

*Alvarez, Sabrina*

*Calvo, Guillermo*

***Desarrollo de un medallón vegano como análogo a la carne enriquecido con vitamina B12 y adicionado con fibra prebiótica***

*Carrera: Licenciatura en Industrias Alimentarias*

*Fecha: 21/12/2023*

Licencia:  [Deed - Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International - Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Cita recomendada: Alvarez, S.; Calvo, G. (2023). *Desarrollo de un medallón vegano como análogo a la carne enriquecido con vitamina B12 y adicionado con fibra prebiótica* [Trabajo final de grado] Licenciatura en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional de Rafaela. Repositorio Institucional Digital UNRaf



UNRaf  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
RAFAELA

**Tesina presentada como requisito para obtener el grado  
de Licenciado/a en Industrias Alimentarias**

**“Desarrollo de un medallón vegano como  
análogo de carne enriquecido con vitamina  
B12 y adicionado con fibra prebiótica”**

**Estudiantes:** Sabrina Alvarez – Guillermo Calvo

**Directora:** Dra. Yanina Pavón

**Co-directora:** Dra. Silvana Fioramonti

**Lugar de realización:** Universidad Nacional de Rafaela - UNRaf (Rafaela, Santa Fe)

**Año:** 2023

## Agradecimientos

*Quisiéramos agradecer de manera especial a nuestra directora Dra. Yanina Pavón, por el asesoramiento, acompañamiento, paciencia y tiempo dedicado a nosotros y a esta tesina.*

*A nuestros compañeros y amigos, ya que el apoyo y el aliento que nos brindaron en estos años de carrera fue indispensable para llegar a este objetivo.*

*Y por último a nuestras familias, que nos educaron en base a valores de esfuerzo, trabajo y estudio, que creyeron y apostaron en nosotros, que nos brindaron los medios y la confianza, llegando a la presentación de la presente tesina también gracias a ellos.*

# ÍNDICE

Resumen.....	1
Abstract .....	2
1. INTRODUCCIÓN .....	3
1.1. Aspectos generales de la nutrición .....	3
1.2. Carnes rojas y procesadas .....	4
1.2.1. Problemas y riesgos asociados al consumo elevado de carnes rojas .....	5
1.2.2. Consumo de carnes en Argentina .....	7
1.3. Cambios en los hábitos de consumo .....	8
1.3.1. Análogos de carne.....	10
1.3.1.1. Componentes de los análogos de carne .....	10
1.3.2. Perspectiva de mercado de análogos de carne .....	17
1.3.3. Ley N°27642 de Promoción de la Alimentación Saludable.....	19
1.4. Atributos de calidad de los medallones análogos de carne formulados .....	20
1.4.1. Composición fisicoquímica.....	21
1.4.2. Análisis sensorial .....	21
1.4.3. Perfil de textura instrumental y ensayo de Kramer .....	22
1.4.4. Ensayos microbiológicos .....	24
1.5. Propuesta de investigación para una nueva formulación.....	25
2. OBJETIVOS .....	26
2.1. Objetivo General .....	26
2.2. Objetivos específicos.....	26
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1. Materiales .....	27
3.1.1. Materias primas y aditivos .....	27
3.1.2. Aparatos y utensilios .....	27
3.2. Métodos .....	28
3.2.1. Ensayos preliminares y puesta a punto de protocolo de elaboración de medallones veganos.....	28
3.2.2. Diseño experimental .....	29
3.2.3. Protocolos de preparación.....	30

3.2.3.1. Preparación de seitán .....	30
3.2.3.2. Hidratación del Texturizado de arveja.....	31
3.2.3.3. Preparación de puré de remolacha .....	31
3.2.3.4. Preparación de mix de hongos, nueces y especias.....	32
3.2.3.5. Preparación de medallones veganos símil carne .....	33
3.2.3.6. Cocción de los medallones .....	35
3.2.4. Ensayos sobre los medallones veganos cocidos .....	35
3.2.4.1. Características de la cocción .....	35
3.2.4.2. Análisis de textura instrumental.....	36
3.2.4.3. Análisis sensorial con panel entrenado.....	37
3.2.5. Ensayos sobre la formulación elegida.....	38
3.2.5.1. Ensayos microbiológicos .....	38
3.2.5.2. Determinación del contenido de Vitamina B12 .....	38
3.2.5.3. Determinación de composición fisicoquímica.....	39
3.2.6. Análisis de datos .....	39
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
4.1. Ensayos preliminares .....	41
4.2. Efecto de la relación HA:INU sobre las características de cocción, textura y sensoriales de los medallones veganos símil carne .....	42
4.2.1. Características de la cocción .....	42
4.2.2. Análisis de textura instrumental .....	46
4.2.2.1. Análisis de perfil de textura (APT) .....	46
4.2.2.2. Análisis de compresión con celda de Kramer .....	54
4.2.3. Análisis sensorial con panel entrenado .....	56
4.3. Optimización de múltiples respuestas .....	67
4.4. Composición nutricional teórica de la formulación óptima y comparación con productos comerciales similares .....	69
4.5. Determinación del contenido de vitamina B12 sobre la formulación óptima.....	72
4.6. Ensayos microbiológicos sobre la formulación óptima.....	73
5. CONCLUSIONES .....	76
6. BIBLIOGRAFÍA .....	79
7. ANEXOS .....	88

# Resumen

Las recomendaciones nutricionales recientes abogan por una reducción del consumo de carne animal debido a los problemas de salud asociados a su consumo excesivo y a los problemas ambientales y maltrato que surgen de la cría de animales. Es por ello que los análogos de carne surgen en el mercado como una alternativa más saludable e intentan imitar el sabor y textura propios de la carne. El enriquecimiento con vitamina B12 compensa las deficiencias de esta vitamina en dietas veganas /vegetarianas. La adición de inulina (INU) como fibra prebiótica promueve el crecimiento de la microflora intestinal benéfica de los consumidores impactando en la atenuación de procesos inflamatorios. Por su parte, la harina de algarroba (HA) resulta una buena alternativa para conseguir textura y color en la formulación de los medallones veganos. El presente trabajo final tiene como objetivo desarrollar medallones veganos como sustitutos de carne, variando la concentración HA e INU y evaluando las principales características de cocción, organolépticas y de textura. Al mismo tiempo, se optimizó la formulación con mejores características y sobre la misma se realizó el rotulado nutricional teórico, ensayos microbiológicos y cuantificación de vitamina B12. En base a los resultados obtenidos, se pudo observar que aumentando HA se incrementan las características de dureza, cohesividad, color y pastosidad de las muestras, mientras que mayores cantidades de INU aumentan el número de masticaciones y disminuye el olor especiado y la pastosidad. Las pérdidas por cocción y reducción del diámetro fueron significativamente menores comparadas a los de otros productos similares del mercado. La optimización de variables y respuestas permitió predecir que la formulación con 1,26% de HA y 1,5% de INU tendría las mejores características sensoriales y de textura. El perfil nutricional del medallón vegano elegido como óptimo no excede los límites establecidos para calorías, grasas totales y grasas saturadas, a diferencia de otras opciones de hamburguesas veganas como análogos de carne que se encuentran en el mercado. En relación a las pruebas de recuento microbiológico, se obtuvieron valores aceptables de Aerobios Mesófilos, Coliformes, *Escherichia coli* (*E. coli*) y Hongos y Levaduras para el medallón crudo. Con respecto al contenido de vitamina B12, se logró obtener un 82,5% de la Dosis Diaria Recomendada (DDR). Estos resultados indican la posibilidad de obtener una formulación de medallón análogo de carne con adecuadas características sensoriales y de textura con gran posibilidad de tener una buena aceptabilidad por parte de los consumidores y nutricionalmente mejorados en comparación con otros análogos del mercado.

**Palabras Claves:** Análogo cárnico, harina de algarroba, inulina, vitamina B12.

## Abstract

Recent nutritional recommendations advocate for a reduction in the consumption of animal meat due to health problems associated with excessive intake, as well as environmental issues and mistreatment arising from animal farming. This has led to the emergence of meat analogs in the market as a healthier alternative, aiming to replicate the taste and texture of meat. Enrichment with vitamin B12 addresses deficiencies in this vitamin in vegan/vegetarian diets. The addition of inulin (INU) as a prebiotic fiber promotes the growth of beneficial intestinal microflora in consumers, impacting the attenuation of inflammatory processes. Carob flour (HA) proves to be a suitable alternative for achieving texture and color in the formulation of vegan burgers. The objective of this final work is to develop vegan patties as a meat substitute, varying the concentration of HA and INU, and evaluating the main cooking, organoleptic, and texture characteristics. Simultaneously, the formulation was optimized for better features, and theoretical nutritional labeling, microbiological tests, and vitamin B12 quantification were conducted. Based on the results obtained, it was observed that increasing HA enhances hardness, cohesiveness, color, and pastiness of the samples, while higher amounts of INU increase the number of chews and decrease the spiced smell and pastiness. Cooking losses and diameter reduction were significantly lower compared to similar products on the market. The optimization of variables and responses allowed predicting that the formulation with 1.26% HA and 1.5% INU would have the best sensory and texture characteristics. The nutritional profile of the chosen optimal vegan patty does not exceed established limits for calories, total fats, and saturated fats, unlike other options of vegan burgers like meat analogs available in the market. Regarding microbiological count tests, acceptable values were obtained for Mesophilic Aerobes, Coliforms, *Escherichia coli* (*E. coli*), and Yeasts and Molds for the raw patty. Concerning the content of vitamin B12, 82.5% of the Recommended Daily Allowance (RDA) was achieved. These results indicate the possibility of obtaining a formulation of a meat analog patty with suitable sensory and texture characteristics, a high likelihood of consumer acceptability, and nutritional improvements compared to other market analogs.

**Keywords:** Meat analog, carob flour, inulin, vitamin B12.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Aspectos generales de la nutrición

En el año 2018, el Ministerio de Salud de la Nación Argentina presentó las nuevas Guías Alimentarias para la Población Argentina (GAPA) donde entre otros aspectos define a la alimentación como el proceso mediante el cual los seres vivos consumen diferentes tipos de alimentos con el objetivo de recibir los nutrientes necesarios para sobrevivir. Las GAPA intentan generar comportamientos alimentarios más saludables, incluyendo gráficos con las proporciones sugeridas de alimentos que deberían incluirse a lo largo del día y a su vez, los alimentos se encuentran agrupados según los nutrientes que contienen (Figura 1).



**Figura 1.** Guías alimentarias para la población argentina (Fuente: Ministerio de Salud de la Nación Argentina, 2018).

Dentro de los alimentos que se deben incluir en una dieta equilibrada se encuentran las carnes. Éstas incluyen carnes de res, de pollo y de pescado. Se sabe que la incorporación de las carnes en la dieta tiene beneficios para la salud debido principalmente al contenido de proteínas de alto valor biológico – ya que contienen todos los aminoácidos esenciales – de minerales y de vitaminas (Joshi y Kumar, 2015). Dentro del grupo de los micronutrientes, la carne es una excelente fuente de hierro y otros minerales tales como zinc, fósforo, sodio, potasio, selenio, cobre, manganeso y calcio. Todos ellos son esenciales por su rol como cofactores de muchas enzimas del metabolismo humano (Cabrera y Saadoun, 2014).

En una dieta equilibrada, la ingesta recomendada de carnes rojas por las GAPA es de 3 veces por semana, en porciones del tamaño de la palma de la mano (120 g aproximadamente).

Junto con esto, se busca promover un consumo diario y habitual de frutas y verduras frescas, así también como la incorporación de legumbres y alimentos ricos en fibra. Por su parte, el Fondo Mundial de Investigaciones en Cáncer (*WCRF*, sus siglas en inglés), recomienda una ingesta semanal individual de carnes rojas que no supere los 500 g por persona (26 Kg/año/persona), mientras que el consumo promedio de la población no debería superar los 300 g semanales (16 Kg/año/persona). Estas recomendaciones generales acerca del consumo de carnes rojas se deben, en parte, a que las mismas presentan un alto contenido de colesterol y una mayor proporción de ácidos grasos saturados en su fracción lipídica, lo que aumentaría el riesgo de padecer enfermedades cardíacas, diabetes, obesidad, entre otras (Asgar y col., 2010). Además, el elevado consumo de carnes rojas y/o procesadas ha sido relacionado con el desarrollo de ciertos tipos de cáncer, entre ellos, el cáncer colorrectal (Perera, 2011; IARC, 2015).

## **1.2. Carnes rojas y procesadas**

Se denomina carnes rojas a la carne muscular de los mamíferos, incluyendo carne de res, ternera, cerdo, cordero, caballo y cabra (Cruz, 2015).

Por otro lado, se entiende por carne procesada aquella que ha sido transformada a través de la salazón, el curado, la fermentación, el ahumado u otros procesos para mejorar su sabor o su conservación. La mayoría de las carnes procesadas contienen carne de cerdo o carne de res, pero también pueden contener otras carnes rojas, aves, menudencias o subproductos cárnicos tales como la sangre. Algunos ejemplos de carnes procesadas incluyen frankfurters (salchichas), jamón, hamburguesas, así como carne en lata, y las preparaciones y salsas a base de carne (Cruz, 2015). Dentro de los productos cárnicos procesados, las hamburguesas son uno de los más consumidos. El consumo de hamburguesas se ha ido incrementando a lo largo del tiempo como consecuencia de los procesos de industrialización, urbanización y de la globalización del comercio, lo que trajo aparejado, a su vez, una aceleración del ritmo de vida y de los hábitos alimentarios de la población. En la actualidad, estamos inmersos en la cultura de lo inmediato, por lo que se han acortado los tiempos del almuerzo diario y las llamadas “comidas rápidas” fueron ocupando mayores espacios tanto en la vida de adultos como de niños (Britos y col., 2010).

Dentro de este tipo de carnes procesadas existen varios productos en el mercado, que tienen características similares a la vista del consumidor, pero con una composición ligeramente diferente. El Código Alimentario Argentino (CAA) divide a los productos cárnicos en tres grandes grupos, siendo uno de ellos el de chacinados, que se define en el Art. 302 del Capítulo VI (Alimentos Cárneos y Afines) como aquellos productos preparados sobre la base

de carne y/o sangre, vísceras u otros subproductos animales que hayan sido autorizados para el consumo humano. Dentro de estos chacinados se encuentra específicamente definido en el Art. 330 el producto “Hamburguesa” como el producto de forma plana, elaborado exclusivamente con carne vacuna picada con el agregado de sal, con o sin el agregado de antioxidantes, aromatizantes, saborizantes, especias, exaltadores del sabor, estabilizantes (únicamente fosfatos y polifosfatos), estabilizantes de color (excluyendo nitritos y nitratos) autorizados. Su contenido de grasa no puede exceder el 20% (INTI, 2008).

Por otro lado, existe también en el mercado un producto parecido a la hamburguesa denominado “medallón de carne” que, si bien no se encuentra definido en la reglamentación del CAA, se acepta que es aquel producto que cumple con los requisitos de los chacinados pero que no se ajusta exactamente a la definición de hamburguesa. La mayor diferencia es que el medallón de carne puede contener otros ingredientes, además de la carne picada, como soja (hasta 2%) o almidón (hasta 5%) y su contenido de grasa no puede exceder el 50% (INTI, 2008).

Fuera de estas propiedades específicas, las características generales y el proceso de elaboración de estos productos es el mismo. La hamburguesa y el medallón de carne industriales pueden presentarse en sus formas congeladas o supercongeladas (INTI, 2008).

### **1.2.1. Problemas y riesgos asociados al consumo elevado de carnes rojas**

La creciente producción de carne a nivel mundial ha provocado preocupaciones tanto ambientales como en la salud de la población. Por un lado, la producción de carnes para el consumo humano es causante de problemas relacionados con la contaminación ambiental, la deforestación y el agotamiento de los recursos naturales. En este sentido, el sistema productivo actual contribuye al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero por parte del ganado, principalmente dióxido de carbono, metano y óxido nitroso, en un 9%, 39% y 65%, respectivamente (FAO, 2006). Se estima que durante la producción de carne, se consume 100 veces más agua en comparación con el agua consumida durante la producción de cultivos alimentarios (Joshi y Kumar, 2015). Una dieta basada en carne requiere una cantidad significativamente mayor de recursos ambientales por caloría en comparación con una dieta más basada en granos, es decir, se necesitan de 2 a 15 kg de alimentos vegetales para producir 1 kg de carne (Joshi y Kumar, 2015). Además, genera problemas que tienen que ver con cuestiones relacionadas al bienestar animal, como la crueldad y el trato poco ético de los animales durante la cría, el hacinamiento, el transporte y el sacrificio. En los últimos años, las transiciones nutricionales que tuvieron lugar en

países en vías de desarrollo y en mercados emergentes, como China, hacia una mayor ingesta de alimentos derivados de animales, han agravado aún más los problemas globales asociados con el incremento en la demanda de productos pecuarios (Joshi y Kumar, 2015). Por otro lado, el consumo excesivo de carnes provoca problemas de salud pública, ya que es causante de una cuarta parte de todas las cardiopatías isquémicas responsables de más de 1,8 millones de muertes al año. A su vez, también los patógenos transmitidos por los alimentos que se encuentran en las carnes, como *Salmonella*, *Campylobacter* y *Escherichia coli*, son responsables de millones de episodios de enfermedades cada año (Kumar y col., 2017). Por otro lado, Larsson y Wolk (2006) sugieren que el consumo de 120 g de carne roja/día o 30 g de carne procesada/día aumentaría significativamente el riesgo relativo de cáncer colorrectal. En octubre de 2015, la Agencia Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) – perteneciente a la Organización Mundial de la Salud (OMS) – emitió un informe en donde se evaluó la carcinogenicidad del consumo de carnes rojas y de carnes procesadas. Este tipo de informes evalúa la potencial carcinogenicidad de compuestos o factores físicos de acuerdo a la evidencia científica existente y los clasifica en distintas categorías: (i) carcinógeno, (ii) probablemente carcinógeno, (iii) posiblemente carcinógeno, (iv) no puede ser clasificado respecto a su carcinogenicidad, y (v) probablemente no carcinógeno para el ser humano. Después de una revisión exhaustiva de la literatura científica acumulada realizada por la IARC, el consumo de carnes rojas fue clasificado como *probablemente carcinógeno* para los humanos (categoría ii), basado en evidencia limitada de que el consumo de carne roja causa cáncer en los humanos y fuerte evidencia mecanicista apoyando un efecto carcinógeno. Esta asociación se observó principalmente con el cáncer colorrectal, pero también se vieron asociaciones con el cáncer de páncreas y el cáncer de próstata. A su vez, la carne procesada se clasificó como *carcinógena* para los humanos (categoría i), basada en evidencia suficiente en humanos de que el consumo de carne procesada causa cáncer colorrectal. Los expertos también concluyeron que cada porción de 50 gramos de carne procesada consumida diariamente aumenta el riesgo de cáncer colorrectal en un 18% (OMS, 2015). Dada la repercusión de este informe, la OMS recibió muchas consultas e inquietudes respecto a los vínculos entre la carne procesada y el cáncer colorrectal al que hacía referencia dicho informe, por lo cual la institución aclaró que no se pide a la población que deje de comer carnes procesadas, sino que se indica que la reducción del consumo de estos productos puede disminuir el riesgo de cáncer colorrectal. Las posibles razones para la asociación entre la elevada ingesta de carne y el riesgo de cáncer colorrectal incluyen algunos productos químicos naturalmente contenidos en la carne, o generados por su procesamiento y cocción. Los métodos de cocción

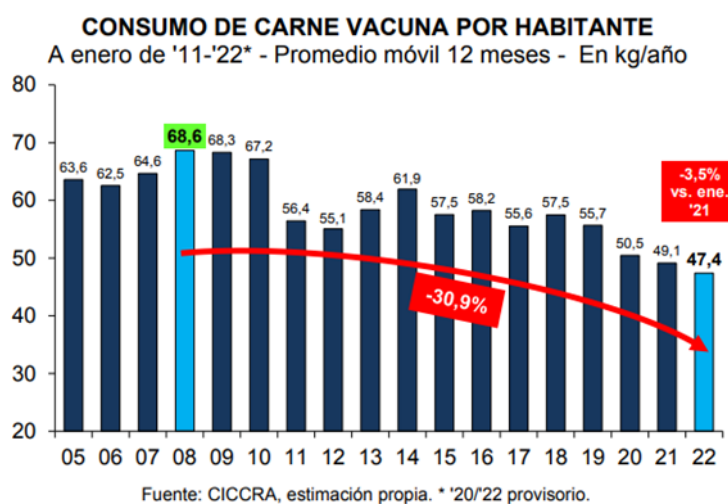
a alta temperatura de la carne (por encima de 150° C) durante largos períodos de tiempo, o en contacto directo con la llama, generan compuestos potencialmente cancerígenos como las aminas aromáticas heterocíclicas, pero su papel no está todavía completamente dilucidado. En el caso del procesamiento por ahumado, también se generan hidrocarburos aromáticos policíclicos de potencial carcinogénico (IARC, 2015). Los nitratos y nitritos que se emplean habitualmente en las carnes procesadas como conservantes alimentarios por su actividad antimicrobiana, pueden dar lugar a la formación de nitrosaminas. El hierro hemínico se comportaría como agente nitrosante y en presencia de agentes carcinogénicos como las nitrosaminas y nitrosamidas y sus precursores (nitritos, nitratos) favorecería la formación de compuestos N-nitrosos en el tracto gastrointestinal, contribuyendo a incrementar el riesgo de carcinoma colorrectal a través de efectos locales directos (Sociedad Española de Médicos de Atención Primaria, 2018). Por último, se aconseja limitar también el consumo de carnes rojas y de carne procesadas, ya que están vinculados a un mayor riesgo de muerte por enfermedades del corazón, diabetes y otras enfermedades (OMS, 2015). Esto es debido al alto contenido de grasas saturadas que pueden contener las carnes o los productos cárnicos, como así también presentando estos últimos con frecuencia un elevado contenido de sodio como resultado de su procesamiento.

Teniendo todo esto en cuenta, es necesario realizar una transición en los hábitos alimentarios para reducir la ingesta de carnes rojas o sus productos derivados y/o reemplazarlas con alimentos que contengan proteínas provenientes de otras fuentes, por ejemplo, proteínas vegetales (Aiking y col., 2018).

### **1.2.2. Consumo de carnes en Argentina**

En Argentina, la cultura alimentaria se encuentra fuertemente centrada en el consumo de carnes, fundamentalmente de vaca y desde el punto de vista antropológico, la comida argentina consiste en comer, en la mayoría de las comidas principales, carne con algún tipo de acompañamiento. Según la Cámara de Industria y Comercio de carnes y derivados de la República Argentina, en su Informe Económico Mensual - Documento N° 252, en lo que respecta al consumo aparente de carne vacuna por habitante, en enero de 2022 fue de 47,4 kg/año (tomando el promedio de los últimos doce meses) y resultó 3,5% inferior al promedio de un año atrás (-1,7 kg/hab/año). Comparando este consumo con las recomendaciones reportadas por la *WCRF* (16 Kg/habitante/año), se puede observar que existe un consumo excesivo de carnes rojas en la Argentina, incluso triplicando la ingesta anual recomendada. Si bien en los últimos 10 años se ha observado un progresivo descenso del consumo promedio de carne vacuna per cápita (Figura 2), aún nos encontramos lejos de

las recomendaciones realizadas por los organismos internacionales. Esta baja se debe fundamentalmente por un factor económico, ya que el precio de la carne (vacuna, principalmente) es muy alto (López, 2020). Esto crea un mercado propicio para la incorporación de otras opciones más económicas y saludables, que tratan de suplantar el consumo de carnes.



**Figura 2.** Consumo de carne vacuna por habitante - Enero 2022 (Fuente: CICCRA).

Respecto del consumo de hamburguesas o medallones de carne en nuestro país, se trata de una categoría comprada por el 50% de hogares y son los productos de mayor demanda en el mundo dentro de los alimentos congelados, principalmente en supermercados y autoservicios (Manzoni y Bernasconi, 2017), por lo que este tipo de matriz alimentaria constituiría una excelente alternativa para insertar en el mercado análogos o sustitutos similar carne como una opción para promover el descenso del consumo de carnes.

### 1.3. Cambios en los hábitos de consumo

Durante la última mitad del siglo comenzaron a modificarse significativamente los patrones de consumo de alimentos en todo el mundo y, la Argentina, como consumidora y más todavía, como gran productora de alimentos, no permaneció ajena a esos cambios. Actualmente, puede observarse la creciente gravitación de los consumidores interesados en cuidar su salud y el medio ambiente. Éstos, buscan productos naturales, sin aditivos ni conservantes, y van exigiendo a la industria agroalimentaria formas de producción éticas y sostenibles. Cuando se acerca la mirada al entramado de esta tendencia, puede verificarse que el movimiento vegetariano o “veggie” comprende varios tipos de consumidores, estos son los veganos, vegetarianos y flexitarianos (<https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/HomeAlimentos/Nutricion/documentos/Ten>

denciaVeg.pdf). Se considera veganos a aquellas personas que no utilizan ni consumen productos de origen animal (ni sus derivados) en la ropa (lana, seda, piel, cuero, etc), en los cosméticos o en la dieta. Los vegetarianos son aquellos que no consumen carnes ni pescado pero pueden llegar a consumir lácteos, huevos y miel (Bennasser Verger, 2019). En nuestro país, los vegetarianos representan el 5% según la Sociedad Argentina de Nutrición ([http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Nutricion/tendencias\\_consumo.php](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Nutricion/tendencias_consumo.php)), mientras que en el mundo, las poblaciones veganas y vegetarianas representan: entre el 2 y el 10% en los países europeos, el 3,5% en Estados Unidos y el 10% en Canadá. Existen otros países que, por razones culturales, albergan una población vegetariana más grande, como es el caso de India, donde esta población se estima en un 40% del total (Armanious y col., 2019).

Si bien, en nuestro país la población exclusivamente vegetariana y/o vegana no es tan grande, actualmente existe un creciente interés en la población en general en ir incorporando gradualmente en la dieta, proteínas vegetales para reducir el consumo de proteínas de la carne. En este sentido, ha comenzado a surgir un nuevo estilo de alimentación mixta denominada flexitariana. En un principio, los flexitarianos comprendían a aquellas personas vegetarianas que comían carnes ocasionalmente. Sin embargo, desde una perspectiva alternativa, este término también se ha comenzado a utilizar para aquellas personas omnívoras que quieren moderar el consumo de carnes, incorporando alimentos con proteínas de fuentes vegetales en su dieta (Aiking y col., 2018). Este cambio en los patrones de alimentación requiere nuevos productos que satisfagan las demandas de los consumidores de productos saludables, sabrosos y que reemplacen la función de la carne, aportando un alto valor proteico nutricional.

Teniendo en cuenta estas nuevas tendencias, la industria alimentaria ha comenzado a incursionar en el desarrollo de productos sustitutos de la carne, no sólo en cuanto al nivel de proteínas, sino que también resulten capaces de imitar algunas de sus propiedades como la textura, el sabor y color de la misma ([http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Nutricion/tendencias\\_consumo.php](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Nutricion/tendencias_consumo.php)). Dentro de las alternativas que existen hoy en día para reemplazar el consumo de carnes se encuentran (i) las que aprovechan los formatos cárnicos tradicionales (hamburguesas o *nuggets*, por ejemplo), en las que los ingredientes vegetales sustituyen a la carne sin ninguna intención de tener sabor o aspecto cárnico, (ii) las llamadas *carnes vegetales*, que no sólo se presentan en formato cárnico sino que también pretenden imitar el sabor y la textura de la carne, y (iii) las *carnes cultivadas* producidas mediante la

reproducción de células madre de diversos tipos extraídas de tejido muscular (Siddiqui y col., 2022).

### **1.3.1. Análogos de carne**

Los análogos de carne son productos fabricados para simular las cualidades estéticas (principalmente textura, sabor y apariencia) y/o características químicas de tipos específicos de carne. Es decir que un análogo de carne es un alimento hecho con ingredientes que no son de carne, y están disponibles en diferentes formas (Joshi y Kumar, 2015). El desarrollo de texturas y sabores aceptables para los análogos de la carne suele ser el mayor desafío para los productores de alimentos (Kyriakopoulou y col., 2019).

Los análogos de carne a base de plantas son el principal producto de carne alternativa en el mercado hoy en día (Armanious y col., 2019). Ingredientes tales como el gluten de trigo, las proteínas de soja, los hongos, el arroz y otras legumbres son procesados junto con otros aditivos, como saborizantes, para obtener un producto final similar a la carne (de cerdo, pollo, vacuna, etc.) (Kyriakopoulou y col., 2019).

#### **1.3.1.1. Componentes de los análogos de carne**

Para comprender el efecto de los ingredientes en las características sensoriales de los análogos de carne, se debe tener en cuenta la funcionalidad y el propósito de los mismos en la receta. Según Egbert y Borders (2006), un análogo de carne contiene agua (50 - 80%), proteínas vegetales texturizadas (10 - 25%), proteínas no texturizadas (4 - 20%), saborizantes (3 - 10%), grasas (0 - 15%), agentes aglutinantes (1 - 5%) y colorantes (0 - 0,5%). Una adecuada combinación de los mismos contribuye a producir análogos que se acepten en términos de atributos sensoriales.

A continuación, se describirán las funcionalidades y características de los principales ingredientes utilizados en la formulación objeto de estudio.

- ***Agua***

Un alto contenido de agua no sólo reduce los costos del producto, también proporciona jugosidad, actúa como plastificante durante el procesamiento y ayuda a la emulsificación de los ingredientes (Kyriakopoulou y col., 2019).

- ***Proteínas vegetales texturizadas (PVT)***

Las PVT cobran impulso como ingredientes claves en la carne alternativa. Las principales fuentes de PVT son las proteínas de soja, trigo y guisantes (arvejas) que se utilizan principalmente en análogos de carne. Los PVT están disponibles como extruidos/texturizados de baja (LM-PVT) y alta humedad (HM-PVT) que son diferentes en estructura, forma, almacenamiento y funcionalidad. Los avances en las tecnologías de

texturización y el auge de nuevas fuentes de proteínas están impulsando el desarrollo de PVT con funcionalidades mejoradas para satisfacer las necesidades y expectativas de los consumidores (en términos de sabor, textura, nutrición y precio), y así expandir su uso para imitar productos de origen animal (Baune y col, 2022).

Las propiedades funcionales de las proteínas, como la capacidad de retención de agua y aceite, solubilidad, capacidad emulsionante, gelificante y de formación de espumas, entre otras, son esenciales para la formación de estructuras análogas a la carne. Sin embargo, estas funcionalidades dependen del tipo de proteína (composición química, secuencia de aminoácidos, estructura de orden secundario y superior). Por otro lado, factores ambientales como el pH, la temperatura, la fuerza iónica, etc. pueden alterar la estructura de la proteína y por tanto su funcionalidad. (Kyriakopoulou y col., 2019).

Las proteínas vegetales más utilizadas en la elaboración de análogos de carne actualmente son:

***a- Proteína de soja texturizada (PST)***

Una de las legumbres más utilizadas para obtener texturizados de proteínas vegetales es la soja, que generalmente contiene 35-40% de proteínas, 15-20% de grasas, 30% de carbohidratos y 10-30% de humedad. Además, también es rica en fibras, hierro (Fe), calcio (Ca), zinc (Zn) y vitaminas del grupo B. A su vez, contiene la mayor proporción de proteínas en comparación con otros granos o leguminosas (Asgar y col., 2010).

El término genérico, “proteína de soja texturizada” (PST), generalmente hace referencia a harinas de soja desgrasadas o concentrados de proteínas de soja que son procesados mecánicamente por extrusoras para obtener texturas masticables similares a la carne cuando se hidratan y cocinan. Es decir que, al hidratarse, las proteínas vegetales texturizadas proporcionan una textura similar a la carne que contribuye a la sensación en la boca (Asgar y col., 2010). Estas proteínas texturizadas pretenden simular las características que aportan ternura a la carne, determinada fundamentalmente por el entramado entre las fibras musculares y el tejido conectivo, compuesto principalmente de colágeno (Fundación Española de la Nutrición, 2001). Están compuestas principalmente por  $\beta$ -conglucina y glicina. Además, al ser una fuente rica de lisina, se utilizan para complementar las proteínas de cereales, que generalmente tienen ese aminoácido esencial como limitante. Presentan excelentes propiedades funcionales para el diseño de matrices alimentarias ya que son capaces de estabilizar espumas y emulsiones, absorber agua y formar geles, interactuar con lípidos para desarrollar nuevas texturas, entre otras (Asgar y col., 2010).

Kumar y col. (2011) prepararon albóndigas a base de soja texturizada tratando de imitar y comparar con otras de pollo. Si bien lograron obtener análogos con menores pérdidas por cocción y menor porcentaje de grasa, las puntuaciones obtenidas con un panel sensorial entrenado en los atributos de calidad y aceptabilidad por consumidores, fueron significativamente mayores en las albóndigas de pollo. También se observaron diferencias en los parámetros de textura instrumental.

En otros trabajos del mismo grupo de investigación de Kumar (2011b y 2012), trataron de mejorar la formulación de los análogos de carne mediante la evaluación del reemplazo de una parte de la proporción de proteínas de soja texturizadas por (i) distintas concentraciones de hongos, donde se logró mejorar el sabor y la aceptabilidad y (ii) proteínas de gluten, que mejoraron la textura y algunos atributos sensoriales. Esto indica, que no solamente la PST va ejercer por sí sola todas las funciones que se esperan encontrar en un análogo de carne, sino que hacen falta otros ingredientes que contribuyan al *flavor* y textura propios de los productos cárnicos.

#### ***b- Proteína de arveja texturizada (PAT)***

La PAT es una fuente de proteínas más económica que la carne con un alto nivel de retención de agua (300%, aproximadamente). Puede ser utilizadas para sustituir parcialmente la carne (extensores cárnicos) o sustitución total de la carne (análogo cárnico) para productos vegetarianos.

Perera y col. (2011), lograron obtener análogos de carne molida (ACM) y análogos de músculos cárnicos (AMC) a partir de proteína de arveja texturizada con alta concentración de proteínas (74%), poca grasa (6%) y con textura carnosa y flavor neutro. Luego de la cocción a 95°C durante 1,5 horas, tanto ACM como AMC retuvieron la textura carnosa sin desintegrarse y la capacidad de ligar agua aumentó a 3,6 y 2,5 veces, respectivamente, resultando en una mayor sensación jugosa en boca. Las albóndigas hechas con ACM tuvieron buena adherencia, humedad al cocinar y mostraron mejores rendimientos por cocción (98%) comparadas con el control con 80% de carne de res molida (70,3%). Nutricionalmente, una porción (85g) de las albóndigas preparadas con ACM aportaban menos calorías, más proteína y menor cantidad de grasa comparadas con las preparadas con carne de res. Las hamburguesas vegetarianas realizadas con proteína de arveja texturizada también mostraron mejor rendimiento por cocción y una textura más jugosa comparada con hamburguesas de carne (80% magras).

- ***Proteínas no texturizadas - Gluten de Trigo (Seitán)***

El gluten comprende una fracción proteica que se encuentra en el endospermo del grano de ciertos cereales tales como el trigo, la avena, el centeno y la cebada. Las proteínas del gluten

representan alrededor del 80% de las proteínas del grano y son insolubles en agua. El gluten de trigo posee propiedades únicas entre los cereales y otras proteínas vegetales ya que es capaz de formar masas cohesivas con propiedades viscoelásticas a través de la formación de una red de gluten durante el amasado. Las proteínas del gluten de trigo se denominan gliadinas (prolaminas) y gluteninas (glutelinas). Las gliadinas son proteínas monoméricas con enlaces disulfuro intramoleculares con pesos moleculares bajos o medios. Las gluteninas, en cambio, están formadas por proteínas de alto peso molecular. Durante el amasado, las proteínas del gluten interaccionan entre ellas a través de la creación de puentes disulfuro covalentes, que resultan de la oxidación de los grupos sulfhidrilo libres, formando una red elástica. Las gluteninas aportan elasticidad y determinan la fuerza de la masa, mientras que las gliadinas, al ser más pequeñas y al estar menos fuertemente ligadas facilitan la hidratación, la fluidez y la expansión de la masa, actuando como plastificantes (Letang y col., 1999). Cuando el gluten de trigo se calienta a más de 85 °C, la masa de gluten hidratada se coagula irreversiblemente sin perder su ordenamiento estructural único, produciendo un gel firme, no pegajoso, húmedo y muy resistente conocido con el nombre de Seitán (Asgar y col., 2010).

Chiang y col. (2019) estudiaron las propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales de extruidos de análogos de carne, variando la proporción de concentrado de proteína de soja y de gluten de trigo. En base a sus resultados, lograron establecer que las proteínas del gluten de trigo juegan un papel importante al aportar fibrosidad a la matriz alimentaria, junto con el proceso de extrusión.

- ***Grasa o aceite***

La mayoría de los análogos de carne disponibles en el mercado son bajos en grasas. Sin embargo, la adición de grasa o aceite vegetal en una receta de análogos de carne tiene sus ventajas, ya que puede contribuir a la jugosidad, ternura y liberación de sabor, que son atributos importantes para los consumidores de productos cárnicos. La adición de grasa / aceite se considera esencial, ya que puede realzar el sabor de los análogos de la carne al retener sus componentes de sabor volátiles (Kyriakopoulou y col., 2019).

- ***Agentes de unión***

Dependiendo de las cantidades añadidas, algunos ingredientes pueden actuar tanto como aglutinantes o como extensores. Los ingredientes ricos en proteínas tienen como función principal la retención de agua y la formación de redes proteicas para aportar estructura y textura a los análogos de carne, mientras que los ingredientes con niveles bajos o nulos de proteínas como las harinas y los almidones suelen utilizarse más como agentes de relleno o aglutinantes a pesar de que también tienen capacidad de retención de agua y grasas.

Entre las harinas utilizadas como agentes de unión tenemos la harina de arroz, la cual es definida en el CAA (CAPÍTULO IX, Artículo 696) como el producto de la molienda del grano limpio y sano, libre de sus envolturas celulósicas, del *Oriza sativa* L. en sus distintas variedades. Debido a que el componente principal es el almidón, presenta capacidad de absorción y solubilidad en agua (Reimundo Díaz, 2017).

Por otra parte, en nuestro país se comercializan diferentes tipos de Harinas de Algarroba (HA), siendo las mayoritarias HA blanca (*Prosopis alba*) y HA negra (*Prosopis nigra*), ambas pertenecientes a la familia de las leguminosas ([https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ficha\\_algarroba\\_2019.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ficha_algarroba_2019.pdf)). La mayor diferencia, aparte del color, se debe al contenido de carbohidratos, que es mayor en la HA negra, lo que hace que tenga un sabor más dulce y pueda utilizarse en preparaciones como sustituto del cacao (Miranda y col., 2017). La HA constituye un buen complemento nutricional, ya que no es deficiente en lisina ni en aminoácidos azufrados. Además, el contenido de lípidos es de 7%, con mayor proporción de ácido palmítico, oleico y linoleico. Aporta minerales como K, Fe, Zn, Ca y Na y posee alto contenido en fibra dietaria (20-45 g /100 g) (Miranda y col., 2017). En nuestro trabajo nos brindaría un buen aporte de nutrientes y la particularidad de su color, el cual nos permitiría asimilar visualmente una hamburguesa de carne.

La avena (*Avena sativa* L.), también ha sido tradicionalmente utilizada como recurso alimenticio por su riqueza proteica. Este cereal cuenta con gran variedad de hidratos de carbono (elevado porcentaje de almidón), lípidos (principalmente grasas no saturadas y ácido linoleico) y gran cantidad de vitaminas, minerales, oligoelementos y fibra. Su alto contenido de almidón, le permite a la avena absorber agua provocando un hinchamiento de su estructura, lo cual genera una mezcla con carácter viscoso y aporta textura a la matriz que la contiene (Recinos Ortiz, 2013).

Dentro del grupo de los polisacáridos no almidón, la goma xántica, se sugiere para su uso en productos análogos de la carne como espesante, aglutinante y gelificante. Esta goma es un exopolisacárido producido por la bacteria *Xantomonas campestris*. Es completamente soluble en agua fría o caliente y aumenta la viscosidad a bajas concentraciones. Además, posee una excelente estabilidad frente al calor y al pH, pues la viscosidad de sus soluciones no cambia entre 0 y 100°C y en rangos de pH de 1 a 13 (Pasquel, 2001), y es resistente a la degradación enzimática (Ospina y col., 2012). Entre sus diversos usos en la industria alimentaria, es utilizada debido a sus propiedades como agente emulsificante, su capacidad de retención de agua, y sus propiedades de adhesión y formación de películas (Vazquez Chavez, 2021).

- ***Resaltadores de sabor y colorantes***

Generalmente, en las carnes se suele valorar el aroma y el sabor de forma simultánea a través de un parámetro denominado *flavor*. El *flavor* básico de las carnes, que es común a todas las especies, se debe principalmente a los compuestos hidrosolubles (azúcares, aminoácidos y nucleótidos) presentes en el músculo. Por su parte, el *flavor* específico de la carne de cada especie viene determinado por los compuestos liposolubles presentes en la grasa. Durante el cocinado de la carne se producen transformaciones en todos estos compuestos y se generan productos nuevos, que dan el color y el *flavor* característico de la carne cocinada (Fundación Española de la Nutrición, 2001). Los compuestos de sabor en la carne cocida son producidos por descomposición compleja, oxidación, reducción y otras reacciones químicas. En la actualidad, más de 1.000 compuestos volátiles han sido identificados a partir de estas reacciones (Cui y col., 2011).

Los ingredientes de sabor específicos se agregan a los productos análogos a la carne en forma de condimentos y especias, al igual que en la mayoría de los alimentos procesados y preparados (Boherer, 2019).

De esta manera, resultan importantes los ingredientes que ayudan a imitar el *flavor* cárnico en los análogos, para lo cual se pueden usar saborizantes químicos o naturales. En el caso de los componentes naturales, los hongos shiitake (*Lentinula edodes*), son muy utilizados para realzar el sabor umami (típico en las carnes) en las comidas preparadas, ya que aportan un sabor intenso, un poco ahumado y anisado, debido a que son ricos en glutamato monosódico. Éste es un aminoácido natural presente en casi todos los alimentos, especialmente en los proteicos, como las carnes (Arreaga y Torres, 2016). La sal de mesa (cloruro de sodio) se toma como referencia del sabor salado y a diferencia de otras sales, incrementa la salivación y la percepción del dulzor, además, enmascara o disminuye sabores metálicos y amargos. La sal es ampliamente utilizada en la industria para la elaboración de productos que intensifiquen el sabor (Sorroza Rojas y col., 2019).

También resulta importante para el sabor, las especias agregadas a la formulación. Las especias o condimentos son vegetales que contienen sustancias aromáticas, sápidas o excitantes. Se emplean para aderezar y mejorar el aroma y el sabor de los alimentos (<http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/revista/ediciones/14/Especias.Pdf>).

Por otra parte, el color y los cambios de color son un atributo importante de la carne. Por lo tanto, un análogo de la carne debe tener un color similar al de la carne. Es por eso que los colorantes son un aditivo importante, especialmente debido a que los ingredientes proteicos utilizados, por ejemplo, la proteína de soja y el gluten, tienen originalmente un color beige o amarillo-marrón, que es más brillante que el color marrón de carne cocida y

muy diferente del color rojo de la carne cruda (Kyriakopoulou y col., 2019). En el caso de la carne, el color rojo se debe a la presencia del pigmento mioglobina, que es una proteína que contiene un grupo hemínico con un átomo de hierro, encargada de transportar oxígeno al músculo del animal (Fundación Española de la Nutrición, 2001). Para simular el color de la carne se pueden utilizar pigmentos naturales en la formulación, por ejemplo provenientes de la remolacha (*Beta bulgaris*) y de la HA (*Prosopis nigra*). El pigmento de la remolacha que se encuentra en la raíz, confiere un color rojo/violáceo característico llamado Betania o betacianina (Alvarez y Beliz, 2015) y se ha estudiado su utilización en diferentes análogos de carnes con resultados muy satisfactorios (Hamilton y Ewing, 2000; Kyed y Rusconi, 2009; Rolan y col., 2008). Por su parte, la HA, al tener un color parecido al cacao, también constituye un ingrediente apropiado para tratar de llegar a imitar el color de los productos cárnicos a partir de su mezcla con el color rojo/violáceo de la remolacha.

- **Agentes de enriquecimiento y fortificación**

La Inulina (INU) es un carbohidrato no digerible que está presente en muchos vegetales, frutas y cereales. A nivel industrial se extrae de la raíz de la achicoria (*Cychorium intybus*) y se utiliza ampliamente como ingrediente en alimentos funcionales (Madrigal y Sangronis, 2007). Se encuentra identificada con el grupo de los prebióticos. Como prebiótico se entiende el ingrediente alimentario, o parte de él (no digerible) que posee un efecto benéfico para el organismo receptor, estimulando el crecimiento selectivo y/o actividad de una o de un número limitado de bacterias en el colon y que confiere beneficios para su salud (Artículo 1390, Cap. XVII, CAA). Su comportamiento como prebiótico está definido por su capacidad selectiva de estimular el crecimiento de un grupo de bacterias en el colon (bifidobacterias y lactobacilos), con la consecuente disminución de otras especies que pueden ser perjudiciales (ejemplo: *Escherichia coli* y bacterias de la especie *Clostridium spp.*). Entre otras propiedades beneficiosas a la salud, se mencionan: el refuerzo de las funciones inmunológicas (ante cáncer o tumores), el aumento de la biodisponibilidad de minerales, la mejora del metabolismo de las grasas y de la respuesta glicémica (Madrigal y Sangronis, 2007).

Para que se generen los efectos beneficiosos de la INU en el ser humano (funciones prebióticas, efectos beneficiosos contra enfermedades, etcétera), la European Food Safety Authority (EFSA) recomienda, un consumo de 12 gramos diarios. Sin embargo, en la mayoría de los países, incluyendo Argentina, los consumidores no cumplen con la cantidad recomendada. Al contrario, las costumbres de las distintas sociedades llevan a una dieta pobre tanto en INU como en cualquier otro tipo de fibra (Danelotti-Miklic, 2018).

Por otro lado, se ha comprobado que la INU, además de su efecto prebiótico y alta resistencia térmica, actúa como un buen sustituto de la grasa (Alaei et al., 2018).

En cuanto a las aplicaciones tecnológicas de la INU en la industria alimentaria, podemos destacar su utilización actuando como espesante, emulsionante, gelificante, sustituto de azúcares y grasas; y a nivel nutricional, por su función prebiótica y como fuente de fibra soluble. Estos dos grupos de funciones suelen utilizarse en conjunto para brindar calidad organoléptica al producto y también mejorar sus valores nutricionales (Danelotti y Miklic, 2018). Licardie Jerez (2012) estudió el efecto de dos porcentajes de INU (5 y 10%), como fuente de fibra, en las propiedades físicas, microbiológicas y sensoriales en una salchicha frankfurter de pollo reducida en grasa. Como resultado, se observó que la reducción en grasa y la adición de 5% de INU ayudan a mejorar el rendimiento de cocción en las salchichas frankfurter de pollo. La adición de INU en ambos porcentajes no influyó en los conteos microbiológicos del producto y en la aceptación de la salchicha frankfurter de pollo. Danelotti y Miklic (2018) desarrollaron bocaditos de espinaca fortificados con INU, donde confirmaron que esta fibra queda presente en el producto, una vez llevado a cocción en el horno.

Por otra parte, la adición de vitamina B12 (Vit B12) o cobalamina resulta indispensable en productos destinados para consumo de personas veganas, ya que su déficit puede provocar anemia macrocítica megaloblástica y trastornos neuro-psiquiátricos. La Vit B12 es necesaria para la maduración normal de las células de la sangre y para la síntesis de esfingomielinas de la vaina de mielina del tejido nervioso (Arasanz et al., 2009). Es un micronutriente complejo soluble en agua, disponible principalmente en proteínas de origen animal, no estando disponible en alimentos de origen vegetal. Existen recomendaciones internacionales y nacionales de suplementación de vitamina B12 tanto a adultos como niños que siguen una dieta vegana, con estimación de requerimientos según edad. Distintas entidades americanas fijan un único valor para adultos en 2.4 µg/día (Cabral y Catenaccio, 2022).

### **1.3.2. Perspectiva de mercado de análogos de carne**

El auge de la industria *foodtech* es mundial. Varios países de Europa junto con Estados Unidos se encuentran entre los primeros actores en la innovación e investigación de productos análogos de la carne (Askew, 2017; Sheetanshu, 2016). En Estados Unidos existen dos empresas, *Impossible Foods*® y *Beyond Meat*®, que lanzaron sus hamburguesas vegetarianas con tecnología aplicada para recrear el sabor de la carne al mismo tiempo que las hamburguesas desarrolladas han alcanzado características de color y textura similar a

la carne. En sucursales de Burger King de Estados Unidos ya es posible adquirir la *Impossible Whooper* y los restaurantes KFC sumaron el *Beyond Fried Chicken* (Armanius y col., 2019). En el caso de *Impossible Foods*® para su hamburguesa análoga utiliza una tecnología que le permite producir una proteína hemínica de origen vegetal a través de la fermentación de levaduras genéticamente modificadas. La compañía toma ADN de plantas de soja (el gen que codifica una proteína hemínica llamada leghemoglobina) y lo inserta en levaduras para producir leghemoglobina de manera recombinante. Las proteínas (vegetales y recombinantes), las grasas y los agentes aglutinantes se procesan juntos por extrusión para obtener el producto final. La compañía utiliza la soja y la papa como fuente de proteínas, la leghemoglobina recombinante para dar color y sabor, el aceite de coco y el aceite de girasol como fuente lipídica, la metilcelulosa como agente aglutinante y leche en polvo (Armanius y col., 2019). Sin embargo, la tecnología que utiliza encarece bastante el precio del producto, además contiene en su formulación un alto contenido de sodio, agregado de leche en polvo (no es 100% vegetal) y un elevado contenido de grasas saturadas, incluso superiores a los de una hamburguesa tradicional de carne roja (Firth, 2018).

La compañía *Beyond Meat*® mediante la tecnología de extrusión, produce análogos cárnicos tales como hamburguesas, salchichas, carne molida. Los ingredientes que contienen son proteínas de arveja, de arroz y de frijoles, aceite de coco refinado junto con otros extractos de plantas como el extracto de jugo de remolacha (para el color), concentrado de jugo de limón y extracto de manzana (Armanius y col., 2019). Estas formulaciones, si bien son aptas para veganos, tienen la desventaja de contener aceite de coco refinado el cual constituye una fuente de grasas saturadas. Por otra parte, los productos que ofrece esta compañía también tienen un costo elevado.

La empresa chilena NotCo® también ha lanzado al mercado su versión de esta hamburguesa *plant-based* utilizando proteínas texturizadas de soja y aceite de coco como fuente lipídica. Por su parte, en Argentina, la empresa rosarina *Frizata*®, desarrolló una versión de un análogo de hamburguesa llamada *FriBurger*®, la cual contiene en su formulación proteínas de soja y huevo (para la textura), especias, cebolla, sal, azúcar, leche y sabores vegetales (para el sabor), fibras vegetales (papa, *Psyllium*, manzana, trigo) y harina, que unen los ingredientes, y remolacha con la cual se obtiene el color rosado (<http://friburger.com.ar>). Sin embargo, al contener huevo y leche no es 100 % vegetal por lo cual no es un producto apto para veganos. Uno de los puntos a favor de este desarrollo es que el precio al público de su producto es accesible, en comparación con productos similares importados desarrollados en otros países (Barrero, 2020).

Otra de las empresas argentinas que ha desarrollado una hamburguesa símil carne denominada *Karnevil*<sup>®</sup> (*Felices las Vacas*<sup>®</sup>), en cuya formulación utilizaron, entre otros ingredientes, proteínas de arveja para darle textura y aceite de coco en la fracción lipídica. *Ergo BioScience* es una startup argentina de base biotecnológica abocada al desarrollo y producción de ingredientes alimenticios y alimentos de origen vegetal. Mediante herramientas de ingeniería genética lograron expresar proteínas animales en células vegetales de zanahoria en suspensión para la formulación de alimentos de origen vegetal. Una de estas proteínas obtenidas por Ergo Bioscience es la mioglobina, capaz de dar el color rojo y que también participa en la formación del sabor y aroma que asociamos con la carne asada. Estas proteínas obtenidas en grandes volúmenes se pueden mezclar finalmente con otros ingredientes vegetales como proteínas de soja, proteínas de guisante, aceite de coco, fibras, etc. creando alimentos de origen vegetal, con un sabor indistinguible y extraordinariamente similar a un derivado de animales, y de una manera ultra-sustentable. Sin embargo, sigue siendo aún un tema de discusión ética para los consumidores el hecho de consumir alimento con el cual se obtuvo por ingeniería genética alguno de sus ingredientes, por lo que es difícil saber el grado de aceptación que puede tener un producto de estas características en el mercado.

### **1.3.3. Ley N°27642 de Promoción de la Alimentación Saludable**

En el año 2022 se reglamentó en nuestro país la Ley N° 27642 de Promoción de la Alimentación Saludable, también es conocida popularmente como Ley de Etiquetado Frontal. Esta ley es importante porque ayuda a la población a adoptar una alimentación saludable a través de un Etiquetado Frontal de advertencias que informa de manera sencilla, clara y sobre todo no engañosa, lo que cada persona elige comprar y consumir. Además, permite regular la publicidad dirigida a niños, niñas y adolescentes, así como la promoción y el patrocinio de productos que contengan uno o más sellos. Es una medida de salud pública que permite limitar la oferta de los productos que contengan al menos un sello de advertencia en su envase en instituciones educativas y en las compras públicas de los organismos nacionales de gobierno. Por otro lado, promueve la inclusión de educación alimentaria nutricional en las escuelas para contribuir al desarrollo de hábitos de alimentación saludable y advertir sobre los posibles efectos nocivos de una alimentación poco saludable (<https://www.argentina.gob.ar/salud/ley-de-promocion-de-la-alimentacion-saludable>, 2023).

Esta ley obliga a aquellos productos altos en azúcares, grasas saturadas, grasas totales y sodio a incluir en el frente de su envase un sello octogonal color negro que advierte al

consumidor de dicho exceso. Además, la ley incluye otra serie de limitaciones para la comercialización y comunicación de aquellos productos que contengan sellos (Stamboulia, 2022). En la figura 3, se observan los sellos octogonales y leyendas de advertencia que deben utilizarse en los envases de los productos que excedan los nutrientes críticos.



**Figura 3.** Sellos octogonales y leyendas de advertencia de la Ley N° 27642.

En base a los estudios exploratorios realizados por Stamboulia (2022), en Argentina, 2 de cada 3 personas cambian sus hábitos de compra frente a productos con más sellos de los que esperarían. El 49% abandona la compra con 1 a 3 sellos. En cuanto a la actitud frente a encontrarse con más sellos de los esperado en un producto, la primera opción es cambiar por otra marca con menos sellos (41,6%), la segunda opción es cambiar por otra categoría con menos sellos (24%), la tercera opción es seguir comprando el producto (17,3%) y la última opción es seguir comprándolo solo si fuera más barato o estuviera en oferta (17,2%). Todos estos resultados se obtuvieron en base a entrevistas con informantes-clave pertenecientes a cada grupo de actores involucrados, así como también información secundaria como encuestas masivas a consumidores, informes sobre lo ocurrido en otros países, tendencias y análisis de lo que está ocurriendo en la industria argentina.

#### **1.4. Atributos de calidad de los medallones análogos de carne formulados**

La calidad de los alimentos es el conjunto de cualidades que hacen aceptables los alimentos a los consumidores. Puede definirse en función de un gran número de criterios, incluyendo sus características físicas, químicas, microbiológicas, sensoriales y nutricionales que en conjunto determinarán su aceptación por parte de los consumidores (Tamime y Robinson, 1991).

### 1.4.1. Composición fisicoquímica

Desde el punto de vista físico-químico, los alimentos se componen principalmente de compuestos orgánicos: hidratos de carbono, lípidos y proteínas y también de otros inorgánicos como es el agua, o los metales (Gallego Picó, 2012). La información nutricional de la que son parte los macro y micro-nutrientes nos sirve, por lo tanto, no sólo para limitar el consumo de determinados nutrientes que, ingeridos en exceso pueden ser perjudiciales para nuestra salud, sino también para consumir mayores cantidades de aquéllos que la favorecen. En el Código Alimentario Argentino (Capítulo V, "Normas para la Rotulación y Publicidad de los Alimentos") se encuentra la información que debe aparecer obligatoriamente en los rótulos y la forma en que debe presentarse. Entre lo que se debe informar se encuentra la información nutricional. Esto le aporta una herramienta vital al consumidor para que elija en forma consciente los alimentos y, a su vez, le otorga un mayor poder de decisión en el momento de la compra.

### 1.4.2. Análisis sensorial

El análisis sensorial puede definirse como el método científico utilizado para evocar, medir, analizar e interpretar las respuestas a los productos que son percibidas por los sentidos de la vista, el olfato, el tacto, el gusto y el oído. Surge como la disciplina para medir la calidad de los alimentos, conocer la opinión y mejorar la aceptación de los productos por parte del consumidor. La evaluación sensorial no solamente se tiene en cuenta para el mejoramiento y optimización de los productos alimenticios existentes, sino también para realizar investigaciones en la elaboración e innovación de nuevos productos, en el aseguramiento de la calidad y para su promoción y venta (marketing) (Lotufo Haddad, 2019).

De acuerdo a la finalidad del ensayo, las pruebas sensoriales pueden clasificarse en pruebas discriminativas, descriptivas y afectivas:

- Las *pruebas discriminativas* son aquellas en que se desea establecer si hay diferencia o no entre dos o más muestras y, en algunos casos, la magnitud o importancia de esa diferencia.
- En las *pruebas descriptivas* se trata de definir las propiedades del alimento y medirlas de la manera más objetiva posible. Se busca conocer cuál es la magnitud o intensidad de los atributos del alimento. Los resultados comprenden una descripción completa de los productos. Sin embargo son más difíciles de realizar, ya que el entrenamiento de los jueces debe ser intenso y la interpretación de resultados es ligeramente más laboriosa que en otros tipos de pruebas.
- Las *pruebas afectivas* tienen como principal propósito evaluar la respuesta (reacción, preferencia o aceptación) de consumidores reales o potenciales de un producto, idea o

característica específica de un alimento. Es decir, son aquellas en las cuales el evaluador expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro (Lotufo Haddad, 2019).

### 1.4.3. Perfil de textura instrumental y ensayo de Kramer

La textura se puede medir tanto sensorial como instrumentalmente. Las mediciones instrumentales de textura pueden dividirse en 2 categorías: ensayos empíricos y ensayos imitativos. Los primeros se utilizan para medir propiedades físicas de los alimentos (penetrómetros, viscosímetros, compresores), mientras que los segundos tratan de imitar los mecanismos involucrados durante el procesamiento del alimento durante su consumo, como la masticación (Bourne, 1982). Uno de los ensayos imitativos más conocidos es el texturómetro de alimentos y el método se denomina Análisis de Perfil de Textura (APT). El APT imita la acción de masticación de los dientes.

Cuando un alimento se comprime se obtiene una curva de fuerza en función del tiempo, a partir de la cual pueden determinarse distintos parámetros relacionados con la textura, tales como: dureza, cohesividad, elasticidad, adhesividad, gomosidad, masticabilidad. En la Tabla 1 se definen estos parámetros mecánicos texturales (Szczesniak, 2002) y la figura 4 muestra un diagrama típico obtenido en un APT.

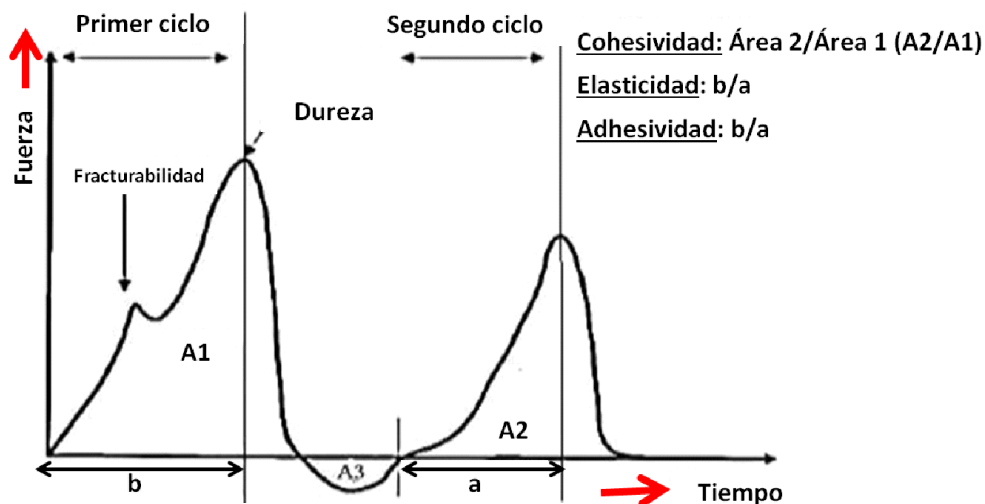


Figura 4. Diagrama típico obtenido en un APT (Fuente: Barbosa, 2023).

**Tabla 1.** Definición de las propiedades mecánicas de textura (Fuente: Borda, 2011).

<b>PARÁMETRO</b>	<b>Descripción física</b>	<b>Descripción Gráfica</b>
<b>Dureza</b>	Propiedad relativa a la fuerza requerida para deformar el alimento o para hacer penetrar un objeto (cuchara, cuchillo) en él. En la boca se percibe al comprimir los productos sólidos entre los dientes o los semisólidos entre la lengua y el paladar.	Fuerza máxima ejercida en el primer ciclo
<b>Cohesividad</b>	Propiedad relativa al grado de deformación de un producto antes de romperse. Sensorialmente relacionada con el grado en que una sustancia es comprimida entre los dientes o dedos antes de romperse. Visualmente se asocia al auto-sostén de la estructura.	Área 2 / Área 1
<b>Elasticidad</b>	Propiedad relacionada con la rapidez de recuperación de la deformación producida al aplicar una fuerza y el grado de dicha recuperación al eliminarla. Sensorialmente relacionada con el grado en que una sustancia recupera su forma inicial luego de ser comprimida con los dientes o estirada con los dedos.	Distancia 2 / Distancia 1
<b>Gomosidad</b>	Propiedad relativa a la cohesión de un producto blando. La sensación bucal está relacionada con el esfuerzo requerido para reducir el producto al estado necesario para su deglución. Deriva de dureza y cohesividad. Asociado a la pastosidad/harinosidad.	Dureza*Cohesividad
<b>Masticabilidad</b>	Propiedad relacionada con la cohesión y con el tiempo necesario o el número de masticaciones requeridas para dejar un producto sólido en condiciones para su deglución. Relacionada con los parámetros de dureza, cohesividad y elasticidad. Asociado a la terneza/fibrosidad.	Dureza*Elasticidad* Cohesividad

Otro instrumento utilizado para el análisis de textura es el desarrollado por la Universidad de Maryland llamado Prensa de Cizallamiento de Kramer (Kramer, 1951). El mismo consiste en una celda que contiene un juego de láminas de 1/8 pulgadas de espesor, que se mueve de forma vertical por unas ranuras en donde se coloca la muestra a ensayar. Por lo general se mide la “fuerza máxima de cizallamiento”, aunque en este ensayo se produce una combinación de compresión, extrusión y cizallamiento de la muestra (Murgueytio, 2015).

#### **1.4.4. Ensayos microbiológicos**

Las enfermedades transmitidas por alimentos son el resultado de una amplia variedad de productos comestibles contaminados por microorganismos patógenos, toxinas o sustancias químicas. La prevención de las enfermedades de transmisión alimentaria depende de la manipulación cuidadosa de los productos crudos y de los productos terminados en la cadena de producción. Son múltiples los factores que contribuyen a los brotes de intoxicaciones, debidos a la ingestión de estos, donde se destacan varios factores, como la refrigeración inadecuada, la preparación de los alimentos con mucho tiempo de antelación al servicio, la cocción y el recalentamiento inapropiado. Además, influye el inadecuado aseo de los manipuladores, la obtención de alimentos a partir de fuentes contaminadas, la limpieza y la desinfección inadecuada de equipos y materiales empleados en la preparación de los alimentos y, finalmente, la localización de expendio en sitios inapropiados (Bayona, 2009).

La tecnología de extrusión de alta humedad ofrece proteínas vegetales que pueden imitar los atributos sensoriales y las propiedades de textura de las carnes. Sin embargo, los análogos de carne producidos a partir de la extrusora deben someterse a un procesamiento secundario para agregar aditivos alimentarios, como saborizantes y aditivos de color, antes de que posean propiedades que sean muy similares a los productos de carne animal. Esto requiere que no ocurran riesgos microbiológicos en los análogos de la carne antes del procesamiento secundario. Además, debido al alto contenido de humedad y proteína en los productos finales, los análogos de la carne se contaminan fácilmente durante el almacenamiento, lo que provoca problemas de seguridad y calidad de los alimentos, lo que lleva a un aumento de la pérdida y el desperdicio de alimentos. Por lo tanto, el análogo de la carne debe conservarse adecuadamente para producir las características del producto final que coincidan con las expectativas de los consumidores y para reducir el riesgo de contaminación microbiológica y, finalmente, evitar el desperdicio de alimentos (Wang, 2022).

## **1.5. Propuesta de investigación para una nueva formulación**

En Argentina, los supermercados y dietéticas ofrecen una gran diversidad de medallones vegetarianos o veganos a base de lentejas, quínoa, acelga, soja, arroz, pero que no simulan ni la textura ni el sabor de las hamburguesas de carne. Además, la mayoría de estos productos no tienen buena cohesividad durante la cocción a la plancha o al horno, y se desarman fácilmente al intentar dar vuelta o servir los medallones.

Si bien algunas empresas nacionales han comenzado a incursionar en el desarrollo de medallones símil carne, aún existe un nicho de mercado con posibilidad de ser explotado, ya que los productos que han salido a la venta no son 100% veganos – en el caso de Friburguer – o contienen grasas saturadas en su composición (como Karnevil de Felices las Vacas).

En base a la revisión bibliográfica analizada, se puede ver que aún queda mucho camino para lograr obtener análogos de carne que presenten características sensoriales y texturales similares a la carne, buscando nuevas alternativas en la formulación de los alimentos.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo General

- Diseñar un medallón vegano, a base de gluten de trigo y texturizado de arveja, como análogo de carne, enriquecido en Vit B12 y adicionado con INU.

### 2.2. Objetivos específicos

- Poner a punto un protocolo de elaboración para medallones veganos símil carne.
- Formular medallones veganos enriquecidos en Vit B12 variando la concentración de INU y HA.
- Describir los cambios en las características de cocción de los productos obtenidos.
- Determinar los parámetros de textura en forma instrumental de las formulaciones obtenidas.
- Caracterizar sensorialmente las muestras con un panel de evaluadores entrenados.
- Elegir una formulación óptima (de acuerdo con las respuestas físicas, sensoriales y texturales obtenidas) y determinar la composición química teórica sobre la misma (incluyendo el contenido de Vit B12).
- Realizar recuentos de aerobios mesófilos totales, mohos y levaduras, coliformes totales y *E. coli*, sobre el medallón crudo de la formulación elegida durante los 3 meses posteriores a su elaboración.

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Materiales

#### 3.1.1. Materias primas y aditivos

Para la elaboración de los medallones veganos se utilizaron los siguientes ingredientes:

- Gluten puro de trigo (fraccionado en dietética).
- Proteína de Soja Texturizada (fraccionada en dietética).
- Proteína de Arveja Texturizada (“Leita”, GM Distribuidor, Buenos Aires).
- Remolacha fresca (Supermercado Pingüino, Rafaela).
- Avena instantánea (fraccionada en dietética).
- HA negra (fraccionado en dietética).
- HA rubia (fraccionado en dietética).
- Harina de arroz (fraccionado en dietética).
- Nueces mariposas peladas (fraccionado en dietética).
- Aceite de girasol (“Natura”, Aceitera General Deheza, Córdoba)
- Tallos de hongos shiitake disecados (“El peoncito”, Villares S.A., Buenos Aires)
- Sal fina (“Celusal”, Industrias Químicas y Mineras Timbó S.A., Buenos Aires)
- Goma xántica (fraccionada en dietética).
- *Saborizantes*: sabor jamón (Lecker Argentina, Buenos Aires) y sabor carne asada (Supersabor, Buenos Aires).
- *Espicias*: cebolla deshidratada, provenzal, comino, pimienta (“Alicante”, La Virginia S.A, Rosario).
- INU GR (Saporiti S.A., Rosario).
- Complejo multivitamínico con vitamina B12, PREMIX 3816PVN (VITAFOR, Santa Fe)

#### 3.1.2. Aparatos y utensilios

Para la elaboración de los medallones veganos se utilizaron los siguientes aparatos y utensilios:

- Balanza analítica (Ohaus CS series, C.A.B.A., Argentina)
- Minipimer (Philips Argentina, Buenos Aires)
- Procesadora 600 W (Philips Argentina, Buenos Aires)

- Plancha eléctrica (Daewoo Argentina, Buenos Aires)
- Heladera con freezer (Electrolux Argentina, Buenos Aires)
- Cocina (Longvie, Buenos Aires)
- Horno eléctrico (Kelvinator, Buenos Aires)
- Utensilios de cocina (cucharas, bowls, bandejas, vasos, entre otros).

## 3.2. Métodos

### 3.2.1. Ensayos preliminares y puesta a punto de protocolo de elaboración de medallones veganos

En la tesina de la Licenciatura en Ciencia y Tecnología de Alimentos (LCTA) de la Facultad de Ingeniería Química de la UNL, encarada por la alumna Soledad Barbosa, se ha desarrollado previamente una formulación base de medallones veganos (Tabla 2) variando principalmente la cantidad de texturizado de soja y gluten de trigo y poniendo a punto el proceso de elaboración que, junto con otros ingredientes, otorgaron buenas características sensoriales y de textura similares a la carne.

**Tabla 2.** Formulación base de medallones veganos (Barbosa, 2023).

<b>Masa para 1 medallón de 90 g (+10%)</b>	
Seitán picado	17 g
Soja hidratada y lavada	33 g
Avena instantánea	10 g
HA	5 g
Harina de arroz	4 g
Goma Xántica	0,2 g
Agua potable	6 g
Remolacha mixeada	11 g
Sabor jamón	0,22 g
Sal	0,7 g
Sabor carne líquido	0,22 g
Aceite de girasol	1 g
Hongos y nueces mixeados	15 g

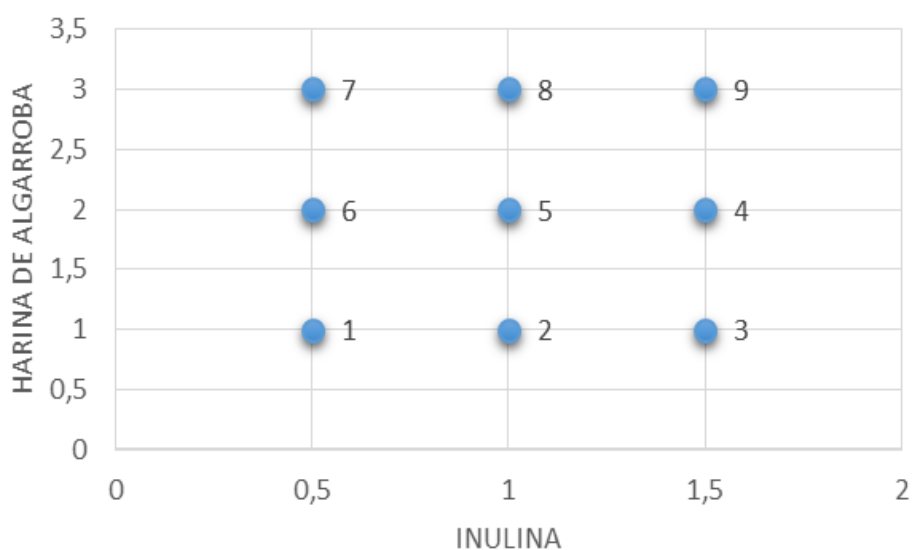
Es por ello que posteriormente, las directoras del proyecto se plantearon la incorporación/reemplazo de ingredientes a la formulación que mejoren su composición nutricional y permitan estudiar otras variables del proceso para mejorar aún más el color, sabor y la textura de los medallones. Además, se cambiaron algunas condiciones del proceso por trabajar con diferentes equipos de cocina durante la elaboración de los productos. Los cambios realizados en la presente tesina fueron:

- a. temperatura y tiempo de hidratación del texturizado de arveja.
- b. sustitución de texturizado de soja por texturizado de arveja.
- c. eliminación de harina de arroz, disminución de la cantidad de agua y puré de remolacha.
- d. aumento cantidad goma xántica.
- e. ajuste cantidad de condimentos.
- f. sustitución de HA negra por HA rubia.
- g. tiempos de procesamiento del gluten de trigo y texturizado de arveja.
- h. elección de concentraciones a utilizar en el diseño experimental posterior, de las variables de estudio (HA e INU). En el caso de HA se testearon: 1%, 1,5%, 2%, 2,5% y 3% y en el caso de INU: 0,5%, 0,75%, 1%, 1,5% y 2%.

Cada experiencia preliminar se realizó por separado, evaluando los resultados luego de probar los medallones cocidos por un *focus group* de 5 personas y decidiendo acerca de la aceptación o no de cada cambio propuesto.

### 3.2.2. Diseño experimental

Mediante un diseño experimental factorial de 2 variables en 3 niveles ( $3^2$ ) se obtuvieron medallones veganos como análogos de carnes, variando la concentración de INU y HA. Se realizaron un total de 9 experiencias más 1 repetición del centro del diseño. La cantidad de INU y HA para cada ensayo se determinó mediante ensayos preliminares y consultando bibliografía de trabajos similares. En el caso de INU se utilizaron las concentraciones: 0,5%, 1% y 1,5% y en el caso de HA: 1%, 2% y 3% (Figura 5).

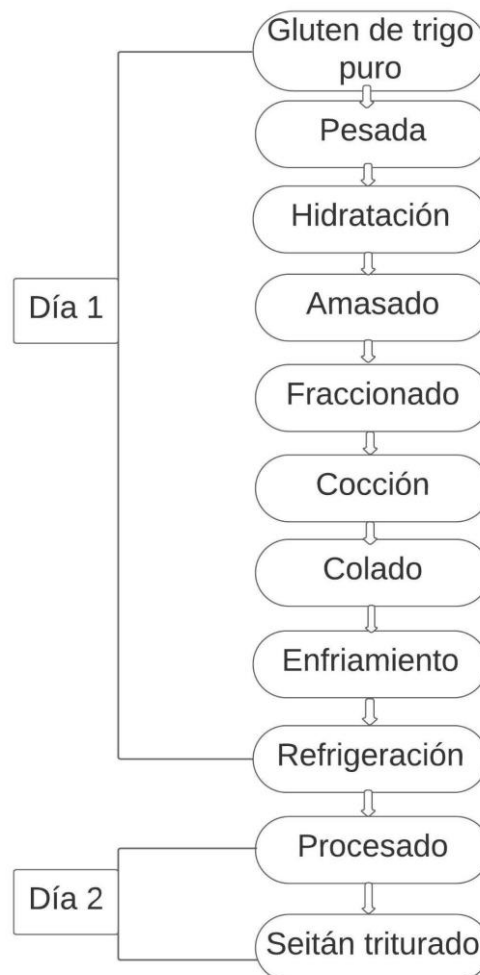


**Figura 5.** Diseño experimental factorial (cada punto en el diagrama representa la combinación de concentración de las variables por experiencia: 1 a 9).

### 3.2.3. Protocolos de preparación

#### 3.2.3.1. Preparación de seitán

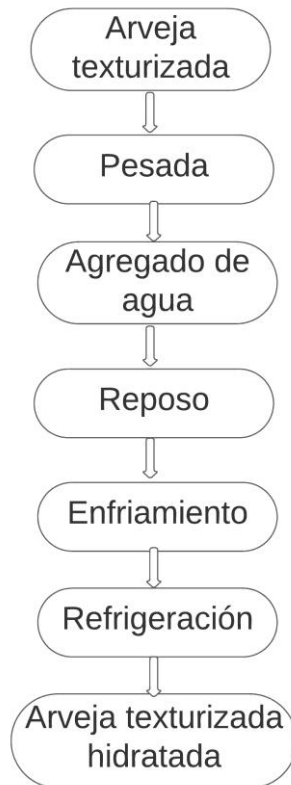
Se mezcló en un recipiente el gluten de trigo con agua a 43 °C, manteniendo una proporción 1:1, agregando el agua lentamente y amasando manualmente durante 3 minutos. La masa se dejó reposar durante 15 minutos y luego se cortó en trozos de 27 g (aproximadamente) que fueron introducidos en una olla con agua hirviendo. La cocción se realizó a fuego bajo durante 40 minutos. Transcurrido ese tiempo, los trozos de seitán se colaron y enfriaron a temperatura ambiente y, posteriormente, se almacenaron en la heladera (4°C) en recipientes herméticos. Al día siguiente, los trozos de seitán se procesaron en una procesadora durante 20 segundos. En la Figura 6 se observa el diagrama de flujo para la preparación de seitán.



**Figura 6** Diagrama de flujo de preparación de seitán.

### 3.2.3.2. Hidratación del Texturizado de arveja

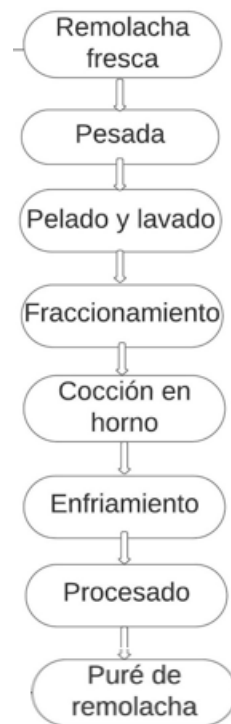
Se pesó en un recipiente la arveja texturizada seca, se agregó a un recipiente con agua a temperatura ambiente, (manteniendo una proporción 1:2) y se dejó reposar durante 30 min. Luego, se trasvasó a recipientes herméticos y se refrigeró en heladera (4°C) hasta su posterior uso. En la figura 7 se observa el diagrama de flujo correspondiente.



**Figura 7.** Diagrama de flujo de preparación de arveja texturizada hidratada.

### 3.2.3.3. Preparación de puré de remolacha

Las remolachas se pelaron, lavaron y cortaron en trozos de 35 g, aproximadamente. Luego se envolvieron en papel aluminio y se cocinaron en horno eléctrico a 180°C durante 1,5 horas, girando las remolachas a mitad de la cocción. Una vez enfriadas a temperatura ambiente, se trituraron con un mixer hasta obtener la consistencia de puré. El puré de remolacha se almacenó en recipientes herméticos en freezer a -18°C hasta su posterior uso. En la figura 8 se observa el diagrama de flujo para la preparación del puré de remolacha.



**Figura 8.** Diagrama de flujo de preparación de puré de remolacha.

#### 3.2.3.4. Preparación de mix de hongos, nueces y especias

Para la preparación del mix se pesaron los tallos hongos shiitake, nueces, cebolla deshidratada, provenzal, comino y pimienta de acuerdo con las proporciones que se muestran en la Tabla 3. Estos ingredientes se procesaron hasta obtener la consistencia de un puré. Luego se adicionó el agua y el aceite y se procesó nuevamente durante 1 min (Figura 9).

**Tabla 3.** Ingredientes para la formulación del mix de hongos y nueces para los medallones veganos.

INGREDIENTES	Cantidades para un medallón (90 g)
Nueces mariposa peladas	3,3
Tallos de hongos shiitake	1,6
Agua	11
Aceite de girasol	1
Cebolla deshidratada	0,14
Provenzal	0,14
Comino	0,03
Pimienta	0,02



**Figura 9.** Diagrama de flujo de preparación de mix de hongos y nueces.

### 3.2.3.5. Preparación de medallones veganos símil carne

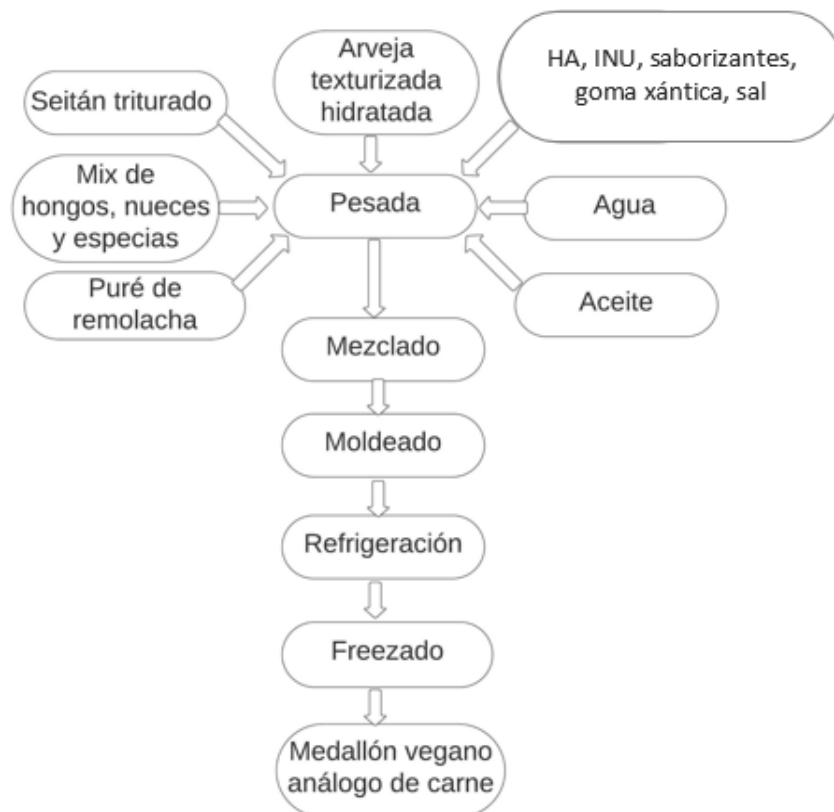
Se pesaron el seitán procesado y la arveja texturizada hidratada, en relación (1:2) y ambos se agregaron a un recipiente junto con el resto de los ingredientes: goma xántica, avena instantánea, mix de hongos, puré de remolacha, saborizantes (jamón y carne asada), sal, aceite y agua. La HA y INU, al ser variables de estudio, variaron su concentración de acuerdo con la experiencia a realizar, mientras que los demás ingredientes se mantuvieron constantes (Tabla 4). El complejo multivitamínico (con vit. B12) se agregó a último momento para disminuir el contacto con la luz ambiental. Finalmente, se mezclaron todos los ingredientes manualmente mediante movimientos circulares por un período de 3 minutos.

Los medallones se moldearon con la ayuda de un molde de plástico circular, con un peso final de 90 g y  $1,2 \pm 0,1$  cm de alto. Una vez armados, los medallones se colocaron con separadores de film en la heladera durante 30 min y luego se almacenaron en freezer a  $-18^{\circ}\text{C}$ , hasta su posterior uso. En la Figura 10 se muestra el diagrama de flujo del proceso.

**Tabla 4.** Ingredientes y cantidades (g/100 g) para formular medallones veganos símil carne, según las experiencias del diseño experimental.

Ingredientes	Número de experiencia								
	1	2	3	4	5*	6	7	8	9
HA	1	1	1	2	2	2	3	3	3
INU	0,5	1	1,5	1,5	1	0,5	0,5	1	1,5
Texturizado de arveja	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Seitán	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Avena	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Goma Xántica	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Puré de remolacha	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Sabor jamón	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Sal	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Sabor carne asada	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Aceite de girasol	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mix de hongos y nueces	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Complejo multivitamínico	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75

\* experiencia del centro del diseño.



**Figura 10.** Diagrama de flujo de preparación de medallones veganos símil carne.

### 3.2.3.6. Cocción de los medallones

Para la cocción de los medallones elaborados, se utilizó una plancha de hierro eléctrica, la cual se encendió en máxima potencia (nivel 5) y se precalentó durante 1 min. Posteriormente, se adicionaron 3 g de aceite y se colocaron los medallones congelados sobre la misma. La cocción se realizó a la misma temperatura de la plancha durante 16 minutos, volteando el medallón cada 4 min en ese período de tiempo con la ayuda de una espátula.

### 3.2.4. Ensayos sobre los medallones veganos cocidos

#### 3.2.4.1. Características de la cocción

- Pérdida por cocción: Se determinó midiendo el peso de los medallones de cada formulación y calculando la diferencia en peso antes y después de la cocción (Tátero Carvalho y col., 2019), según la ecuación 1.

$$Pérdida por cocción (\%) = \frac{PCR-PCO}{PCR} * 100 \quad (\text{ec. 1})$$

PCR: Peso medallón crudo

PCO: Peso medallón cocido

Este ensayo se realizó con 10 repeticiones de cada formulación y también sobre medallones comerciales de carne (Swift S.A., Buenos Aires) y medallones comerciales veganos símil carne (Not Co Company, Buenos Aires).

- Reducción del diámetro: los cambios en el diámetro se determinaron midiendo el diámetro de los medallones de cada formulación y calculando la diferencia de los diámetros antes y después de la cocción (Tátero Carvalho y col., 2019), según la ecuación 2.

$$Reducción del diámetro (\%) = \frac{DCR-DCO}{DCR} * 100 \quad (\text{ec. 2})$$

DCR: Diámetro medallón crudo

DCO: Diámetro medallón cocido

El diámetro se midió tomando 3 medidas por cada lado del medallón y el ensayo se realizó en 10 repeticiones de cada formulación y también sobre medallones comerciales de carne (Swift S.A., Buenos Aires) y medallones comerciales símil carne (Not Co Company, Buenos Aires).

### 3.2.4.2. Análisis de textura instrumental

- Análisis de perfil de textura (APT)

Los medallones cocidos (tal como se indicó en el inciso 3.2.3.6.) se mantuvieron a temperatura ambiente (25°C) durante 2 horas y se obtuvieron 2 porciones cilíndricas de 30 mm de diámetro y 12 mm de altura de cada medallón con ayuda de un sacabocados. Para el APT, las muestras se sometieron a un ciclo de doble compresión sin llegar a la ruptura (en este caso, 33,3% de deformación). Para la realización del ensayo se utilizó un texturómetro de alimentos Brookfield CTX, con una celda de carga de 50 kgf (500N aprox.) y un plato plano de compresión rectangular TA-CTP de 150 cm<sup>2</sup> de superficie y una superficie de apoyo plana de igual área. Las condiciones del ensayo se muestran en la tabla 5. Se midió la carga (fuerza, N) realizada por el plato de compresión en función del tiempo (s) y distancia (altura del medallón) hasta lograr el 33,3% de compresión. A partir de los datos de fuerza de compresión vs tiempo, se obtuvieron los siguientes parámetros: dureza, adhesividad, cohesividad, elasticidad y masticabilidad. Se realizaron 10 repeticiones del ensayo por experiencia. El mismo ensayo se replicó en medallones comerciales de carne (Swift S.A., Buenos Aires) y medallones comerciales símil carne (Not Co Company S.A, Buenos Aires).

**Tabla 5:** Condiciones de ensayo de perfil de textura por doble compresión (sin ruptura) utilizando platos de compresión TA-CTP y texturómetro de alimentos Brookfield CTX.

Test de compresión con ruptura	Valor	Unidades
Velocidad Pre-test	2	mm/s
Velocidad Test	1	mm/s
Velocidad Post-Test	10	mm/s
Porcentaje de deformación	33,3	%
Trigger Load (carga mínima que dispara el ensayo)	0,05	N
Cantidad de ciclos	2	-
Tiempo de espera entre los ciclos	5	s

- Ensayo con celda de Kramer

El ensayo con la celda de Kramer se realizó con el equipo Brookfield CTX, mencionado anteriormente. Las muestras de hamburguesas cocidas (previamente enfriadas a temperatura ambiente durante 2 horas) se cortaron en forma de paralelepípedos de 55 mm de ancho, 12 mm de espesor y 50 mm de largo, y fueron colocadas en la celda de Kramer. La velocidad de la cruceta fue 100 mm/min, hasta que las cuchillas pasaron a través del piso inferior de la celda. Se determinó la “fuerza máxima de cizallamiento” también conocida como máxima fuerza de Kramer. Los ensayos se realizaron por triplicado. Además se

incluyeron muestras de medallones comerciales de carne (Swift S.A., Buenos Aires) y medallones comerciales simil carne (Not Co Company S.A, Buenos Aires).

### 3.2.4.3. Análisis sensorial con panel entrenado

Se trabajó con un panel de 10 evaluadores (2 hombres y 8 mujeres entre 25 y 58 años de edad) entrenados, con experiencia en análisis sensorial de alimentos y consumidores regulares de hamburguesas. El ensayo se realizó en el Laboratorio de Alimentos de UNRaf. Se utilizó la metodología de Análisis Descriptivo Cuantitativo para evaluar las muestras de medallones elaboradas. Durante las sesiones grupales de entrenamiento, los panelistas acordaron (por consenso) los principales descriptores a evaluar y su forma de evaluación de acuerdo a las características de apariencia, olor, sabor y textura de las muestras. En la Tabla 6 se define cada descriptor y anclajes utilizados. Posteriormente, en cabinas individuales y bajo condiciones estandarizadas (Liria Domínguez; 2007), se presentaron las muestras (medallones cocidos) codificadas aleatoriamente ante cada evaluador; quién debió marcar la intensidad percibida de cada atributo en escalas lineales de 10 cm, no estructuradas y ancladas en los extremos (1 y 9). Durante el análisis de estos datos, cada marca fue convertida a un valor numérico. En el Anexo I se adjunta la ficha sensorial utilizada por los evaluadores. El análisis sensorial se realizó el día posterior a la elaboración de los medallones. Éstos se cocieron tal como se indicó el punto 3.2.3.6. Se utilizó agua y galletita sin sal como limpiadores de paladar. Las muestras se presentaron en recipientes iguales, codificadas aleatoriamente y presentadas de manera individual en orden balanceado. Por otro lado, se presentaron hasta 3 muestras por sesión para evitar fatiga del evaluador a la temperatura de consumo.

**Tabla 6.** Descriptores, definiciones y anclajes utilizados.

Descriptor	Definición	Anclajes
------------	------------	----------

Color de la superficie	Intensidad de color característico percibida.	1 = claro 9 = oscuro
Olor especiado	Intensidad de olor característico percibida.	1 = suave 9 = intenso
Firmeza	Fuerza necesaria para deformar la muestra con los dientes durante la primera mordida.	1 = casi nada 9 = mucho
Sabor ahumado	Intensidad de gusto y aroma propio de los compuestos que dan	1 = casi nada 9 = mucho
Pastosidad	Sensación de harinosidad y adherencia que acompaña la masticación.	1 = casi nada 9 = mucho
Masticabilidad	Número de masticaciones necesarias para deglutir el alimento.	1 = casi nada (4 mast.) 9 = mucho (25 mast.)
Residual Picante	Intensidad de la sensación olfativa y gustatoria que resulta durante el consumo del alimento.	1 = casi nada 9 = mucho

### 3.2.5. Ensayos sobre la formulación elegida

Teniendo en cuenta los resultados del análisis de datos que se describe en la sección 3.2.6 se eligió la formulación que más se asemeja en características texturales y sensoriales a la de un medallón de carne comercial. Sobre la misma se realizaron los ensayos que se describirán a continuación.

#### 3.2.5.1. Ensayos microbiológicos

Se enviaron muestras de medallones crudos al Laboratorio de Microbiología del Instituto de Tecnología de Alimentos - Facultad de Ingeniería Química (Universidad Nacional del Litoral) con diferentes tiempos de almacenamiento: 0, 1, 2 y 3 meses.

- ✓ Recuento de microorganismos aerobios mesófilos totales (según ISO 4833-1:2013).
- ✓ Recuento de mohos y levaduras (según ISO 21527-2:2008).
- ✓ Recuento de Coliformes totales (según ISO 16649-2).
- ✓ Recuento de *Escherichia coli* (según ISO 16649-2).

#### 3.2.5.2. Determinación del contenido de Vitamina B12

Se enviaron muestras de medallones cocidos y congelados con la formulación elegida al Laboratorio Rapela S.A. de la ciudad de Buenos Aires, para la determinación del contenido de Vit. B12 mediante un test ELISA competitivo.

### 3.2.5.3. Determinación de composición fisicoquímica

A la formulación de medallón vegano que presentó las mejores características organolépticas y de textura se le determinó la composición nutricional de forma teórica, teniendo en cuenta las proporciones de cada ingrediente en la receta. Para ello, se utilizó la Tabla SARA 2, que es un documento emitido por el Ministerio de Salud de la República Argentina, donde se encuentra el listado de alimentos, bebidas y suplementos con su correspondiente composición nutricional, expresado en 100 g de porción comestible (Ministerio de Salud de la Nación, 2022). Para cada ingrediente, se buscó el contenido de proteínas, carbohidratos, grasas totales, grasas saturadas, grasas trans, fibra alimentaria y sodio. Estos resultados fueron afectados por la proporción del ingrediente en la formulación y, a través de la suma de todos los ingredientes, se calculó el aporte de cada nutriente en la formulación final del medallón vegano. También se calculó el valor energético del producto final en kilocalorías (kcal), a partir de los factores 4 kcal/g para carbohidratos disponibles, 4 kcal/g para proteínas, 9 kcal/g para lípidos. El valor energético en kilojoules (kJ), se calculó a partir de 1 kcal=4,184 kJ.

Los datos obtenidos se compararon con otros medallones de carne y análogos de carne comerciales de acuerdo a los parámetros nutricionales de nutrientes críticos recomendados por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) e incluidos en la Ley n°27.642 “Promoción de la Alimentación Saludable”- conocida también como Ley de Etiquetado Frontal - que fue sancionada en nuestro país el 26-10-2021 y entró en vigencia el 20-11-2021.

### 3.2.6. Análisis de datos

Los valores de los parámetros obtenidos se correlacionaron con las variables del diseño, codificadas, a través de regresión múltiple (Design Expert 7.0, Stat-Ease, Inc.), con el objetivo de modelar el comportamiento del sistema y predecir el comportamiento del mismo respecto a dichas variables a partir del análisis de los coeficientes de los términos de la ecuación polinomial de segundo orden (ec. 3).

$$R = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \beta_{11} \cdot X_1^2 + \beta_{22} \cdot X_2^2 + \beta_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 + \varepsilon \quad (\text{ec. 3})$$

donde, X1 = variable codificada para INU, X2 = variable codificada para HA, R: descriptor o parámetro analizado (respuesta),  $\beta_i$ : coeficientes de cada término,  $\varepsilon$ : error del modelo.

Junto a cada modelo se informaron los siguientes parámetros estadísticos: R<sup>2</sup> (coeficiente de determinación), R<sup>2</sup>- ajustado, valor F de significancia del modelo, y valor-p para la prueba

de falta de ajuste. Se aceptó como modelo aquella expresión matemática obtenida por regresión múltiple con un  $R^2$  y  $R^2$ -ajustado  $> 0,7$  y  $p < 0,100$ .

Se utilizó la metodología de superficie de respuesta y de líneas de contorno, para analizar y visualizar rápidamente la variación de cada descriptor o parámetro estudiado en función de las dos variables de diseño.

Se realizó la optimización simultánea de los parámetros de cocción, sensoriales, texturales, utilizando la función estadística deseabilidad de Derringer (D) (Derringer y Suich, 1980), en base a criterios de maximización o minimización de las respuestas estudiadas. Con los valores de INU y HA estimados a través de la optimización, se realizó una nueva formulación a la cual se le realizaron ensayos microbiológicos y contenido de vit B12, tal como se describió anteriormente.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Ensayos preliminares

Partiendo de la receta inicial de la tesina de LCTA de Barbosa (2023), se realizaron una serie de ensayos preliminares para cambiar algunos ingredientes y lograr mejorar la textura, color y sabor y así intentar asemejarse más a los medallones de carne comerciales. A partir de un *focus group* de 5 personas se decidió la aceptación o rechazo de los cambios realizados.

- De acuerdo con Perera (2011), el texturizado de proteína de arveja aporta mejores características de textura y además se evita el sabor “a poroto” propio del texturizado de proteína de soja. En base a esto, se decidió reemplazar la proteína de soja texturizada por proteína de arveja texturizada. Se testearon 3 condiciones de hidratación de este nuevo ingrediente en proporción: 1) tiempo: 15 min, temperatura: 30°C; 2) tiempo: 30 min, temperatura ambiente (25°C) y 3) tiempo: 15 min; temperatura: 85°C. La condición de hidratación de 30 min a temperatura ambiente resultó la más adecuada, ya que se absorbió toda el agua agregada y se observó una textura similar a la carne vacuna picada. La prueba de 15 min no resultó ya que quedó agua sin ser absorbida. Por otro lado, al utilizar agua caliente se formó una pasta.
- Se probaron diferentes relaciones entre texturizado de arveja y seitán (2:1; 1:1 y 1:2), en base a los resultados se eligió trabajar con la proporción 2:1 (arveja:seitán) como base para las pruebas siguientes, ya que presentó una textura y sabor más adecuado.
- Se variaron las concentraciones de sal y condimentos para mejorar el sabor.
- La eliminación de harina de arroz y disminución de la cantidad de agua y puré de remolacha disminuyó significativamente la pastosidad de las muestras.
- El aumento de la cantidad de goma xántica (0,25%) permitió generar medallones más firmes y cohesivos, sin problemas de “resquebraduras” durante la cocción.
- Se estandarizaron los tiempos de procesamiento de todas las etapas del proceso, de acuerdo también a los equipos de cocina utilizados.
- El cambio de HA negra por HA rubia mejoró el color, ya que la formulación inicial era más oscura que la de un medallón de carne comercial. Como la HA es una variable de estudio se eligieron las concentraciones 1%, 2% y 3% de HA rubia, ya que en esas 3 concentraciones se pudieron detectar cambios entre formulaciones.

- Al probar las cantidades de INU para adicionar a la formulación, al ser una variable de estudio se eligieron concentraciones a estudiar: 0,5%, 1% y 1,5%. Concentraciones superiores a 1,5% se descartaron por presentar mayor gusto dulce y textura más pastosa.
- El agregado de vit. B12 se realizó a través de un complejo multivitamínico cuya composición se detalla en el Anexo II. Se realizaron los cálculos correspondientes de manera de utilizar la cantidad de polvo de manera de cubrir el 50 y 100% de la DDR. Al no observarse diferencias en el color, textura y características organolépticas en ninguna de las concentraciones testeadas, comparando con un control (sin vit. B12) se decidió trabajar con la dosis que aporta el 100% de la DDR.

Una vez establecida la formulación base, se prepararon 9 formulaciones de medallones diferentes variando la relación HA:INU para continuar con los objetivos de la presente tesina. Además se realizó 1 repetición de la formulación del centro del diseño.

## **4.2. Efecto de la relación HA:INU sobre las características de cocción, textura y sensoriales de los medallones veganos símil carne**

### **4.2.1. Características de la cocción**

Uno de los parámetros importantes de calidad que se evalúa en las hamburguesas de carne comerciales es la pérdida de peso y la contracción del diámetro luego de la cocción. La pérdida de peso durante la cocción está relacionada directamente con la pérdida de agua, que se evapora al entrar en contacto con la superficie de cocción caliente, y con la grasa que se funde y tiende a depositarse sobre la superficie de cocción (Campano, 2017). La reducción de diámetro, refleja el grado de contracción de la carne durante la cocción, es un indicador importante de la jugosidad y el rendimiento del producto final (Sakai y col., 2022). El tamaño de las hamburguesas de carne comerciales generalmente también se ve afectado por el proceso de cocción, ya que las proteínas musculares suelen encogerse debido a su desnaturalización por efecto del calor (Campano, 2017).

Teniendo esto en cuenta, estos parámetros han sido evaluados para las formulaciones de medallones desarrollados en esta tesina, y los resultados se muestran en la Tabla 7.

Los porcentajes de pérdida por cocción variaron entre 10,11% (exp. 4) y 14,04% (exp. 3). No se encontró un modelo matemático que permita predecir el comportamiento de esta respuesta con las variables del diseño, posiblemente debido a que el rango de variación del parámetro estudiado es muy pequeño entre las diferentes formulaciones. En relación a lo

reportado por Barbosa (2023), estos valores en general fueron menores comparados con las formulaciones en el otro trabajo testeadas (entre 13,63 y 15,03% para relaciones seitán:soja 1:2 y 2:1, respectivamente), con excepción de la experiencia 3 de nuestro trabajo. Podría decirse que los cambios en las formulaciones realizadas en este trabajo mejoraron las pérdidas por cocción. Por otro lado, comparados con los medallones comerciales, los valores de nuestras formulaciones fueron significativamente menores a las hamburguesas de carne comercial (Swift) y a los medallones simil carne (Not Co).

**Tabla 7:** Porcentajes de pérdida por cocción y reducción del diámetro para cada experiencia del diseño experimental y en medallones comerciales.

Nº de experiencia	%HA	%INU	%Pérdida por cocción	%Reducción del diámetro
1	1	0,5	12,33	3,30
2	1	1	11,73	4,83
3	1	1,5	14,04	4,89
4	2	1,5	10,11	4,83
5	2	1	10,89	4,47
6	2	0,5	13,37	5,89
7	3	0,5	12,23	3,05
8	3	1	13,14	5,47
9	3	1,5	11,51	5,29
5*	2	1	11,28	4,34
<b>Medallones comerciales</b>				
<b>Swift</b>			26,60	19,09
<b>Not Co</b>			19,17	8,68

\* Repetición del punto central del diseño.

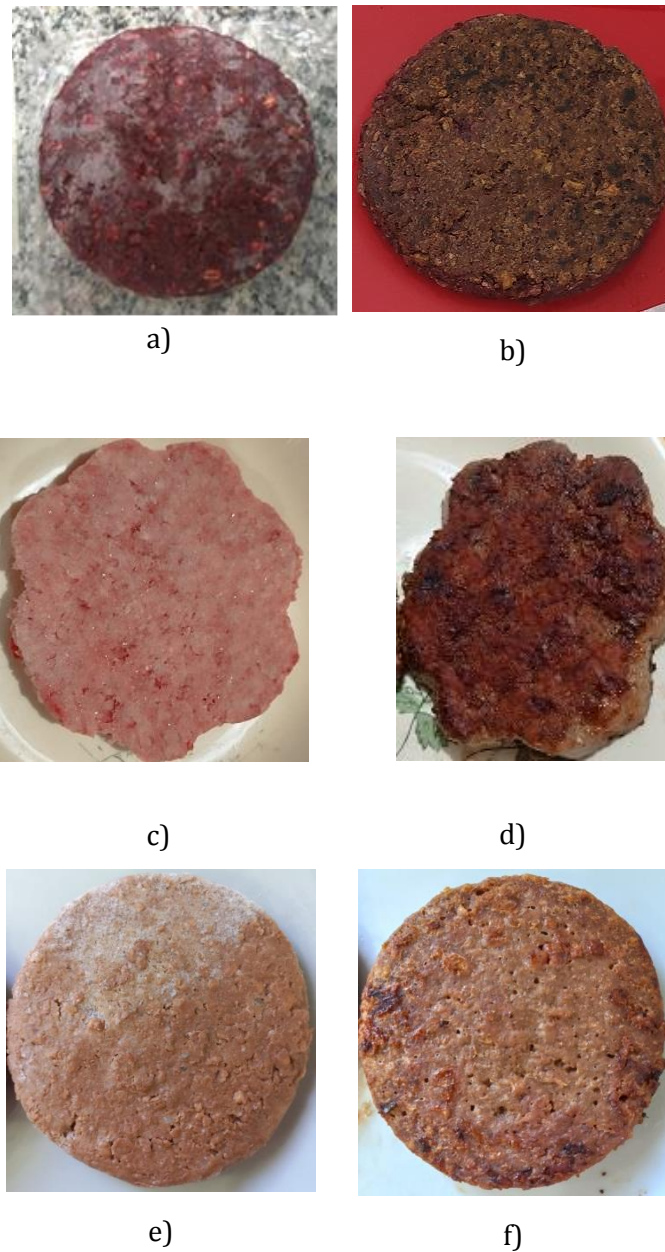
En el caso del parámetro reducción del diámetro los valores variaron entre 3,30% (exp. 1) y 5,89% (exp. 6). No se observó relación entre la concentración de las variables de estudio y este parámetro, posiblemente debido a que el rango de variación de la respuesta resultó pequeño entre las diferentes formulaciones. Sin embargo, estos valores fueron mayores a los reportados por Barbosa (2023) donde el rango de variación fue entre 2,70% (relación 1:2 seitán/soja) y 2,83% (relación 2:1, seitán/soja). En comparación a los productos comerciales, se observó que en nuestras formulaciones se detectó una reducción del diámetro mucho menor.

Es interesante comparar estos resultados con los obtenidos por estudios realizados por Veuthey, 2016, Rios-Mera y col., 2019, Vu y col., 2022, Sakai y col., 2022, para otras hamburguesas y medallones de carne comerciales, donde la pérdida por cocción se ubica en un rango del 25-40%. Además, las hamburguesas de carne comerciales muestran una superficie circular cuando están congeladas, mientras que durante la cocción tienden a

contraerse y deformarse hacia una forma ovalada, con la consecuente reducción del diámetro que suele ser alrededor de un 20% (Rios-Mera y col., 2019). Sin embargo, en las formulaciones ensayadas en el presente trabajo, la pérdida por cocción en todos los casos fue inferior al 15% y no se observaron grandes disminuciones del diámetro (<6%) ni deformaciones del aspecto circular una vez cocidas, características que impactarían positivamente en la calidad del producto adquirido por el consumidor.

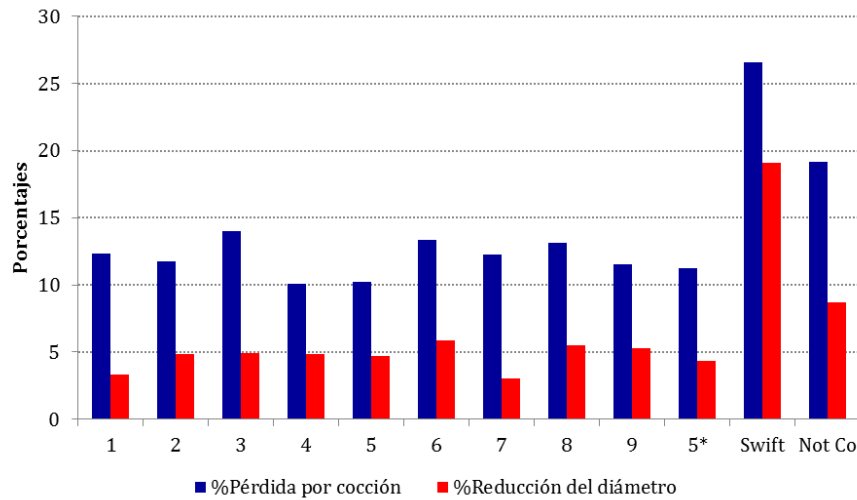
En este sentido podemos decir que varios de los ingredientes adicionados contribuyen a retener el agua en la matriz del alimento y hacer menores las pérdidas por cocción. En el caso de las variables de estudio, tanto la HA e INU están constituidas principalmente por carbohidratos que tienen función ligante y capacidad de retener agua (García y col., 2006). Por su parte, la goma xántica es un hidocoloide que ayuda también a esta funcionalidad. De acuerdo con Dinani (2023) observó que la capacidad de retención de agua aumentó al aumentar la concentración de la goma en formulaciones de análogos de carne. Esto se explica por la estructura y las interacciones de la goma con el agua, ya que las cadenas laterales del hidocoloide contienen D-manosa y D-glucurónico que contienen piruvato y son hidrofílicas.

En la Figura 11 se muestran las apariencias en su forma congelada y luego de la cocción de: los medallones veganos símil carne experimentales (a y b), las hamburguesas carne comerciales Swift (c y d) y los medallones símil carne Not Co Company (e y f).



**Figura 11:** Apariencia de los medallones veganos símil carne correspondiente a la experiencia 5, medallón de carne comercial y medallón símil carne comercial, congelados (a, c y e) y luego de la cocción (b, d y f).

En la figura 12 se puede observar la pérdida por cocción y reducción del diámetro de todas las formulaciones del diseño experimental y a su vez comparados con los medallones de carne y símil carne comerciales.



**Figura 12:** Porcentajes de Pérdida por cocción (azul) y Reducción del diámetro (rojo) en medallones análogos cárnicos correspondientes a las experiencias del diseño (1 a 9 y 5\*) y medallones de carne comerciales (Swift) y medallón análogo de carne comercial (Not Co).

#### 4.2.2. Análisis de textura instrumental

##### 4.2.2.1. Análisis de perfil de textura (APT)

En la tabla 8 se pueden observar los valores de los parámetros de textura (Dureza, Elasticidad, Cohesividad y Masticabilidad) de las formulaciones ensayadas y medallones comerciales de carne y análogos cárnicos.

**Tabla 8:** Parámetros de textura obtenidos a partir de un APT para cada experiencia del diseño experimental y en medallones comerciales.

Nº de exp	%HA	%INU	Dureza (N)	Elasticidad	Cohesividad	Masticabilidad (N)
1	1	0,5	15,46	0,647	0,499	4,99
2	1	1	17,27	0,706	0,515	6,29
3	1	1,5	18,97	0,711	0,522	7,05
4	2	1,5	22,21	0,678	0,536	8,07
5	2	1	18,75	0,610	0,541	6,19
6	2	0,5	17,07	0,668	0,547	6,25
7	3	0,5	17,94	0,614	0,567	6,25
8	3	1	22,4	0,673	0,592	8,91
9	3	1,5	25,5	0,605	0,574	8,68
5*	2	1	19,11	0,611	0,520	5,87
<b>Medallones comerciales</b>						
<b>Swift</b>			22,78	0,828	0,762	15,24
<b>Not Co</b>			21,46	0,712	0,653	9,95

\* Repetición del punto central del diseño.

- *Dureza*

Los valores de dureza obtenidos en nuestro trabajo oscilaron entre 15,46N (exp. 1) y 25,5N (exp. 9), siendo la experiencia 1 la que tenía menor porcentaje de HA (1%) y menor INU (0,5%) y la experiencia 9 la que mayor porcentaje de HA tenía (3%) y el mayor porcentaje de INU (1,5%).

A través de la regresión múltiple de los datos otorgados por el texturómetro, se obtuvo un modelo predictivo significativo (ec. 4), que explicó la variabilidad de los datos relacionados con las variables de estudio en más del 95%.

$$\text{Dureza} = 19,48 + 2,38 \cdot \text{HA} + 2,72 \cdot \text{INU} + 1,04 \cdot \text{HA} \cdot \text{INU} \quad (\text{ec. 4})$$

$$R^2 = 0,9726$$


$$R^2\text{-ajustado} = 0,9561$$

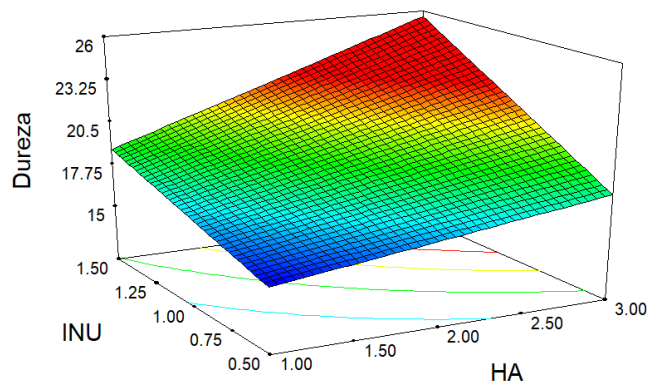
$$\text{Valor F del modelo} = 59,14$$

$$\text{Falta de ajuste (p-valor)} = 0,3494$$

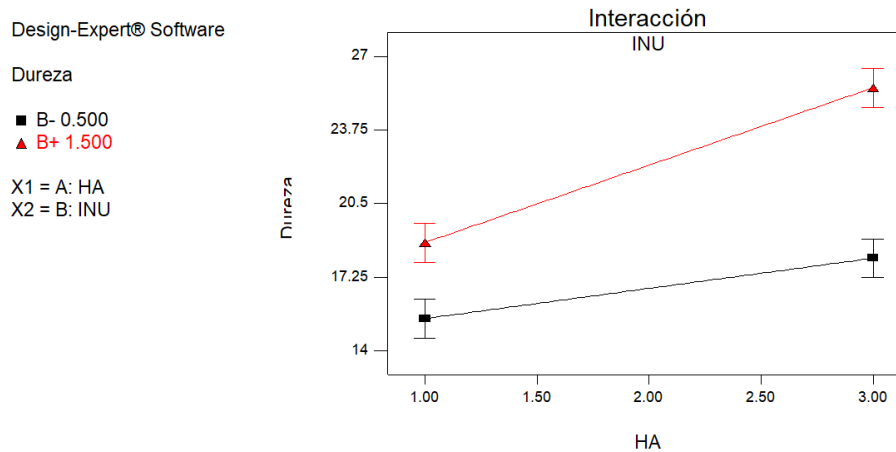
Como puede observarse en el modelo obtenido, la dureza del medallón depende de forma directa de la concentración de HA e INU, es decir que, al aumentar el valor de cualquiera de ambas variables, la dureza también aumenta (figura 13), y así mismo por la sinergia (o influencia) de las dos variables aunque en menor medida. Este efecto de la interacción de ambas variables también se puede observar en la figura 14.

Design-Expert® Software

Dureza  
  
 X1 = A: HA  
 X2 = B: INU



**Figura 13.** Gráfica de superficie de respuesta para análisis de dureza en función de la concentración de HA e INU.



**Figura 14.** Gráfica del efecto de la interacción de las variables HA e INU para la respuesta Dureza.

Si bien no se encontró bibliografía donde se adicione HA a análogos de carne, en otros alimentos como productos panificados, el aumento de la cantidad de HA generó masas más duras (Bigne, 2016, Sciammaro y col., 2015).

Por su parte, García y col. (2006) evaluaron el efecto de agregado de INU sobre la textura y propiedades sensoriales tanto en mortadelas convencionales (23% de grasa) como reducidas en grasas (10% de grasa). En este estudio comprobaron que la INU adicionada incrementaba la dureza de ambos productos, siendo más evidente en aquellos reducidos en grasa. La INU tiene una alta capacidad para unirse al agua y puede formar geles firmes, suaves y estables al mismo tiempo. Esta estabilidad hace que el gel se una con una mayor cantidad de agua, haciendo así más fácil de cortar el producto y reproducir las sensaciones que la grasa le da a este alimento. De igual manera, en una publicación de Castellanos y col. (2016) donde se recopilaron los resultados de diferentes trabajos, se hace referencia a la INU como modificador de textura en todo tipo de matrices alimentarias, otorgando mayor viscosidad o dureza (dependiendo si el alimento es líquido o sólido) cuanto mayor es el contenido del fructologosacárido.

Por otro lado, en matrices diferentes a las cárnicas, como ser el caso de productos panificados, Hager y col. (2010) observaron que la adición de INU tanto a los panes de trigo como a los sin gluten resultó en una mayor dureza de la miga. Resultados similares se obtuvieron en galletas y bizcochos reducidos en grasa, la cual fue parcialmente reemplazada con INU (Zbikowska y col., 2008, Laguna y col., 2013, Silva, 2016 y Akbari y col., 2016).

En el caso de los medallones comerciales, los valores promedios de dureza fueron 21,46 N para Not Co y 22,78 N para Swift. Es notorio que en ambos casos los valores son bastante similares entre sí. Por otro lado, dentro de las formulaciones testeadas en la presente tesina, podemos ver que las experiencias 4 (concentraciones máximas de INU e intermedia de HA)

y 8 (concentración intermedia de INU y máxima de HA) presentaron valores muy similares a las comerciales (22,21 N y 22,4 N, respectivamente).

- *Elasticidad*

En este trabajo los valores de elasticidad oscilaron entre 0,605 (exp. 9) y 0,711 (exp. 3). No se pudo encontrar un modelo predictivo que se ajuste a la respuesta estudiada. Contrario a los resultados obtenidos en el trabajo de Bigne (2016), la elasticidad de panes disminuyó al aumentar el contenido de HA. En el estudio de Yousefi, y col. (2018) sobre el agregado de INU en productos cárnicos, se vio que en embutidos convencionales no se observaron cambios en la elasticidad. De igual forma, Huang y col. (2011) encontraron que las características de textura de las salchichas al estilo chino no se veían afectadas por la INU. En relación con los medallones comerciales, se observaron valores promedio de elasticidad de 0,712 para Not Co y 0,828 para Swift. En este contexto, los medallones comerciales de carne exhibieron una elasticidad superior en comparación con otras formulaciones análogas cárnicas comerciales o aquellas desarrolladas en el marco de este estudio. La mayor elasticidad observada en las hamburguesas de carne podría atribuirse a la presencia de colágeno en la formulación, según lo demostrado por Lobo González (2018), en un estudio sobre hamburguesas exprés enriquecidas con texturizado de soja y proteína aislada de cerdo. En dicho estudio, se evidenció que la elasticidad y la resiliencia de las hamburguesas enriquecidas con proteína aislada de cerdo fueron superiores a las enriquecidas con aislado de soja, fenómeno que el autor atribuyó a las fibrillas de colágeno presentes. En el contexto de los análisis de textura realizados en hamburguesas y medallones cocidos, es crucial considerar que el colágeno, al desnaturalizarse debido al calor, experimenta una mayor deformación y expansión, absorbiendo considerables cantidades de agua (Girard, 1991).

- *Cohesividad*

Los valores de cohesividad oscilaron entre 0,499 (exp. 1) y 0,574 (exp. 9), siendo la experiencia 1 la que tenía menor porcentaje de HA (1%) y mínimo de INU (0,5%) y la experiencia 9 la que mayor porcentaje de HA tenía (3%) y el mayor porcentaje de INU (1,5%).

A través de la regresión múltiple de los datos otorgados por el texturómetro, se obtuvo un modelo predictivo significativo, que explicó la variabilidad de los datos relacionados con las variables de estudio en más del 78% (ec. 5).

$$\text{Cohesividad} = 0,54 + 0,034 \cdot \text{HA} \quad (\text{ec. 5})$$

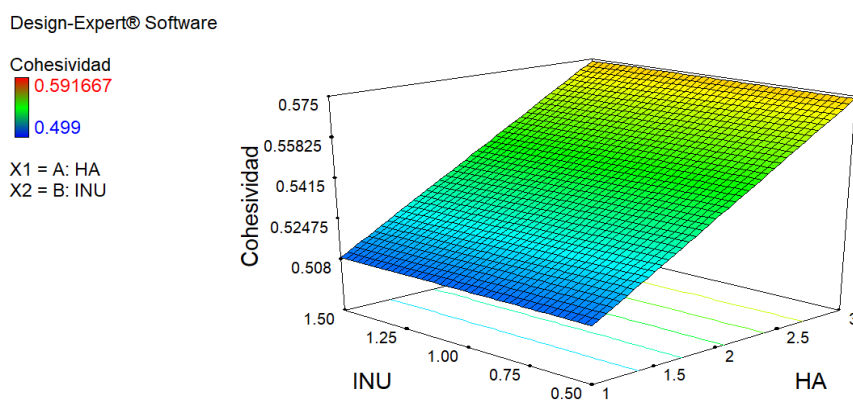
$$R^2 = 0,8111$$

$$R^2\text{-ajustado} = 0,7842$$

$$\text{Valor F del modelo} = 30,06$$

$$\text{Falta de ajuste (p-valor)} = 0,7079$$

Como puede observarse en el modelo obtenido, la cohesividad del medallón vegano depende de forma directa y únicamente de la concentración de HA. Esto se puede ver en la gráfica de superficie de respuesta donde el ángulo de inclinación del plano está dado únicamente por el aumento de la concentración de HA (figura 15). La cohesividad tiene que ver con la unión de las partículas de la masa, en este caso, la HA al actuar como un agente de ligado ayuda a que la masa de los medallones esté más unida y por lo tanto se deforme menos con las compresiones.



**Figura 15.** Gráfica de superficie de respuesta para análisis de cohesividad en función de la concentración de HA e INU.

Si bien en este caso la INU no tiene efecto sobre este parámetro, García y col. (2006) comprobaron que trabajando en concentraciones superiores de 2,5% de INU en mortadelas convencionales (23% de grasa), la cohesividad disminuyó; mientras que en mortadelas reducidas en grasa se vio el efecto contrario.

También se realizó la determinación de este parámetro en medallones símil carne del mercado (NotCo) obteniendo un valor promedio de 0,653, y en el caso de los medallones de carne comerciales (Swift) el valor promedio fue de 0,762. En base a estos resultados, se puede observar que las formulaciones estudiadas en análogos cárnicos en el presente trabajo fueron menos cohesivas que otros análogos comerciales y que los medallones de carne comerciales. La cohesividad al depender de la cantidad de interacciones proteína-proteína que conforman la matriz, es de esperar que en un producto cárnico tenga un valor más elevado que uno conformado por tejidos vegetales (Campano, 2017), ya que, poseen

proteínas miofibrilares, que son responsables de otorgar la cohesión de los trozos de carne durante el proceso de elaboración y cocción en chacinados (Ugalde-Benítez, 2012).

- *Masticabilidad*

Los valores de masticabilidad oscilaron entre 4,99 (exp. 1) y 8,68 (exp. 9), siendo la experiencia 1 la de menor porcentaje de ambas variables de estudio, mientras que la experiencia 9 la de máxima cantidad de ambas. De acuerdo con Bourles y col., (2009) los valores bajos para este parámetro indican si hay una pérdida de adherencia entre las paredes celulares luego de la compresión, es decir, si un alimento es más blando.

A través de la regresión múltiple de los datos otorgados por el texturómetro, se obtuvo un modelo predictivo significativo, que explicó la variabilidad de los datos relacionados con las variables de estudio en más del 71% (ec. 6).

$$\text{Masticabilidad} = 6,85 + 0,92 \cdot \text{HA} + 1,05 \cdot \text{INU} \quad (\text{ec. 6})$$

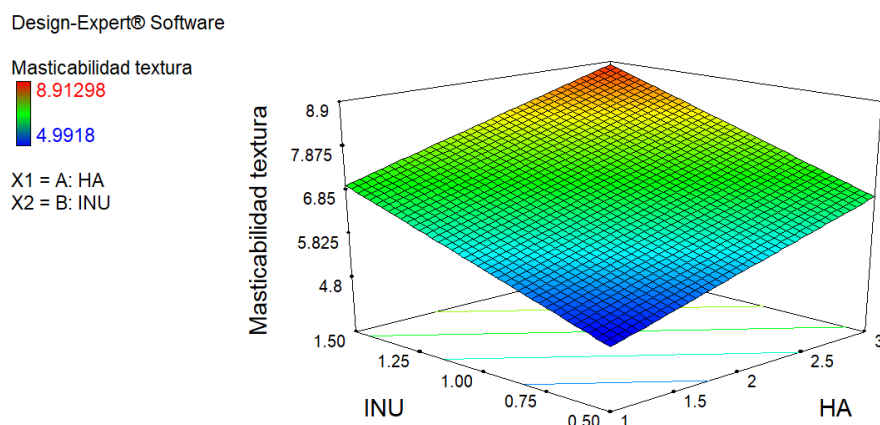
$$R^2 = 0,7783$$

$$R^2\text{-ajustado} = 0,7149$$

$$\text{Valor F del modelo} = 12,29$$

$$\text{Falta de ajuste (p-valor)} = 0,2271$$

Como puede observarse en el modelo obtenido, la masticabilidad del medallón depende de forma directa y lineal de la concentración de HA e INU, es decir que, a mayor concentración de cualesquiera de las variables, mayor cantidad de masticaciones se necesitan para deglutir el alimento (figura 16). Esta observación no fue inesperada, de hecho, la masticabilidad refleja los resultados relacionados con la dureza, ya que es un parámetro secundario que depende de la dureza y a menudo se comporta de manera similar (Ktari y col., 2014; Selgas, Cáceres y García, 2005).

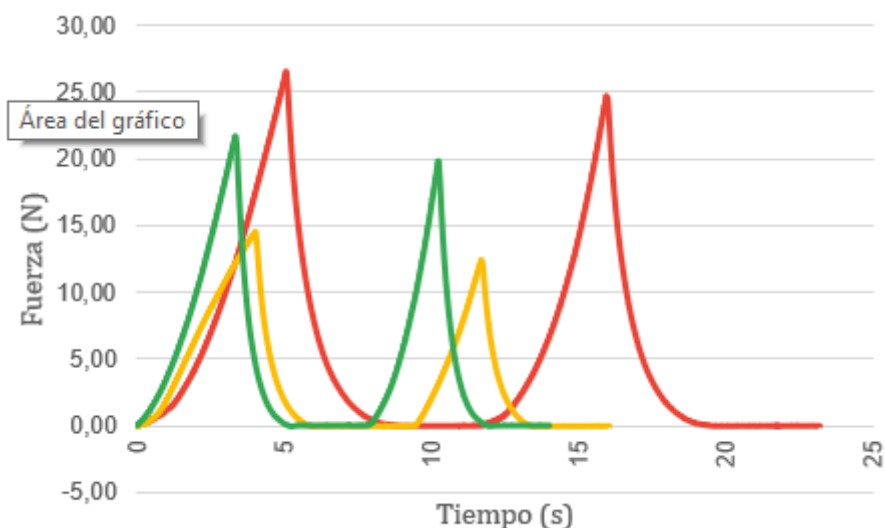


**Figura 16.** Gráfica de superficie de respuesta para análisis de masticabilidad en función de la concentración de HA e INU.

Resultados similares se vieron en productos panificados, donde la HA aumentó la dureza de la masa y de esta manera también aumentó su masticabilidad (Sciammaro y col., 2015). Lo contrario se observó en el trabajo de García y col. (2006) donde el incremento de INU disminuyó dicho parámetro en mortadelas convencionales (23%) y reducidas en grasa adicionadas de INU.

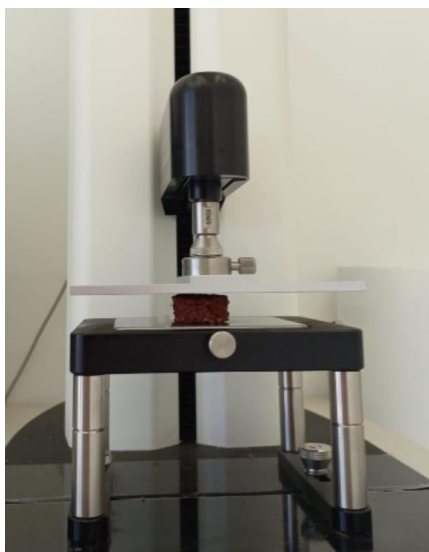
Al calcularse la masticabilidad en los medallones comerciales, se obtuvieron valores significativamente mayores para el caso del medallón análogo de carne (9,95 N) y principalmente para los medallones cárnicos (15,24 N), comparados con los obtenidos en nuestras formulaciones. Siendo la masticabilidad un parámetro secundario (obtenido a partir de los valores de Dureza\*Cohesividad\*Elasticidad), al ser la Dureza similar en todas las formulaciones tanto experimentales como comerciales, pero la Cohesividad y Elasticidad resultó mayor en las comerciales, entonces es de esperarse que este parámetro sea superior en estas últimas.

A modo de ejemplo, en la figura 17 puede observarse las gráficas típicas de APT (fuerza vs. tiempo) en el caso de una formulación experimental (exp 5), el medallón análogo cárnico comercial (Not Co Company) y el medallón de carne comercial (Swift).



**Figura 17.** Gráficas obtenidas de APT para: medallón vegano símil carne (exp 5, amarillo), hamburguesa de carne Swift (rojo) y medallón análogo cárnico NotCo (verde).

En la figura 18 se puede observar imágenes de las muestras obtenidas en forma cilíndrica y el ensayo realizado sobre la experiencia n° 5.



**Figura 18.** Equipo ensayo TPA realizando una prueba a la experiencia n°5.

Según Akwetey y Knipe (2012), hoy en día, los consumidores prefieren hamburguesas de carne que sean menos gomosas, poco duras, menos elásticas y cohesivas, y fáciles de masticar porque las hamburguesas más duras, gomosas y masticables implican una mayor pérdida de tiempo masticando y para completar la comida de una hamburguesa de carne.

#### 4.2.2.2. Análisis de compresión con celda de Kramer

La celda de corte de Kramer es un dispositivo que se utiliza generalmente para realizar la evaluación instrumental de la terneza de distintos tipos de carne. Esta prueba simula una sola mordida de un pedazo de comida. Consiste en un dispositivo que posee múltiples cuchillas romas dispuestas en paralelo que corresponden a ranuras específicas en la base de la celda. Durante el ensayo, la muestra se coloca en la celda, se comprime y se corta cuando las cuchillas la empujan a través de las ranuras (Schreuders y col., 2021). Los parámetros que se registran son (i) la fuerza máxima de corte y (ii) el área bajo la curva, que generalmente se denomina “trabajo de corte”. Un aumento en estos parámetros indicaría una mayor firmeza de la matriz que se está evaluando. El ensayo de Kramer es complementario a los análisis de APT. Sin embargo, no evalúa una sola propiedad mecánica, sino que mide una combinación de las fuerzas de cizallamiento necesarias para cortar la muestra, ya que incorpora métodos texturales de compresión, corte y extrusión a través de las ranuras en la base de la celda (Schreuders y col., 2021).

En la tabla 9 se informan los datos de fuerza de corte obtenidos a partir de este ensayo tanto en las formulaciones ensayadas para el diseño experimental como para las muestras comerciales.

**Tabla 9:** Datos de fuerza de corte obtenidos en un ensayo de Kramer para cada experiencia del diseño experimental y en medallones comerciales.

Nº de exp	%HA	%INU	Fuerza de corte (N)
1	1	0,5	93,41
2	1	1	111,06
3	1	1,5	111,61
4	2	1,5	123,31
5	2	1	95,40
6	2	0,5	95,17
7	3	0,5	95,93
8	3	1	119,02
9	3	1,5	109,18
5*	2	1	94,8
<b>Medallones comerciales</b>			
<b>Swift</b>			295,37
<b>Not Co</b>			172,26

\* Repetición del punto central del diseño.

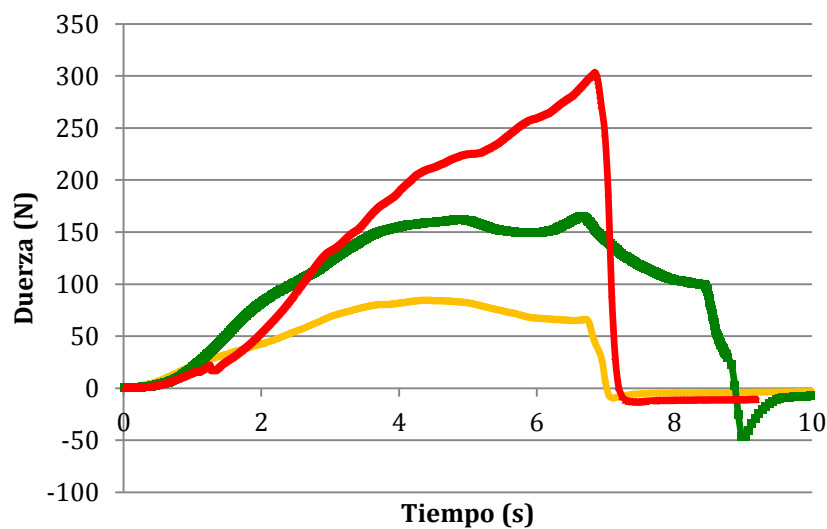
Para el caso de las formulaciones ensayadas en este trabajo los valores de fuerza de corte de Kramer oscilaron entre 93,41 N (exp. 1) y 123,31 N (exp. 4), correspondiendo a

concentraciones de 1% HA y 0,5% INU (para el caso de la experiencia 1) y 2% HA y 1,5% INU (para el caso de la experiencia 4).

Por otro lado, no se pudo obtener un modelo predictivo para intentar relacionar las concentraciones de las variables con dicha respuesta y los valores hallados fueron significativamente menores a los de los medallones comerciales.

A pesar de que los ensayos en la celda de cizallamiento de Kramer se utilizan para la evaluación instrumental de la terneza en distintos tipos de carne, aún no se han publicado trabajos donde se aplique para medir la textura de análogos de carne (Schreuders y col., 2021). En la tesina de Barbosa (2023), se comparó la fuerza de cizallamiento de Kramer para tres formulaciones de medallones veganos usando diferentes proporciones de seitán y soja (1:2, 1:1, 2:1). En este caso los valores de fuerza máxima de corte oscilaron entre 372 y 556 N para las 3 formulaciones, observando una clara evidencia que la proporción de seitán aumentó la fuerza de corte. Comparando dichos valores con los obtenidos en el presente trabajo, podemos ver que son más elevados que incluso las marcas comerciales de carne o análogos.

A modo de ejemplo, en la figura 19 puede observarse las gráficas típicas de ensayo de Kramer (fuerza vs. tiempo) en el caso de una formulación experimental (exp 5), el medallón análogo cárnico comercial (Not Co Company) y el medallón de carne comercial (Swift).



**Figura 19.** Gráfica típicas de ensayo de Kramer para medallón vegano símil carne (exp. 5, amarillo, medallón Not Co Company (verde) y el medallón Swift (rojo).

### 4.2.3. Análisis sensorial con panel entrenado

En la tabla 10 se observan los valores promedios de los descriptores sensoriales evaluados para cada experiencia.

**Tabla 10:** Valores promedio de los descriptores sensoriales evaluados para las diferentes formulaciones de medallones veganos análogos de carne.

Exp. N°	%HA	%INU	CO**	OE	FIR	SA	PAST	MASTs	RP
1	1	0,5	4,1	4,4	4,1	3,9	4,4	5,4	4,0
2	1	1	5,1	3,4	4,2	3,3	4,0	6,2	3,2
3	1	1,5	5,8	3,5	4,5	3,8	3,8	5,8	3,2
4	2	1,5	6,0	3,4	4,6	4,4	4,2	5,9	4,2
5	2	1	5,7	3,7	4,3	4,8	5,1	5,5	4,2
6	2	0,5	5,7	4,21	4,2	4,1	5,3	5,9	3,8
7	3	0,5	6,7	4,3	4,7	4,4	5,7	5,1	4,2
8	3	1	6,8	3,9	4,9	3,8	5,3	5,8	4,1
9	3	1,5	6,9	3,5	5,9	3,8	4,4	5,9	3,9
5*	2	1	6,1	3,8	4,2	3,9	4,9	5,4	3,9

\* Repetición del punto central del diseño.

\*\*CO: Color del medallón cocido; OE: Olor especiado; FIR: Firmeza; S.A: Sabor ahumado; PAST: Pastosidad; MASTs: Masticabilidad sensorial; RP: Residual Picante.

- *Color medallón cocido:*

El color es el primer aspecto de los productos alimenticios que los consumidores notan y un importante contribuyente a la percepción del gusto por parte del consumidor y la aceptación general del producto. En la mayoría de las proteínas de origen vegetal sin cocer los productos son de color amarillo o beige. Un objetivo principal de la investigación en este campo es simular el dorado típico de carne cocida de origen animal al imitar el cambio de color de rojo a marrón en los análogos de carne. En estudios recientes sobre nuevos análogos de carne de origen vegetal, el color rojo del producto crudo se ha obtenido mediante la adición de pigmento rojo de remolacha o leghemoglobina de soja. Sin embargo, una limitación del uso de estos es que no se produce el cambio de coloración una vez cocida la hamburguesa plant-based y sigue quedando con aspecto crudo que otorga el pigmento rojo de remolacha (Sakai y col., 2022).

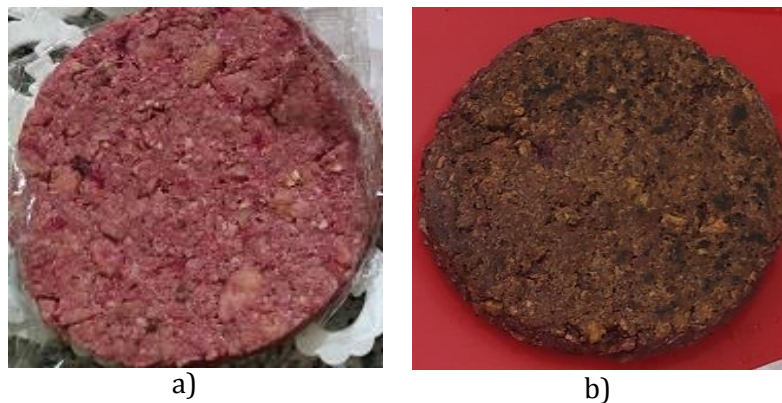
Para el caso de la HA, ésta se utiliza frecuentemente como sustituto de chocolate y cacao, principalmente en productos panificados (Babiker y col., 2020). Además, gracias a las reacciones de Maillard que ocurren durante la cocción se logra un color más amarronado en los productos en los cuales se adiciona.

En nuestro trabajo, la utilización de los ingredientes principales (seitán y texturizado de arveja), junto con el puré de remolacha y HA, fueron los principales contribuyentes para

lograr una apariencia y color similar a la hamburguesa de carne vacuna cruda y cocida. Si bien la adición de puré de remolacha otorga una coloración roja a los medallones, ésta se mantuvo constante en las diferentes experiencias, por lo tanto, no influye en la tonalidad definida en las diferentes pruebas.

La escala de valores de intensidad para “color del medallón cocido” se presenta a los degustadores con valores de 0 a 10, con anclajes en 1 y 9, indicando el menor valor un color más claro y el mayor valor un color más oscuro.

Los valores obtenidos variaron entre 4,1 (exp. 1) y 6,9 (exp. 9), ambos correspondiendo a los extremos de mínimo y máximo contenido de ambas variables de estudio (HA e INU), respectivamente. Además, todos los valores obtenidos se encuentran dentro de lo que es el centro de la escala, por lo que, a pesar de las diferencias entre las experiencias se obtuvo un color intermedio y aceptable en la formulación de los medallones (figura 20).



**Figura 20.** Medallón análogo de carne antes (a) y después (b) de la cocción.

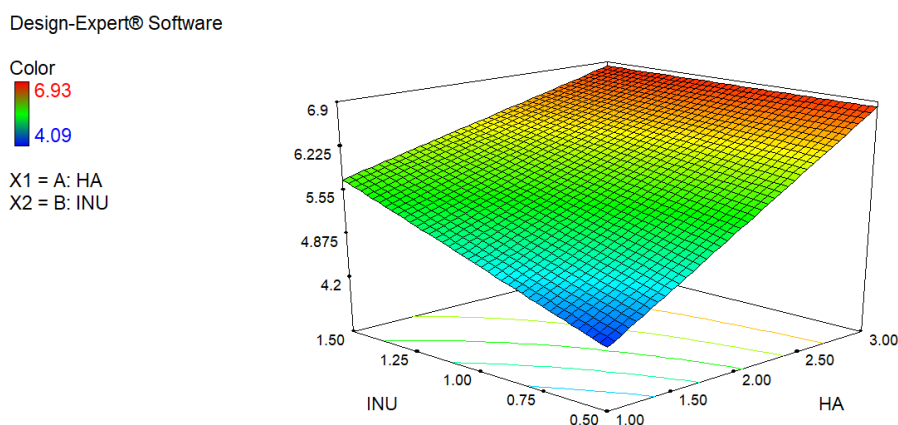
Según los datos recolectados en este análisis sensorial, se observa que a medida que aumenta el porcentaje de HA utilizado en la formulación, también aumenta la percepción del color más oscuro del medallón cocido. Por esta razón, podemos decir que las experiencias 7, 8 y 9, que son las que tienen mayores porcentajes de HA, presentan percepciones de color de medallón cocido más altos. Con respecto a los porcentajes de INU de las formulaciones y su relación con el color se observa que también tienen una influencia en el mismo, ya que al aumentar la concentración de INU, también aumenta la percepción del color más oscuro del medallón cocido.

A través de la regresión múltiple de los datos del descriptor “Color del medallón cocido” con las variables de diseño codificadas, se obtuvo un modelo predictivo significativo ( $p < 0,0001$ ), que permitió ajustar los valores experimentales muy adecuadamente y explicó la variabilidad de los datos experimentales en más del 95% (ec. 7) y pudo corroborar lo anteriormente expresado.

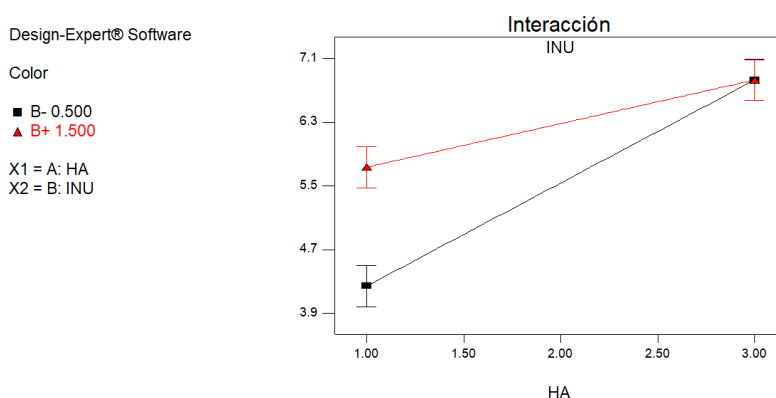
$$\text{Color del medallón cocido} = 5,91 + 0,92*HA + 0,37*INU - 0,37*HA*INU \quad (\text{ec. 7})$$

$R^2 = 0,9705$   
 $R^2\text{-ajustado} = 0,9557$   
 Valor F del modelo = 65,79  
 Falta de ajuste (p-valor) = 0,7405

Como puede observarse a través del modelo obtenido, el color del medallón depende de forma directa de la concentración de HA e INU, principalmente de la primera variable (figura 21). Por su parte, la interacción entre ambas variables fue negativa, por ende, la influencia de una de las variables va a depender del valor que tome la otra (figura 22).



**Figura 21.** Gráfica de superficie de respuesta para el descriptor “Color del medallón cocido” en función de la concentración de HA e INU.



**Figura 22.** Gráfica del efecto de la interacción de las variables HA e INU para la respuesta Color del medallón cocido.

Según una investigación realizada por Bakhsh y col. (2021), los valores sensoriales de apariencia obtenidos en medallones análogos de carne con texturizado de soja como

ingrediente principal, fueron más altos (cerca de 7), comparados con una hamburguesa vacuna (alrededor de 6), en cambio, el color fue similar entre los productos. Este mismo resultado se obtuvo en la tesis de Barbosa (2023), donde los puntajes de color fueron superiores a 7, independientemente de la relación seitán:soja utilizada en los análogos cárnicos. A pesar de los avances técnicos en curso, la apariencia, el sabor y la textura de los análogos de carne de origen vegetal difieren de los de los productos cárnicos tradicionales. Entre ellos, uno de los desafíos no resueltos para los análogos de carne de origen vegetal es su apariencia, particularmente su color (He y col., 2020). Por otro lado, si bien se sabe que la HA tiene poder edulcorante, Boublenza y col. (2017) determinaron que los valores de dulzor disminuyeron a medida que aumentaba la temperatura de tostado del polvo de la vaina de algarroba. En nuestro trabajo no se encontró gusto dulce en las formulaciones estudiadas por la incorporación de HA.

Bigne (2016) desarrolló panificados reemplazando harina de trigo por HA, en dos porcentajes (15% y 35%). Los resultados arrojaron que el incremento en la proporción de HA dio lugar a migas y cortezas más oscuras y con coloraciones más rojizas y/o amarronadas. El desarrollo del color de dichos panes se puede atribuir al color intrínseco de la HA (más oscuro que el de otras harinas), y a la ocurrencia de la reacción de Maillard durante el horneado, que se ve favorecida por la composición de la HA (presencia de azúcares libres y proteínas). Algo similar se espera ocurriría en las formulaciones de medallones del presente trabajo donde el color se vio aumentado cuando mayor fue el porcentaje de HA.

Por otro lado, en un estudio realizado por Berizi (2017) donde se estudió el uso de INU como sustituto graso sobre las propiedades sensoriales y texturales de salchichas tipo *frankfurters* se observó que la adición de hasta un 6% de la fibra no condujo cambios en la coloración del producto.

- *Olor especiado*

Con el descriptor “Olor especiado” se trata de evaluar si la formulación de los medallones se asemeja a los olores característicos de una hamburguesa de carne tradicional cocida. En la formulación de los análogos de carne, los principales ingredientes que aportan olor especiado fueron los condimentos utilizados en el mix de hongos (provenzal, comino y pimienta).

Se presentó a los panelistas una escala de 0 a 10, con anclajes en 1 y 9, como valores para la descripción del “Olor especiado” de los medallones, indicando la intensidad del olor

percibido, siendo la calificación 1 la de menor intensidad, indicando falta de olor característico, y la calificación 9 la más intensa, denotando un olor fuerte y desagradable.

Se observó que los resultados obtenidos para este parámetro sensorial variaron entre 3,4 y 4,4 en las experiencias realizadas, lo cual indicaría que las variaciones de dicho parámetro se mantuvieron en los valores inferiores de la escala. Esto indica que el “olor especiado” de los medallones no irrumpe en la percepción de los demás sabores presentes, siendo poco perceptible, no exacerbado, pero que sí se hace notar.

Se encontró un modelo predictivo estadísticamente significativo ( $p = 0,0007$ ) para intentar explicar el comportamiento del descriptor “Olor especiado” respecto de las variables de estudio en las formulaciones de los medallones (ec. 8) y con un ajuste de los datos de aproximadamente el 75%. Se pudo observar que el olor especiado no depende de la concentración de HA y que se relaciona de manera inversa con el porcentaje de INU, es decir a mayor contenido de la fibra prebiótica, menor es el olor especiado del medallón.

$$\text{Olor especiado} = 3,82 - 0,41 \cdot \text{INU} \quad (\text{ec. 8})$$

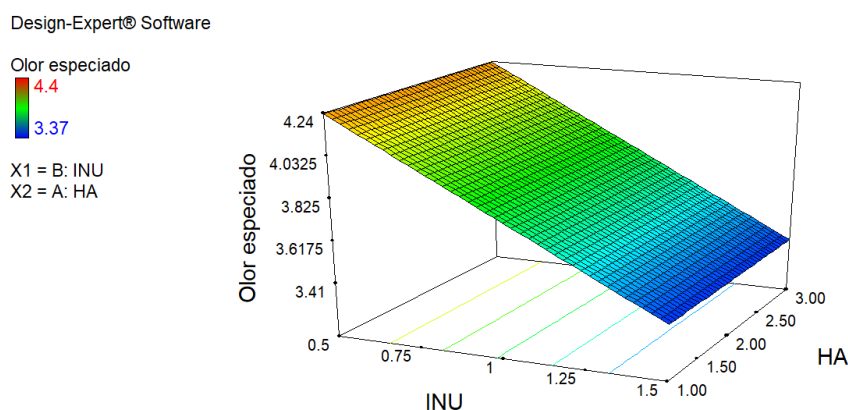
$$R^2 = 0,7800$$

$$R^2\text{-ajustado} = 0,7525$$

$$\text{Valor F del modelo} = 28,36$$

$$\text{Falta de ajuste (p-valor)} = 0,4385$$

En la figura 23 se observa la gráfica de una superficie plana (por ausencia de términos cuadráticos en el modelo obtenido) y la pendiente negativa del plano sobre la variable INU, denotando la relación inversa entre el olor especiado y la concentración de INU, únicamente.



**Figura 23.** Gráfica de superficie de respuesta para el descriptor “Olor especiado” en función de la concentración de HA e INU.

Mazzaglia y col. (2020), estudiaron la adición de harina de almendras, INU y proteína de suero en yogures a base de leche de cabra. Se demostró que la INU y la harina de almendra, son ingredientes que no han disminuido el olor y sabor a caprino, y podrían agregarse en la

formulación definitiva solo por su aporte nutricional de fibra y proteínas respectivamente. Por su parte, Licardie Jerez (2012), estudió dos porcentajes de INU (5% y 10%) en las propiedades físicas, microbiológicas y sensoriales de salchichas de pollo, y se sometieron a un análisis sensorial realizado por panelistas entrenados. Los resultados de la evaluación sensorial de dichas salchichas indicaron que los panelistas no lograron encontrar diferencias significativas del atributo olor entre los tratamientos. Sin embargo, en otro trabajo, comprobaron que el agregado de INU produjo una disminución en la aceptabilidad del olor en salchichas de carne cocidas (Selgas y col., 2005).

Por lo antes expuesto, se observó que la adición de INU puede o no afectar la percepción del olor en las diferentes matrices alimentarias, por lo que resulta un parámetro a estudiar desde el punto de vista sensorial ya que puede condicionar la aceptabilidad o rechazo del producto.

- *Firmeza*

Los valores de firmeza variaron entre 4,1 (exp.1) y 5,9 (exp.9), correspondiendo a las experiencias con la combinación de mínimos y máximos valores de las variables de estudio, respectivamente.

En el caso de la “Firmeza” se encontró un modelo predictivo ( $p = 0,0039$ ) donde los términos lineales de ambas variables y el término cuadrático de HA resultaron significativos (ec. 9). Los términos lineales positivos nos indican que tanto el aumento de HA como INU contribuye a aumentar la fuerza necesaria para comprimir el medallón con los dientes. El término cuadrático positivo de la variable HA otorga la curvatura “hacia arriba” de la superficie de respuesta obtenida (figura 24).

$$\text{Firmeza} = 4,34 + 0,46*HA + 0,32*INU + 0,39*HA^2 \quad (\text{ec. 9})$$

$$R^2 = 0,8769$$

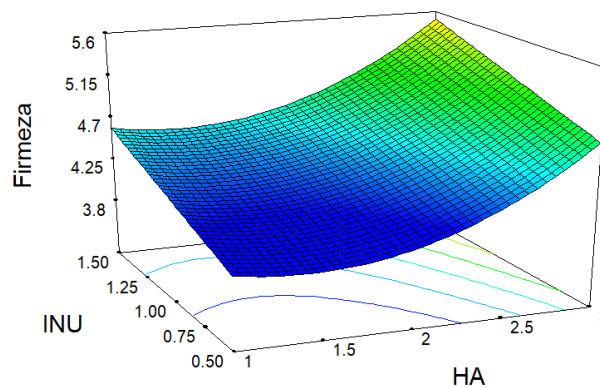
$$R^2\text{-ajustado} = 0,8154$$

$$\text{Valor F del modelo} = 14,25$$

$$\text{Falta de ajuste (p-valor)} = 0,3130$$

Design-Expert® Software

Firmeza

X1 = A: HA  
X2 = B: INU

**Figura 24.** Gráfica de superficie de respuesta para el descriptor “Firmeza” en función de la concentración de HA e INU.

La INU presenta múltiples funcionalidades, entre ellas, la capacidad de formar gel, actuar como emulsificante y aportar textura. El gel de INU es una red tridimensional de partículas submicrómicas insolubles con gran cantidad de agua inmovilizada, la cual asegura la estabilidad física. La propiedad de gelificación de la INU está fuertemente influenciada por la concentración, la cantidad total de materia seca, factores de cizallamiento (por ejemplo, temperatura, tiempo, velocidad o presión) y por el tipo de instrumento de corte utilizado (Ohmen y col., 2012). Villegas (2008) evaluó la influencia de la INU en bebidas lácteas, y los resultados indicaron que el efecto de la concentración de INU en el comportamiento de flujo y en la viscosidad y cremosidad de las bebidas fue diferente en función del grado de polimerización y del tipo de leche utilizado. Se comprobó que la INU de cadena larga proporcionó los mayores incrementos en la viscosidad, tanto instrumental como sensorial. Por su parte, García y col. (2006) evaluaron el efecto de la INU sobre salchichas y comprobaron que el cambio en la dureza sensorial es significativo incluso a concentraciones de sólo el 2,5%. De acuerdo con una recopilación de publicaciones realizada por Castellanos y col. (2016), se concluyó que la INU modifica la dureza de los alimentos, incrementándola según la dosis en la que se aplique.

Por otra parte, de acuerdo a un trabajo de tesis doctoral a cargo de Bigne (2016), en donde se aplica HA al desarrollo de productos panificados saludables, las variaciones en la cantidad de HA dieron lugar a masas más duras, menos cohesivas.

Al comparar los resultados del análisis de dureza instrumental (APT) y firmeza sensorial, se observa una correlación positiva directa entre los datos obtenidos en ambos ensayos, los evaluadores detectaron más firmes las hamburguesas con mayor cantidad de HA e INU, lo que se vio reflejado también con el equipo al realizar el APT.

- *Sabor ahumado*

El ahumado es una técnica que consiste en someter alimentos al humo que proviene del quemado de maderas no resinosas, ya sea en trozos, chips o aserrín.

En el caso de los alimentos cárnicos, contienen precursores de sabor vitales que cuando son calentados, se producen varios compuestos típicos del sabor de la carne cocida. El *flavor* global de un alimento tiene que ver con la combinación de sensaciones de sabor y aroma que se generan en boca mientras el producto se está consumiendo. Los compuestos de sabor en la carne cocida se producen por descomposición, oxidación, reducción y otras reacciones químicas. Las reacciones primarias incluyen (i) la reacción de Maillard entre aminoácidos y azúcares reductores, (ii) la oxidación de ácidos grasos, y (iii) la degradación térmica de la tiamina. En la actualidad, se han identificado más de 1000 compuestos volátiles a partir de estas reacciones (Li y Li, 2020). Por lo tanto, si bien resulta difícil igualar ese sabor característico, en los análogos cárnicos se suelen agregar especias y saborizantes para tratar de imitarlo.

En este trabajo, se observó que los puntajes de sabor ahumado obtenidos variaron entre 3,3 (exp. 2) y 4,8 (exp. 5), lo cual indica que las variaciones de dicho parámetro se mantuvieron en los valores bajos de la escala, siendo poco o medianamente perceptible y siendo favorable su presencia para este tipo de productos.

No se encontró modelo predictivo para el descriptor “sabor ahumado”. Debe tenerse en cuenta que la variación en los valores de esta respuesta fue baja entre las diferentes experiencias; por lo que es de suponer que las variables de estudio HA e INU no interfieran/estimulen su percepción.

- *Pastosidad*

Los valores de pastosidad variaron entre 3,8 (exp. 3) y 5,7 (exp. 7), siendo el valor más bajo correspondiente a la experiencia que contiene mayor porcentaje de INU y menor porcentaje de HA, mientras que el valor más alto pertenece a la formulación con menor contenido de INU y mayor de HA.

A partir de la regresión múltiple de los datos de “Pastosidad”, se obtuvo un modelo significativo ( $p = 0,0005$ ) en donde los términos lineales tanto de HA como INU influyen en la respuesta (ec. 10). En el caso de HA influye de manera directa, es decir que, al aumentar el contenido de HA en el medallón, aumenta la sensación pastosa del producto. Ocurre lo contrario con INU, siendo que disminuye la pastosidad conforme aumenta su concentración en el producto (figura 25).

$$\text{Pastosidad} = 4,72 + 0,55 \cdot \text{HA} - 0,51 \cdot \text{INU} \quad (\text{ec. } 10)$$

$$R^2 = 0,8876$$

$$R^2\text{-ajustado} = 0,8555$$

$$\text{Valor F del modelo} = 27,64$$

$$\text{Falta de ajuste (p-valor)} = 0,3199$$

Design-Expert® Software

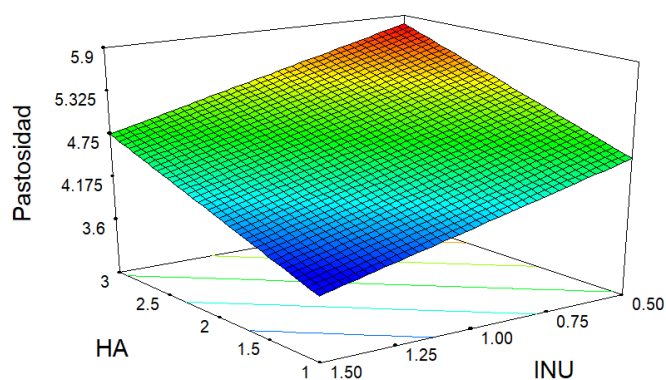
Pastosidad

5.75

3.81

X1 = A: HA

X2 = B: INU



**Figura 25.** Gráfica de superficie de respuesta para el descriptor “Pastosidad” en función de la concentración de HA e INU.

La pastosidad se define como la pérdida de elasticidad en el músculo cárnico y, en términos sensoriales, como la sensación de recubrimiento bucal producida por la pasta de harina y agua durante la masticación (Contreras y col., 2020). De acuerdo con la empresa Nihon Shokuhin Kako Co. Ltd. que patentó un producto análogo de carne en 2019, la pastosidad se asocia con una sensación viscosa, pegajosa y gelatinosa específica de los productos de gelatinización del almidón. En el producto alimenticio procesado análogo a la carne, la pastosidad es una textura que proporciona al consumidor una sensación extraña y es indeseable (<https://patents.justia.com/patent/20220030910>). Tal como plantea Ardila y col. (2023), la pastosidad es propia del agregado de almidones como sucedió en el caso de los análogos cárnicos obtenidos a partir de seitán, soja y harina de insectos por dicho grupo de trabajo. Por otro lado, los valores de pastosidad obtenidos en nuestro trabajo fueron similares a los medallones análogos obtenidos por Barbosa (2023) que utilizó HA también en su formulación.

- *Masticabilidad sensorial*

En el caso de la “Masticabilidad sensorial”, los resultados obtenidos comprenden valores entre 5,1 (exp. 7) y 6,2 (exp. 2), es decir que la cantidad de masticaciones se encuentra en la

zona intermedia de la escala utilizada, teniendo en cuenta que los extremos refirieron a 1= 10 masticaciones (casi nada) y 9 = 40 masticaciones (mucho).

No se encontró modelo predictivo que relacione la incorporación de INU y HA con este descriptor, posiblemente por la poca variación entre los valores para las diferentes formulaciones.

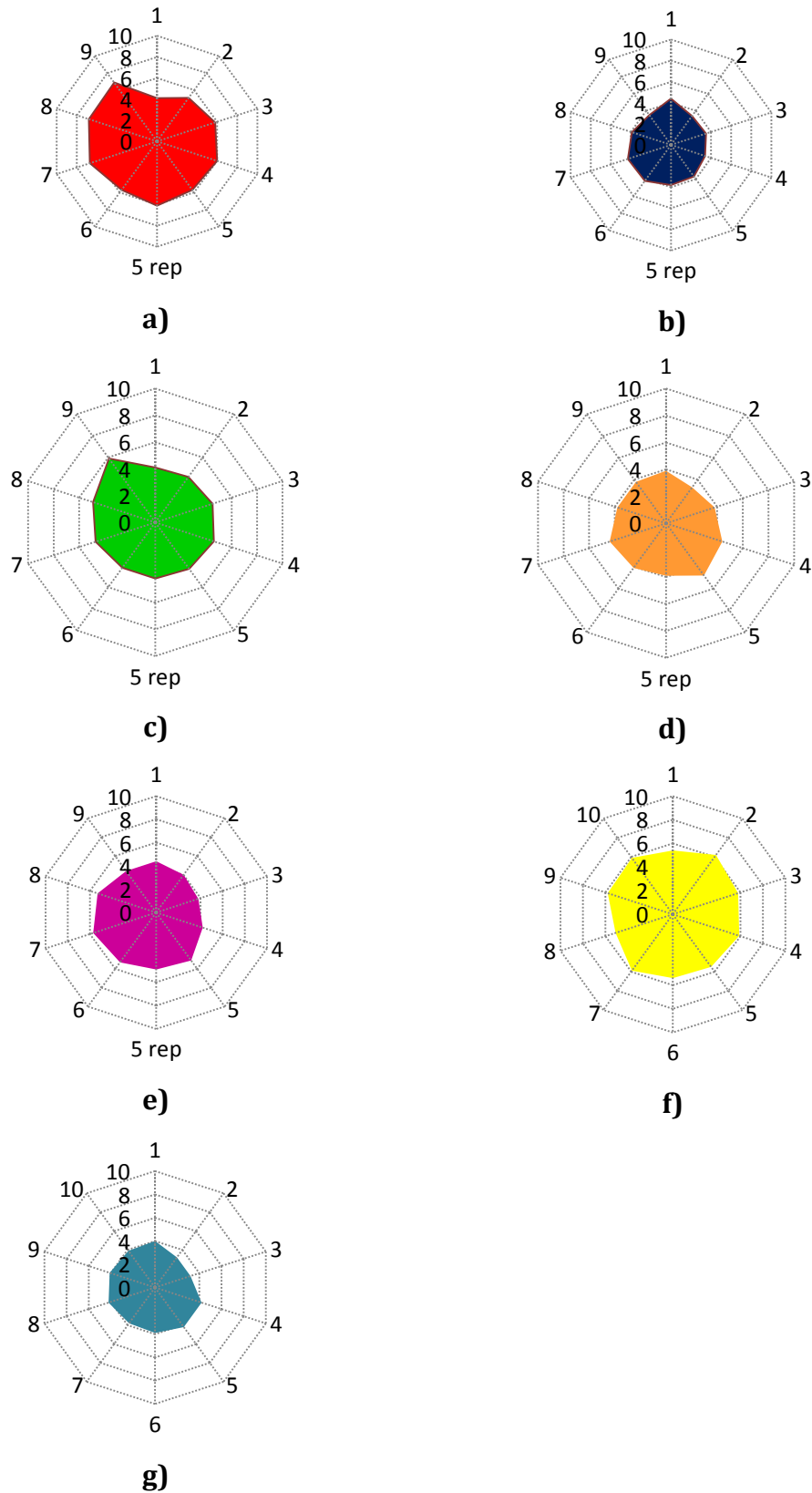
Ilic y col., (2022), realizaron una revisión que se centra en la estructura, el procesamiento oral y la percepción sensorial de la carne y posteriormente traduce los conocimientos a los análogos de la carne. Para visualizar las diferencias de textura que afectan el procesamiento oral de las hamburguesas de origen vegetal versus las de carne de res, se recuperaron bolos en varias etapas de la masticación. Claramente, la desintegración de los medallones a base de plantas fue mucho más rápida en comparación con la hamburguesa de carne, lo que llevó a que fuera necesario masticar menos antes de tragarlas.

- *Residual picante*

El picante es la sensación de ardor en la boca cada vez que ingerimos un ingrediente que se percibe a través de los nociceptores (o terminaciones nerviosas receptoras del dolor) y no a través de las papilas gustativas. La masticación de estos alimentos libera moléculas, como la capsaicina (pimientos picantes), la piperina (pimienta negra) y la alicina (ajo y cebolla crudos), entre otros, que activan químicamente estas terminaciones nerviosas libres situadas en la lengua. Por tanto, se podría afirmar que el picante no es un sabor, sino que es una sensación de dolor ante la cual el cuerpo humano reacciona emitiendo dosis de endorfina y serotonina, lo que finalmente puede causar una sensación de placer.

La sensación residual se describe luego de que el alimento es deglutido. En nuestro trabajo, los valores de residual picante obtenidos variaron entre 3,2 (exp. 2 y 3) y 4,2 (exp. 4, 5 y 7). Teniendo en cuenta que dichos valores se situaron por debajo de la mitad de la escala, puede considerarse que su intensidad es poco perceptible. Por otro lado, no se encontró modelo predictivo para la relación entre este descriptor y las cantidades de INU y HA propuestas.

En la figura 26, se pueden observar las gráficas de araña obtenidas para cada descriptor evaluado según la experiencia realizada.



**Figura 26:** Gráficos de araña realizados para cada descriptor. a) Color medallón cocido, b) Olor especiado, c) Firmeza, d) Sabor ahumado, e) Pastosidad, f) Masticabilidad sensorial, g) Residual picante.

### 4.3. Optimización de múltiples respuestas

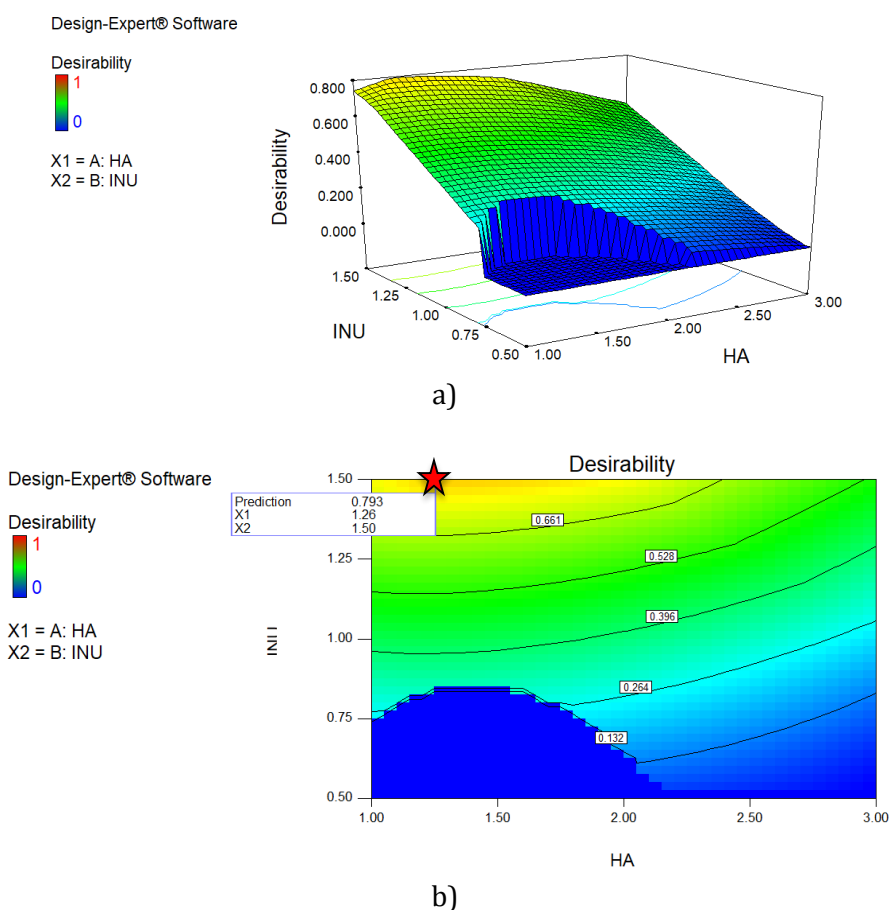
Cuando se trabaja con la optimización de productos, es probable que éstos cuenten con varias características de calidad que se deban considerar en el análisis. Una alternativa es optimizar de forma independiente cada una de ellas, lo cual según diversos autores no es recomendable ya que se pueden proponer tantas combinaciones distintas de las variables de control, como variables de respuesta que se consideren en el estudio, lo que generaría un conflicto al decidir entre ellas. La mejor forma de abordar esta situación es considerando todas las respuestas de forma simultánea.

Derringer y Suich (1980) proponen utilizar la función Deseabilidad (D). La idea es que esta función de deseabilidad actúa como una función de penalización que conduce el algoritmo a las regiones donde se pueden encontrar los valores deseados de las variables de respuesta. Los niveles de los factores que llevan a un máximo o un mínimo de las variables respuesta se denominan "puntos óptimos". Según De Figueiredo y col. (2014), la metodología de optimización de deseabilidad se basa en la idea de que la calidad de un producto o proceso que tiene múltiples características, cuando una de estas se encuentra fuera de ciertos límites "deseados", es completamente inaceptable. El método encuentra condiciones de funcionamiento que proporcionan la respuesta "más deseable". Los valores óptimos de los factores se determinan a partir de la maximización de la función. Un alto valor de D, que varía entre 0 y 1, indica las mejores combinaciones de factores para optimizar el sistema estudiado.

De esta manera, se calculó la función deseabilidad de Derringer (deseabilidad global), utilizando los modelos matemáticos obtenidos para algunas de las respuestas estudiadas y las variables ensayadas. Para optimizar las respuestas se tuvo en cuenta principalmente: maximizar el valor de la variable INU, para aportar la mayor cantidad de fibra prebiótica, minimizar la pastosidad, maximizar la dureza (instrumental) teniendo en cuenta los valores de los medallones comerciales y minimizar la masticabilidad (instrumental) ya que de acuerdo con Akwetey y Knipe (2012), hoy en día, los consumidores prefieren hamburguesas de carne que sean menos gomosas y fáciles de masticar. La formulación óptima predicada fue 1,26% de HA y 1,5% de INU (con una deseabilidad de 0,79). Los criterios de optimización adoptados se muestran en la tabla 11 y las gráficas de superficie de respuesta y líneas de contorno para la función deseabilidad en la figura 27.

**Tabla 11:** Criterio de optimización adoptado en los diferentes factores (HA e INU) y respuestas (*Color, Olor especiado, Firmeza, Pastosidad, Dureza, Cohesividad y Masticabilidad*) y solución óptima para medallones análogos cárnicos.

	Objetivo deseado	Valor mínimo	Valor máximo	Importancia	Mejor solución
<b>HA</b>	en rango	1	3	3	1,26
<b>INU</b>	maximizar	0,5	1,5	5	1,50
<b>Color</b>	en rango	4,09	6,93	3	5,87
<b>Olor especiado</b>	en rango	3,37	4,4	3	3,41
<b>Firmeza</b>	en rango	4,11	5,9	5	4,54
<b>Pastosidad</b>	minimizar	3,81	5,75	5	3,81
<b>Dureza</b>	maximizar	15,46	25,5	5	19,65
<b>Cohesividad</b>	en rango	0,499	0,592	3	0,521
<b>Masticabilidad</b>	minimizar	4,99	8,91	5	6,65



**Figura 27.** Gráficas de superficie respuesta (a) y líneas de contorno (b) para la función Deseabilidad global de Derringer obtenida para la optimización simultánea de las variables (HA e INU) y las respuestas *Color, Olor especiado, Firmeza, Pastosidad, Dureza, Cohesividad y Masticabilidad*) y solución óptima (\*) para medallones análogos cárnicos.

#### 4.4. Composición nutricional teórica de la formulación óptima y comparación con productos comerciales similares

A la formulación de medallón vegano óptima, determinada por la función de Deseabilidad se le determinó la composición nutricional de forma teórica, teniendo en cuenta las proporciones de cada ingrediente utilizado. En la Figura 28 se muestra la composición nutricional calculada para dicha formulación.

<b>INFORMACION NUTRICIONAL</b>		
Tamaño de porción: 90g		
Porción por envase: 1		
	Por porción	En 100g
<b>Valor energético</b>	162Kcal=726KJ	180Kcal=755KJ
<b>Proteínas (g)</b>	12,65	14,06
<b>Carbohidratos (g)</b>	17,23	19,15
<b>Grasas Totales (g)</b>	4,75	5,28
Grasas Saturadas (g)	0,45	0,51
Grasas Trans (g)	0	0
<b>Fibra Dietaria (g)</b>	5,89	6,55
<b>Sodio (mg)</b>	295,51	328,35

**Figura 28.** Composición nutricional teórica de la formulación elegida.

Tal y como se observa, los componentes mayoritarios de la formulación óptima son carbohidratos (19,2%) y proteínas (14,1%), mientras que grasas totales y grasas saturadas solo se encuentran en una muy pequeña proporción (5,3% y 0,5%, respectivamente).

En comparación con el producto obtenido anteriormente en la tesis de Barbosa (2023), se mantuvo constante la cantidad de proteína (14%), se disminuyeron los carbohidratos (de 20,8% a 19,2%), se disminuyó la cantidad de grasa saturada (de 0,7% a 0,5%), se disminuyó la cantidad de sodio (de 452 mg% a 328 mg%) y se logró aumentar la cantidad de fibra (de 5,6% a 6,6%). Todos estos nuevos cambios en la formulación contribuyeron significativamente a obtener un mejor producto desde el punto de vista nutricional.

Además, la información nutricional obtenida se comparó con otras hamburguesas de carne y medallones veganos símil carne encontrados en el mercado. Para ello se tuvieron en cuenta los siguientes productos: (i) hamburguesa de carne marca Swift, (ii) medallón vegano marca Karnevil, de Felices las Vacas, (iii) medallón vegano marca Not Burguer, de Not Company, y (iv) medallón vegano marca Paladini (Figura 29). Se tuvieron en cuenta los

parámetros nutricionales de nutrientes críticos recomendados por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) e incluidos en la Ley n°27.642 “Promoción de la Alimentación Saludable”- conocida también como Ley de Etiquetado Frontal que fue sancionada en nuestro país el 26-10-2021 y entró en vigencia el 20-11-2021. El año pasado, el día 22-03-2022, se aprobó la reglamentación de esta ley, que se encuentra en el Anexo I del Decreto N° 151/2022. Dentro de la reglamentación, se estableció un cronograma de dos etapas en relación con los límites establecidos en los alimentos para determinar el exceso de nutrientes críticos y valores energéticos:

**PRIMERA ETAPA:** El límite de implementación se estableció en un plazo dentro de los 9 meses desde la fecha de entrada en vigor de la Ley para las grandes empresas, y 15 meses para las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMES).

**SEGUNDA ETAPA:** El límite de implementación se estableció en un plazo no mayor a los 18 meses desde la fecha de la entrada en vigor de la Ley que se reglamenta para las grandes empresas, y 24 meses desde dicha fecha para las PyMES.



**Figura 29.** Marcas comerciales de hamburguesas de carne (Swift) o veganas símil carne (Karnevil, Not Burger, Paladini) que se encuentran actualmente en supermercados.

Como puede observarse en la tabla 12 para la primera etapa de implementación de la ley, la hamburguesa de carne Swift supera los parámetros de grasas totales, grasas saturadas y sodio establecidos, en el caso de Karnevil y Not Burger, superan grasas totales y saturadas, mientras que Paladini sólo supera grasas totales. Esto podría deberse a la composición de la fase lipídica de estas formulaciones, ya que tanto Karnevil como Not Burger utilizan aceite de coco (alto en grasas saturadas) para el aporte de lípidos, mientras que Paladini reemplaza el aceite de coco por aceite de girasol. Para la segunda etapa de implementación, todas las marcas comerciales superan todos los límites críticos, con excepción de grasas saturadas en el medallón de Paladini. En el caso de nuestra formulación óptima, cumpliría con los límites establecidos para ambas etapas, con excepción de la cantidad de sodio que supera levemente el límite establecido de la segunda etapa, por lo que a futuro podría

reducirse su contenido para que el producto no contenga ningún sello octogonal en su etiqueta.

**Tabla 12.** Perfil de nutrientes críticos según la primera y segunda etapa de implementación de la Ley n° 27.642, en hamburguesa experimental y hamburguesas comerciales.

PRIMERA ETAPA						
INFORMACION NUTRICIONAL 100g de producto						
Parámetro	Límites Ley 27.642	Experimental	Swift	Karnevil	Not Burger	Paladini
Valor Energético	≤ 300 Kcal	180	239	223	235	186
Grasas totales	≤ 35% total del VE	5,28	169	94	158	111
Grasas saturadas	≤ 12% total del VE	0,51	84	47	90	17
Sodio	≤ 600 mg	328,35	663	419	430	396
*Los valores en rojo representan excesos en lo recomendado						
SEGUNDA ETAPA						
INFORMACION NUTRICIONAL 100g de producto						
Parámetro	Límites Ley 27.642	Experimental	Swift	Karnevil	Not Burger	Paladini
Valor Energético	≤ 275 Kcal	180	239	223	235	186
Grasas totales	≤ 30% total del VE	5,28	169	94	158	111
Grasas saturadas	≤ 10% total del VE	0,51	84	47	90	17
Sodio	≤ 300 mg	328,35	663	419	430	396
*Los valores en rojo representan excesos en lo recomendado						

Como información suplementaria, en la figura 30 se muestra el aspecto macroscópico de algunas de las hamburguesas comerciales que se consiguieron en el supermercado, tanto crudas como cocidas, para compararla con el aspecto general de una de las hamburguesas obtenidas experimentalmente en el presente trabajo. Tal y como puede observarse, todas las formulaciones de hamburguesas presentaron una superficie circular cuando estaban congeladas, sin embargo, la hamburguesa Swift de carne se contrajo y se deformó hacia una forma ovalada luego de la cocción. Por otro lado, es de destacar que desde el punto de vista del aspecto, los medallones símil carne que se encuentran actualmente en el mercado tanto en forma cruda como cocida se diferencian bastante de lo que son las hamburguesas de carne comerciales, principalmente la marca Karnevil. Por último, si bien existen cuestiones a mejorar en nuestra formulación podemos observar las semejanzas en el aspecto de los medallones experimentales obtenidos en la presente tesina en su forma congelada y cocida a la hamburguesa de carne comercial.



**Figura 30.** Comparación del medallón vegano experimental con marcas comerciales de hamburguesas de carne (Swift) o veganas símil carne (Not Burguer, Karnevil), en sus formas crudas congeladas o cocidas.

#### 4.5. Determinación del contenido de vitamina B12 sobre la formulación óptima

La determinación de vitamina B12 se tercerizó a Laboratorios Rapela S.A., en la ciudad de Buenos Aires. Se envió una muestra de medallón vegano correspondiente a la formulación óptima, cocida y frizada para su determinación. De acuerdo a la información brindada por la empresa, el contenido de la misma fue  $1,98 \pm 0,01 \mu\text{g}$  de vitamina en 90g de producto.

De acuerdo con el resultado de contenido de vitamina B12, se logró suplementar el 82,5% de la dosis diaria recomendada (DDR) de la vitamina. Si bien los cálculos iniciales de vitamina adicionada pretendían cubrir el 100% de la DDR, se observó que no se llegó a cubrir en su totalidad, lo que puede deberse principalmente al proceso de cocción que sufre el producto o la inestabilidad propia de la vitamina frente a otros agentes externos como ser la luz, entre otros. La deficiencia de vitamina B12 puede superarse mediante la ingesta en una dieta equilibrada que normalmente se aporta a través de productos alimenticios como carnes y productos lácteos. Sin embargo, aunque una dieta equilibrada normalmente contiene un nivel adecuado de vitamina B12, se requiere suplementación para personas con problemas de salud relacionados con la malabsorción o ingestas subóptimas y en el caso de las personas que siguen una dieta vegana (Kumar y col., 2010).

## 4.6. Ensayos microbiológicos sobre la formulación óptima

Dentro de los microorganismos que componen un criterio microbiológico se pueden distinguir dos tipos:

a) Organismos indicadores: para la evaluación de la inocuidad microbiológica de los alimentos, la utilización de organismos indicadores es muy frecuente. El análisis microbiológico de alimentos para la búsqueda de estos microorganismos suele utilizar técnicas sencillas y accesibles que permiten evaluar:

- calidad de la materia prima, problemas de almacenamiento, abuso de temperatura, vida útil (Recuento de aerobios mesófilos).
- potencial contaminación fecal o posible presencia de patógenos (*E. coli*, Coliformes fecales).
- contaminación por manipulación humana (*Staphylococcus aureus* coagulasa positiva).
- contaminación post tratamiento térmico (coliformes, enterobacterias, *Staphylococcus aureus* coagulasa positiva, estreptococos fecales).
- productos metabólicos de patógenos que indican un peligro para la salud (termonucleasa).

Estos indicadores, se utilizan para relevar las condiciones a las que ha sido expuesto el producto que pudieran implicar un posible peligro, no necesariamente presente en la muestra analizada, pero que podría hallarse en muestras paralelas.

b) Organismos patógenos: aquellos que pueden encontrarse en el alimento en cuestión que pueden convertir al alimento en un potencial vehículo de enfermedad a quien lo consuma (Guía de interpretación de resultados, ANMAT, 2023).

Para nuestros medallones se llevó a cabo el recuento de microorganismos aerobios mesófilos totales, mohos y levaduras, coliformes totales y *E. coli* a tiempo 0, 1, 2 y 3 meses sobre la formulación óptima de medallón análogo de carne (crudo y congelado) (Tabla 13).

**Tabla 13:** Recuento de microorganismos aerobios mesófilos totales, mohos y levaduras, coliformes totales y *E. coli* a tiempo 0, 1, 2 y 3 meses sobre la formulación óptima de medallón análogo cárnico.

Muestra	Aerobios mesófilos totales (UFC/g)	Mohos y Levaduras (UFC/g)	Coliformes totales (UFC/g)	<i>E. coli</i> (UFC/g)
t <sub>0</sub>	1,2 x 10 <sup>3</sup>	< 10	< 100	< 100
t <sub>1</sub>	2,1 x 10 <sup>3</sup>	2 x 10 <sup>1</sup>	< 100	< 100
t <sub>2</sub>	5,0 x 10 <sup>3</sup>	4,0 x 10 <sup>1</sup>	< 100	< 100
t <sub>3</sub>	9,3 x 10 <sup>3</sup>	4,0 x 10 <sup>1</sup>	< 100	< 100

De acuerdo a la tabla 13 se observa que el recuento de Aerobios Mesófilos totales aumenta a medida que pasan los tiempos de control, pasando en tiempo 0, de  $1,2 \times 10^3$  UFC/g hasta el tiempo 3, de  $9,3 \times 10^3$  UFC/g, pero igualmente se mantienen en el mismo orden. Para Hongos y Levaduras se observa un comportamiento similar salvo que en tiempo 2 y tiempo 3 se mantiene estable el crecimiento. Para el recuento de Coliformes Totales y *E. coli*, no se detectó presencia para ambos con el límite de detección de la técnica de recuento utilizada. El Artículo N°229 del Código Alimentario Argentino define los productos que no contengan ingredientes de origen animal y/o sus derivados (incluidos los aditivos y coadyuvantes), pero no define límites de recuentos microbiológicos para este tipo de alimentos. Sin embargo, el artículo N°1340, define las normas microbiológicas para alimentos de regímenes especiales o dietéticos, en el cual se encuadra nuestro medallón vegano análogo de carne (Tabla 14).

**Tabla 14.** Normas microbiológicas para alimentos dietéticos o alimentos para regímenes especiales que debe cocerse antes del consumo. (Fuente: Art 1340 CAA).

MICROORGANISMO	RECuento
Recuento de aerobios en placa a 37°C (*)	Máx $2 \times 10^5$ UFC/g
Coliformes a 37°C (NMP)	Máx 500 UFC/g
<i>E. coli</i>	ausencia en 0,1g
<i>Salmonella spp.</i>	ausencia en 25g
<i>Staphylococcus aureus</i> coagulasa positiva	ausencia en 0,01g
Hongos y Levaduras: (En alimentos a base de cereales y otros ingredientes) (En alimentos lácteos exclusivamente)	Máx $10^4$ UFC/g Máx $10^3$ UFC/g

Encuadrando los resultados obtenidos para nuestros medallones, se puede ver que cumplen con las normas establecidas en el CAA para este tipo de alimentos, no sobrepasando ninguno de los valores tanto en tiempo 0 como en tiempo 3 de análisis para Aerobios mesófilos y Hongos y Levaduras y Coliformes. Para el caso de *E. coli*, con el límite de detección de la técnica utilizada, se informa que el recuento fue  $<100$  UFC/g, indicando que no hubo presencia de estos microorganismos. Dentro de los alimentos de regímenes especiales se establece que debe presentar ausencia en 0,1g.

Nadal Lomas y col. (2023), llevaron adelante una investigación sobre análogos cárnicos de base vegetal comercializados en España, donde analizaron contaminantes, elementos esenciales, estado microbiológico y fisicoquímico, estimación de la ingesta dietética y evaluación de riesgos para la salud. Del análisis microbiológico, se establece que *E. coli* no

se detectó en ninguna de las muestras analizadas y el recuento de microorganismos totales a 30° C presenta una gran variabilidad, con valores entre  $< 10$  y  $> 3,0 \times 10^6$  UFC/g.

Por otro lado, los análogos de carne son menos arriesgados en cuanto a problema de seguridad alimentaria, ya que sus materias primas son principalmente de origen vegetal, lo que elimina riesgos de zoonosis (Yunlei y col., 2021).

Además, hay que tener en cuenta que se analizó un medallón análogo crudo y congelado, y que como para su consumo requiere de cocción, todos estos recuentos se disminuirían en ese momento. Como se trabajó a escala laboratorio y de manera manual, aunque siguiendo estrictas normas de higiene, estos parámetros pueden verse aumentados por el manipuleo al momento de la preparación de los medallones. Si se llevase a cabo esta misma producción a escala piloto dentro de una Pymes, utilizando mezcladoras, amasadoras y moldeadoras industriales, la contaminación por contacto sería mucho menor, reduciendo aún más los recuentos de microorganismos.

## 5. CONCLUSIONES

En este trabajo se desarrolló un medallón vegano, como análogo de carne, enriquecido en vitamina B12 y adicionado con fibra prebiótica. Se puede concluir, en función de los objetivos planteados:

- Se lograron formular medallones veganos símil carne, utilizando solamente ingredientes de origen vegetal, en su mayoría texturizado de arveja y seitán, con el agregado de INU como fibra prebiótica y suplementado con Vit B12.
- El reemplazo del texturizado de soja por el de arveja logró mejorar la textura de los medallones y se evitó el sabor a soja presente en la mayoría de los medallones comerciales que se describen como análogos cárnicos.
- Las pérdidas por cocción y reducción del diámetro resultaron mucho menores que las observadas para hamburguesas de carne tradicionales cocidas y medallones de análogos cárnicos comerciales, conservando también la forma esférica durante la cocción.
- El diseño experimental planteado resultó muy útil para evaluar el comportamiento de la mayoría de las respuestas estudiadas en función de las variables utilizadas: HA e INU. Se obtuvieron modelos matemáticos apropiados que permitieron predecir y describir el comportamiento de los sistemas en el espacio experimental estudiado. Asimismo, se pudo optimizar la formulación a través de la función deseabilidad con el fin de obtener un medallón vegano con características sensoriales y de textura similares a las hamburguesas de carne comerciales.
- En cuanto a las características texturales instrumentales, se comprobó que la HA influye principalmente en la dureza y cohesividad de los medallones símil carne, mientras que la INU aporta más a la masticabilidad. Se obtuvieron medallones con dureza similar, menor elasticidad, menor cohesividad, menor masticabilidad y menor fuerza de corte, comparados a los de las marcas comerciales.
- Con respecto a las características sensoriales, HA influyó significativamente en el aporte de mayor color al medallón cocido, mayor firmeza y pastosidad, mientras que INU disminuyó el olor especiado y la pastosidad.
- La optimización de variables y respuestas obtuvo mejor solución con 1,26% de HA y 1,5% de INU para obtener medallones con la menor pastosidad posible y características texturales y sensoriales similares a los medallones comerciales y que sean aceptables por el consumidor.
- El perfil nutricional de la hamburguesa vegana elegida está de acuerdo con el modelo de perfil de nutrientes recomendado por la OPS, ya que no excede los límites

establecidos para calorías, grasas totales y grasas saturadas, a diferencia de otras opciones de medallones veganos como análogos de carne que se encuentran en el mercado que sí los exceden. Podría mejorarse la formulación para disminuir un poco más los niveles de sodio, y estar encuadrado completamente dentro de la ley. Con el análisis efectuado de acuerdo con la Ley de Etiquetado Frontal n°27642 se deja en evidencia que no todo lo que se comercializa como “más saludable”, lo es verdaderamente y en este caso resulta conveniente resaltar la importancia que tiene la misma en proveer información relacionada a los aspectos críticos de la nutrición.

- Se logró enriquecer en más del 82% de la DDR la cantidad de vitamina B12 luego de cocido el medallón vegano, siendo ésta una vitamina clave para aquellas personas que siguen dietas veganas y resaltando que hoy en día existen muy pocos productos en el mercado destinados a este grupo poblacional que tengan en cuenta estas deficiencias nutricionales.
- El recuento de microorganismos arrojó valores aceptables, encuadrados dentro de las normas microbiológicas establecidas para alimentos dietéticos y de regímenes especiales. Igualmente, estos recuentos podrían mejorarse si se trabajara a escala industrial, con maquinarias específicas, evitando así la contaminación por manipulación a la hora de la elaboración.
- Teniendo en cuenta la creciente preocupación de la sociedad por una alimentación más saludable, toma importancia el desarrollo y estudio de productos que además conserven adecuadas características de textura y sensoriales, para conservar o elevar la aceptabilidad por parte de los consumidores. La utilización de HA e INU resultó eficiente para obtener productos similares a los del mercado, incrementados en la cantidad de fibra.
- Como perspectivas futuras, hay que tener en cuenta que son varias las etapas que debe cumplir el desarrollo de un alimento desde su formulación inicial hasta su comercialización como producto final. Convendría entonces comprobar si la composición química obtenida de manera práctica coincide con la teórica aquí calculada. Por otro lado, uno de los factores determinantes es el costo final del producto. En este sentido, los cálculos realizados para la formulación óptima, trabajando a escala piloto, con dietéticas y supermercados como proveedores indican que el costo del producto final no supera a lo de otros presentes en el mercado. Además, sería conveniente realizar ensayos de aceptabilidad general de la formulación óptima con evaluadores no entrenados (consumidores), para cuantificar el impacto en el sector de la sociedad hacia el cual van dirigidos estos productos.
- Si bien aquí se encontraron datos muy interesantes con respecto a la textura, sería conveniente completar la investigación con estudios de microestructura para dilucidar el tipo de interacciones entre las variables estudiadas, dentro de la matriz.

- La expansión comercial actual en el uso de compuestos prebióticos como lo es la INU y el enriquecimiento con vitamina B12 deben ir acompañados de estudios en profundidad de cómo pueden ser influenciados por factores inherentes a los procesos tecnológicos, el entorno fisicoquímico de los alimentos y el tránsito gastrointestinal.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Aiking, H., de Boer, J. (2018). The next protein transition. *Trend in Food Science and Technology*, 105, 515-522.

Akbari M., Eskandari M. H., Niakosari M., Bedeltavana A. (2016). The effect of inulin on the physicochemical properties and sensory attributes of low-fat ice cream. *International Dairy Journal*, Volume 57, 52-55.

Akwetey, W. Y., & Knipe, C. L. (2012). Sensory attributes and texture profile of beef burgers with gari. *Meat Science*, 92(4), 745-748.

Alaei, F., Hojjatoleslami, M., & Hashemi Dehkordi, S. M. (2018). The effect of inulin as a fat substitute on the physicochemical and sensory properties of chicken sausages. *Food science & nutrition*, 6(2), 512-519.

Alimentos Argentinos. (2020). Informe vegetariano – Tendencias de consumo: un negocio destinado a prosperar. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, Ministerio de Economía Argentina. Recuperado de: <https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/HomeAlimentos/Nutricion/documentos/TendenciaVeg.pdf>

Alvarez Ollero, R.J., Veliz Espíritu, J.D. (2015). Microencapsulación del extracto de Betania del Beta vulgaris por atomización y evaluación de sus propiedades funcionales como colorante natural. Trabajo final de grado. Facultad de Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional del Centro del Perú. Tarma, Perú.

Arasanz, M. B., Armant, F. B., Buil, A. A., & Muñoz, G. T. (2009). Vitamina B12 y dieta vegetariana. *SEMERGEN-Medicina de Familia*, 35(8), 412-414.

Ardila, P.; Honrado, A.; Marquina, P.; Beltrán, JA; Calanche, JB (2023) Innovadora hamburguesa de origen vegetal enriquecida con harina de Tenebrio molitor: caracterización y vida útil. *Alimentos* 2023, 12, 3460.

Armanious, G., Wada, G., Adainoo, B. (2019). Meat alternatives. *Research Support Service – PreScouter*.

Arreaga Cevallos, E.S., Torres León, P.A. (2016). Estudios de las propiedades alimenticias del hongo shiitake (*Lentinula edodes*) y sus aplicaciones en la gastronomía ecuatoriana. Trabajo final de grado. Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil. Ecuador.

Asgar, M., Fazilah, A., Huda, N., Bhat, R., & Karim, A. (2010). Nonmeat protein alternatives as meat extenders and meat analogs. *Compreh. Rev.Food Sci. Food Safety*, 9(5), 513–529.

Askew, K., 2017. Europe Leads in Innovation as Meat-free Demand Grows. Recuperado de: <https://www.foodnavigator.com/Article/2017/08/24/Europe-leads-in-innovation-as-meat-free-demand-grows>.

Babiker, E.E., Özcan, M.M., Ghafoor, K., Juhaimi, F., Ahmed, I.A.M., Almusallam, I.A. (2020). Physico-chemical and bioactive properties, fatty acids, phenolic compounds, mineral contents, and sensory properties of cookies enriched with carob flour. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44, e14745.

Bakhsh, A., Lee, S., Lee, E., Sabikun, N., Hwang, Y., Joo, S. (2021). A novel approach for tuning the physicochemical, textural, and sensory characteristics of plant-based meat analogs with different levels of methylcellulose concentration. *Foods*, 10, 560.

Barbosa C.S. (2023). Desarrollo y evaluación de hamburguesas veganas como sustituto carnico variando la relacion gluten de trigo y texturizado de arveja.

Barrero, J. M. (2020, 16 de enero). Foodtech y agtech: que hay de nuevo para los emprendedores del agro. La Nación. <https://www.lanacion.com.ar/economia/campo/foodtech-agtech-que-hay-nuevo-emprendedores-del-nid2324327/>.

Baune M-C., Terjung N., Tülbek M. C., Boukid F. (2022). Textured vegetable protein (TVP): Future foods standing on their merits as meat alternative. *Future Foods*, Volume 6, 2022, 100181, ISSN 2666-8335.

Bayona, M. R. (2009). Evaluación microbiológica de alimentos adquiridos en la vía pública en un sector del norte de Bogotá. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 12 (2):9-17

Bennaseer Verger, M.M. (2019). Veganismo y vegetarianismo en España: motivaciones e impacto en la industria. Trabajo final de grado. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad Pontificia, España.

Berizi, E., Shekarforoush, S. S., Mohammadinezhad, S., Hosseinzadeh, S. & Farahnaki, A. (2017). The use of inulin as fat replacer and its effect on texture and sensory properties of emulsion type sausages. *Iranian journal of veterinary research*. 18. 253-257.

Bigne, F. (2016). Aplicación de harina de fruto de algarrobo en el desarrollo de productos panificados saludables. La Plata: Universidad Nacional De La Plata.

Bohrer, B. M. (2019). An investigation of the formulation and nutritional composition of modern meat analogue products. *Food Science and Human Wellness*.

Borda, M. (2011). Formulación de una base para aderezo de ensaladas con características de alimento funcional. Tesis de Maestría en Tecnología de Alimentos. Buenos Aires, Argentina.

Boublenza, I., Lazouni, H.A., Ghaffari, L., Ruiz, K., Fabiano-Tixier, A.S., Chemat, F. (2017). Influence of roasting on sensory, antioxidant, aromas, and physicochemical properties of carob pod powder (*Ceratonia siliqua* L.). *Journal of Food Quality*, 4193672.

Bourne, M.C. (1982). Chapter 1: Texture, viscosity and Food. En libro: *Food texture and viscosity*, pp 1-32. Academic Press, San Diego, USA.

Britos, S., Saraví, A. y Vilella, F. (2010). Buenas Prácticas para una Alimentación Saludable de los Argentinos. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires. 64 p.

Cabral, S., & Catenaccio, V. (2022). ¿Cuál es el perfil de seguridad de los preparados de vitamina B12 disponibles en Uruguay, para la población pediátrica y cuáles se pueden dispensar sin receta médica?

Cabrera, M.C., Saadoun, A. (2014). An overview of the nutritional value of beef and lamb meat from South America. *Meat Science*, 98, 435-444.

Caceres, E., García, J., Toro, T., & Selgas, M. (2004). The effect of fructooligosaccharides on the sensory characteristics of cooked sausages. *Meat Science*, 68: 87-96.

Cámara de la Industria y Comercio de Carnes y Derivados de la República Argentina (CICCRA). (2022). Consumo de carne vacuna por habitante - Enero 2022. Recuperado de: <https://ciccra.com.ar/wp-content/uploads/2022/02/Inf-No-252b-2022-enero.pdf>

Campano, L. (2017). Evaluación tecnológica de hamburguesas de carne bovina con sustitución parcial con berenjena (*Solanum melongena* L.). Trabajo Final de Ingeniería Agrónoma. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de La Plata. Argentina.

Castellanos, L., Murillo, K., Ortega, D., Velásquez, I., & Ramírez, J. (2016). Empleo de Inulina en matrices alimentarias. *La Alimentación Latinoamericana*, 325, 62-68. Recuperado de <http://alaccta.org/wp-content/uploads/2016/09/LAL325web.pdf>.

Chiang J.H., Loveday S.M., Hardacre A.K., Parker M.E. (2019). Effects of soy protein to wheat gluten ratio on the physicochemical properties of extruded meat analogue. *Food Structure*, 19, 100102.

Contreras, M, Benedito, J., Quilesa, A., Lorenzo J.M., Fulladosa, E., Gou P., Garcia-Perez J.V. (2020) Assessing the textural defect of pastiness in dry-cured pork ham using chemical, microstructural, textural and ultrasonic analyses. *Journal of Food Engineering* 265, 109690

Cruz, J. (2015). La OMS relaciona el consumo de carnes rojas y carnes procesadas con el cáncer. *Eurocarne*, 230.

Cui, C., Wu, X., & Zhao, M. M. (2011). Difference analysis of stewed beef and red-cooked beef volatile compounds. *Modern Food Science and Technology*, 27, 461-464.

Danelotti, E., & Miklic, N. M. (2018). Desarrollo de bocaditos de espinaca fortificados con inulina. Universidad Argentina de la Empresa. 10.

De Figueiredo, A. K., Rodríguez, L. M., Riccobene, I. C. y Nolasco, S. M. (2014). Analysis of the Performance of a Dehulling System for Confectionary Sunflower Seeds. *Food and Nutrition Sciences*, 541-548.

Derringer, G. y Suich, R. (1980). Optimización simultánea de varias variables de respuesta. *Revista de tecnología de calidad*, 12 (4), 214-219.

Dinani, S. T., van der Harst, J. P., Boom, R., & van der Goot, A. J. (2023). Effect of l-cysteine and l-ascorbic acid addition on properties of meat analogues. *Food Hydrocolloids*, 134, 108059.

Egbert, R., & Borders, C. (2006). Achieving success with meat analogs. *Food Technology* (Chicago), 60(1), 28-34.

European Food Safety Authority (EFSA) - REGLAMENTO (UE) 2015/2314. <https://www.boe.es/doue/2015/328/L00046-00049.pdf>

European Food Research and Technology, 232(3), 405-413. doi:10.1007/s00217-010-1409-1.

FAO (2006). Livestock's long shadow- Environmental issues and options. FAO publications. [www.fao.org/docrep](http://www.fao.org/docrep).

Firth, N. (2018). Where's the beef? *New Scientist*, 238 (3176), 30-34.

García, M. L., Cáceres, E., & Dolores Selgas, M. (2006). Effect of inulin on the textural and sensory properties of mortadella, a Spanish cooked meat product. *International Journal of Food Science and Technology*, 41(10), 1207–1215.

Fundación Española de la Nutrición. (2001). La carne de vacuno en la alimentación humana. Publicaciones: Serie "Divulgación", nº16. Madrid, España.

Gallego Picó, A. (2013). Características de los alimentos y control de calidad. *Revista del Centro Asociado a la UNED de Melilla*, nº36, 13-34. ISSN 0213-7925.

GIRARD J. (1991). Tecnología de la carne y de los productos cárnicos Zaragoza-España. Edit. Acribia. pp. 139-144.

Guía de Interpretación de Resultados Microbiológicos de Alimentos, (ANMAT) Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica, Instituto Nacional de Alimentos. Recuperado de: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anmat-guia\\_de\\_interpretacion\\_resultados\\_microbiologicos.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anmat-guia_de_interpretacion_resultados_microbiologicos.pdf).

Hager, A.-S., Ryan, L. A. M., Schwab, C., Gänzle, M. G., O'Doherty, J. V., & Arendt, E. K. (2010). Influence of the soluble fibres inulin and oat  $\beta$ -glucan on quality of dough and bread.

Hamilton, M.N., Ewing, C.E. (2000). Food Coloring Composition. CA2314727C (Patente).

He, J., Evans, N.M., Liu, H., Shao, S. (2020). A review of research on plant-based meat alternatives: Driving forces, history, manufacturing, and consumer attitudes. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 19, 2639–2656.

Huang S. C., Tsai Y. F. & Chen C. M. (2011). Effects of wheat fiber, oat fiber, and inulin on sensory and physico-chemical properties of Chinese-style sausages. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24, 875-880.

International Agency for Research on Cancer. (2015). IARC Monographs evaluate consumption of red meat and processed meat. World Health Organization, Press Release nº240. Lyon, France.

INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial). 2008. Informe de análisis de hamburguesas y medallones de carne. Programa Pruebas de Desempeño de producto. Argentina.

Ilic, J., Djekic, I., Tomasevic, I., Oosterlinck, F., Van den Berg, M., (2022) Materials Properties, Oral Processing, and Sensory Analysis of Eating Meat and Meat Analogs. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* 13:193–215

Joshi, V.K., Kumar, S. (2015). Meat Analogues: Plant based alternatives to meat products: A review. *Int. J. Food. Ferment. Technol.*, 5(2), 107-119.

Kramer, A., Aamlid, K., Guyer, R.B., Rodgers, H.P. (1951) New shear press predicts quality of canned lima beans. *Food Eng.* 23, 112.

Ktari N., Bkhairia I., Jridi M., Hamza I., Riadh B. S., Nasri M. Digestive acid protease from Zebra blenny (*Salaria basilisca*): Characteristics and application in gelatin extraction. *Food Res. Int.* 2014; 57:218–224.

Kumar, P., Chatli, M.K., Mehta, N., Singh, P., Malav, O.P., Verma, A.K. (2017). Meat analogues: health promising sustainable meat substitutes. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 57(5), 923-932.

Kumar, P., Sharma, B.D., Kumar, R.R. (2011a). Product profile comparison of analogue meat nuggets versus chicken nuggets. *Fleischwirtschaft International – Journal for Meat Production and Meat Processing.* ISSN 0179-2415, n°1, pp 72-74.

Kumar, P., Sharma, B.D., Kumar, R.R. (2011b). Optimization of mushroom level in analogue meat Nuggets. *Journal of Meat Science*, 7, 53-55.

Kumar, P., Sharma, B.D., Kumar, R.R., Kumar, A. (2012). Optimization of the level of wheat gluten in analogue meat nuggets. *Indian Journal of Veterinary Research*, 21(1), 54-59.

Kumar, S. S., Chouhan, R. S., & Thakur, M. S. (2010). Trends in analysis of vitamin B12. *Analytical biochemistry*, 398(2), 139-149.

Kyed, M.H., Rusconi, P. (2009). Protein Composition for Meat Products or Meat Analog Products. US20090208633A1 (Patente).

Kyriakopoulou, K., Dekkers, B., van der Goot, A.J. (2019). Plant-based meat analogues. Chapter 6. In Book: *Sustainable Meat Production and Processing*. Academic Press, Elsevier. ISBN: 978-0-12-814874-7.

Laguna, L., Primo-Martín, C., Varela, P., Salvador, A., & Sanz, T. (2014). HPMC and inulin as fat replacers in biscuits: Sensory and instrumental evaluation. *LWT - Food Science and Technology*, 56(2), 494–501.

Larsson, S., Wolk, A. (2006). Meat consumption and risk of colorectal cancer: a meta-analysis of prospective studies. *Int. J Cancer*, 119(11), 2657-64.

Letang, C., Piau, M., Verdier, C. (1999). Characterization of wheat flour-water doughs. Part I: Rheometry and microstructure. *Journal of Food Engineering* 41, 121-132.

Ley N°27.642 “Promoción de la Alimentación Saludable” Publicada: 12/11/2021

Li, X., Li, J. (2020). The Flavor of Plant-Based Meat Analogues. *Cereal Foods World*, 65(4), 0040.

Licardie Jerez, M.K. (2012). Efecto de dos porcentajes de inulina, como fuente de fibra, en las propiedades físicas, microbiológicas y sensoriales en una salchicha frankfurter de pollo reducida en grasa. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. Honduras 31 p.

Liria Dominguez, M. R. (2007). Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos. Lima, Perú.

Lobo Gonzales, J. (2018). Comparación del efecto de la proteína texturizada de soya y la proteína aislada de piel de cerdo (pg 80), sobre las características fisicoquímicas, texturales, organolépticas y de rendimiento en la hamburguesa express en la empresa frigorífico la parisienne.

Lopez V. (2020, 12 de enero). El consumo de carne está en su nivel más bajo de la última década y aun así es el doble de lo recomendado. Clarín. Recuperado de:

[https://www.clarin.com/sociedad/consumo-carne-nivel-ultima-decada-tendencia-vegetariana\\_0\\_OiwLZnme.html](https://www.clarin.com/sociedad/consumo-carne-nivel-ultima-decada-tendencia-vegetariana_0_OiwLZnme.html).

Lotufo Haddad, M. (2019). Desarrollo y caracterización fisicoquímica y sensorial de productos alimenticios elaborados con tubérculos andinos. Tesis doctoral. Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Salta. Argentina.

Madrigal, L., & Sangronis, E. (2007). La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. Archivos latinoamericanos de nutrición, 57(4), 387-396.

Manzoni C. y Bernasconi P. (2017, 10 de septiembre). Hamburguesas: un alimento elegido. La Nación. <https://www.lanacion.com.ar/economia/hamburguesas-un-alimento-elegido-nid2061241/>.

Mazzaglia A., Legarováb V., Giaquintac R., Lanzac C., Restucciaa C. (2020), The influence of almond flour, inulin and whey protein on the sensory and microbiological quality of goat milk yogurt. LWT - Food Science and Technology, 124, 109138

Mendoza, E., M. García, C. Casas and M. Selgas. 2001. Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages. Meat Science 57(4): 387-393.

Ministerio de Salud de la Nación. (2018). Manual para la aplicación de las Guías Alimentarias para la Población Argentina (GAPA).

Ministerio de Salud de la Nación, SARA 2: tabla de composición química de alimentos para Argentina: compilación para ENNyS 2 / 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ministerio de Salud de la Nación, 2022.

Ministerio de Salud de la Nación. (2020). Código Alimentario Argentino. Artículos: 229, 302, 330, 696, 1340, 1390.  
[http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/Codigo\\_Alimentario\\_Argentino.pdf](http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/Codigo_Alimentario_Argentino.pdf)

Miranda, V.N., Garay, P.A., Gonçalves de Oliveira, E., Ramón, A.N., Cravero Bruneri, A.P., Villalva, J. (2017). Harina de algarroba negra (prosopis nigra): propiedades nutricionales y utilización en productos alimenticios. Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud. ISSN: 2250-5628. Universidad Nacional de Salta.

Muñoz Ohmen, S., Restrepo Molina, D. y Sepúlveda Valencia, J. (2021) Inulina en Algunos Derivados Cárnicos. Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín 65(2): 6795-6804.

Murgueytio Garnier, J.V. (2015). Obtención y caracterización de albedo pulverizado a partir de un fruto cítrico para aplicación en salchicha. Trabajo final de grado. Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador.

Nadal Lomas y col (2023). Nadal Lomas, M., González Paradell, N., Castell Garralda, V., Alcalde Sanz, L., Calderón, J., Sabaté, S. (2023). Análogos cárnicos de base vegetal comercializados en Cataluña: análisis de contaminantes, elementos esenciales, estado microbiológico y fisicoquímico, estimación de la ingesta dietética y evaluación de riesgos para la salud. Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria Barcelona, julio de 2023.

NIHON SHOKUHIN KAKO CO., LTD. (2019, 28 de agosto). Meat Analogue Processed Food Product, Method for Producing Same, and Additive for Meat Analogue Processed Food

Product (Número de patente: US20220030910A1). Justia Patents.  
<https://patents.justia.com/patent/20220030910>

Organización Mundial de la Salud (OMS) <https://www.who.int/es>

Organización Panamericana de la Salud (OPS) <https://www.paho.org/es>

Ospina, M.M., Sepulveda, J.U., Restrepo, D.A., Cabrera, K.R., Suárez, H. (2012). Influencia de goma xanthan y goma guar sobre las propiedades reológicas de leche saborizada. *Biocología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, Vol.10, N°1, 51-59.

Página web Argentina, 2019 – Ficha Algarroba.  
[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ficha\\_algarroba\\_2019.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ficha_algarroba_2019.pdf).

Pasquel, A. (2001). Gomas: una aproximación a la industria de alimentos. *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, Vol. 1, N°1, 1-8.

Perera, C. (2011). Evaluation of meat analogues made with texturized pea protein for their functionality and applications in nutritionally improved meatless formulations. Conference: Institute of Food Technologists - New Orleans, USA.

Recinos Ortiz, A.G. (2011). Evaluación de la utilización de avena (*Avena Sativa* L.) como aglutinante en la formulación de tabletas de acetaminofén. Trabajo final de grado. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

Reimundo Díaz, D.A. (2017). La innovación de productos alternativos a la harina de trigo a base de harina de arroz y de soja para la enfermedad celíaca. Tesis final de grado. Facultad de Dirección de Empresas, Universidad Regional Autónoma de los Andes (UNIANDES). Ambato, Ecuador.

Rios-Mera J.D., Saldaña E., Cruzado-Bravo M.L.M., Patinho I., Selani M.M., Valentin D., Contreras-Castillo C.J. (2019). Reducing the sodium content without modifying the quality of beef burgers by adding micronized salt. *Food Research International*, 121, 288-295.

Rolan, T., Mueller, I., Mertle, T.J., Swenson, K., Conley, C., Orcutt, Mac, W., Mease, L. (2008). Ground meat and meat analog compositions having improved nutritional properties. US20080268112A1; WO2008083117A2 (Patente).

Sakai K., Sato Y., Okada M., Yamaguchi S. (2022). Synergistic effects of laccase and pectin on the color changes and functional properties of meat analogs containing beet red pigment. *Nature Scientific Reports*, 12, 1168.

Sciammaro, L. P., Ferrero, C., Puppo, M. C. (2015). Chemical and nutritional properties of different fractions of *Prosopis alba* pods and seeds. *Journal of Food Measurement and Characterization*. DOI: 10.1007/s11694-015-9282-z.

Schreuders, F.K.G., Schlangen, M., Kyruakopoulou, K., Boom, R.M., van der Goot, A.J. (2021). Texture methods for evaluating meat and meat analogue structures: A review. *Food Control*, 127, 108103.

Sheetanshu, U., 2016. Meat Substitute Market by 2020-Future Business Opportunities. Allied Mark. Res. Recuperado de: <https://www.alliedmarketresearch.com/meat-substitute-market>.

Siddiqui S. A., Khan S., Murid M., Asif Z., Oboturova N. P., Nagdalian A. A., Blinov A. V., Ibrahim S. A., Jafari S. M. (2022). Marketing Strategies for Cultured Meat: A Review. Vol 12(17), 8795.

Silva, T. F. D. (2016). Cookies de chocolate isentos de glúten adicionados de inulina enriquecida com oligofrutose: características químicas, físicas e sensoriais.

Sociedad Española de Médicos de Atención Primaria (SEMAP). (2018). Importancia de la carne de vacuno en la alimentación de los españoles. Ed. Grupo ICM Comunicación, S.L. ISBN: 978-84-946572-2-1. Madrid, España.

Sorroza Rojas, N. A., Jinez Sorroza, B.E., Grijalva Endara, A.M., Naranjo Álvarez, J.L. (2019). El cloruro de sodio y los efectos en la alimentación. Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento, Vol. 3, nº1, 913-937. ISSN: 2588-073X.

Stamboulian, S. L. (2022). Ley de promoción de la alimentación saludable en Argentina: sus efectos en la industria alimenticia de consumo masivo. Universidad de San Andrés. Escuela de Negocios; Argentina.

Szczesniak A.S. (2002). Textural perceptions and food quality. Journal of Food Quality, 14 (1991), pp. 75-85.

Tamime, A.Y., Robinson, R.K. (1991). Yogur ciencia y tecnología. Zaragoza, España: Acribia, S.A.

Tátero Carvalho, L., Alves Pires, M., Baldin, J.C., Sichetti Munekata, P.E., Leandro de Carvalho F.A., Rodrigues, I., Polizer, Y.J., Malagoli de Mello, J.L., Lapa-Guimarães, J., Trindade, M.A. (2019). Partial replacement of meat and fat with hydrated wheat fiber in beef burgers decreases caloric value without reducing the feeling of satiety after consumption. Meat Science, 147, 53-59.

Ugalde-Benítez, G. (Ed.). (2012). Handbook of Meat and Meat Processing. CRC Press.

Vazquez Chavez, L. (2021). Efecto de goma xantana en masas de trigo. Trabajo presentado en XIX Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. México (modalidad on-line).

Villegas B. (2008). Efecto de la adición de inulina en las características físicas y sensoriales de batidos lácteos. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.

Vu G., Zhou H., McClements D.J. (2022). Impact of cooking method on properties of beef and plant-based burgers: Appearance, texture, thermal properties, and shrinkage. Journal of Agriculture and Food Research, 9, 100355.

Yousefi, M., Khorshidian, N., & Hosseini, H. (2018). An overview of the functionality of inulin in meat and poultry products. Nutrition & Food Science, Vol. 48 No. 5, pp. 819-835.

Yunlei F., Tianpeng C., Stephenie H., Yuet C., Bin L., Peipei S., Han S., Feng C. (2021). The potentials and challenges of using microalgae as an ingredient to produce meat analogues. Trends in Food Science & Technology. Volume 112, 2021, Pages 188-200, ISSN 0924-2244.

Wang, Jingge Xu, Mengmeng Zhang, Hui Zheng, Li Li. (2022) Preservation of soy protein-based meat analogues by using PLA/PBAT antimicrobial packaging film. Food Chemistry. Volume 380, 30 June 2022, 132022.

World Cancer Research Fund International. (WCRF). <https://www.wcrf.org/>

Zbikowska, A. & Rutkowska, J. (2008). Possibility of partial replacement of fat by inuline in cookies in order to decrease their caloric value. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 58, 113–117.

LINKS:

<http://friburger.com.ar>. Revisado el 10/04/2023.

[http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Nutricion/tendencias\\_consumo.php](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Nutricion/tendencias_consumo.php). Revisado el 10/04/2023.

<https://www.argentina.gob.ar/salud/ley-de-promocion-de-la-alimentacion-saludable>.  
Revisado: 10/10/2023

## 7. ANEXOS

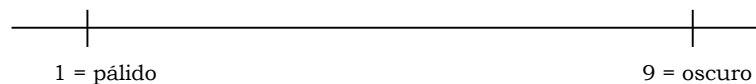
### ANEXO I: Ficha Análisis sensorial

NOMBRE: ..... FECHA: .....

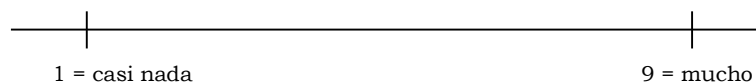
#### EVALUACIÓN SENSORIAL MEDALLÓN VEGANO SIMIL CARNE

Ud. recibirá 3 muestras de hamburguesas codificadas aleatoriamente. Comience evaluando todos los descriptores para una muestra y luego continúe con la siguiente en el orden de presentación (de izquierda a derecha). Recuerde siempre beber agua y comer galletita sin sal AL MENOS una vez entre una muestra y la siguiente. MUCHAS GRACIAS!

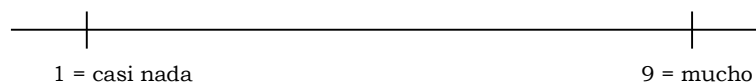
#### COLOR HAMBURGUESA CARNE COCIDA



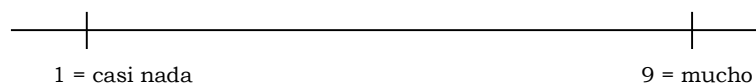
#### OLOR ESPECIADO



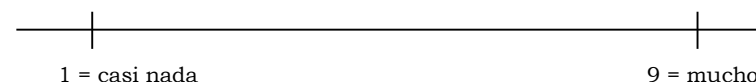
#### FIRMEZA AL CORTE CON CUCHILLO (fuerza necesaria para deformar y cortar la hamburguesa)



#### SABOR AHUMADO



#### PASTOSIDAD



#### MASTICABILIDAD (nº de masticaciones necesarias hasta deglutir 1 porción - 1/8 - de la hamburguesa)



## ANEXO II: Ficha Técnica Complejo Multivitamínico con Vit B12

**1) PREMIX 3816 PVN**

<b>Nutriente</b>	<b>% DDR*/ porción</b>
Vitamina B12	100%
Vitamina A	25%
Vitamina D	25%
Zinc	25%
Calcio	20%

\*Según Mercosur/GMC/Res. N° 46/03 y 47/03

**Dosificación:** Agregar 0.75 kg de Premix 3816 PVN cada 100 kg de producto final.