de una suspensión de harina con el cambio de temperatura (Xu *et al.*, 2019). La Figura 12 muestra los resultados obtenidos de las curvas de *pasting* para la harina de TG y TC, mientras que en la Figura 13 se observan las curvas obtenidas para las harinas de garbanzo (GC y GG).

En el caso del trigo, se evidenció un impacto significativo tras la germinación. Durante la etapa de calentamiento, la viscosidad de la harina de trigo sin germinar alcanzó un valor máximo de 2832 cP, mientras que la viscosidad máxima de la harina de trigo germinado fue de 227 cP, lo que indica que la capacidad de hinchamiento, gelatinización y gelificación de los granos germinados disminuyó drásticamente. Estos hallazgos concuerdan con los de Baranzelli *et al.* (2018), Grassi *et al.* (2018) y Jribi *et al.* (2019). La disminución de la viscosidad máxima probablemente esté relacionada con la degradación del almidón bajo la actividad de la enzima amilasa durante el proceso de germinación (Jribi *et al.*, 2019). Esto se relaciona con valores mencionados anteriormente en la Tabla 1 y la Tabla 2.

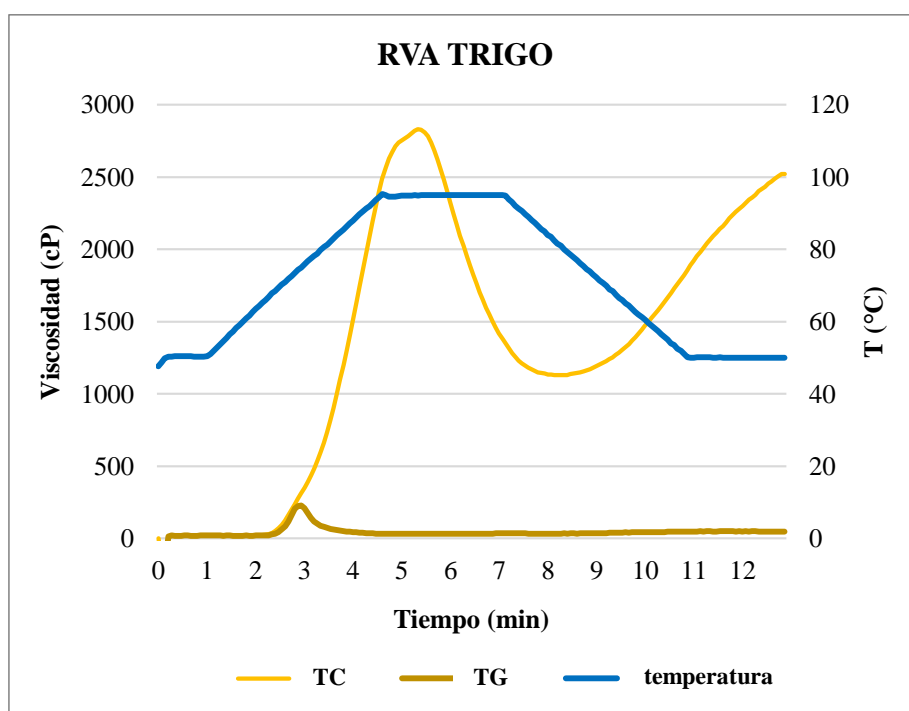


Figura 12. Propiedades de *pasting* de la harina de trigo germinado y sin germinar.

En el caso del garbanzo, prácticamente no se observaron efectos de la germinación sobre las propiedades de viscosidad. En contraste con el trigo, se observó que la harina de garbanzo germinado (GG) exhibió una viscosidad máxima superior en comparación con la harina proveniente del grano no germinado (GC). Estas propiedades de *pasting* concuerdan con resultados obtenidos anteriormente por Xu *et al.* (2019) donde las mayores viscosidades de garbanzo se observaron a los 3 días de germinación. Según los autores de dicha investigación, la viscosidad máxima comparativamente más baja de las harinas de garbanzo sin germinar puede deberse al efecto protector de la pared celular de su endospermo, lo que limita el hinchamiento de los gránulos de almidón.

Después de la viscosidad máxima, se esperaría una disminución de la viscosidad del almidón (breakdown), debido a la reorientación del almidón soluble, así como la destrucción inducida por cizallamiento del gránulo hinchado (Xu *et al.*, 2019). En el caso del trigo, esta disminución es evidente en la harina sin germinar, pero prácticamente imperceptible en la harina germinada. Sin embargo, esto no se aplica a las harinas de garbanzo, ya que se puede observar una mínima disminución de la viscosidad antes de volver a aumentar durante la etapa de enfriamiento, lo que puede ser atribuido a la presencia de almidón resistente (Xu *et al.*, 2019).

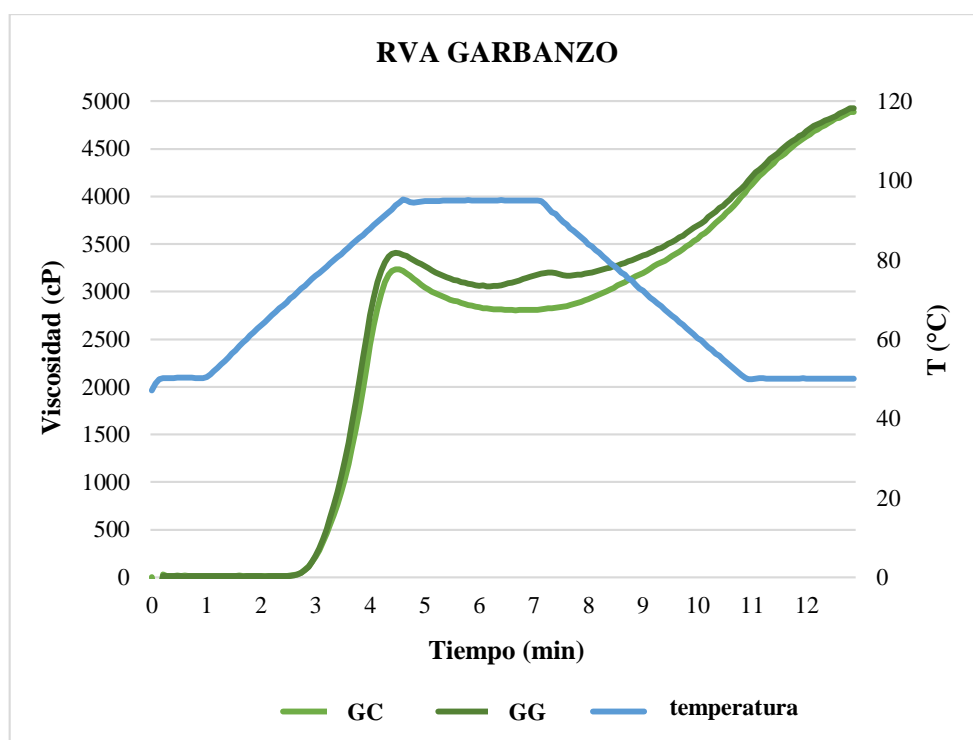


Figura 13. Propiedades de pasting de la harina de garbanzo germinada y sin germinar.

3.3. PASTAS

3.3.1. Calidad de la pasta seca

3.3.1.1. Fuerza de fractura de la pasta

La textura de la pasta seca se llevó a cabo mediante la medición de la fuerza de fractura, un parámetro que refleja la resistencia de la pasta al quiebre durante su transporte y almacenamiento previo a la venta. Las pastas PT/TG y PTG mostraron una clara tendencia a hacerse más frágiles (Figura 14). Estos resultados señalan un debilitamiento en la estructura de la pasta que probablemente se deba a que, durante la germinación, parte de las proteínas del gluten son depolimerizadas, lo que causa un debilitamiento del

retículo proteico formado durante la extrusión. Esta disminución de la fuerza de fractura, es decir, un incremento en la fragilidad, también se observó en la formulación de las pastas con garbanzo. Este debilitamiento de la estructura podría deberse a que las proteínas del garbanzo no tienen la capacidad de formar una estructura similar al gluten. Estos hallazgos son consistentes con investigaciones previas, en particular con los resultados obtenidos por Wojtowicz y Moscicki (2014), donde la adición de harina de leguminosas redujo la dureza de la pasta seca de 23,21N (trigo control) a 6,80-8,51N de las pastas que contenían 40 g/100 g de harina de leguminosas. La introducción de proteínas (no gluten) y fibras posiblemente afectó la estructura de la pasta, influyendo en sus propiedades texturales, como se ha señalado en estudios anteriores (Petitot *et al.*, 2010).

Es relevante destacar que las pastas de trigo requirieron la mayor fuerza para experimentar la fractura, mientras que las muestras con garbanzo demandaron la menor fuerza.

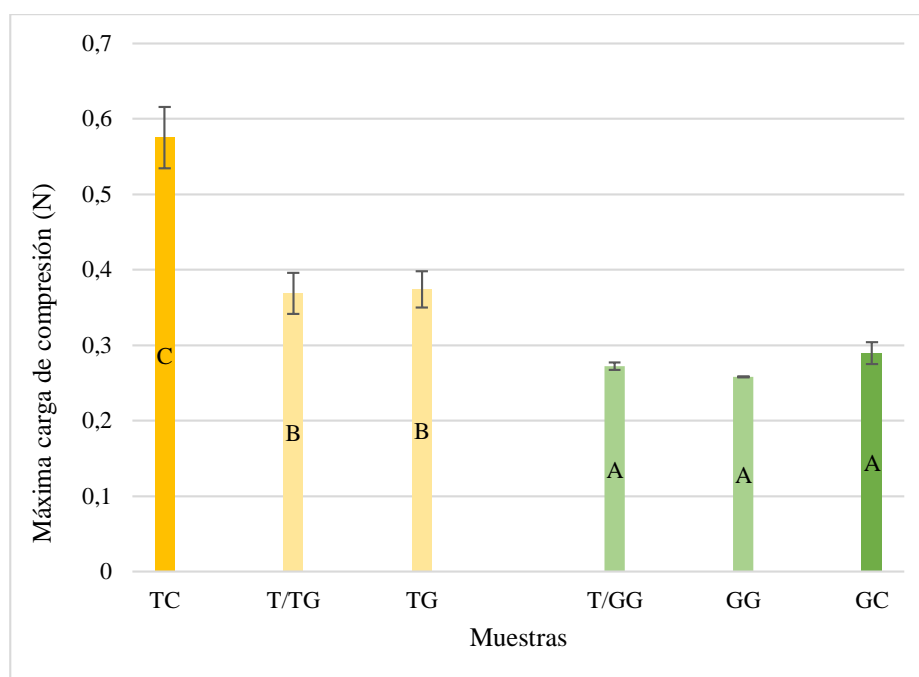


Figura 14. Fuerza de fractura de las pastas secas

3.3.1.2. Color de la pasta seca

El color desempeña un papel fundamental en la percepción visual de los alimentos. La apariencia de la pasta, tanto en su estado crudo como cocido, ejerce una influencia significativa en la toma de decisiones de compra y en la experiencia del consumidor. En este contexto, la evaluación del color en las pastas secas crudas se erige como un componente esencial que incide directamente en la percepción de calidad por parte de los consumidores. En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos de L^* , a^* , y b^* de la superficie de las pastas secas. Las imágenes escaneadas complementan estos hallazgos al proporcionar una representación visual directa de las variaciones de color observadas.

En relación a las pastas de trigo, la germinación no tuvo un efecto significativo en el color de las pastas secas (Tabla 4). Por lo tanto, los cambios que se generan en la composición de los granos durante la germinación no alteran el color de las pastas luego del secado. La consistencia en el color podría ser un atributo valioso para la preferencia del consumidor, al mantener la familiaridad visual asociada con las pastas de trigo integral convencionales.

Tabla 4 Color de las pastas secas de trigo y de garbanzo

	PASTAS CON TRIGO			PASTAS CON GARBANZO			
	PTC	PT/TG	PTG	PTC	PT/GG	PGG	PGC
L^*	54,53±1,90 A	53,26±0,06 A	54,70±0,81 A	54,53±1,90A	59,19±0,69 B	66,11±0,35 C	66,87±1,41 C
a^*	9,96±0,18 A	9,90±0,39 A	9,31±0,11 A	9,96±0,18 C	10,79±0,47 C	8,58±0,41 B	7,55±0,13 A
b^*	23,48±0,05 A	23,59±0,33 A	23,73±0,81 A	23,48±0,05 A	31,41±1,12 B	35,04±1,50 C	37,35±0,46 C



Los valores son los promedios± desvío estándar. Valores seguidos de la misma letra dentro de una fila no presentan diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según el test DGC. Las diferencias se evaluaron entre PTC, PT/TG y PTG por un lado, y PTC, PT/GG, PGG Y PGC por otro.

Por otro lado, las pastas secas con garbanzo, ya sea PT/GG, PGG o PGC, presentaron mayores valores de L^* y b^* respecto a la pasta con 100% de harina de trigo (Tabla 4). Esto se atribuye a la disparidad natural de color entre ambos tipos de granos, resaltando la influencia de la composición de las harinas en las propiedades cromáticas de las pastas resultantes. No se observó un efecto de la germinación del garbanzo sobre el color de las pastas, ya que no se observaron diferencias significativas entre la pasta

elaborada con 100% de harina de garbanzo y la pastas con 100% de harina de garbanzo germinado.

3.3.2. Calidad de las pastas cocidas

3.3.2.1. Color de la pasta cocida

En relación con las pastas cocidas de trigo, según se detalla en la Tabla 5, se pudo observar que la germinación no generó un impacto significativo en ninguno de los parámetros medidos.

Por otro lado, en las pastas elaboradas con garbanzo, tanto PGG como PGC exhibieron valores estadísticamente iguales para a^* y b^* . Además, los valores de L^* de las pastas con 100% garbanzo fueron notablemente superiores a las pastas con trigo, siendo la más luminosa la muestra PGC, superando notablemente los valores de PTC. Estos resultados indican que la germinación influyó levemente en la luminosidad de las pastas de garbanzo, pero no en los demás parámetros.

No obstante, PT/GG presentaron un valor de a^* más alto y un valor de b^* menor en comparación con PGC. El oscurecimiento de la pasta y el aumento en la tonalidad rojiza pueden atribuirse a la presencia del salvado del grano entero de trigo. Estos hallazgos están en concordancia con investigaciones anteriores realizadas por Vignola *et al.* (2018).

Tabla 5 Color de la pasta cocida de trigo y de garbanzo.

	PASTAS CON TRIGO			PASTAS CON GARBANZO			
	PTC	PT/TG	PTG	PTC	PT/GG	PGG	PGC
L^*	58,5±0,7 A	55,97±1,4 A	56,8±0,7 A	58,5±0,7 A	66,4±0,4 B	70,4±0,4 C	73,4±1,4 D
a^*	11,1±0,2 A	11,5±0,1 A	11,7±0,1 A	11,1±0,2 C	9,2±0,1 B	6,6±0,6 A	5,5±0,8 A
b^*	26,8±0,3 A	26,7±0,9 A	28,1±0,5 A	26,8±0,3 A	29,1±0,1 A	32,6±0,6 B	33,7±1,7 B

Los valores son los promedios± desvío estándar. Valores seguidos de la misma letra dentro de una fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Se utilizó la prueba estadística de DGC. L^* : luminosidad.

A^* : tonalidad rojiza. B^* : tonalidad amarilla. Las diferencias se evaluaron entre PTC, PT/TG y PTG por un lado, y PTC, PT/GG, PGG Y PGC por otro.

3.3.2.2. Calidad tecnológica

La calidad de la pasta está determinada en gran medida por su comportamiento durante la cocción. La pasta elaborada con harina integral no presenta la misma calidad tecnológica que aquella elaborada con harina blanca de trigo. La presencia de salvado altera la estructura de la pasta, interfiriendo con la matriz gluten-almidón. Como resultado, la pasta de harina integral exhibe mayor dureza y valores más bajos en absorción de agua, índice de hinchamiento y tiempo óptimo de cocción (TOC) en comparación con la pasta tradicional (Vignola *et al.*, 2018), como también un mayor residuo de cocción (Manthey y Schorno 2002).

En la Tabla 6 se detallan el TOC, el residuo de cocción, la absorción de agua y el índice de hinchamiento de las pastas elaboradas. Se observa que los valores de TOC estuvieron comprendidos entre 2 y 4 minutos para todas las muestras. En el caso de las pastas elaboradas con harina integral de trigo, la incorporación de harina de trigo germinado resultó en una disminución gradual del TOC. Esta disminución podría atribuirse a la formación de una matriz proteica más débil en las pastas debido a la acción proteolítica desarrollada durante el proceso de germinación (Value y Nemzer, 2019). Este patrón coincide con los descubrimientos previos de Torra (2021), donde la pasta control elaborada con sémola de trigo candeal presentó un TOC de 9:30 minutos, mientras que la pasta elaborada con granos de trigo duro germinado mostró un TOC de 6 minutos.

Por otro lado, no se observaron variaciones entre el TOC de la pasta de trigo control y la pasta de garbanzo control. Sin embargo, al incorporar harina de garbanzo germinado en la formulación, se notó un leve incremento en el TOC.

En cuanto a la capacidad de absorción de agua, evento vinculado a la capacidad de las proteínas y almidones para solvatar y retener agua, la presencia de trigo germinado provocó una reducción significativa en este índice. Es plausible indicar que la alteración en la composición de almidón y fibra insoluble en las harinas de trigo germinado ejerza una influencia directa sobre la capacidad de absorción de agua de las muestras, resultando en los valores más bajos observados. Este efecto es coherente con lo observado por Torra (2021).

En el caso de las muestras de garbanzo, tanto PGC como PGG presentaron valores similares en términos de absorción de agua, indicando que la germinación de los granos

no tuvo un efecto significativo en este aspecto. Dichos resultados concuerdan con los valores constantes de almidón obtenidos para garbanzo antes y después de germinar (Tabla 1).

Tabla 6 Valores de TOC (tiempo óptimo de cocción), absorción de agua, residuo de cocción e índice de hinchamiento de las pastas

	PASTAS CON TRIGO			PASTAS CON GARBANZO			
	PTC	PT/TG	PTG	PTC	PT/GG	PGG	PGC
TOC	3	2,5	2	3	3,5	4	3
AA (%)	155,2±2,3 B	136,2±2,8 A	129,6±1,3 A	155,2±2,3 A	161,0±7,3 A	170,5±4,2 A	163,7±0,0 A
Residuo (%)	7,3±0,1 A	8,1±0,1 B	8,9±0,2 C	7,3±0,1 A	8,2±0,3 B	10,1±0,1 C	10,9±0,1 D
InH	1,96±0,01 B	1,76±0,03 A	1,68±0,05 A	1,96±0,01 A	2,07±0,13 A	2,22±0,04 A	2,18±0,03 A

Los valores son los promedios± desvío estándar. TOC: Tiempo óptimo de cocción. AA: absorción de agua. InH: Índice de hinchamiento. Valores seguidos de la misma letra dentro de una fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Se utilizó la prueba estadística de DGC. Las diferencias se evaluaron entre PTC, PT/TG y PTG por un lado, y PTC, PT/GG, PGG Y PGC por otro. Los valores de AA (%) y Residuo (%) están expresados en base seca.

La cantidad de residuo de cocción en las pastas de trigo experimentó un aumento significativo, exhibiendo valores superiores a los de la muestra control (PTC) en todos los niveles de sustitución, superando ligeramente el límite recomendado por Dick y Youngs (1988) de 7-8% para la pasta hecha de sémola de trigo duro. A medida que se incrementó el porcentaje de sustitución con harina germinada, también aumentó el residuo de cocción. Es probable que el proceso de germinación del grano interfiera con la formación de la red proteica, reduciendo así la encapsulación del almidón y permitiendo una mayor pérdida de sólidos solubles en el agua de ebullición.

El mismo comportamiento surge con las pastas de garbanzo, en las que se observó un aumento gradual en el residuo de cocción al aumentar el porcentaje de sustitución de trigo por garbanzo germinado. Tanto para PGC como para PGG, los valores de residuo de cocción fueron significativamente superiores en comparación con la muestra que utilizaba una mezcla de harinas (PT/GG) y la pasta de trigo exclusivamente (PTC). Los hallazgos presentados coinciden con la investigación de Alvarez-Jubete *et al.* (2010), quienes destacan un aumento en el residuo de cocción conforme se incrementa el

porcentaje de sustitución de sémola de trigo por harina de garbanzo en las pastas. Estos hallazgos sugieren que a medida que el gluten proveniente de la harina de trigo integral se diluye, debido a la sustitución con harinas alternativas, la estructura del retículo proteico se debilita, resultando en una pasta más porosa y una liberación incrementada de compuestos al agua de ebullición, lo que conlleva a un aumento en el residuo de cocción. A su vez, estos resultados son consistentes con los obtenidos por Torra (2021), donde todas las muestras de pasta enriquecida con harinas germinadas mostraron una pérdida de sólidos estadísticamente mayor durante la cocción en comparación con la muestra de referencia. No obstante, es importante destacar que la pasta 100% garbanzo germinado mostró un residuo de cocción menor que la pasta 100% garbanzo sin germinar (PGC). Este fenómeno podría atribuirse al aumento relativo de proteínas en la harina de garbanzo después de la germinación, lo que mitiga la pérdida de sólidos durante la cocción.

Al analizar el índice de hinchamiento, se observó una marcada disminución de los valores al incorporar harina germinada en comparación con la pasta de trigo (PTC). Esta variación podría atribuirse a la reducción en la proporción de algunos componentes durante el proceso de germinación, como el almidón. Además, la presencia de gluten en esta pasta se caracteriza por ser más abierta, lo que se traduce en una capacidad disminuida para retener agua. En contraste, en el caso del garbanzo, no se evidenciaron diferencias significativas en estos valores. Estos resultados se alinean con los datos detallados en la Tabla 1, donde se constata que el contenido de almidón de este grano permanece constante después de la germinación.

3.3.2.3. Análisis del perfil de textura de la pasta cocida

Los parámetros de firmeza y elasticidad medidos en las pastas cocidas se muestran en la Tabla 7. De acuerdo a trabajos previos de Pagani *et al.* (1986) y de De Noni y Pagani (2010), cuando las interacciones entre las proteínas de la red continua prevalecen durante la cocción, el material almidonoso queda atrapado dentro de la red, hidratándose lentamente y, en consecuencia, la pasta cocida es firme. En contraste, cuando la red de proteínas carece de la suficiente fortaleza y elasticidad, el almidón experimenta hinchamiento y gelatinización antes de que ocurra la coagulación proteica, afectando adversamente la textura final de la pasta.

En el caso de las muestras de trigo, no se observaron diferencias significativas ni en la firmeza ni en la elasticidad de las pastas con harina germinada, en comparación con

las pastas de trigo control. Esto podría deberse a que la acción proteolítica durante la germinación fue relativamente leve y no afectó de manera significativa la competencia entre la gelatinización y la coagulación de las proteínas durante la cocción. En el caso de las muestras con garbanzo, la sustitución por harina de garbanzo germinado provocó un aumento significativo en la firmeza de las pastas, posiblemente atribuible al incremento en el contenido proteico de la pasta y a la capacidad de gelificación de sus proteínas. En cuanto a la elasticidad de la pasta, las muestras con garbanzo, ya sea germinado como no, no mostraron diferencias significativas en comparación con la muestra control de trigo (PTC).

Tabla 7. Perfil de textura de la pasta cocida.

	PASTAS CON TRIGO			PASTAS CON GARBANZO			
	PTC	PT/TG	PTG	PTC	PT/GG	PGG	PGC
E	1,00±9,4e-5 A	1,00±2,3e-4 A	0,99±8e-5 A	1,00±9,4e-5 A	1,00±4,4e-4 A	0,99±2,5e-4 A	1,00±5,3e-4 A
F	13,59±1,16	15,19±2,15	15,85±0,44	13,59±1,16 A	24,81±1,02 B	32,43±0,02 C	24,31±0,08 B

Los valores son los promedios± desvío estándar. Valores seguidos de la misma letra dentro de una fila no presentan diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Prueba estadística utilizada: DGC. E= elasticidad (Ad). F= Firmeza (N). Las diferencias se evaluaron entre PTC, PT/TG y PTG por un lado, y PTC, PT/GG, PGG Y PGC por otro.

4. CONCLUSIONES

En esta investigación, se propuso evaluar la posibilidad de incorporar harinas germinadas de trigo y garbanzo en pastas integrales, manteniendo una calidad tecnológica que cumpliera con los estándares aceptables. A través de la elaboración y análisis de diversas formulaciones de pasta, se obtuvieron resultados que sugieren la posibilidad de enriquecer estos productos para ofrecer opciones más saludables a los consumidores.

Evaluando los resultados se evidencia que, tras 24 horas para el trigo y 72 horas para el garbanzo, alrededor del 40% de los granos alcanzan el grado 3 de germinación.

En un primer análisis, la germinación influyó de manera diferente en la composición de las harinas de trigo y garbanzo, evidenciando cambios significativos en los niveles de proteínas, lípidos, almidón y polifenoles. El trigo exhibió una destacada actividad enzimática después de 24 horas de incubación, resultando en una disminución significativa del contenido de almidón, un aumento notable en la actividad de la alfa-amilasa y la solubilización de polisacáridos no almidonosos. En contraste, el garbanzo, con un período de incubación más prolongado, de 72 horas, mostró modificaciones en proteínas, lípidos y polisacáridos no almidonosos sin un incremento en la actividad amilásica tan pronunciado como en el trigo.

La diferencia en la composición fue evidente al analizar la viscosidad de las harinas, siendo la de trigo germinado la más afectada. La acción de la alfa-amilasa se reflejó en una disminución abrupta de la viscosidad, mientras que, en el garbanzo, la viscosidad fue prácticamente similar entre la harina control y la germinada.

Si bien son necesarios mayores estudios respecto al perfil nutricional de las harinas germinadas, los resultados señalan un aumento en el contenido de polifenoles totales en los dos granos germinados. Este hallazgo sugiere una mejora potencial en la actividad antioxidante de estas harinas, lo que podría representar un beneficio para la salud de los consumidores.

En relación con las pastas secas, se observó que aquellas elaboradas con harinas germinadas presentaban una tendencia a volverse más frágiles. Sin embargo, es notable que las pastas elaboradas con trigo, tanto germinado como no germinado, mostraron una menor fragilidad en comparación con las pastas que incluían garbanzo en su formulación. En cuanto al aspecto del color, la germinación no influyó de manera significativa, ya que

las variaciones observadas se atribuyeron a la composición de la pasta y a la disparidad natural de color entre ambos tipos de granos.

En relación al comportamiento durante la cocción, se destacó una variación más pronunciada en las pastas con trigo al incorporar harinas germinadas, en comparación con las pastas con garbanzo. En las pastas de trigo, se observó una leve disminución en el índice de hinchamiento, la absorción de agua y el tiempo óptimo de cocción (TOC) a medida que aumentaba el porcentaje de sustitución por harina germinada. Por el contrario, en las pastas de garbanzo, al incrementar el porcentaje de harina germinada, se mantuvieron valores consistentes en absorción de agua e índice de hinchamiento, y se incrementó el TOC de la pasta.

Respecto al residuo de cocción, se evidenció un aumento al incorporar harinas germinadas en todas las formulaciones, tanto de trigo como de garbanzo. Sin embargo, las pastas elaboradas con la combinación de trigo integral y harinas germinadas (PT/TG y PT/GG) exhibieron porcentajes de residuo cercanos a los límites recomendados para la pasta elaborada con sémola de trigo candeal.

En las muestras de trigo, la presencia de harina germinada no generó diferencias significativas en firmeza y elasticidad en comparación con las pastas de trigo control. Esto sugiere que la germinación tuvo un efecto leve en la competencia entre la gelatinización y la coagulación de las proteínas durante la cocción. En contraste, en las muestras con garbanzo, la sustitución por harina de garbanzo germinado condujo a un aumento significativo en la firmeza de las pastas, posiblemente debido al incremento relativo del contenido proteico de las pastas y a la capacidad de gelificación de sus proteínas. Sin embargo, en términos de elasticidad, las muestras con garbanzo no presentaron diferencias significativas en comparación con la muestra control de trigo (PTC).

Un hallazgo relevante fue la similitud de las pastas PT/TG y PT/GG con la PTC, posicionándose como las formulaciones de calidad tecnológica más aceptable. Esta similitud sugiere que las pastas con harina de trigo germinado y garbanzo germinado conservan propiedades tecnológicas comparables a la pasta de trigo integral. Además, la germinación de los granos contribuye al aumento de polifenoles totales, lo que podría significar un incremento de la actividad antioxidante de las pastas. Este aspecto agregaría un valor nutricional significativo a las formulaciones de pasta que incorporan harinas

germinadas. Adicionalmente, la pasta resultante de la combinación de trigo con harina de garbanzo germinado incrementaría el contenido de proteínas, proporcionando un perfil de aminoácidos más completo gracias a la complementación de ambos granos.

Los resultados obtenidos hasta el momento indicarían que las harinas germinadas de trigo y garbanzo ofrecen una alternativa viable para enriquecer pastas integrales, brindando opciones más saludables. Sin embargo, es necesario destacar que la influencia de la germinación varía entre los tipos de granos, afectando de manera significativa la composición y propiedades de las pastas elaboradas.

Para profundizar en estas conclusiones, surge la necesidad de explorar nuevas líneas de investigación, como:

- Calidad sensorial: Realizar un análisis sensorial detallado de las pastas germinadas para evaluar atributos como sabor, aroma, textura y aceptabilidad general. La percepción sensorial por parte de los consumidores es esencial para el éxito comercial y la adopción de estos productos en el mercado.
- Digestibilidad de las pastas: Investigar la digestibilidad de las pastas elaboradas con harinas germinadas, explorando la biodisponibilidad de nutrientes y su efecto en la absorción intestinal.
- Innovación en formulaciones: Experimentar con ingredientes adicionales para mejorar la calidad tecnológica de las pastas, y explorar la inclusión de diferentes granos germinados.
- Evaluación de costos: Evaluar los costos que implica la elaboración de este tipo de pastas más saludables con la intención de que sean accesibles a la mayoría de la población.

5. BIBLIOGRAFÍA

- American Association of Cereal Chemists (AACC). (1995). *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists* (9th ed.). St. Paul, MN, USA: American Association of Cereal Chemists.
- American Association of Cereal Chemists (AACC). (2000). *Approved Methods of the AACC* (10th ed.). St. Paul, Minnesota: AACC, Inc.
- Abdel-Aal, E.-S. M., & Hucl, P. (2002). Amino Acid Composition and In Vitro Protein Digestibility of Selected Ancient Wheats and their End Products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 15, 737-747.
- Alvarez-Jubete, L., Wijngaard, H., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2010). Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. *Food chemistry*, 119(2), 770-778.
- American Association of Cereal Chemists. (2000). *Approved Methods of the AACC* (10th ed.). AACC, Inc.: St. Paul, Minnesota.
- Antognelli, C. (1980). The manufacture of pasta as a food ingredient: A review. *J. Food Tech.*15: 125–145.
- Baranzelli, J., Kringel, D. H., Colussi, R., Paiva, F. F., Aranha, B. C., de Miranda, M. Z., ... & Dias, A. R. G. (2018). Changes in enzymatic activity, technological quality and gamma-aminobutyric acid (GABA) content of wheat flour as affected by germination. *LWT*, 90, 483-490.
- Bau, H.-M., Villaume, C., Nicolas, J.-P., & Méjean, L. (1997). Effect of Germination on Chemical Composition, Biochemical Constituents and Antinutritional Factors of Soya Bean (*Glycine max*) Seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 73(1), 1–9.
- Benincasa, P., Falcinelli, B., Lutts, S., Stagnari, F., & Galieni, A. (2019). Sprouted Grains: A Comprehensive Review. *Nutrients*, 11(2), 421. MDPI AG.
- Benton, T. G., Bieg, C., Harwatt, H., Pudasaini, R., & Wellesley, L. (2021). Food system impacts on biodiversity loss. *Three levers for food system transformation in support of nature*. Chatham House, London, 02-03.
- Bourne, M. (2002). *Food texture and viscosity: concept and measurement*. Elsevier.
- Brennan, C. S., Kuri, V., & Tudorica, C. M. (2004). Inulin-enriched pasta: effects on textural properties and starch degradation. *Food Chemistry*, 86(2), 189-193.
- Bresciani, A., Pagani, M. A., & Marti, A. (2022). Pasta-making process: a narrative review on the relation between process variables and pasta quality. *Foods*, 11(3), 256.
- Brunnel, C., Pareyt, B., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2010). The impact of the protein network on the pasting and cooking properties of dry pasta products. *Food Chemistry*, 120(2), 371–378.
- Bustos, M. C., Perez, G. T., & Leon, A. E. (2015). Structure and quality of pasta enriched with functional ingredients. *RSC Advances*, 5(39), 30780–30792.

- Calvelo, A. (2008). Material del curso Tecnología de elaboración de pastas secas. *Universidad Nacional de La Plata. Maestría en tecnología de los alimentos.*
- Castro, A. C. (2022). *Trigo fideo*. Libros de Cátedra.
- Chillo, S., Laverse, J., Falcone, P. M., Protopapa, A., & Del Nobile, M. A. (2008). Influence of the addition of buckwheat flour and durum wheat bran on spaghetti quality. *Journal of Cereal Science*, 47(2), 144–152.
- Cole, M.E. (1991). Prediction and measurement of pasta quality. *International Journal of Food Science & Technology*, 26: 133-151.
- Comisión Nacional de Semillas (CONASE). (s.f.). Índice de Calidad del Comité de Cereales de Invierno. Recuperado de https://www.magyp.gob.ar/new/0-0/programas/dma/calidad_trigo/publicaciones/indice_de_calidad_del_comite.pdf
- Courtin, C.M., & Delcour, J.A. (2002). Arabinoxylans and Endoxylanases in Wheat Flour Bread-making. *Journal of Cereal Science*, 35(3), 225-243.
- De Noni, I., & Pagani, M. A. (2010). Cooking properties and heat damage of dried pasta as influenced by raw material characteristics and processing conditions. *Critical reviews in food science and nutrition*, 50(5), 465-472.
- Dexter, J. E., & Marchylo, B. A. (2001). Recent trends in durum wheat milling and pasta processing: Impact on durum wheat quality requirements. *COLLOQUES-INRA*, 139-164.
- Di Pede, G., Dodi, R., Scarpa, C., Brighenti, F., Dall'Asta, M., & Scazzina, F. (2021). Glycemic Index Values of Pasta Products: An Overview. *Foods*, 10(11), 2541.
- Dick, J. W., & Youngs, V. L. (1988). Evaluation of Durum Wheat, Semolina, and Pasta in the United States. In G. Fabriani & C. Lintas (Eds.), *Durum Wheat: Chemistry and Technology* (Vol. 2, 3rd ed., pp. 237-248). *American Association of Cereal Chemistry, Inc.* St. Paul, Minnesota, USA.
- Duranti M. (2006). *Grain legume proteins and nutraceutical properties*. *Fitoterapia*, 77(2), 67–82.
- El-Sohaimy, S. A., Brennan, M., Darwish, A. M., & Brennan, C. (2020). Physicochemical, texture and sensorial evaluation of pasta enriched with chickpea flour and protein isolate. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(1), 28-34.
- FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF. (2021). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2021: Transformación de los sistemas alimentarios en aras de la seguridad alimentaria, una nutrición mejorada y dietas asequibles y saludables para todos*. Roma, FAO.
- FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF. 2019. *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2019*. Protegerse frente a la desaceleración y el debilitamiento de la economía. Roma, FAO.
- FAO. (2023). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo (SOFI,2023): Urbanización, transformación de los sistemas agroalimentarios y dietas saludables a lo largo del continuo rural-urbano*.

- FAOSTAT. (2018). Retrieved from: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.
- Fardet, A., Baldwin, P. M., Bertrand, D., Bouchet, B., Gallant, D. J., & Barry, J. L. (1998). Textural images analysis of pasta protein networks to determine influence of technological processes. *Cereal chemistry*, 75(5), 699-704..
- Ficco, D. B., Mastrangelo, A. M., Trono, D., Borrelli, G. M., De Vita, P., Fares, C., ... & Papa, R. (2014). The colours of durum wheat: a review. *Crop and Pasture Science*, 65(1), 1-15.
- Finnie, S., Brovelli, V., & Nelson, D. (2019). Sprouted grains as a food ingredient. *Sprouted Grains*, 113–142.
- Fu, B. (2008). Asian noodles: History, classification, raw materials, and processing. *ScienceDirect*, 41, 888-902.
- Fuad, T., & Prabhasankar, P. (2010). *Role of Ingredients in Pasta Product Quality: A Review on Recent Developments*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(8), 787–798.
- Gharachorloo, M., Ghiassi Tarzi, B., & Baharinia, M. (2013). The effect of germination on phenolic compounds and antioxidant activity of pulses. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 90(3), 407-411..
- Global Burden of Disease Collaborative Network. (2020). Global Burden of Disease Study 2019 (GBD 2019) Results. Institute for Health Metrics and Evaluation – IHME.
- Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition. (2016). *Food systems and diets: Facing the challenges of the 21st century*. London, UK.
- Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition. (2020). *Future Food Systems: For people, our planet, and prosperity*. London, UK.
- Grassi, S., Cardone, G., Bigagnoli, D., & Marti, A. (2018). Monitoring the sprouting process of wheat by non-conventional approaches. *Journal of Cereal Science*, 83, 180-187.
- Grasso, N., Lynch, N. L., Arendt, E. K., & O'Mahony, J. A. (2022). Chickpea protein ingredients: A review of composition, functionality, and applications. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 21(1), 435-452.
- Guajardo-Flores, D., Pérez-Carrillo, E., Romo-López, I., Ramírez-Valdez, L. E., Moreno-García, B. E., & Gutiérrez-Urbe, J. A. (2017). Effect of dehulling and germination on physicochemical and pasting properties of black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cereal Chemistry*, 94(1), 98-103.
- Han, C., & Yang, P. (2015). Studies on the molecular mechanisms of seed germination. *PROTEOMICS*, 15(10), 1671–1679.
- I.P.O. *International Pasta Organisation Secretariat General*. (2021). Annual Report 2021.
- Icard-Vernière, C., & Feillet, P. (1999). Effects of mixing conditions on pasta dough development and biochemical changes. *Cereal Chemistry*, 76(4), 558-565.
- Ikram, A., Saeed, F., Afzaal, M., Imran, A., Niaz, B., Tufail, T., Hussain, M., & Anjum, F. M. (2021). Nutritional and end-use perspectives of sprouted grains: A comprehensive review. *Food Science & Nutrition*, 9(8), 4617-4628.

- Jribi, S., Sahagùn, M., Debbabi, H., & Gomez, M. (2019). Evolution of functional, thermal and pasting properties of sprouted whole durum wheat flour with sprouting time. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(9), 2718-2724.
- Jukanti, A. K., Gaur, P. M., Gowda, C. L. L., & Chibbar, R. N. (2012). Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. *British Journal of Nutrition*, 108(S1), S11-S26.
- Kasprowicz-Potocka, M., Gulewicz, P., Zaworska-Zakrzewska, A. (2022). The content of raffinose oligosaccharides in legumes and their importance for animals. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 31(3), 265-275.
- Khalil, A. W., Zeb, A., Mahmood, F., Tariq, S., Khattak, A. B., & Shah, H. (2007). Comparison of sprout quality characteristics of desi and kabuli type chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). *LWT-Food Science and Technology*, 40(6), 937-945.
- Khattak, A. B., Zeb, A., & Bibi, N. (2008). Impact of germination time and type of illumination on carotenoid content, protein solubility and in vitro protein digestibility of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts. *Food Chemistry*, 109(4), 797-801.
- Khattak, A. B., Zeb, A., Bibi, N., Khalil, S. A., & Khattak, M. S. (2007). Influence of germination techniques on phytic acid and polyphenols content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts. *Food chemistry*, 104(3), 1074-1079.
- Kill, R. (2001). Introduction. En R. C. Kill & K. Turnbull (Eds.), *Pasta and Semolina Technology* (1st ed., pp. 1-10). London: Blackwell Science Ltd.
- Kill, R., & Turnbull, K. (2001). Basic Semolina requirements. En R. C. Kill & K. Turnbull (Eds.), *Pasta and Semolina Technology* (1st ed., pp. 43-45). London: Blackwell Science Ltd.
- Krapf, J., Arysanto, A., Walther, G., & Flöter, E. (2019). Effect of sprouting conditions on the properties of direct expanded extruded wheat. *Journal of Food Process Engineering*, e13123.
- Lemmens, E., Moroni, A. V., Pagand, J., Heirbaut, P., Ritala, A., Karlen, Y. ... & Delcour, J. A. (2019). Impact of cereal seed sprouting on its nutritional and technological properties: A critical review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(1), 305-328.
- León, A. E., Rosell, C. M., Gómez Pallarés, M., Brites, C., Haros, M., Trigo, M. J., ... & Benedito Mengod, C. (2007). *De tales harinas, tales panes. Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica*. ISEKI-Food.
- Lezcano, E. (2016). Pastas alimenticias. *Alimentos Argentinos*, (70), 41-48.
- Lezcano, E. (2019). Cadena de las pastas alimenticias. *Informe Secretaría Agroindustria*, 1-28.
- Manthey, F.A. and Schorno, A.L. (2002), Physical and Cooking Quality of Spaghetti Made from Whole Wheat Durum. *Cereal Chemistry*, 79: 504-510.
- Marchylo B.A., Dexter J.E. (2001). Pasta production; en Owens G., editor. *Cereals Processing Technology*. 1ra Edición. Woodhead Publishing Limited, Inglaterra. Cap. 6, Pág. 1-3.

- Marchylo B.A., Dexter J.E., Malcolmson L.J. (2004). Improving the texture of pasta; en Kilcast D. editor, *Texture in food*, Volume 2: Solid foods. Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC. CRC Press Boca Raton Boston New York Washington, DC. Cap. 20.
- Marchylo, B., & Dexter, J. (2001). *Pasta Production*. In G. Owens (Ed.), *Cereals Processing Technology* (pp. 109-127). Woodhead Publishing Limited.
- Marti, A., Cardone, G., & Pagani, M. A. (2020). Sprouted cereal grains and products. *Innovative processing technologies for healthy grains*, 113-141.
- Marti, A., Pagani, M. A., & Seetharaman, K. (2014). Textural attributes of wheat and gluten free pasta. *Food texture design and optimization*, 222-244.
- Martínez, C. S. (2010). *Utilización de pastas como alimentos funcionales* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Martínez, C. S., Ribotta, P. D., León, A. E., & Añón, M. C. (2009). Pastas elaboradas con harina de trigo pan sustituidas con harina de soja. In *III Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos-CICyTAC (Córdoba, 15 al 17 de abril de 2009)*.
- Milberg, P., Andersson, L., Elfverson, C., & Regnér, S. (1996). Germination characteristics of seeds differing in mass. *Seed Science Research*, 6(4), 191–198.
- Miransari, M., & Smith, D. L. (2014). Plant hormones and seed germination. *Environmental and experimental botany*, 99, 110-121.
- Miravalles, M. (2017). *Calidad industrial del trigo para fideos en el sur bonaerense: efectos del genotipo, el ambiente y sus interacciones*.
- Navarro, J. L., Losano Richard, P., León, A. E., & Steffolani, M. E. (2022, octubre 4-6). *Efecto de la germinación a distintos tiempos y temperaturas sobre los componentes del garbanzo y sobre las propiedades de viscosidad de las harinas*. Ponencia presentada en el VIII Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Córdoba.
- Navarro, J. L., Rodríguez, M., Moiraghi, M., León, A. E., & Steffolani, M. E. (2021, octubre 15). *Effects of controlled sprouting on nutritional and viscosity profile of whole wheat flour*. Ponencia presentada en The 2nd International Electronic Conference on Foods - "Future Foods and Food Technologies for a Sustainable World".
- Nemzer, B., Lin, Y., & Huang, D. (2019). Antioxidants in sprouts of grains. En H. Feng, B. Nemzer, & J. W. DeVries (Eds.), *Sprouted Grains* (pp. 55-68). AACC International Press.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2023). *II Cumbre Parlamentaria Mundial Contra el Hambre y la Malnutrición*. Roma.
- Pagani, M. A., Gallant, D. J., Bouchet, B., & Resmini, P. (1986). Ultrastructure of cooked spaghetti. *Food Structure*, 5(1), 14.
- Pal, P., Singh, N., Kaur, P., Kaur, A., Viridi, A. S., & Parmar, N. (2016). Comparison of composition, protein, pasting, and phenolic compounds of brown rice and germinated brown rice from different cultivars. *Cereal Chemistry*, 93(6), 584-592.

- Palavecino, P. M., Bustos, M. C., Heinzmann Alabí, M. B., Nicolazzi, M. S., Penci, M. C., & Ribotta, P. D. (2017). Effect of ingredients on the quality of gluten-free sorghum pasta. *Journal of food science*, 82(9), 2085-2093.
- Petitot, M., Boyer, L., Minier, C., & 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.
- Petitot, M., Brossard, C., Barron, C., Larré, C., Morel, M. H., & Micard, V. (2009). Modification of pasta structure induced by high drying temperatures. Effects on the in vitro digestibility of protein and starch fractions and the potential allergenicity of protein hydrolysates. *Food Chemistry*, 116(2), 401-412.
- Patterson, C. A., Curran, J., & Der, T. (2017). Effect of processing on antinutrient compounds in pulses. *Cereal Chemistry*, 94(1), 2-10.
- Rayner, M., Östbring, K., & Purhagen, J. (2016). Application of natural polymers in food. *Natural polymers: Industry techniques and applications*, 115-161
- Safonova, Yu & Ivliev, M & Lemeshkin, A. (2018). Chickpea seeds germination rational parameters optimization. *Journal of Physics: Conference Series*. 1015. 032118. 10.1088/1742-6596/1015/3/032118.
- Saget, S., Costa, M., Barilli, E., de Vasconcelos, M. W., Santos, C. S., Styles, D., & Williams, M. (2020). Substituting wheat with chickpea flour in pasta production delivers more nutrition at a lower environmental cost. *Sustainable Production and Consumption*, 24, 26-38.
- Saman, P., Vázquez, J. A., & Pandiella, S. S. (2008). Controlled germination to enhance the functional properties of rice. *Process Biochemistry*, 43(12), 1377-1382.
- Shevkani, K., Singh, N., Chen, Y., et al. (2019). Pulse proteins: secondary structure, functionality and applications. *Journal of Food Science and Technology*, 56(8), 2787–2798.
- Schendel, R. R. (2019). Phenol content in sprouted grains. In *Sprouted grains* (pp. 247-315). AACC International Press.
- Singh, U. (1985). Nutritional quality of chickpea (*Cicer arietinum* L.): current status and future research needs. *Plant Foods for Human Nutrition*, 35(4), 339–351.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Sissons, Mike & Egan, Narelle & Gianibelli, M. (2005). New Insights Into the Role of Gluten on Durum Pasta Quality Using Reconstitution Method. *Cereal Chemistry - CEREAL CHEM*. 82. 601-608. 10.1094/CC-82-0601.
- Soares, P., Almendra-Pegueros, R., Benítez Brito, N., Fernández-Villa, T., Lozano-Lorca, M., Valera-Gran, D., & Navarrete-Muñoz, E. M. (2020). Sistemas alimentarios sostenibles para una alimentación saludable. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 24(2), 87-89.

- Steffolani, M. E. (2010). *Efecto de las enzimas pentosanasa, glucosa oxidasa y transglutaminasa en productos de panificación* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de la Plata).
- Tharanathan, R. N., & Mahadevamma, S. (2003). Grain legumes—a boon to human nutrition. *Trends in Food Science & Technology*, 14(12), 507-518.
- Torra, M. (2021). Using sprouted cereals, pseudo cereals and legumes for pasta production. *Pastaria International*, 2(2021).
- Tosh, S. M., & Yada, S. (2010). Dietary fibres in pulse seeds and fractions: Characterization, functional attributes, and applications. *Food Research International*, 43(2), 450–460.
- Tudoricâ, C. M., Kuri, V., & Brennan, C. S. (2002). Nutritional and physicochemical characteristics of dietary fiber enriched pasta. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(2), 347-356.
- Tumini, L. E. (2020). *Efectos de la densidad, fecha de siembra y elección del cultivar sobre caracteres agronómicos en trigo candeal (Triticum turgidum spp. durum) en el sur bonaerense (Trabajo de intensificación, Ingeniero Agrónomo)*. Universidad Nacional del Sur. Departamento de Agronomía.
- Twombly, W., & Manthey, F. (2006). Soy in Pasta and Noodles. In M. N. Riaz (Ed.), *Soy Applications in Food* (pp. 93-111). CRC Press Taylor & Francis Group.
- Unión de Industriales Fideeros de la República Argentina. (2020). Reporte Anual de la Industria Fideera Argentina, 2020. Recuperado de <https://uifra.org.ar/wp-content/uploads/2020/04/dossier2020v2.pdf>
- Vignola, M. B., Bustos, M. C., & Pérez, G. T. (2018). Comparison of quality attributes of refined and whole wheat extruded pasta. *LWT*, 89, 329-335.
- Vizgarra, O. N., Espeche, C. M., & Ploper, L. D. (2013). Evolución del cultivo de garbanzo en la República Argentina. *Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes, Publicación Especial N° 48*, 7-11.
- Wójtowicz, A., & Mościcki, L. (2014). Influence of legume type and addition level on quality characteristics, texture and microstructure of enriched precooked pasta. *LWT-Food Science and Technology*, 59(2), 1175-1185.
- World Health Organization. (2019). *Healthy diet* (No. WHO-EM/NUT/282/E). World Health Organization. Regional Office for the Eastern Mediterranean.
- Xu, B. J., & Chang, S. K. C. (2007). A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. *Journal of Food Science*, 72, S159–S166.
- Xu, M., Jin, Z., Simsek, S., Hall, C., Rao, J., & Chen, B. (2019). Effect of germination on the chemical composition, thermal, pasting, and moisture sorption properties of flours from chickpea, lentil, and yellow pea. *Food Chemistry*, 295, 579-587.
- Zia-ul-Haq, Muhammad & Iqbal, Shahid & Ahmad, Shakeel & Imran, Muhammad & Niaz, Abdul & Bhangar, Muhammad. (2007). Nutritional and compositional study of desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars grown in Punjab, Pakistan. *Food Chemistry*. 105. 1357-1363.

