

**Use of modified starch of white carrot (*Arracacia xanthorrhiza*) and quinoa (*Chenopodium quinoa*) as extenders in sausage production**  
**Utilización del almidón modificado de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y quinoa (*Chenopodium quinoa*) como extensores en la elaboración de salchicha**

**Autores:**

Bombón-Tonato, Leslie Michelle  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
Maestrante en Agroindustria con mención en Tecnología de Alimentos  
Latacunga – Ecuador

  [leslie.bombon2227@utc.edu.ec](mailto:leslie.bombon2227@utc.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0000-9036-4155>

Zambrano-Ochoa, Zoila Eliana  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
Docente Tutora del área de Agroindustria con mención en Tecnología de Alimentos  
Latacunga – Ecuador

  [zoila.zambrano@utc.edu.ec](mailto:zoila.zambrano@utc.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-5869-8438>

Morales-Padilla, María Monserrath  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
Unidad Académica de Posgrado, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales  
Latacunga – Ecuador

  [maria.morales1144@utc.edu.ec](mailto:maria.morales1144@utc.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-9048-1538>

Villacres-Poveda, Clara Elena  
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
Quito – Ecuador

  [elena.villacres@iniap.gob.ec](mailto:elena.villacres@iniap.gob.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-9660-5845>

Fechas de recepción: 22-MAR-2025 aceptación: 22-ABR-2025 publicación: 30-JUN-2025

 <https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>  
<http://mqrinvestigar.com/>



## Resumen

Los embutidos serían considerados más saludables y sostenibles al incorporar almidón modificado de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y quinoa (*Chenopodium quinoa*), favoreciendo tanto la salud pública como la diversificación alimentaria. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de estos almidones modificados como extensores en la elaboración de salchichas. Para ello, se llevó a cabo su obtención y modificación química/física, además de analizar su contenido de amilosa, almidón total y sus propiedades sensoriales, proximales e instrumentales. El estudio utilizó un diseño factorial 2×4, considerando dos factores principales: tipo de almidón modificado (zanahoria blanca y quinoa) y porcentaje de incorporación en la formulación (0%, 4%, 7%, 10%), con un total de ocho tratamientos y 16 observaciones (dos repeticiones por tratamiento). Los resultados evidenciaron que ambos almidones poseyeron propiedades funcionales prometedoras para la producción de salchichas. El almidón de zanahoria blanca, debido a su elevado contenido de amilosa y almidón total, mejoró características sensoriales como olor, sabor y textura, especialmente en concentraciones del 7% y 10%. Por su parte, el almidón de quinoa, en una proporción del 4%, aportó un perfil nutricional equilibrado con altos niveles de proteína y grasa, aumentando su valor en formulaciones cárnicas. Desde un enfoque instrumental, el almidón de zanahoria blanca proporcionó mayor firmeza y consistencia en concentraciones más altas, mientras que el almidón de quinoa otorgó elasticidad y flexibilidad a la matriz cárnica. Los hallazgos resaltan el potencial de ambos almidones como ingredientes clave, sin embargo, se recomienda continuar con investigaciones que analicen su estabilidad bajo diferentes condiciones de procesamiento y exploren formulaciones combinadas.

**Palabras Clave:** Almidón modificado; Físico-químicas; Nutricionales; Producción alimentaria



## Abstract

Sausages would be considered healthier and more sustainable by incorporating modified starch of white carrot (*Arracacia xanthorrhiza*) and quinoa (*Chenopodium quinoa*), favoring both public health and food diversification. This research aimed to evaluate the effect of these modified starches as extenders in the production of sausages. To this end, it was obtained and chemically modified and physically, in addition to analyzing its amylose content, total starch and its sensory, proximal and instrumental properties. The study used a 2×4 factorial design, considering two main factors: type of modified starch (white carrot and quinoa) and percentage of incorporation into the formulation (0%, 4%, 7%, 10%), with a total of eight treatments and 16 observations (two replications per treatment). The results showed that both starches had promising functional properties for sausage production. White carrot starch, due to its high amylose and total starch content, improved sensory characteristics such as smell, taste and texture, especially at concentrations of 7% and 10%. On the other hand, quinoa starch, in a proportion of 4%, provided a balanced nutritional profile with high levels of protein and fat, increasing its value in meat formulations. From an instrumental approach, white carrot starch provided greater firmness and consistency at higher concentrations, while quinoa starch gave elasticity and flexibility to the meat matrix. The findings highlight the potential of both starches as key ingredients; however, it is recommended to continue with research that analyzes their stability under different processing conditions and explores combination formulations.

**Keywords:** Modified starch; Physicochemical; Nutritional; Food production



## Introducción

Los embutidos, como destaca Pazmiño & Rodríguez (2022) se originaron como una solución económica para conservar y aprovechar la carne animal, consisten en mezclas de carne picada, especias y sal encapsuladas en tripas. Aunque son ampliamente valorados por su sabor y versatilidad, su consumo excesivo se ha relacionado con diversos problemas de salud, como enfermedades cardiovasculares, diabetes y ciertos tipos de cáncer, debido a su elevado contenido de grasas saturadas, sodio, conservantes y aditivos como nitritos y nitratos. Este escenario ha incentivado la búsqueda de alternativas que reduzcan el impacto negativo de estos productos sin comprometer sus características sensoriales y culinarias.

En este contexto, la incorporación de almidones como extensores ha cobrado relevancia debido a su capacidad para mejorar la textura, la estabilidad y la funcionalidad del producto. El almidón, reconocido por su versatilidad y costo accesible, se utiliza comúnmente como espesante, estabilizante y ligante en diversos alimentos procesados. Sin embargo, los almidones convencionales suelen tener índices glucémicos altos, lo que ha motivado la exploración de fuentes no convencionales con características funcionales específicas como es la quinoa (*Chenopodium quinoa*) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) (Arzapalo et al., 2019).

La zanahoria blanca, es un tubérculo que destaca por su alto contenido de almidón, alcanzando 67.29 g por cada 100 g de materia seca. Pese a estas propiedades, su aplicación en la industria alimentaria ha sido limitada, principalmente debido a su rápida descomposición y la falta de estudios sobre sus propiedades físico-químicas y funcionales. La extracción y modificación de su almidón representa una oportunidad para optimizar el procesamiento y aprovechamiento de esta materia prima, minimizando las pérdidas en la producción y ampliando su uso en alimentos procesados (Sáez, 2020; Vele, 2019).

Por su parte, el almidón de quinoa, que constituye entre el 58 % y el 68 % de los carbohidratos de esta semilla, se caracteriza por gránulos pequeños, parcialmente cristalinos y altamente digeribles. Su estabilidad frente al congelamiento y la retrogradación lo convierte en un sustituto potencial para los almidones modificados químicamente. Además, su variabilidad genética en el tamaño de gránulo, que oscila entre 1 y 28  $\mu\text{m}$ , ofrece oportunidades para su

aplicación en diferentes sectores industriales, especialmente en la elaboración de productos funcionales y saludables (Econadata, 2019; Arzapalo et al., 2019).

En este punto, la elaboración tradicional de embutidos, caracterizada por altos contenidos de grasas, calorías y aditivos químicos, plantea un desafío para la salud pública debido a su vínculo con enfermedades crónicas. En respuesta, estos almidones, al ser utilizados como extensores, no solo tienen el potencial de mejorar las propiedades sensoriales y funcionales de las salchichas, sino también de fomentar un uso sostenible de recursos agrícolas infrautilizados, promoviendo una producción alimentaria más saludable y diversificada.

En este contexto, surge la pregunta: ¿Los almidones modificados de zanahoria blanca y quinoa puede contribuir como extensores en la elaboración de salchichas, optimizando sus propiedades sensoriales, funcionales y nutricionales?

La relevancia de esta problemática radica en que la extracción y modificación de almidones nativos de fuentes no convencionales que permita no solo ampliar el portafolio de insumos para la industria alimentaria, sino también incentivar la producción agrícola de estos cultivos, minimizando pérdidas y fomentando un desarrollo agroindustrial sostenible cuyo enfoque ofrece una solución tanto al desafío de salud pública como a la necesidad de diversificación e innovación en la producción alimentaria.

Por consiguiente, el presente estudio tiene como objetivo determinar el efecto del almidón modificado de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y quinoa (*Chenopodium quinoa*) como extensores en la elaboración de salchichas, considerando su impacto en las propiedades sensoriales, proximales y microbiológicas del producto final.

## **Materiales y Métodos**

### **Obtención y modificación del almidón**

El estudio adoptó un diseño experimental y descriptivo para evaluar las propiedades físico-químicas y nutricionales del almidón modificado de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y quinoa (*Chenopodium quinoa*), así como su evaluación de desempeño como extensor en la fabricación de salchichas. El almidón nativo se extrajo mediante un proceso en frío con agua destilada y se secó a 40°C. Posteriormente, se modificó físicamente por gelatinización a temperatura ambiente con agua y etanol al 95%, lo que favoreció la



expansión del almidón, y químicamente, mediante tratamiento con hidróxido de sodio (NaOH) 1N, para romper parcialmente sus cadenas y mejorar su incorporación en la mezcla de salchicha.

### **Determinación del contenido de amilosa y almidón total**

#### ***Procedimiento para la cuantificación de amilosa***

Para cuantificar el contenido de amilosa en zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y quinoa (*Chenopodium quinoa*), se empleó el método colorimétrico descrito por Morrison & Laignelet (1983), el cual se basa en la reacción de la amilosa con yodo y la medición espectrofotométrica de la absorbancia a 620 nm. Los análisis se realizaron utilizando un espectrofotómetro marca Thermo Scientific modelo Genesys™ 10S UV-Vis. Los reactivos, suministrados por Sigma-Aldrich, incluyeron etanol al 95%, hidróxido de sodio 1N, ácido acético 1N y solución de yodo al 2%.

La preparación de la muestra consistió en pesar 100 mg de almidón, disolverlo en un balón volumétrico de 100 ml con etanol y NaOH 1N, y permitir la gelatinización a temperatura ambiente durante 24 horas. Luego, se ajustó el volumen a 100 ml con agua destilada. Para la reacción, se transfirieron 5 ml de la solución a un balón volumétrico de 100 ml, se añadieron 50 ml de agua destilada, 1 ml de ácido acético 1N y 2 ml de solución de yodo al 2%. La mezcla reaccionó en oscuridad durante 20 minutos antes de medir la absorbancia a 620 nm. Los resultados fueron comparados con una curva estándar preparada con soluciones de amilosa y amilopectina en diferentes proporciones, siguiendo el procedimiento descrito por Moposita (2023) en el estudio de la modificación química y física de almidones de zanahoria blanca y camote.

#### ***Procedimiento para la cuantificación de almidón total***

La cuantificación del almidón total se realizó mediante un procedimiento enzimático seguido de un ensayo colorimétrico utilizando el reactivo antrona, según el método 76-11 de la (American Association of Cereal Chemists, 2010). Se empleó una amilo-glucosidasa para hidrolizar las maltodextrinas a D-glucosa, que fue oxidada a D-gluconato con liberación de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Este compuesto fue medido mediante una reacción colorimétrica con peroxidasa que generó un tinte quinonaimina. Los reactivos utilizados incluyeron KOH 4M, HCl 2M, tampón acetato sódico 0.4M y reactivo antrona (Sigma-

Aldrich). Se usaron equipos como centrífuga (Eppendorf), balanza analítica (Mettler Toledo) y baño de agua (Mettmert).

El procedimiento inició con el pesaje de 50 mg de muestra, tratados con KOH 4M y agitados durante 30 minutos. La mezcla se neutralizó con HCl 2M y el pH se ajustó a 4.75 usando el tampón. Se añadió amilasa y se incubó a 60°C por 45 minutos. Tras centrifugar, se tomó una alícuota de 0.5 ml del sobrenadante, se completó con agua destilada, se agregó reactivo antrona y se calentó a 80°C por 5 minutos. La absorbancia se midió para calcular el contenido de almidón total mediante la fórmula correspondiente:

$$\% \text{ almidon total} = \frac{\text{glucosa} \left( \frac{\mu\text{g}}{\text{ml}} \right) * \text{Volumen} * \text{Disolucion} * 100 * 0.9}{100 * \text{Peso de muestra seca (mg)}}$$

### **Evaluación de las propiedades funcionales del almidón**

La evaluación de las propiedades funcionales del almidón modificado como extensor en la formulación de salchichas se realizó midiendo el Índice de Absorción de Agua (IAA), el Índice de Solubilidad en Agua (ISA) y el Poder de Hinchamiento (PH), siguiendo el método propuesto por (Anderson et al., 1969). Se utilizaron equipos de marcas reconocidas, incluyendo una balanza analítica (Mettler Toledo), un equipo de agitación (Heidolph), una centrífuga (Eppendorf) y un baño termostatado (Mettmert). Los reactivos fueron suministrados por Sigma-Aldrich.

El procedimiento comenzó con el pesaje de 2.5 g de almidón, los cuales fueron colocados en tubos de centrífuga. Se calentaron 30 ml de agua destilada a 30°C en el baño termostatado y se añadieron a cada tubo, agitando e incubando la mezcla durante 30 minutos. Posteriormente, los tubos se centrifugaron a 5000 rpm durante 20 minutos. Si el gel y el sobrenadante no se separaban completamente, la centrifugación se repetía a 6000 rpm durante 10 minutos más.

Para medir el ISA, se decantó el sobrenadante en tubos de centrífuga graduados y se midió el volumen. El sobrenadante fue filtrado y se secaron 10 ml del filtrado en cajas Petri a 90°C durante 24 horas. Finalmente, se pesó el gel obtenido. Los valores de IAA, ISA y PH se calcularon mediante las fórmulas respectivas para cada propiedad funcional.

Índice de Absorción de Agua (IAA)



$$IAA = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de la muestra}}$$

Índice de Solubilidad en Agua (ISA)

$$ISA = \frac{\text{Peso de solubles}}{\text{Peso de la muestra}}$$

Poder de Hinchamiento (PH)

$$PH = \frac{\text{Peso del gel}}{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso del soluble}}$$

### Proceso de elaboración de salchichas con adición de almidón modificado

Para el análisis estadístico, se utilizó un diseño factorial 2×4 con dos factores principales:

- Factor A: Tipo de almidón modificado (Zanahoria blanca y Quinoa).
- Factor B: Porcentaje de almidón modificado en la formulación (0%, 4%, 7%, 10%).

El diseño generó un total de 8 tratamientos (2×4), con dos repeticiones por tratamiento, lo que resultó en 16 observaciones en total. A continuación, se presenta la distribución de las repeticiones en la tabla:

**Tabla 1.**

*Diseño Factorial (2×4)*

Tipo de Almidón	Porcentaje de Almidón (%)	Repetición 1	Repetición 2
Zanahoria Blanca	0%	T1-R1	T1-R2
	4%	T2-R1	T2-R2
	7%	T3-R1	T3-R2
	10%	T4-R1	T4-R2
Quinoa	0%	T5-R1	T5-R2
	4%	T6-R1	T6-R2
	7%	T7-R1	T7-R2
	10%	T8-R1	T8-R2

Todos los análisis se presentan como la media ± desviación estándar (SD). Los datos fueron analizados aplicando un análisis de varianza factorial (ANOVA). Se utilizó el paquete de software estadístico INFOSTAT (Universidad de Córdoba, Argentina) para comparar las

medias de los tratamientos. Se aplicó la prueba de significancia honesta de Tukey (post hoc) para determinar diferencias significativas al nivel del 5%.

En cuanto al procedimiento en específico para la elaboración de salchichas con almidón de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y quinoa (*Chenopodium quinoa*) incluyó el uso de varios materiales y equipos. Los ingredientes fueron carne, grasa, especias y almidón modificado de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y quinoa (*Chenopodium quinoa*), mientras que los equipos consistieron en una balanza analítica (Mettler Toledo), equipos para mezclado y embutido marca Mainca, y una cámara de cocción (Rational) para finalizar el proceso de producción.

La formulación de las salchichas, detallada en la Tabla 2, presentó diferentes combinaciones de los ingredientes en función de los tratamientos experimentales. La carne de pollo se mantuvo constante en todos los tratamientos, mientras que las variaciones se dieron en la cantidad de grasa y almidón modificado. La cantidad de agua, sal, fosfato, eritorbatos, sabor a salchicha y sal de cura fue constante en todas las formulaciones, garantizando la consistencia en el proceso:

**Tabla 2.**

*Formulaciones de las Salchichas*

<b>Materia prima</b>	<b>Tratamiento 1</b>	<b>Tratamiento 2</b>	<b>Tratamiento 3</b>	<b>Tratamiento 4</b>
Carne de pollo	50	50	50	50
Grasa dorsal	15	12,3	9,3	6,3
Almidón (zanahoria blanca – quínoa)	0	4	7	10
Agua	30.0	30.0	30.0	30.0
Sal	2.5	2.5	2.5	2.5
Fosfato	0.4	0.4	0.4	0.4
Eritorbatos	0,08	0,08	0,08	0,08
Sabor a salchicha	0,7	0,7	0,7	0,7
Sal de cura	0,02	0,02	0,02	0,02
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Nota: Cada una de las formulaciones y la proporción de cada ingrediente se ha añadido considerando los requisitos bromatológicos establecidos en la Norma INEN 1338:96, actualizada, garantizando la calidad y seguridad del producto final (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2010).



Una vez que se estableció la formulación, se sustituyó parte de la grasa por almidón modificado en proporciones iguales. El proceso de elaboración consistió en mezclar todos los ingredientes y embutir la mezcla en tripas comestibles. Las salchichas se cocieron en una cámara a 72°C hasta alcanzar el punto de cocción adecuado.

### **Análisis Sensorial**

Posteriormente, se llevó a cabo un análisis sensorial de las salchichas en el que se evaluaron los atributos de sabor, textura, color y olor. Las pruebas de aceptación se realizaron con paneles entrenados en la instalación experimental Santa Catalina del INIAP, (Watts et al., 1992).

### **Tabla 3.**

#### *Escala hedónica*

<b>Escala</b>	<b>Aceptabilidad</b>
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta
3	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me gusta
5	Me gusta mucho

Nota: La tabla fue tomada de *Determinación del comportamiento térmico de la zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza) y su almidón aplicando calorimetría diferencia de barrido (DSC)* por (Vele, 2019).

### **Análisis Proximal**

El análisis proximal de las salchichas se realizó conforme a los métodos estandarizados descritos por la Association of Official Analytical Chemists, (2016) garantizando precisión y reproducibilidad en la determinación de grasas, proteínas, fibra y cenizas. Se emplearon materiales y equipos de alta precisión, como una balanza analítica (Mettler Toledo), un equipo de digestión marca Labconco, una estufa marca Memmert, una mufla marca Nabertherm y un sistema de filtración compuesto por kitasato, trompa de agua y crisoles filtrantes de porcelana marca Schott Duran.

Los reactivos utilizados, como ácido sulfúrico al 0.7% y 7%, hidróxido de sodio al 22%, alcohol isomílico y hexano, fueron proveídos por Sigma-Aldrich. Para la determinación de fibra, se pesó 1 g de muestra en un vaso de precipitados de 600 ml, agregando 200 ml de ácido sulfúrico al 0.7% y 1 ml de alcohol isomílico, realizando una digestión durante 30



minutos. Luego, se añadieron 20 ml de hidróxido de sodio al 22% y 1 ml de alcohol isomílico, manteniendo la mezcla en digestión por 30 minutos adicionales a baja temperatura.

La fibra obtenida se filtró mediante un crisol filtrante limpio, usando lana de vidrio como medio filtrante, y se lavó consecutivamente con agua caliente, ácido sulfúrico al 7%, hexano y agua destilada. Posteriormente, se secó la muestra en una estufa marca Memmert a 105°C durante 8 horas y se pesó después de enfriarla en un desecador. Finalmente, la muestra se calcinó en la mufla a 600°C durante 4 horas y se pesó nuevamente, obteniendo así el contenido de fibra libre de cenizas. El procedimiento permitió evaluar con precisión las propiedades proximales del producto, proporcionando datos fundamentales para su caracterización (AOAC, 2016)

## Resultados y Discusión

### Determinación del contenido de amilosa y almidón

Los resultados muestran una comparación entre el contenido de amilosa, amilopectina y almidón total en dos alimentos: quinoa y zanahoria blanca. A continuación, se presenta la tabla para referencia:

**Tabla 4.**

*Contenido de amilosa y almidón de quinoa y zanahoria*

Eco-tipo	Amilosa (%)	Amilopectina (%)	Almidón Total (%)
Quinoa ( <i>Chenopodium quinoa</i> )	20.75 ± 0.05 <sup>a</sup>	74.25 ± 2.88 <sup>a</sup>	50.63 ± 2.49 <sup>a</sup>
Zanahoria blanca ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> )	29.52 ± 0.05 <sup>b</sup>	69.84 ± 2.88 <sup>b</sup>	87.22 ± 2.49 <sup>b</sup>

Al comparar los resultados, en la tabla 4. se muestra se evidencia que la zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) tiene un contenido significativamente mayor de almidón total con 87.22 ± 2.49<sup>b</sup> en comparación con la quinoa (*Chenopodium quinoa*), que solo alcanza un 50.63 ± 2.49<sup>a</sup> lo cual significa que la zanahoria blanca es casi 1.7 veces más rica en almidón total que la quinoa. Esta diferencia puede estar relacionada con la estructura interna del tejido

vegetal, es decir una proporción mayor contenido de almidón total es igual a un mayor contenido de carbohidratos disponibles.

En cuanto a la amilosa, la zanahoria blanca también presenta un porcentaje más alto con  $29.52 \pm 0.05b$  frente al  $20.75 \pm 0.05a$  de la quinoa, lo cual indica una mayor proporción de cadenas lineales glucosa en su almidón en la zanahoria blanca, lo que es un factor relevante para la elaboración de las salchichas. Es decir, esto puede influir en las propiedades funcionales.

Sin embargo, en el caso de la amilopectina, la quinoa supera ligeramente a la zanahoria blanca, con un  $74.25 \pm 2.88a$  frente al  $69.84 \pm 2.88b$ . El balance en los componentes del almidón, como señala Arzapalo et al. (2019) posiciona a la quinoa como un ingrediente versátil debido a su proporción relativa entre amilosa y amilopectina. En conclusión, los resultados muestran que la composición del almidón varía de manera significativa, lo cual es beneficioso de manera nutricional como industrial.

### Determinación del Índice de absorción de agua, solubilidad y poder de hinchamiento

**Tabla 5.**

*Índice de absorción de agua, solubilidad y poder de hinchamiento*

Eco-tipo	Índice de Absorción de agua (%)	Índice de Solubilidad (%)	Poder de Hinchamiento
Quinoa ( <i>Chenopodium quinoa</i> )	$2.53 \pm 0.18a$	$11 \pm 0.21a$	$2.84 \pm 0.18a$
Zanahoria blanca ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> )	$2.38 \pm 0.18b$	$20 \pm 0.21b$	$2.4 \pm 0.18b$

Nota: Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

Los resultados del estudio indican diferencias significativas de ( $p < 0.05$ ) es decir que la quinoa (*Chenopodium quinoa*) tiene una mayor capacidad de absorción de agua en comparación con la zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), lo que significa que, por cada gramo de muestra, la quinoa puede retener más agua, alcanzando un índice de absorción de  $2.53 \pm 0.18a$  frente al  $2.38 \pm 0.18b$  de la zanahoria blanca. Esto puede estar relacionado a su estructura granular y una mayor concentración amilopectina.

En términos de solubilidad, se encontró que la zanahoria blanca presenta un índice significativamente mayor, con un  $20 \pm 0.21b$  en comparación con el  $11 \pm 0.21a$  de la quinoa, lo cual sugiere que una mayor proporción del almidón presente en la zanahoria blanca es



soluble en agua, lo cual puede influir favorablemente en la digestibilidad y en la formación de ciertas texturas en productos elaborados (Moposita, 2023). Por otro lado, el menor índice de solubilidad de la quínoa podría indicar un comportamiento diferente en la interacción con agua, afectando de manera particular la estructura de los alimentos. Esta propiedad puede relacionarse a una mayor tendencia de sus gránulos al rompimiento en el proceso del calentamiento.

Respecto al poder de hinchamiento, la quínoa demostró ser más efectiva al expandirse casi tres veces su peso seco al absorber agua, con un valor de  $2.84 \pm 0.18a$  frente al  $2.4 \pm 0.18b$  de la zanahoria blanca. El fenómeno es especialmente beneficioso para la producción de alimentos voluminosos con mejor textura, lo que la hace una opción interesante para aplicaciones como la elaboración de salchichas. esto se debe a la mayor capacidad del almidón de quínoa a expandirse al estar en contacto con el agua.

### **Análisis de las propiedades sensoriales, proximales e instrumentales de las salchichas con almidón de zanahoria blanca y quínoa.**

#### **Análisis sensorial**

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación sensorial de los tratamientos con zanahoria y quínoa, basados en los parámetros establecidos previamente. La codificación empleado fue:

- Tratamiento Zanahoria (TZ)
- Tratamiento Quínoa (TQ)

#### **Tabla 6.**

*Composición sensorial de las salchichas con diferentes niveles de inclusión de almidón de zanahoria blanca y quínoa*

Eco tipo	Almidón %	Color	Olor	Sabor	Textura
TZ	0	3 ± 0.0a	3 ± 0.0a	3 ± 0.0a	4 ± 0.0a
	4	3 ± 0.0b	3 ± 0.0b	3 ± 0.0b	3 ± 0.0b
	7	3 ± 0.0c	4 ± 0.0c	4 ± 0.0c	4 ± 0.0c
	10	3 ± 0.0d	3 ± 0.0d	4 ± 0.0d	4 ± 0.0d
TQ	0	1 ± 0.0a	1 ± 0.0a	1 ± 0.0a	1 ± 0.0a
	4	3 ± 0.0b	2 ± 0.0b	2 ± 0.0b	3 ± 0.0b
	7	3 ± 0.0c	3 ± 0.0c	2 ± 0.0c	3 ± 0.0c
	10	3 ± 0.0d	2 ± 0.0d	3 ± 0.0d	3 ± 0.0d

Nota: Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

Los resultados de la evaluación sensorial de los tratamientos con zanahoria y quinoa mostraron diferencias significativas en cuanto a la aceptación de los productos. Se pueden apreciar más fácilmente a través de las siguientes figuras:

**Figura 1**

*Evaluación sensorial de los tratamientos*





En cuanto al análisis sensorial, en la tabla 6. y en la figura 1 se muestran los resultados donde nuevamente el almidón de zanahoria blanca mostró un desempeño sobresaliente en concentraciones del 7% y 10%, alcanzando altas puntuaciones en olor, sabor y textura ( $4 \pm 0.0$  en todos los parámetros) para el TZ, de igual manera para el TQ en concentraciones de 7 y 10 % de mayor relevancia en la característica de color y olor de  $3 \pm 0.0$  c  $3 \pm 0.0$  d. lo cual concuerda con lo mencionado por Andachi (2024), quien subraya el impacto positivo de este almidón en la calidad sensorial de productos cárnicos. En conclusión, la adicción de almidón tuvo efectos favorables primordialmente para el TQ.

### Composición proximal

El análisis proximal refleja cambios importantes en la composición nutricional de las salchichas con almidón de *A. xanthorrhiza* (TZ) o quinoa (TQ). En la zanahoria, el contenido de proteína aumenta significativamente cuando el almidón es del 7%, con un valor de  $58.80 \pm 0.71$ .

### Tabla 7.

*Composición proximal por tratamiento*

<b>Análisis Proximal</b>	<b>Almidón (%)</b>	<b>Ceniza (%)</b>	<b>Grasa (%)</b>	<b>Fibra (%)</b>	<b>Proteína (%)</b>
TZ	0	4.70 ± 0.07a	24.8 ± 0.07a	10.3 ± 0.07a	41.50 ± 0.07a
	4	6.35 ± 0.07b	33.80 ± 0.57b	9.25 ± 0.07b	43.90 ± 0.57b
	7	2.65 ± 0.21c	30.00 ± 0.14c	7.60 ± 0.28c	58.80 ± 0.71c
	10	4.55 ± 0.21d	23.35 ± 2.05d	10.20 ± 0.14d	54.00 ± 0.71d
TQ	0	4.50 ± 0.07a	29.20 ± 0.07a	12.50 ± 0.07a	51.50 ± 0.07 <sup>a</sup>
	4	4.25 ± 0.21b	30.25 ± 0.07b	8.55 ± 0.21b	54.90 ± 0.14b
	7	4.35 ± 0.35c	31.10 ± 0.57c	16.55 ± 0.35c	50.90 ± 0.14c
	10	4.40 ± 0.14d	30.20 ± 1.41d	12.40 ± 0.14d	50.70 ± 0.14d

Nota: Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

En la tabla 7. se muestran los resultados del análisis proximal donde se refleja cambios importantes en la composición nutricional de la zanahoria (TZ) y la quinoa (TQ) conforme varía el contenido de almidón. En la zanahoria, el contenido de proteína aumenta significativamente cuando el almidón es del 7%, con un valor de  $58.80 \pm 0.71$ . Sin embargo, con el almidón a 10%, la proteína disminuye a  $54.00 \pm 0.71$ , lo que sugiere que la presencia de almidón favorece la concentración proteica hasta cierto punto antes de estabilizarse. En la quinoa, la proteína se mantiene elevada, pero con una reducción progresiva a medida que el almidón aumenta, pasando de  $54.90 \pm 0.14$  con 4% de almidón a  $50.70 \pm 0.14$  con 10%, lo que indica una mayor estabilidad en su estructura proteica frente a variaciones de almidón. El aumento y la posterior disminución del contenido de proteína en la zanahoria, conforme se incrementa el porcentaje de almidón, concuerda con los hallazgos de (Campos et al., 2022).

El contenido de grasa en la zanahoria muestra una disminución progresiva con el incremento de almidón, reduciéndose de  $33.80 \pm 0.57$  con 4% de almidón a  $23.35 \pm 2.05$  con 10%, lo cual evidencia que el almidón reduce la presencia de lípidos en la zanahoria. En la quinoa, la grasa presenta fluctuaciones, aumentando a  $16.55 \pm 0.35$  con 7% de almidón, para luego disminuir a  $12.40 \pm 0.14$  con 10%. Esto puede estar relacionado la redistribución de los componentes lípidos por consecuencia de la incorporación de almidón.

La cantidad de ceniza, que representa los minerales, presenta una tendencia descendente en la zanahoria con el aumento del almidón, alcanzando su punto más bajo con  $2.65 \pm 0.21$  al



7%. Aunque con 10% de almidón aumenta ligeramente a  $4.55 \pm 0.21$ , el patrón sugiere una reducción general en minerales conforme se incrementa el almidón. En la quinoa, la ceniza se mantiene relativamente estable en torno a  $4.25 \pm 0.21$  y  $4.40 \pm 0.14$ , lo que evidencia una mejor retención de minerales frente a variaciones en el contenido de almidón. La tendencia descendente en el contenido de cenizas en la zanahoria se encuentra alineada con el trabajo de Sáez (2020) quien evaluó la digestibilidad del almidón en zanahorias tratadas térmicamente, mostrando cómo el procesamiento puede reducir la concentración de minerales en productos vegetales. Este cambio puede estar relacionado al efecto disolvente del almidón con respecto a los sólidos totales.

En general, la zanahoria muestra mayor variabilidad en su composición con el incremento del almidón, con cambios notorios en proteína, grasa y ceniza. En cambio, la quinoa exhibe una mayor estabilidad nutricional, con menores fluctuaciones en minerales y proteínas, aunque con cierta variabilidad en la grasa.

### Textura instrumental

En el análisis de los componentes de la textura con sustitución de almidón de *A. xanthorrhiza* y quinoa se observó una variabilidad en sus características texturales que depende del porcentaje de almidón presente.

**Tabla 8.**

*Textura instrumental de salchichas con diferentes niveles de incorporación de almidón de zanahoria*

Parámetro	0% Almidón	4% Almidón	7% Almidón	10% Almidón
Dureza	$0.41 \pm 0.01^a$	$0.43 \pm 0.01^a$	$0.53 \pm 0.00^a$	$2.23 \pm 0.10^a$
Fracturabilidad	$0.42 \pm 0.01^b$	$0.42 \pm 0.01^b$	$0.52 \pm 0.00^b$	$2.22 \pm 0.14^b$
Elasticidad	$0.57 \pm 0.10^c$	$0.65 \pm 0.12^c$	$0.47 \pm 0.04^c$	$0.17 \pm 0.04^c$
Resiliencia	$0.217 \pm 0.35^d$	$0.18 \pm 0.05^d$	$0.40 \pm 0.10^d$	$0.51 \pm 0.03^d$

Nota: Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

En la tabla 8. se muestran los resultados del análisis de textura de las formulaciones La fuerza de la zanahoria aumenta considerablemente con el incremento del almidón, pasando de  $25.90 \pm 1.35$  con 4% de almidón, a  $48.62 \pm 0.15$  con 7%, y alcanzando  $59.54 \pm 0.00$  con 10%. Según Andachi (2024), el almidón modificado puede actuar como un agente estructural que mejora la resistencia física de los materiales vegetales. Esto se debe a su mayor retención de

humedad y red más concentrada de almidón por lo cual se torna más resistente a la deformación La dureza y la fracturabilidad muestran un aumento similar, iniciando en  $0.42 \pm 0.01$  con 4% de almidón, subiendo a  $0.52 \pm 0.00$  con 7%, y alcanzando  $2.22 \pm 0.14$  con 10%. Sáez (2020) menciona que la interacción del almidón con las paredes celulares vegetales incrementa la resistencia mecánica de los alimentos procesados. Debido a las altas concentraciones de almidón mayor es el endurecimiento de la matriz del producto.

La elasticidad decrece notablemente a medida que aumenta el contenido de almidón, con valores de  $0.65 \pm 0.12$  al 4%,  $0.47 \pm 0.04$  al 7%, y  $0.17 \pm 0.04$  al 10%, lo cual refleja una pérdida de flexibilidad, ya que el almidón forma una estructura más rígida dentro del tejido vegetal. Moposita (2023) describe un fenómeno similar en matrices alimenticias enriquecidas con almidón.

**Tabla 9.**

*Textura instrumental de salchichas con diferentes niveles de incorporación de almidón de quinoa*

Parámetro	0% Almidón	4% Almidón	7% Almidón	10% Almidón
Fuerza	$3.69 \pm 0.20^a$	$4.18 \pm 0.30^a$	$3.55 \pm 0.21^a$	$4.49 \pm 0.67^a$
Dureza	$2.02 \pm 0.15^b$	$4.29 \pm 0.79^b$	$3.53 \pm 0.37^b$	$3.96 \pm 0.14^b$
Fracturabilidad	$0.11 \pm 0.05^c$	$4.32 \pm 0.78^c$	$3.33 \pm 0.87^c$	$1.78 \pm 2.36^c$
Elasticidad	$0.46 \pm 0.03^d$	$0.94 \pm 0.02^d$	$0.92 \pm 0.01^d$	$0.02 \pm 0.0^d$
Resiliencia	$0.07 \pm 0.02^e$	$0.06 \pm 0.03^e$	$0.06 \pm 0.02^e$	$-0.08 \pm 0.02^e$

Nota: Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

En la tabla 9. se muestran los resultados de la textura instrumental, donde destaca en primer lugar, la fuerza de la quinoa, el cual muestra un incremento a medida que aumenta el contenido de almidón, alcanzando su máximo en el 10% con un valor de  $4.49 \pm 0.67$ , lo cual se debe a la capacidad del almidón para formar una matriz más rígida, lo cual es consistente con los hallazgos de Martínez & Tucno (2024), quienes resaltan el papel del almidón en la mejora de la textura de productos libres de gluten. Sin embargo, en 7% la fuerza disminuye a  $3.55 \pm 0.21$ , posiblemente debido a una integración incompleta del almidón con otros componentes de la mezcla.

Por otro lado, la dureza alcanza su mayor valor en 4% ( $4.29 \pm 0.79$ ) y decrece en concentraciones más altas de almidón, como 10% ( $3.96 \pm 0.14$ ), lo cual se debe a que un



aumento excesivo de almidón reduce la flexibilidad de la matriz alimentaria, como sugieren los resultados de Campos et al. (2022) al analizar el impacto del tratamiento térmico en la quinoa. La fracturabilidad encuentra su punto más alto al 4% de almidón ( $4.32 \pm 0.78$ ), lo que indica que en concentraciones moderadas la estructura puede volverse más frágil. Sin embargo, en 10% disminuye drásticamente a  $1.78 \pm 2.36$ , sugiriendo una mejora en la cohesión estructural. El comportamiento también ha sido descrito por Arzapalo et al. (2019) en el contexto de la caracterización del almidón de diferentes variedades de quinoa. es decir, esto se debe a la que el almidón aporta en el endurecimiento de matriz del producto, dando una mayor gelatinización.

La elasticidad disminuye considerablemente con el incremento del contenido de almidón, desde  $0.46 \pm 0.03$  en 0% hasta  $0.02 \pm 0.0$  en 10%., lo cual refleja una pérdida de flexibilidad debido a la rigidez que genera el almidón en altas concentraciones. Este fenómeno es destacado por Polo et al. (2021) quienes exploraron el comportamiento reológico de la quinoa bajo diferentes tratamientos.

La resiliencia también presenta una disminución, alcanzando valores negativos en concentraciones de almidón al 10% ( $-0.08 \pm 0.02$ ), lo que indica una pérdida de la capacidad de la matriz para recuperarse tras una deformación. Estos resultados coinciden con lo discutido por Sáez (2020) quien evaluó la digestibilidad del almidón de zanahoria blanca tratado.

Finalmente, la resiliencia es la encargada de medir la capacidad del producto para que este pueda volver a su forma original con 0% ( $0.07 \pm 0.0e$ ), 4% ( $0.06 \pm 0.03e$ ), 7% ( $0.06 \pm 0.02e$ ) y el 10% ( $-0.08 \pm 0.02e$ ). estos datos muestran una mejora en la capacidad de resultado a deformaciones, composición más organizada por el almidón.

En contexto, los datos hallados representan que la adición de almidón influye de manera notable en las propiedades sensoriales, es apta para ser utilizada en la formulación y obtener una textura deseada del por el fabricante o consumidor.

## Conclusiones

Una vez culminada la investigación, se establecen las siguientes conclusiones:

El almidón de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), con su alto contenido de amilosa y almidón total, es un ingrediente prometedor para la elaboración de salchichas, ya que ofrece



firmeza y una excelente dispersión, lo que contribuye tanto a la innovación como a la mejora de la calidad sensorial de estos productos. Se recomienda profundizar en estudios sobre la estabilidad del almidón de zanahoria blanca en diferentes condiciones de procesamiento para optimizar su aplicación en la industria cárnica.

En este sentido, su incorporación en concentraciones de almidón del 7% y 10% resalta en términos sensoriales, ya que proporciona características destacadas en olor, sabor y textura, convirtiéndose en una opción ideal para mejorar la percepción organoléptica de las salchichas. Se sugiere evaluar su efecto en combinación con otros ingredientes naturales para potenciar aún más sus atributos sensoriales y mejorar la aceptación del consumidor.

Por otro lado, el almidón de quinoa (*Chenopodium quinoa*) a una concentración del 4% se distingue por su equilibrado contenido nutricional, con altos niveles de proteína y grasa, complementando su potencial funcional con propiedades que lo hacen un insumo valioso para las formulaciones de salchichas. Se recomienda realizar estudios adicionales sobre su impacto en la estabilidad y vida útil del producto, a fin de fortalecer su aplicabilidad en la industria alimentaria.

Por último, ambos almidones ofrecen beneficios complementarios en las propiedades instrumentales, ya que mientras el almidón de zanahoria blanca proporciona firmeza y consistencia en concentraciones altas de 10%, el almidón de quinoa aporta elasticidad y flexibilidad a concentraciones del 4%, permitiendo su uso combinado para satisfacer diversas necesidades texturales en salchichas. Se sugiere explorar formulaciones que integren ambos almidones en proporciones óptimas para desarrollar productos cárnicos con mejor balance de textura y funcionalidad.

### Referencias Bibliográficas

Aiquipa, Á. (2023). *Efecto de temperatura de secado y concentración de almidón de quinoa (Chenopodium quinoa Willd) en la microencapsulación de antocianinas de mashua negra (Tropaeolum tuberosum)*. Universidad Nacional Jose María Arguedas. <https://repositorio.unajma.edu.pe/handle/20.500.14168/817>

American Association of Cereal Chemists. (2010). *Approved Methods of Analysis* (Onceava ed.). Determination of Starch. AACC International, St. Paul, MN, USA.



Andachi, A. M. (2024). Caracterización nanoscópica superficial y fisicoquímica de películas de almidón extraído de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), con arcillas de caolín y bentonita como aditivos. *Revista de Biotecnología y alimentos*, 4(2), 1-19.  
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/42282>

Anderson, R., Conway, H., Pfeifer, V., & Griffin, E. (1969). Gelatinization of Corn Grits by Roll- and Extrusion-Cooking. *Cereal Science Today*, 14(1), 4-12.

Arzapalo, D., Huamán, K., Quispe, M., & Espinoza, C. (2019). Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) negra collana, pasankalla roja y blanca junín. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 81(1).  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2015000100006&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2015000100006&lng=es&tlng=es).

Association of Official Analytical Chemists. (2016). *Official Methods of Analysis* (20 ed.). Gaithersburg, MD, USA.

Campos, J., Acosta, K., & Paucar, L. M. (2022). Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Composición nutricional y Componentes bioactivos del grano y la hoja, e impacto del tratamiento térmico y de la germinación. *Revista Scientia Agropecuaria*, 13(3), 209-220.  
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.019>

Econodata. (2019). *Ranking das 100 Maiores Empresas de amido*.  
<https://www.econodata.com.br/guia-empresas/maiores-empresas-INDUSTRIA-ALIMENTOS>

Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. (2010). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 338:96. Carne y Productos Cárnicos. Salchichas.  
<https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/149/4/03%20AGP%2063%20NTE%20INEN%201338.pdf>

Martinez, E., & Tucno, M. (2024). *Evaluación de la textura, aceptabilidad y calidad nutritiva de una pasta libre de gluten a partir de harina de arroz integral (*Oryza sativa*), quinoa (*Chenopodium quinoa*), y almidón de yuca (*Manihot esculentum*)*. Ayacucho - Perú.  
<https://repositorio.unsch.edu.pe/items/5b95cbc3-1c54-4877-a113-4f2914512884>



Moposita, J. (2023). *Estudio de la modificación química y física de almidón obtenido de zanahoria blanca (arracacia xanthorrhiza) y camote (ipomoea batatas)*. Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Cotopaxi.

Morrinson, W., & Laignelet, B. (1983). An improved colorimetric procedure for determining apparent and total amylose in cereal and other starches. *Journal of Cereal Science*(1), 9-20. [https://doi.org/10.1016/S0733-5210\(83\)80004-6](https://doi.org/10.1016/S0733-5210(83)80004-6)

Muñoz, N., Cortez, A., Revilla, K., & Idas, J. (2023). Evaluación de quinoa (*Chenopodium quinoa*) y soya (*Glycine max*) como sustituto proteico en salchichas y su efecto fisicoquímico y sensorial. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 3539-3550. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i2.5598](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5598)

Pazmiño, C., & Rodríguez, D. (2022). *Propuesta de elaboración de salchichas vegetarianas a base de alimentos con compuestos bioactivos*. Tesis de grado, Universidad Iberoamericana Del Ecuador. <http://repositorio.unibe.edu.ec/xmlui/handle/123456789/507>

Polo, M. P., Roa, D. F., & Bravo, J. E. (2021). Propiedades reológicas de quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild) obtenidas mediante molienda abrasiva y tratamiento térmico. *Revista Información Tecnológica*, 32(6), 53-64. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000600053>

Sáez, D. (2020). *Evaluación de la digestibilidad de almidón de zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza) tratado por recocado in situ*. Tesis en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6933>

Vele, L. (2019). *Determinación del comportamiento térmico de la zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza) y su almidon aplicando calorimetría diferencia de barrido (DSC)*. Tesis en Ingeniería en Alimentos, Universidad del Azuay. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9496>



**Conflicto de intereses:**

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

**Financiamiento:**

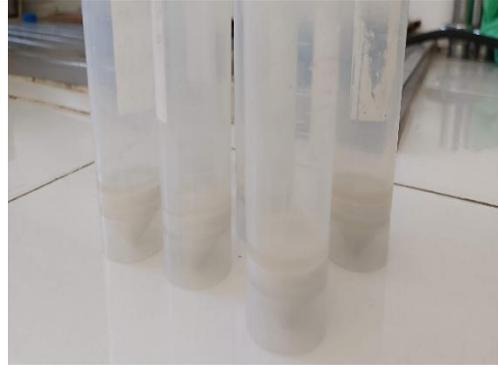
No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

**Nota:**

El artículo no es producto de una publicación anterior.

**ANEXOS**

<p>Fotografía 1: Lavado de la quinoa</p> 	<p>Fotografía 2: trituracion y ,molienda de la quinoa</p>  
<p>Fotografía 3: Obtención del almidón por modificación en el microondas.</p>	<p>Fotografía 4: Muestra para los análisis de la quinoa</p>



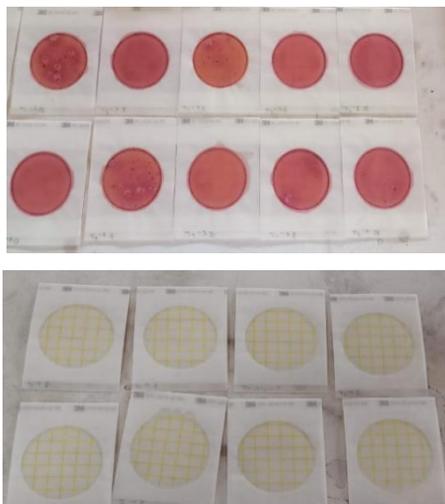
Fotografía 5: Determinación de grasa

Fotografía 6: Análisis de proteína por el método de kjeldahl



Fotografía 7: Análisis microbiología en placas Petri film.

Fotografía 8: Prueba sensorial en el INIAP.



<p>Fotografía 9: Análisis de la textura</p>	<p>Fotografía 10: Formulación de la salchicha.</p>
	