

ppi 201502ZU4659

Esta publicación científica en formato digital es
continuidad de la revista impresa

ISSN 0254 -0770 / e-ISSN 2477-9377 / Depósito legal pp 197802ZU38



REVISTA TÉCNICA

DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Una Revista Internacional Arbitrada
que está indizada en las publicaciones
de referencia y comentarios:

- REDALYC
- REDIB
- SCIELO
- DRJI
- INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL
- LATINDEX
- DOAJ
- REVENCYT
- CHEMICAL ABSTRACT
- MIAR
- AEROSPACE DATABASE
- CIVIL ENGINEERING ABTRACTS
- METADEX
- COMMUNICATION ABSTRACTS
- ZENTRALBLATT MATH, ZBMATH
- ACTUALIDAD IBEROAMERICANA
- BIBLAT
- PERIODICA

UNIVERSIDAD DEL ZULIA

Dr. Ignacio Rodríguez Iturbe - Zuliano ilustre
Ingeniero civil, hidrólogo profesor universitario,
doctor honoris causa de la Universidad del Zulia,
epónimo de la orden al mérito Dr. Ignacio Rodríguez Iturbe,
ciudadano ejemplar con numerosos premios nacionales e internacionales.



VOLUMEN 46

EDICIÓN CONTINUA

AÑO 2023

Extracción y Aprovechamiento del Almidón Nativo de Cubio (*Tropaeolum tuberosum*) en la Elaboración de una Salchicha Tipo Frankfurt

Javier Francisco Rey Rodriguez* , Jennifer Lizcano Prada , Hasbleidy Giseth Cuellar Torres 

Programa de Ingeniería de Alimentos de la Universidad de La Salle, Carrera 2 No 10 70 piso 7, Bloque D, Bogotá D.C., Colombia.

*Autor de correspondencia: jrey@unisalle.edu.co

<https://doi.org/10.22209/rt.v46a11>

Recepción: 10 de junio de 2022 | Aceptación: 20 de octubre de 2023 | Publicación: 15 de noviembre de 2023

Resumen

El cubio (*Tropaeolum tuberosum*) es un tubérculo muy común en la región andina, con grandes propiedades nutricionales, funcionales y reológicas. En este trabajo se evaluó el uso de este vegetal como sustituto del almidón de papa en un producto cárnico emulsificado, salchicha tipo Frankfurt, mediante el diseño de 5 formulaciones a fin de definir las dos mejores. Para ello, se realizaron análisis fisicoquímicos de los almidones y propiedades tecnológicas de la salchicha, cuyo rendimiento fue de 1,82 % de almidón nativo de cubio con 14,67 % amilosa y 85,53 % de amilopectina. El pH en el extracto de los tubérculos fue de 5,74 para cubio y de 6,79 para papa, que estuvo correlacionado con la temperatura de gelificación, la cual fue de 62,6 y 66,0 °C, respectivamente. Se obtuvo una acidez de 0,68±0,05 %, indicando un buen estado de conservación durante el almacenamiento, gracias a las antoxantinas presentes en el cubio. La colorimetría del almidón presentó tonalidades grises, siendo este un factor de calidad. En el análisis de fuerza cortante se utilizaron las mejores formulaciones. Se concluye que el almidón de cubio es una alternativa viable en la industria de cárnica, como sustituto de almidón de papa; sin embargo, el proceso de extracción del almidón genera mayores costos en la producción del producto cárnico.

Palabras clave: almidón; calidad fisicoquímica; colorimetría; cubio; gelificación.

Extraction and Use of Native Cubio (*Tropaeolum tuberosum*) Starch in the Preparation of a Frankfurt-type Sausage

Abstract

Cubio (*Tropaeolum tuberosum*) is a very common tuber in the Andean region, with great nutritional, functional and rheological properties. In this work, the use of this vegetable as a substitute for potato starch in an emulsified meat product, Frankfurt-type sausage, was evaluated, by designing 5 formulations in order to define the two best. For this, physicochemical analyzes of the starches and technological properties of the sausage were carried out, whose yield was 1.82 % native cubio starch with 14.67 % amylose and 85.53 % amylopectin. pH in the tuber extracts were 5.74 for cubio and 6.79 for potato, which were correlated with the gelation temperatures, which were 62.6 and 66.0 °C, respectively. An acidity of 0.68±0.05 % was obtained, indicating a good state of conservation during storage, thanks to the anthoxanthins present in the cubio. The colorimetry of the starch presented gray tones, this being

a quality factor. In the shear force analysis, the best formulations were used. It is concluded that cubio starch is a viable alternative in the meat industry, as a substitute for potato starch; however, the starch extraction process generates higher costs in the production of the meat product.

Keywords: colorimetry; cubio; gelatinization; physiochemistry quality; starch.

Extração e Utilização de Amido Cubio Nativo (*Tropaeolum tuberosum*) na Preparação de Linguiça Tipo Frankfurt

Resumo

Cubio (*Tropaeolum tuberosum*) é um tubérculo muito comum na região andina, com ótimas propriedades nutricionais, funcionais e reológicas. Neste trabalho foi avaliada a utilização deste vegetal como substituto da fécula de batata em um produto cárneo emulsionado, a salsicha Frankfurt. . , desenhando 5 formulações para definir as duas melhores. Para isso foram realizadas análises físico-químicas dos amidos e propriedades tecnológicas da linguiça, cujo rendimento foi de 1,82% de amido cúbico nativo com 14,67% de amilose e 85,53% de amilopectina. O pH do extrato de tubérculo foi de 5,74 para o cubo e 6,79 para a batata, o que foi correlacionado com a temperatura de gelificação, que foi de 62,6 e 66,0 °C, respectivamente. Obteve-se uma acidez de 0,68±0,05%, indicando bom estado de conservação durante o armazenamento, graças às antoxantinas presentes no cubium. A colorimetria do amido apresentou tons acinzentados, sendo este um fator de qualidade. Na análise da força cortante foram utilizadas as melhores formulações. Conclui-se que o amido cubio é uma alternativa viável na indústria cárnea, como substituto da fécula de batata; Porém, o processo de extração do amido gera custos mais elevados na produção do produto cárneo.

Palavras-chave: amido; qualidade físico-química; colorimetria; cubo; gelificação.

Introducción

El cubio (*Tropaeolum tuberosum*) es un tubérculo nativo de Colombia con grandes propiedades nutricionales, funcionales y reológicas; sin embargo, se presentan grandes pérdidas durante la postcosecha del mismo. Por su parte, el país dispone, en general, de 28,5 millones de toneladas de alimentos y se pierden 9,76 millones toneladas (Sáenz Torres *et al.*, 2020). Maussa (2018) indicó que entre estas cifras se encuentran los tubérculos andinos como el cubio, cuyas pérdidas se deben a la falta de información acerca de la existencia de este vegetal y en los casos que sí es conocido, lo rechazan por sus características organolépticas. El centro del país, representado por el altiplano cundi-boyacense y constituido por los municipios de Samacá, Duitama, Combita, Umbita, Ramifique, Nuevo Colón, Ventaquemada, Villapinzón, Zipaquirá, Usme, Ciénaga, Toca, Turmequé y Chocontá, representa uno de los centros de producción más sobresalientes, que abastece estos productos a los mercados de Bogotá, Tunja e incluso a algunas zonas de la costa Atlántica (Clavijo Ponce y Pérez Martínez, 2014; Ortiz Nieto y Jiménez García, 2017).

Las características físicoquímicas, funcionales, reológicas y composicional del almidón del cubio destacan aplicaciones potenciales, como: espesantes, mezclas para bebidas y sopas instantáneas, productos de panificación y embutidos cárnicos (Arango Reyes y Parra Huertas, 2017; Romero de la Hoz y Tuiran Prado, 2017). Según Mallma y Edison (2018), el almidón de cubio tiene bajo contenido de amilosa, es de cocción rápida, alto poder de hinchamiento, alta solubilidad en agua y elevada viscosidad; pero una baja estabilidad a la cocción bajo agitación o acción mecánica. Mejía Loreto *et al.* (2018) demostró que el cubio puede llegar a tener acción antioxidante y antimicrobiana.

En esta investigación se evaluó el uso del almidón de cubio como sustituto del almidón de papa en la elaboración de una salchicha tipo Frankfurt. En la extracción del almidón se recuperaron aquellas propiedades que lo caracterizan para aplicarlo en una matriz cárnica emulsionada, por lo que puede ser una nueva alternativa para la industria frente a los almidones que son generalmente usados, tales como: papa, yuca y maíz; con el fin de disminuir la pérdida en la postcosecha de tubérculos andinos y dar una alternativa diferente a la industria alimentaria que se basa en almidones como materia prima para la elaboración de productos.

Materiales y Métodos

La presente investigación se desarrolló en la planta piloto de la Universidad de la Salle Bogotá, Colombia, en la cual se extrajo el almidón nativo de cubio y se elaboraron las diferentes formulaciones de salchichas tipo Frankfurt, mediante la incorporación de almidón nativo de cubio.

Obtención del almidón nativo de cubio

En la Figura 1 se muestra el proceso de extracción para el almidón nativo de cubio, que inició con la recepción de la materia prima y finalizó con el envasado del producto obtenido.

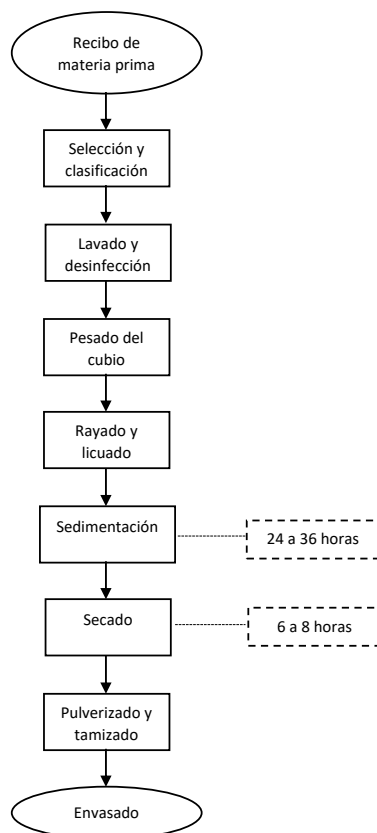


Figura 1. Diagrama de flujo seguido para obtener el almidón nativo de cubio.

Determinación de propiedades químicas del almidón de cubio

Luego de extraído el almidón se realizó una caracterización química, mediante las siguientes pruebas: pH, método de AOAC 920.43 (2005); cenizas, método de AOAC 923.03 (1990); humedad (gravimetría), método de ISO 712 (1985); proteínas, método volumétrico (Kjeldahl) ISO 1871 (2009); grasas, método de AOAC 945.38F; 920.39C (1999); carbohidratos totales, método de Bertrand, que permite determinar la totalidad de los azúcares reductores presentes en una muestra; así como amilosa y amilopectina, por los métodos espectrofotométricos.

Caracterización de propiedades físicas del almidón de cubio

Se analizaron las siguientes propiedades físicas: índice de finura (granulometría), método de AOAC 965.22 (1966), pasando la muestra por una serie de tamices o mallas entre 25 y 70 mm.; color, escala de CIELAB; morfología del gránulo, microscopía óptica con un microscopio de luz polarizada (Leitz, Wetzlar, Alemania) objetivo 40X (Nikon Optiphot-2). La captura de las imágenes microscópicas se hizo con el programa Pixela Image Mixer ver. 3.0 (Pixela Corporation, Japón), utilizando agua destilada como dispersante, según la técnica descrita por Sívoli *et al.* (2007).

Caracterización de propiedades tecnológicas del almidón de cubio

Para este componente se utilizaron las pruebas de determinación de viscosidad, según el método de Brookfield (ISI, 2000) y temperatura de gelatinización (Grace, 1977), que consiste en una fase inicial de calentamientos donde los gránulos de almidón se empiezan a hinchar, aumentando la viscosidad.

Elaboración de la salchicha tipo Frankfurt

En Tabla 1 se incluye la formulación usada en este estudio, para la elaboración de la salchicha tipo Frankfurt. A partir de estas proporciones, evaluaron 5 formulaciones con diferentes porcentajes de sustituciones de almidón. A saber: A. 100 % almidón de papa (marca Ingredion); B. 75 % almidón de papa y 25 % almidón de cubio; C. 75 % almidón de cubio y 25 % almidón de papa; D. 50 % almidón de papa y 50 % almidón de cubio; E. 100 % almidón de cubio.

Tabla 1. Formulación general para la elaboración de la salchicha tipo Frankfurt

Ingrediente	%	Ingrediente	%
Carne de cerdo 80/20	31,50	Sal refinada	1,58
Tocino de cerdo	13,23	Agua fría	20,48
Carne de res 80/20	25,20	Sabor a salchicha (7702)	1,58
Almidón de papa	4,73	Nitral-sal curante (5700)	0,35
Proteína aislada (1100 AA)	1,26	Mezcla de polifosfatos (801 AE)	0,03
Humo líquido Poly 8.5 (1803 AI)	0,03	Ascorban 12 % (5703)	0,04

En la Figura 2 se presenta el paso a paso para la elaboración de la salchicha tipo Frankfurt, que inició con la limpieza de la materia prima y finalizó con la refrigeración/almacenamiento a 0-4 °C.

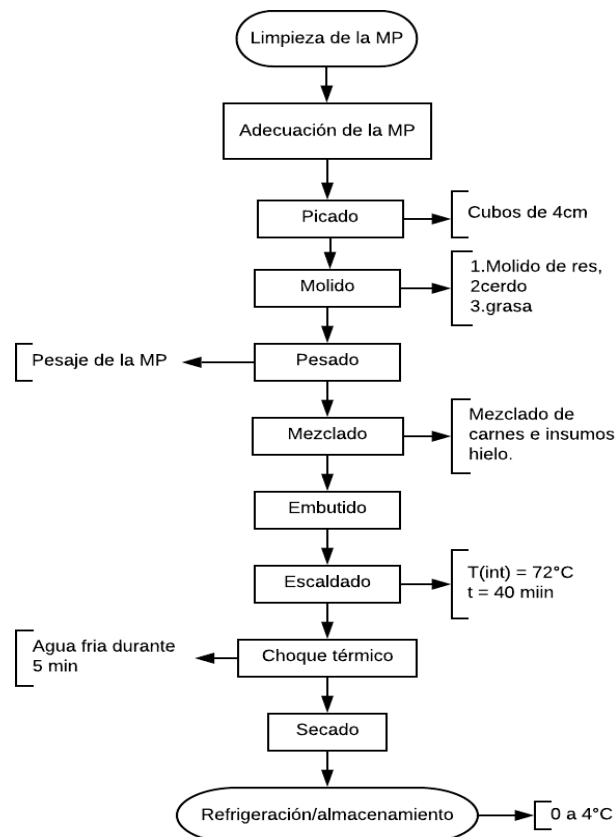


Figura 2. Proceso de elaboración de la salchicha tipo Frankfurt en este estudio.

Evaluación de la salchicha tipo Frankfurt

Estas pruebas se desarrollaron con el objetivo de conocer las características tecnológicas y organolépticas del producto. Para ello, se analizaron las siguientes variables: color, colorimetría de CIELAB con un equipo Konika Minolta® CR-410C; perfil de textura, texturómetro Lloyd Instruments An AMETEK Company, que permite determinar la fuerza requerida para cortar un trozo de salchicha. Este dispositivo consiste en un bastidor de acero que tiene una cuchilla de corte triangular. La muestra se calentó al vapor y se cortó en cilindros de 3 cm de altura.

Análisis estadístico de datos

Teniendo en cuenta los resultados de la caracterización de las propiedades físicas, químicas y tecnológicas del almidón nativo de cubio y la caracterización de las salchichas tipo Frankfurt, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor, considerando un número de datos de 3 ($n=3$) y 95 % de nivel de confianza. Para este análisis se plantearon dos hipótesis:

Hipótesis nula (H0): donde no existen diferencias significativas entre las muestras e **Hipótesis alterna (H1):** sí existen diferencias significativas entre las muestras. Luego, para los ANOVA cuyo resultado fue la hipótesis nula, se realizó una prueba de comparación múltiple de Tukey ($p<0,05$) para determinar las diferencias entre los almidones y entre las formulaciones elaboradas para las salchichas tipo Frankfurt.

Resultados y Discusión

Rendimiento de la extracción del almidón de cubio

En la Tabla 2 se presenta el porcentaje de rendimiento obtenido durante la extracción de almidón de cubio nativo de color (blanco-morado) cuyo valor es de 1,82%, las mayores pérdidas se produjeron en los procesos de rallado, licuado y filtrado. En general, el rendimiento de la extracción de almidón en cualquier especie es mínimo (Valdés Restrepo *et al.*, 2010). En este sentido, dadas las condiciones de extracción planteadas en la metodología aplicada, el rendimiento de obtención del almidón de cubio fue bajo; cuyas pérdidas están relacionadas con la variedad del tubérculo, debido a su bajo contenido intrínseco del almidón, así como: tamaño del tubérculo y tamaño de los granulos de almidón. Otro factor importante en el proceso de rallado y licuado se generan granulos muy pequeños dificultando la sedimentación y, generando pérdidas en la extracción del almidón.

Tabla 2. Rendimiento de la extracción del almidón nativo de cubio durante el presente estudio.

Etapa	g	Rendimiento (%)
Recepción de materia prima	23075	
Limpieza y desinfección	23075	
Rallado	21321	92,39
Licuado	21143	77,41
Filtrado (AF, A)	AF: 5211 A: 16887	2,74
Secado	464	
Total		1,82

AF: afrecho, A: agua, g: gramos.

pH

Los resultados develan un valor de pH de 5,74 para almidón de cubio, el cual se encuentra por debajo del reportado por Mallma y Edinson (2018) de 6,9-6,34; cuya diferencia puede deberse al proceso de extracción donde se genera fermentación ácida; sin embargo, el pH de los extractos de arroz, achira y yuca oscilan entre 5,5 y 6,5; presentando una similitud con el extracto de cubio del presente trabajo. Cabe resaltar que el pH de los almidones tiene un efecto importante en las propiedades fisicoquímicas y tecnológicas.

Análisis bromatológico del almidón nativo de cubio

En la Tabla 3 se detallan los resultados del análisis bromatológico de almidón nativo de cubio vs. el de papa. Para la humedad se observó que el mayor porcentaje lo presenta el almidón de cubio con 14,38 % y el de papa con 8,50 %, este resultado se encuentra por encima de los reportados teóricamente, obstante; se debe a la forma de extracción y secado que se deben optimizar. El contenido de cenizas, por su parte, indicó que el almidón de cubio

presentó mayor magnitud, lo cual se relaciona con un aumento en el contenido de los minerales (Pomaquero Yungan, 2017).

Tabla 3. Análisis bromatológico del almidón nativo de cubio vs. almidón de papa (marca Ingredion).

Parámetros	Almidón de cubio (g/100 g)	Almidón de papa (g/100 g)
Humedad	14,38	8,50
Proteínas Kjeldahl	1,64	0,62
Grasas	0,13	0,35
Cenizas	0,81	0,44
Carbohidratos totales	83,04	80,18
Aporte calórico (Kcal/100 g)	339,89	326,35

Por otra parte, el contenido de proteínas exhibió que el almidón de cubio presenta un valor de 1,64 % y el de papa 0,62 % (Tabla 3). Alarcón y Dufour (2002) reportan que el almidón puede contener una media de 2 % de proteínas en base seca. Otros autores señalaron que los tubérculos de cubio/mashua tienen un elevado porcentaje de proteínas, incluso pueden llegar a presentar mayor contenido que la papa, oca y olluco (Grau *et al.*, 2003; Ramón Ccana, 2017). En tanto que el contenido en grasa expuso la diferencia entre los almidones de cubio y papa; en las dos variedades de tubérculos los valores encontrados fueron de 0,13 y 0,35 %, respectivamente, lo que se relaciona con el grado de madurez del tubérculo. En cuanto a los carbohidratos, se estima que su contenido en el almidón de cubio está conformado principalmente por amilosa y amilopectina, encontrándose que porcentajes de 83,04 % en el almidón de cubio y de 80,18 % en el de papa, considerándose como buena fuente de energía de ambos tubérculos.

Contenido de amilosa y amilopectina

De acuerdo con Peña Carrasco (2017), la relación de amilosa y amilopectina está relacionada fuertemente con su origen botánico. Los almidones regulares contienen aproximadamente 70-80 % de amilopectina y 20-30 % de amilosa (Polanco, 2014). Como se observa en la Tabla 4, se presentaron diferencias entre el almidón de papa y el de cubio; para la amilosa se obtuvo 20,0 % y para cubio 14,7 %; y para amilopectina fue de 80,0 y 85,3 %, respectivamente. Así, se evidencia que el almidón de cubio presenta mayor porcentaje de amilopectina a portando mayores beneficios en productos cárnicos, tales como: poder de gelificación, capacidad de hinchamiento y capacidad de retención de agua.

Tabla 4. Porcentajes de amilosa y amilopectina en diferentes almidones (Gualdrón y González, 2013).

Almidón	Amilosa (%)	Amilopectina (%)
Papa*	20,0	80,0
Cubio*	14,7	85,3
Maíz	24	76
Trigo	25	75
Yuca	16	84
Arroz	19	81

*: este estudio.

Índice de finura

Tal y como lo evidencia en la Figura 3, la mayor cantidad de producto retenido durante el análisis de las partículas del almidón de cubio se obtuvo en la malla número 70, la cual cuenta con una abertura de 212 μm y, una luz de malla de 0,21 μm ; el almidón retenido en la malla número 70 fue el utilizado para la elaboración del producto.

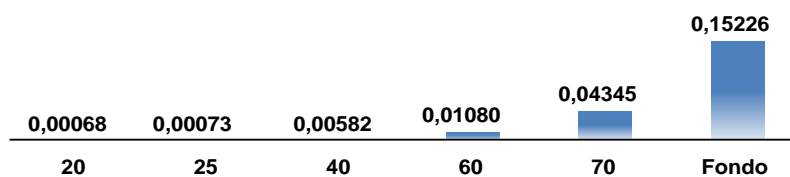


Figura 3. Cantidad de producto retenido vs. número de malla, durante el análisis granulométrico del almidón de cubio.

Color

Los resultados del análisis de color en el almidón de cubio indican que L^* , que representa la luminosidad, presentó un valor de $73,88 \pm 6,09$; exhibiendo un color gris a simple vista, de esta manera; el almidón de cubio mostró tonalidades grises puesto que algunos residuos de la cáscara del cubio quedaron presentes en todas las etapas de extracción del almidón. De igual manera mostró una colorimetría de $0,97 \pm 0,17$, el cual resulta diferente al reportado por Peña Carrasco (2017) para almidón de papa con un intervalo entre $-0,12$ y $-0,30$; es decir, que se ubican en la fracción verde por estar más cercanos al cero, generando una tendencia a un color neutro, mientras que en el cubio se obtuvieron valores positivos, indicando que los pigmentos de este vegetal son predominantes. En cuanto a la escala b^* , el cubio develó una media de $5,01 \pm 0,51$ y la de papa entre $1,66$ y $2,49$; los cuales, al ser positivos, indican una ligera tendencia al color amarillo cuyos valores estuvieron cercanos al cero entre los dos almidones, de esta manera, cuando los valores de a^* y b^* tienden a estar cercanos al cero, la muestra presenta un color cercano al blanco.

Morfología de los gránulos de almidón

En la Figura 4 se muestran las microfotografías obtenidas para los gránulos de almidones nativos de papa y cubio, lo que, permitió observar las diferencias en forma y tamaño. Se detallan las flechas que señalan las formas regulares de los gránulos nativos del almidón de cubio con formas ovaladas y esféricas (Figura 4b), mientras que los del almidón de papa presentan formas ovoideas y redondas (flechas amarillas) (Figura 4a). Esto explica que la micromorfología de los gránulos está relacionada con la capacidad de hinchamiento, donde el almidón de cubio tiene una forma característica de gránulo 1 “granular” aproximadamente entre 5 y $25 \mu\text{m}$, mientras que el de papa destaca una morfología “completamente hinchado” con $90 \mu\text{m}$.

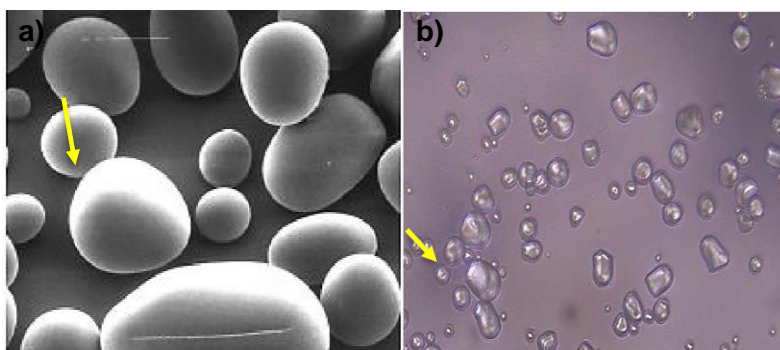


Figura 4. Morfología de los gránulos de almidón de papa (a) y de cubio (b).

De acuerdo con la literatura, se encontró que los gránulos de cubio por lo general presentan forma ovalada, esférica, esférica truncado y elipsoidal (Pacheco *et al.*, 2019). Teniendo en cuenta esta información, se considera que la morfología del almidón de cubio evaluado se encuentra entre los rangos de la literatura citada, mostraron además una distribución bimodal. Las distribuciones bimodales se presentan en almidones de diversas fuentes y los tamaños más pequeños de gránulos de almidón que se encuentran en el primer proceso de hinchamiento de la distribución de tamaño se deben a que están en la etapa de crecimiento.

Viscosidad

La viscosidad para los almidones de cubio y papa exhibió valores de $3330,8$ y $3725,4 \text{ mPa}$, respectivamente. Tras el ANOVA para este parámetro, se encontró que no existen diferencias significativas entre los valores ($p < 0,05$), por tal motivo, se afirma que el comportamiento del almidón de cubio frente al almidón de papa en un producto cárnico emulsionado, presenta las mismas características. Al respecto, las propiedades reológicas y formación de geles han sido estudiadas debido a su importancia en el uso como agentes espesantes y estabilizantes en la industria alimentaria (Pacheco *et al.*, 2019).

Temperatura de gelatinización

La temperatura de gelatinización para el almidón de cubio estuvo en $62,67 \text{ }^\circ\text{C}$ y para el de papa entre 56 y $66 \text{ }^\circ\text{C}$. Al comparar las propiedades de ambos almidones, se observó que a medida que aumentaba el tamaño del gránulo de almidón disminuía el contenido de amilosa; por lo tanto, el gránulo puede absorber mayor cantidad de agua, favoreciendo la disminución de la temperatura de gelatinización en el almidón. Además, cuando un almidón contiene longitudes de cadena de ramificación más largas muestra una temperatura de gelatinización más alta, es por ello que

el almidón de papa pudo llegar a una temperatura de gelatinización de 66 °C en comparación del almidón de cubio que llegó a los 62,67 °C. Esta característica se puede presentar debido a que el contenido de amilosa disminuye la temperatura de gelatinización, como en la papa, mientras que en cubio es menor; atribuido a que la amilosa se intercala entre las moléculas de amilopectina e interrumpe la estructura cristalina de los gránulos de almidón (Quispe Ruíz, 2018).

Caracterización de la salchicha tipo Frankfurt

Una vez caracterizado el almidón de cubio, se dispuso a la elaboración de las formulaciones para las salchichas tipo Frankfurt con su respectiva sustitución, como se detalla en la metodología, obteniéndose los resultados que se describen a continuación.

Color y fuerza cortante

La escala de CIELAB utilizada permitió conocer las tonalidades, luminosidad y pureza de los productos elaborados. El tono produce la sensación visual de los colores percibidos en la salchicha los cuales son tonalidades rosas con tendencia a un café claro; la luminosidad es la sensación visual según la cual una superficie emite más o menos luz; la pureza es el contenido de color de una superficie evaluado con la luminosidad; según estos tres atributos el alimento analizado se puede clasificar en dos categorías, estímulos acromáticos y estímulos cromáticos. En cuanto al parámetro a^* , se obtuvieron coordenadas entre rojizo y verdoso en las formulaciones estudiadas, como se evidencia en la Tabla 10. También una similitud en las formulaciones de las muestras B y C, obteniéndose coordenadas de $14,69 \pm 0,05$ y $14,81 \pm 0,03$; respectivamente, siendo ligeramente más rojiza la salchicha de la muestra B; en tanto que, el parámetro b^* , referido a colores amarillento-azulado, presentó una similitud entre las formulaciones B, C y D, cuyas coordenadas fueron: $12,38 \pm 0,06$; $12,11 \pm 0,14$ y $12,33 \pm 0,06$; respectivamente. En el caso del parámetro L^* relacionado con la luminosidad, las muestras C y E alcanzaron coordenadas de $65,06 \pm 0,13$ y $64,76 \pm 0,13$; respectivamente, determinándose que estas dos formulaciones fueron las que presentaron mayor luminosidad en el producto.

Tabla 5. Resultados del análisis colorimétrico y perfil de textura en diferentes formulaciones de la salchicha tipo Frankfurt.

Formulación	a^*	b^*	L^*	Fuerza cortante
A	$15,41 \pm 0,02^a$	$13,43 \pm 0,09^a$	$67,5 \pm 0,28^a$	$5,42 \pm 0,46^{b,c}$
B	$14,92 \pm 0,05^b$	$12,38 \pm 0,06^c$	$66,87 \pm 0,23^b$	$5,75 \pm 0,22^b$
C	$14,81 \pm 0,03^b$	$12,11 \pm 0,14^d$	$64,76 \pm 0,13^c$	$5,78 \pm 0,07^b$
D	$14,29 \pm 0,06^c$	$12,33 \pm 0,06^{c,d}$	$63,93 \pm 0,1^d$	$6,70 \pm 0,13^a$
E	$14,04 \pm 0,04^d$	$13,13 \pm 0,06^b$	$65,06 \pm 0,13^c$	$4,66 \pm 0,09^c$

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$), según la prueba de Tukey.

Para comprobar matemáticamente las diferencias que pudieron o no existir entre los productos, se calculó ΔE , obteniéndose un valor de 0,4; que siendo $\leq \pm 3$ indica que las diferencias de color son imperceptibles para el consumidor, lo cual resulta imprescindible evaluar ya que esta variable es una de las características que siempre se va a ver afectada por la incorporación de almidones en una matriz cárnica (Rey Rodríguez *et al.*, 2019). Además, el almidón es un aditivo importante en la elaboración de alimentos, ya que contribuye a formar la consistencia deseada en determinados productos alimenticios; en la industria cárnica es definido como una materia prima no cárnica (Pacheco Pérez *et al.*, 2011)

Los análisis de fuerza cortante, por su parte, revelaron una similitud entre las formulaciones B y C (Tabla 5), las cuales contaban con una sustitución de almidón de papa 75 y 25 % por almidón de cubio, respectivamente. Al contrastar estas formulaciones frente a la muestra A (control), no se encontraron diferencias significativas entre los productos ($p < 0,05$). Por su lado, las formulaciones A y E tuvieron relación a pesar de ser almidones completamente diferentes, lo cual sugiere que el almidón de cubio tiene un comportamiento similar al almidón de papa al incorporarse en un producto cárnico emulsionado como lo es la salchicha tipo Frankfurt. Finalmente, según los resultados obtenidos a través del ANOVA ejecutado, se puede decir que las formulaciones B y C fueron las que comparten mayor similitud en su comportamiento, mientras que las D y E fueron las que presentaron más diferencias, sobre todo en la fuerza de corte del producto evaluado.

Conclusiones

El almidón de cubio presenta características, tales como: poder de gelificación, capacidad de hinchamiento y retención de agua, adecuadas para la elaboración de un producto cárnico como las salchichas tipo Frankfurt, gracias a

la mayor contribución de amilosa y amilopectina, en comparación con el almidón de papa. Considerando que las principales propiedades que se tienen en cuenta para analizar las formulaciones de un producto alimenticio son los porcentajes de amilosa y amilopectina, las formulaciones B (75 % papa y 25 % cubio) y C (25 % papa y 75 % cubio) presentaron similitudes entre los dos tipos de almidones estudiados, siendo las recomendadas para este producto.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de La Salle por su apoyo para el desarrollo de esta investigación, así como a todas las personas involucradas en el proceso.

Referencias Bibliográficas

AOAC. (2022). *Official methods of analysis* [en línea] disponible en: <http://www.eoma.aoac.org/> [consulta: 15 enero 2022].

Alarcón, F., Dufour, D. (2002). Almidón agrio de yuca en Colombia. En: *La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización (publicación CIAT No. 327)*. Eds. Ospina, B., Ceballos, H., Alvarez, E., Bellotti, A., Calvert, L., Arias, B., Cadavid, L., Pineda, B., Llano, G., Cuervo, M. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Consorcio Latinoamericano para la Investigación y el Desarrollo de la Yuca, 470-502.

Arango Reyes, M., Parra Huertas, R. (2017). Efecto del concentrado de cubio (*Tropaeolum tuberosum*) en las características fisicoquímicas y reológicas del yogur. *Conexión Agropecuaria JDC*, 7(2), 57-67.

ISO 712. (1985). *Cereals and cereal products. Determination of moisture content (routine reference method)* [en línea] disponible en: <https://dgn.isolutions.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:712:ed-2:v1:en> [consulta: 15 enero 2022].

Clavijo Ponce, N. L., Pérez Martínez, M. E. (2014). Tubérculos andinos y conocimiento agrícola local en comunidades rurales de Ecuador y Colombia. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 11(74), 149-166.

Grace, M. (1977). *Elaboración de la yuca*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO.

Grau, A., Ortega, D. R., Nieto, C. C., Hermann, M. (2003). Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav.). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Roma: International Plant Genetic Resources Institute.

Gualdron, J. A., González, R. E. (2013). Evaluación de un yogur con características simbióticas y su efecto sobre la vida útil del producto. *Revista Colombiana de Microbiología Tropical*, 3(1), 8-15.

ISO 1871. (2009). *Food and feed products - General guidelines for the determination of nitrogen by the Kjeldahl method*. Second edition. Berna: International Organization for Standardization.

ISI. (2002). *Determination of viscosity of starch by Brookfield, ISI 17-1e* [en línea] disponible en: <http://www.starch.dk/isi/methods/17b> [consulta: 15 enero 2022].

Mallma, P., Edison, R. (2018). *Extracción, caracterización funcional y color del almidón de papa nativa de las variedades: Waka waqra, Alq' a wayruru, Phusi k'achun waqachi y Puka viruntus (Solanum tuberosum ssp. andigenum)*. Tesis de grado. Andahuaylas: Universidad Nacional José María Arguedas.

Maussa, A. (2018). *Colombia pierde cerca del 40 % de los alimentos que produce* [en línea] disponible en: <https://www.elspectador.com/noticias/medio-ambiente/colombia-pierdecerca-del-40-de-los-alimentos-que-produce-articulo-827495> [consulta: 15 enero 2022].

- Mejía Lotero, F. M., Salcedo Gil, J. E., Vargas Londoño, S., Serna Jiménez, J. A., Torres Valenzuela, L. S. (2018). Capacidad antioxidante y antimicrobiana de tubérculos andinos (*Tropaeolum tuberosum* y *Ullucus tuberosus*). *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2), 449-456.
- Ortiz Nieto, D. Y., Jiménez García, A. M. (2018). Manejo agroecológico del sistema productivo Cubio. *Perspectivas*, 2(7), 10-24.
- Pacheco Pérez, W. A., Restrepo Molina, D. A., Sepúlveda Valencia, J. U. (2011). Revisión: uso de ingredientes no cárnicos como reemplazantes de grasa en derivados cárnicos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64(2), 6257-6264.
- Pacheco, M. T., Moreno, F. J., Moreno, R., Villamiel, M., Hernández-Hernández, O. (2019). Morphological, technological and nutritional properties of flours and starches from mashua (*Tropaeolum tuberosum*) and melloco (*Ullucus tuberosus*) cultivated in Ecuador. *Food Chemistry*, 301, 125268.
- Peña Carrasco, E. F. (2017). *Extracción y caracterización fisicoquímica y funcional de almidones de cinco variedades de papas nativas procedentes de Ilave (Puno)*. Tesis de grado. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Polanco, L. Z. (2014). Extracción y caracterización de almidón nativo de clones promisorios de papa criolla (*Solanum tuberosum*, Grupo Phureja). *Revista Latinoamericana de la Papa*, 18(1), 1-24.
- Pomaquero Yungan, A. M. (2017). *El modelo coso 2013 (Committee of sponsoring organizations of the treadmill commission), aplicado en la cooperativa de ahorro y crédito Fernando Daquilema de la ciudad de Riobamba, durante el periodo 2015, para incorporar avances y tendencias en la administración*. Tesis de grado. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo.
- Quispe Ruíz, Y. (2018). *Características químicas y propiedades funcionales del almidón de mashua (Tropaeolum tuberosum) de las variedades amarilla y negra*. Tesis de grado. Andahuaylas: Universidad Nacional José María Arguedas.
- Ramón Ccana, F. C. (2017). *Efecto del estrés abiótico post-cosecha en las características físico-químicas y de algunos metabolitos primarios de mashua morada (Tropaeolum tuberosum Ruíz & Pavón)*. Tesis de grado. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Rey Rodríguez, J. F., Agudelo Quintero, L. P., Aparicio Aponte, O. Y., Lora Suárez, M. F., Leiva García, J. A. (2019). Elaboración de salchichas tipo Frankfurt fortificadas con hierro y adición de harina de quinoa como fuente de aminoácidos esenciales. *Revista Nova*, 4(1), 46-56.
- Romero de la Hoz, D. M., Tuiran Prado, L. S. (2017). *Caracterización fisicoquímica, funcional, reológica y composicional de la harina precocida de cubio (Tropaeolum tuberosum R & P) cultivado en diferentes fuentes de fertilización*. Tesis de grado. Bogotá: Universidad de La Salle.
- Sáenz Torres, S. M., Chaparro González, M. P., Bernal Bechara, L. C. (2020). El cubio (mashua): producción, transformación y beneficios (No. 4). Bogotá: Ediciones Unisalle.
- Sívoli, L., Pérez, E., Rodríguez, P., Martínez, E. (2007). Comparación de técnicas microscópicas para el estudio de la estructura del almidón nativo de *Manihot esculenta* C. *Acta Microscópica*, 16(1-2: suplemento 2), 236-237.
- Valdés Restrepo, M. P., Ortiz Grisales, S., Sánchez, T. (2010). Morfología de la planta y características de rendimiento y calidad de almidón de sagú. *Acta Agronómica*, 59(3), 372-380.

Editor Asociado: Wilfrido Arteaga Sarmiento 

Facultad de Ingeniería, Campus Nueva Granada, Programa de Ingeniería Industrial
Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá, Colombia



UNIVERSIDAD
DEL ZULIA

REVISTA TECNICA

DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DEL ZULIA

Volumen 46. Año 2023, Edición continua _____

*Esta revista fue editada en formato digital y publicada en noviembre 2023, por el **Fondo Editorial Serbiluz, Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela***

www.luz.edu.ve
www.serbi.luz.edu.ve
www.produccioncientificaluz.org