

2020

Evaluación tecnológica del almidón de cubio modificado para su aplicación en un producto cárnico tipo hamburguesa

Stephany Alejandra Martínez Mora
Universidad de La Salle, Bogotá

Sara Sánchez Talero
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos



Part of the [Engineering Commons](#), and the [Food Science Commons](#)

Citación recomendada

Martínez Mora, S. A., & Sánchez Talero, S. (2020). Evaluación tecnológica del almidón de cubio modificado para su aplicación en un producto cárnico tipo hamburguesa. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/722

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería de Alimentos by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

**EVALUACIÓN TECNOLÓGICA DEL ALMIDÓN DE CUBIO MODIFICADO PARA SU
APLICACIÓN EN UN PRODUCTO CÁRNICO TIPO HAMBURGUESA.**

Stephany Alejandra Martínez Mora

Sara Sánchez Talero

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

FACULTAD INGENIERÍA

PROGRAMA INGENIERÍA DE ALIMENTOS

Bogotá DC

2020

**EVALUACIÓN TECNOLÓGICA DEL ALMIDÓN DE CUBIO MODIFICADO PARA SU
APLICACIÓN EN UN PRODUCTO CÁRNICO TIPO HAMBURGUESA.**

Trabajo de grado presentado para optar al título de:

Ingeniero de Alimentos

Stephany Alejandra Martínez Mora

Sara Sánchez Talero

Dirigido por: Ing. Javier Francisco Rey Rodríguez

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

**FACULTAD INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

Bogotá DC

2020

NOTA

Javier Francisco Rey Rodríguez

Milton Hugo Rodríguez

Ismael Povea Garcerant

DEDICATORIA

A Dios por ser el principal autor de mi vida, por brindarme salud, infinito amor y estar presente en cada uno de los pasos que doy día a día.

Por ser él quien me da la fuerza para levantarme en cada uno de los momentos cuando tropiezo y animarme para continuar a diario, a él le debo todo.

“Porque para Dios no hay nada imposible.” Lucas 1:37

A mi familia y a mi novio por ese apoyo incondicional y motivacional en cada paso que doy para poder cumplir mis sueños, por su amor y confianza en mí.

A mi director Javier Francisco Rey por ser el guía de esta investigación, por su cariño, apoyo, orientación y dedicación que me brindo durante este proceso académico.

A los docentes Milton Hugo Rodríguez e Ismael Povea quienes compartieron su conocimiento amor y entrega.

A mi compañera Sara Sánchez, por ser mi amiga y confidente durante esta etapa, por la paciencia y perseverancia para llevar a cabo juntas este proyecto.

STEPHANY ALEJANDRA MARTINEZ MORA

DEDICATORIA

Principalmente a Dios por ser el motor de mi vida y brindarme las capacidades, la fuerza, por ser siempre mi guía y mi compañía en todo momento “Jehová es la fortaleza de mi vida.

“Salmos 27:1.

En segunda instancia a mi papa, mama y hermana por apoyar cada uno de los pasos que doy y ser esa roca que siempre me sustenta.

A mi tía Andrea por ser la persona que me motivó a elegir esta carrera como proyecto de vida.

A mi director Javier Francisco Rey por su dirección, paciencia y conocimientos durante el desarrollo de este trabajo de grado.

A los docentes Milton Hugo Rodríguez e Ismael Povea por su interés, dedicación y conocimiento en la culminación de esta investigación.

A mi amiga y colega Alejandra Martínez, por tener la mejor actitud, entrega y dedicación haciendo posible la culminación de este proyecto.

SARA SÁNCHEZ TALERO

AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresan su agradecimiento por el conocimiento y aporte en el desarrollo de este trabajo de grado a:

- Javier Francisco Rey Ingeniero de alimentos y director de trabajo de grado por ser un ejemplo a seguir, por su tiempo y orientación durante la investigación.
- Los ingenieros Milton Hugo Rodríguez e Ismael Povea por ser grandes docentes, por su colaboración y asesoría durante el desarrollo de este trabajo de grado.
- Luis Miguel Triviño Ingeniero de Alimentos y ex Auxiliar de Plantas Piloto-Universidad de la Salle, por su disposición y colaboración en cada uno de los procesos para la elaboración del producto.
- Sergio Yannick Téllez Guevara estudiante de Ingeniería de alimentos y compañero de estudio por su ayuda, tiempo y dedicación hacia nuestro proyecto.
- Andrés, Auxiliar Laboratorista de Ing. Ambiental-Universidad de la Salle, por sus orientaciones para la modificación del almidón de Cubio.
- El programa de Ingeniería de alimentos por la disposición de espacios para poder llevar a cabo el desarrollo de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
I INTRODUCCIÓN	18
II. OBJETIVOS	20
III. MARCO DE REFERENCIA	21
3.1 MARCO TEÓRICO	21
3.1.1 Cultivo del cubio en Colombia	21
3.1.2 Cubio <i>Tropaeolum tuberosum</i>	21
3.1.3 Almidón	22
3.1.4 Almidones modificados	27
3.1.5 Extensores	28
3.2 MARCO CONCEPTUAL	29
3.3 MARCO LEGAL	30
3.4 ESTADO DEL ARTE	32
IV. METODOLOGÍA DE LA EXPERIMENTACIÓN	37
4.1 Obtención del almidón de cubio	37
4.1.1 Modificación química del almidón de cubio mediante el proceso de Acetilación	39
4.1.2 Caracterizar físicamente el almidón de cubio nativo y modificado mediante el proceso de acetilación.	41
4.2 Elaboración de Formulaciones con diferentes sustituciones de almidón de cubio	46
4.2.1 Elaboración del producto	47
4.2.2 Balances de materia y energía	49

	Pág.
4.3 Determinar las características fisicoquímicas y tecnológicas de una carne para hamburguesa con sustitución de almidón de papa por almidón de cubio modificado químicamente.	49
4.4 Desarrollar un análisis sensorial para evidenciar el punto de vista del consumidor sobre el producto elaborado.	51
4.5 Análisis experimental de las diferentes formulaciones	53
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
5.1 Obtención del almidón de cubio	54
5.1.2 Caracterización del almidón nativo de papa, cubio y modificado	56
5.2 Proceso de la elaboración de la carne de hamburguesa	62
5.2.1 Balance de materia para cada producción	63
5.3 Características físicas, físico-químicas de las muestras evaluadas	66
VI Análisis experimental de las diferentes formulaciones	66
VII. Análisis sensorial de las dos muestras seleccionadas	69
VIII Costos	71
CONCLUSIONES	73
RECOMENDACIONES	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
ANEXOS	83

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Taxonomía del cubio	22
Tabla 2. Composición química y propiedades fisicoquímicas de almidones modificados plátano, maíz y almidón nativo cubio, ñame y papa	24
Tabla 3. Función de los almidones en diferentes productos alimenticios	26
Tabla 4. Modificaciones fisicoquímicas del Almidón nativo	28
Tabla 5. Tratamiento estadístico para los tres almidones que serán utilizados en la formulación del producto cárnico tipo hamburguesa.	45
Tabla 6. Análisis estadístico a realizar a cada uno de los tratamientos	52
Tabla 7. Resumen del balance de materia del proceso de obtención de almidón de cubio	54
Tabla 8. Resultados valor media caracterización almidón nativo de papa, cubio y modificado mediante ANOVA.	55
Tabla 9. Resultados obtenidos para la temperatura de gelatinización para almidón de papa, almidón nativo y modificado de cubio	56
Tabla 10. Resultados obtenidos del índice de absorción de agua (IAA) para almidón de papa, almidón nativo y modificado de cubio	57

	Pág.
Tabla 11. Resultados obtenidos de solubilidad en agua (ISA) para almidón de papa, almidón nativo y modificado de cubio	58
Tabla 12. Resultados obtenidos de poder de hinchamiento para almidón de papa, almidón nativo y modificado de cubio.	59
Tabla 13. Resultados obtenidos acidez y pH para almidón de papa, almidón nativo y modificado de cubio.	60
Tabla 14. Resumen del balance de materia del proceso de elaboración de carne de Hamburguesa	64
Tabla 15. Resumen del balance de materia pérdidas y rendimiento por cocción	64
Tabla 16. Resultados pruebas fisicoquímicas de cada uno de los tratamientos	66
Tabla 17. Resultados mediana pruebas fisicoquímicas de cada formulación mediante ANOVA	66
Tabla 18. Resultados mediana calculada para la prueba estadística de Wilcoxon	69
Tabla 19. Costos de producción unitaria para la elaboración de carne de hamburguesa	70

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Extracción de almidón de cubio	38
Figura 2. Recepción de materia prima (A), limpieza y desinfección de cubio (B), obtención de pasta blanda (C), secado almidón de cubio	39
Figura 3. Modificación química del almidón de cubio mediante el proceso de acetilación	40
Figura 4. Adición de anhídrido acético a almidón nativo de cubio (A), centrifugación 4000 rpm (B), secado en horno de bandejas (C), tamizado malla #50	41
Figura 5. Procedimiento realizado para la toma de temperatura de gelatinización	42
Figura 6. Calentamiento a baño maría de las muestra (A), centrifugación 4900 rpm (B), sobrenadante (C)	43
Figura 7. Determinación pH	44
Figura 8. Viraje rosado leve obtenido de la toma de acidez titulable	45
Figura 9. Formulación hamburguesa	46
Figura 10. Elaboración de carne de hamburguesa con sustitución de almidón de cubio	47
Figura 11. Colorímetro marca Minolta (A), Carne de hamburguesa formulaciones 0, 25, 50,75 respectivamente (B)	50
Figura 12. Etapas y pérdidas en la obtención de almidón de cubio	53
Figura 13. Balance de materia para cada formulación	63

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Resultados prueba hedónica 80 panelistas	68

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Prueba estadística ANOVA muestra almidón vs temperatura de gelatinización	83
ANEXO 2. Prueba estadística ANOVA muestra almidón vs índice absorción de agua	83
ANEXO 3. Prueba estadística ANOVA muestra almidón vs solubilidad en agua	83
ANEXO 4. Prueba estadística ANOVA muestra almidón vs poder de hinchamiento	84
ANEXO 5. Prueba estadística ANOVA muestra almidón vs acidez	84
ANEXO 6. Prueba estadística ANOVA muestra almidón vs pH	84
ANEXO 7. Prueba estadística ANOVA test tukey muestra hamburguesa vs color parámetro l* , a*,b*, pH y textura.	85
ANEXO 8. Prueba estadística WILCOXON análisis sensorial	85
ANEXO 9. Evidencia análisis sensorial	86
ANEXO 10. Balance de materia para la obtención de almidón de cubio	87
ANEXO 11. Balance de materia para la elaboración de carne de hamburguesa	88
ANEXO 12. Balance de materia para proceso de cocción de carne de hamburguesa	89
ANEXO 13. Resultados colorimetría a las diferentes formulaciones	90
ANEXO 14. Formato de análisis sensorial de la prueba de aceptación	90
ANEXO 15. Resultados evaluación sensorial	91

ABREVIATURAS

- **ANC:** Almidón nativo de cubio
- **ACM:** Almidón de cubio modificado
- **AP:** Almidón de papa
- **IAA:** Índice de absorción de agua
- **ISA:** Índice solubilidad de agua
- **POH:** Poder de hinchamiento
- **hi:** Hipótesis nula
- **ho:** Hipótesis alterna

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con la finalidad de evaluar el potencial físico que presenta el cubio, para su utilización en la industria cárnica por medio de la extracción del almidón y su modificación química mediante el proceso de acetilación. Se realizó en 5 etapas; en la primera se obtuvo el almidón de cubio (ANC) por medio de lavado, secado, molienda y tamizado, en la segunda etapa se procedió a la modificación química mediante el proceso de acetilación, en la tercera etapa se realizó una caracterización del almidón de cubio modificado (ACM) respecto a temperatura de gelatinización, índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua, poder de hinchamiento, acidez titulable y pH. En la cuarta etapa se dio continuidad a la elaboración del producto cárnico (carne de hamburguesa) con formulaciones de diferentes concentraciones de almidón modificado y almidón de papa (AP) (0, 25, 50, y 75%). Para cada formulación se realizó análisis fisicoquímicos los cuales fueron color, textura y pH.

Finalmente se realizó un análisis sensorial entre el blanco y la formulación con mejor comportamiento físico para observar su grado de aceptabilidad y se analizó por medio de la prueba no paramétrica WILCOXON esto con el fin de observar si hubo diferencias significativas entre las dos muestras. Se obtuvo un rendimiento en la extracción del almidón de cubio de 3,35%. Para la prueba de temperatura de gelatinización en los tres almidones evaluados se obtuvo AP: 63°C, ANC: 70°C y AMC: 77°C, Índice de absorción de agua para AP: 14,33, ANC: 14,59, AMC: 15,52, Índice solubilidad en agua para AP:12,45, ANC:14,59, AMC: 16,13, Poder de hinchamiento para AP: 13,92, ANC: 13,98 y AMC: 13,47, Acidez para AP: 0,057%, ANC: 0,6%, AMC: 0,82% y finalmente en la determinación de pH para AP: 5,79, ANC: 6,03 y ACM: 8,24. La formulación que mejor rendimiento presentó fue 75:25 almidón de cubio modificado y almidón de papa respectivamente con un 75,35% y un rendimiento por cocción de 97,2%. En cuanto al análisis sensorial la muestra que tuvo mayor aceptación por los panelistas en los atributos de color, sabor, olor, textura e impresión global fue la codificada 1809 que representaba la formulación 25:75 almidón de cubio modificado y 75 papá. Se pudo observar que la hamburguesa que presentó el mayor agrado por parte de los panelistas fue la de formulación 75:25 la que utilizó extendedor de almidón de cubio modificado, mostrando mayor aceptación del consumidor.

Palabras clave: cubio, hamburguesa, pH, color, textura.

ABSTRACT

This work was carried out with the purpose of evaluating the physical potential that the cube presents, for its use in the meat industry through the extraction of starch and its chemical modification through the acetylation process. It was carried out in 5 stages; in the first one, the cubic starch (AC) was obtained by means of washing, drying, milling and sieving, in the second stage the chemical modification was carried out by means of the acetylation process, in the third stage a characterization of the starch of modified cube (ACM) with respect to gelatinization temperature, water absorption index, water solubility index, swelling power, titratable acidity and pH. In the fourth stage, the production of the meat product (hamburger meat) was continued with formulations of different concentrations of modified starch and potato starch (AP) (0, 25, 50, and 75%). For each formulation physicochemical analyzes were performed which were color, texture and pH.

Finally, a sensory analysis was performed between the blank and the formulation with the best physical behavior to observe its degree of acceptability and this was analyzed by means of the non-parametric WILCOXON test in order to observe if there were significant differences between the two samples. A yield in the extraction of cubic starch of 3.35% was obtained. For the gelatinization temperature test in the three starches evaluated, AP was obtained: 63 ° C, ANC: 70 ° C and AMC: 77 ° C, Water absorption index for AP: 14.33, ANC: 14.59, AMC: 15.52, Water solubility index for AP: 12.45, ANC: 14.59, AMC: 16.13, Swelling power for AP: 13.92, ANC: 13.98 and AMC: 13.47, Acidity for AP: 0.057%, ANC: 0.6%, AMC: 0.82% and finally in the pH determination for AP: 5.79, ANC: 6.03 and ACM: 8.24. The formulation with the best performance was 75:25 modified cubic starch and potato starch respectively with 75.35% and a cooking yield of 97.2%. As for the sensory analysis, the sample that had the greatest acceptance by the panelists in the attributes of color, flavor, smell, texture and overall impression was the code 1809 that represented the formulation 25:75 modified cubic starch and 75 potato. It was observed that the hamburger that the mayor liked by the panelists presented was the 75:25 formulation that uses the modified cube starch extender, showing greater consumer acceptance.

Keywords: cube, hamburger, pH, color, texture.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en Colombia el cultivo de cubio es poco valorado, a pesar de ser uno de los países exportadores de este tubérculo, esto trae consecuencias como lo son el escaso aprovechamiento de esta planta ya que no es de gran comercialización, la falta de personas que lo consumen y la poca información sobre el valor nutricional que este aporta a la salud humana. De igual modo, la distribución de la variabilidad de esta especie no es uniforme en todo el país ya que se encuentra en mayor cantidad en el altiplano cundiboyacense donde el clima es templado y el suelo es húmedo esto es de gran importancia para su conservación, cultivo y consumo. (Morillo, C., Cruz, A., Tovar, L., & Paola, Y, 2016)

En cuanto a pérdidas y desperdicios, según la FAO (2011), por año se desaprovechan alrededor de 1.300 millones de toneladas de comida, equivalentes a un 33% a nivel mundial de todos los alimentos destinados para el consumo humano. En cuanto a la pérdida y desperdicios, las raíces y los tubérculos Colombia presenta un valor significativamente superior que el porcentaje mundial con un valor de 49% de raíces y tubérculos, esto es una problemática muy importante debido a que no solo trae consecuencias para el medio ambiente si no también el desaprovechamiento de las propiedades nutricionales intactas como las del cubio y que por esta razón sean desechados cuando en realidad se les pueda dar un mejor provecho mejorando los hábitos alimenticios .

Según el Ministerio de Agricultura (2016) el 83.5% de los alimentos que consumimos los colombianos son producidos por los campesinos, entre ellos papa, cubio y ñame es por esto que a el cubio se le puede sacar mayor provecho ya que no hay competitividad en el mercado en cuanto a su precio, es una fuente innovadora en cuanto al diseño de nuevos productos y es fácil de cultivar por su mayor adaptabilidad al suelo.

Formulación del problema

¿Se le puede dar una aplicación tecnológica al almidón modificado de Cubio incorporándolo en un producto cárnico (carne de hamburguesa) actuando como extendedor?

I. INTRODUCCIÓN

El almidón es una macromolécula que está compuesta por dos polímeros distintos de glucosa, la amilosa y la amilopectina. Es ampliamente utilizado en la industria de alimentos por su gran versatilidad, costo relativamente bajo, agente espesante para incrementar la viscosidad, agente estabilizante de geles o emulsificante, elementos ligantes y agentes de relleno. A los almidones se les pueden realizar una serie de modificaciones sean químicas, físicas o enzimáticas con el objetivo de mejorar sus propiedades fisicoquímicas y que sean aprovechados en la fabricación de diferentes productos alimentarios ya sea para mejorar su apariencia, consistencia, textura o comportamiento a los cambios de temperatura.

Teniendo en cuenta que actualmente en Colombia el cultivo de cubio es poco valorado a pesar de ser uno de los países exportadores de este tubérculo, esto trae consecuencias como lo son el escaso aprovechamiento de esta planta ya que no es de gran comercialización, la falta de personas que lo consumen y la poca información sobre el valor nutricional que este aporta a la salud humana, es posible la necesidad de unión de los dos sectores (agrícola y cárnico) para realizar un producto como lo es una carne de hamburguesa que aporte a nivel tecnológico y funcional, dado el potencial físico que presenta este tubérculo y proteínas de alta calidad biológica que posee la carne.

Considerando en cuanto a pérdidas y desperdicios, según la FAO (2011), por año se desaprovechan alrededor de 1.300 millones de toneladas de comida, equivalentes a un 33% a nivel mundial de todos los alimentos destinados para el consumo humano. En cuanto a la pérdida y desperdicios, las raíces y los tubérculos Colombia presenta un valor significativamente superior que el porcentaje mundial con un valor de 49% de raíces y tubérculos, esto es una problemática muy importante debido a que no solo trae consecuencias para el medio ambiente si no también el desaprovechamiento de las propiedades nutricionales intactas como las del cubio y que por esta razón sean desechados cuando en realidad se les pueda dar un mejor provecho mejorando los hábitos alimenticios.). En base a esto se pretende evaluar si las características fisicoquímicas y tecnológicas del almidón de cubio tienen un aporte significativo en el sector.

Se optó por brindarle un mejor aprovechamiento al almidón de cubio, modificándolo químicamente siendo incorporado en una carne de hamburguesa actuando como extendedor y utilizarlo en la industria cárnica ya que el cubio posee compuestos como vitaminas, proteínas, minerales y carbohidratos, así como un importante aporte calórico, es por esto que es beneficioso incluirlo en nuestra dieta diaria.

II. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento físico y sensorial del almidón de cubio modificado variedad (*Tropaeolum tuberosum R&P*) como extendedor en carne para hamburguesa.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar físicamente el almidón de cubio variedad (*Tropaeolum tuberosum R&P*) modificado mediante el proceso de acetilación.
- Determinar las características fisicoquímicas y tecnológicas de una carne para hamburguesa con sustitución de almidón de papa por almidón de cubio modificado químicamente.
- Realizar un análisis de aceptación sensorial a la carne de hamburguesa con la mejor sustitución evaluando características como (textura, sabor, olor, color, e impresión global)

III. MARCO DE REFERENCIA

En este capítulo se presentan aspectos generales de la historia del cubio variedad *Tropaeolum tuberosum*, almidones y extensores, haciendo una breve mención de las generalidades del almidón y los efectos de consumo para la salud humana. Además, se encontrará en el estado del arte, investigaciones recientes sobre modificaciones químicas y enzimáticas de almidones adicionados a diferentes productos alimenticios para evaluar alguna característica funcional o tecnológica.

3.1 MARCO TEÓRICO

3.1.1 Cultivo de Cubio en Colombia

El cubio es una planta de fácil cultivo, puede ser cosechado desde los 5 a 9 meses después de su siembra; es cosechado en las zonas altas del departamento Boyacá ya que el cubio es una especie rústica que puede adaptarse bien a bajas temperaturas y suelos pobres en nutrientes (Grau, 2003).

El suelo donde crece el cubio no se ve afectado por el uso de fertilizantes y pesticidas, es muy resistente a heladas fuertes y cuando se encuentra en estado natural es capaz de repeler insectos. El cultivo de cubio, el cuarto en orden de importancia en la Región Andina seguido del cultivo de papa, es poco valorado porque no es conocido y se limita a las comunidades rurales, esto debido a la comercialización en el mercado del producto, poco consumo, laboriosos procesos de cocción y bajo retorno económico (Malice, Bizoux, Blas, Baudoin, 2010.)

3.1.2. Cubio *Tropaeolum tuberosum*:

Este tubérculo es una planta herbácea perenne originaria de la región andina, de la cual los hallazgos arqueológicos demuestran que sus tubérculos eran consumidos desde hace más de 7.500 años. Su expansión va desde Colombia hasta el norte de Argentina y las mayores áreas de siembra se encuentran en Perú y Bolivia, donde generalmente se cultivan en asociación con otros tubérculos, aunque el cubio es el cultivo de menor extensión (Manrique, Arbizu, Vivanco, González, Ramírez, Chávez, Tay, Ellis, 2013).

El nombre botánico del cubio es *Tropaeolum tuberosum* perteneciente a la familia Tropeoláceas como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Taxonomía del cubio

Reino	Plantae
Clase	Dicotyledoneae
Orden	Brassicales
Familia	Tropeoláceas
Género	Tropaeolum
Especie	Tropaeolum tuberosum R&P

Fuente: Surco, (2004)

Información nutricional del cubio: El cubio es un tubérculo que posee diferentes vitaminas entre ellas, vitamina C, B1, B2 y B3. Se considera de gran importancia en la alimentación del ser humano gracias a su composición nutricional ya que es fuente de nutrientes como minerales y carbohidratos que son considerados fuente de energía. Posee niveles altos de minerales como calcio, fósforo, hierro y carotenos, en relación con la papa y los otros tubérculos andinos.

3.1.3. Almidón

Es una materia prima con un amplio campo de aplicaciones que van desde la impartición de textura y consistencia en alimentos hasta la manufactura de papel, adhesivos y empaques biodegradables; el almidón es el polisacárido más utilizado como ingrediente funcional (espesante, estabilizante y gelificante) en la industria alimentaria como se puede observar en la tabla 3. (Hernández, Torruco, Chel Guerrero y Betancur, 2008). En su estructura, el almidón consiste de dos polisacáridos en su química distinguible: la amilosa y la amilopectina. La amilosa es un polímero lineal de unidades de glucosa unidas por enlaces α (1-4), en el cual algunos enlaces α (1-6) pueden estar presentes. Esta molécula no es soluble en agua, pero puede formar micelas hidratadas por su capacidad para enlazar moléculas vecinas por puentes de hidrógeno y generar

una estructura helicoidal que es capaz de desarrollar un color azul por la formación de un complejo con el yodo.

Generalidades del almidón: El almidón es el principal carbohidrato de reserva sintetizado por las plantas y es una fuente de energía para muchos organismos. Representa una fracción importante en un gran número de productos agrícolas como lo son: los cereales (maíz, trigo, arroz), en los cuales se ha reportado un contenido de almidón del 30 al 80%, las leguminosas (frijol, chícharo, haba) con un contenido entre 25 a 50% los tubérculos (papa y yuca) con un 60 a 90%, y algunas frutas (plátano y mango) que en su estado inmaduro alcanzan contenidos de almidón de hasta el 70% en base seca (Millán, 2004).

Características Físicoquímicas del Almidón

El estudio realizado por Gutiérrez (2000), señala la utilización de almidón como componente alimentario se basa en sus propiedades de interacción con el agua, fundamentadas tanto en el espesamiento como la gelificación, debido a la estructura micelar de los gránulos ya que en la amilopectina se asocia mediante enlaces de hidrógeno con las cadenas de amilosa los gránulos de almidón resultan prácticamente insolubles en agua fría dado que el calentamiento continuo en presencia de cantidad suficiente de agua hace perder birrefringencia a los gránulos, porque se hidratan (hasta un 40% de su peso) pudiendo aumentar 30 veces su volumen. La acción del calor proporciona la energía necesaria para romper los débiles enlaces existentes entre las micelas cristalinas, permitiendo que se solubilice la amilosa y se incrementa la viscosidad.

La apariencia de los gránulos cambia cuando se alcanza una temperatura crítica para cada especie vegetal, y se denomina temperatura de gelatinización la cual consiste en un proceso de formación de un gel, denominado engrudo, que comienza de modo gradual y se hace efectivo cuando alcanza cierto grado de temperatura. La viscosidad de las soluciones, el punto de formación del gel y las características del mismo, dependen de varios factores:

- Agitación de las moléculas, pues el batido rebaja el comienzo de la gelificación.
- Agua empleada, porque determinadas sales pueden reducir la temperatura del proceso.
- Tamaño de los gránulos.

- Concentración del almidón.
- Naturaleza del almidón, puesto que a temperatura de gelatinización es característica de su origen botánico: trigo, 53-64; maíz, 61-72; arroz, 65-73; patata, 62-68, etc.

En la **tabla 2**. Se puede observar las características físico químicas de distintos almidones:

Tabla 2. Composición química y propiedades fisicoquímicas de almidones modificados plátano, maíz y almidón nativo cubio, ñame y papa.

Composición	Plátano	Maíz	Cubio	Ñame	Papa
Humedad (%)	10,50	9,20	10,79	10,1	18,25
Cenizas (%)	0,60	0,49	0,07	0,9	0,50
Proteína (%)	0,30	0,20	0,54	0,8	0,10
Grasa (%)	0,15	0,20	1,91	6,7	0,05

Fuente: Ramírez, Zarate y Otalora (2011), Acuña (2012) y Mendoza, (2013)

Efectos del consumo de almidón para la salud humana

En cuanto al almidón una reciente investigación de Parada, Rozowski (2008) señalan el almidón como carbohidrato complejo el cual se caracteriza por ser la principal fuente de energía para el ser humano. Ya que tiene gran incidencia en la salud y dieta la cual es uno de los factores que se debe controlar si se desea disminuir el aumento de la concentración de glucosa en la sangre. Luego de ingerir un alimento la calidad nutricional del almidón depende en gran medida de su digestibilidad es decir su capacidad de entregar glucosa, de manera rápida, a medida que ocurre el proceso de digestión en el organismo.

Por otro lado la investigación de Getares (2017) asegura que la actividad bacteriana consigue una mayor producción de ácidos grasos de cadena corta (ácido butírico, propiónico, y ácidos acéticos), mejora la absorción de minerales, modulan la producción de neuropéptidos y/o hormonas reguladoras del apetito, lo que puede ser significativo con la regulación del peso, menos infecciones/protección ante el cáncer de colon: a mayor cantidad de ácidos grasos de cadena corta se consigue bajar el pH del colon con lo que se inhibe el crecimiento de bacterias patogénicas y

que estas se unan a las células del colon (ej. *Clostridium difficile*); Efecto antiinflamatorio: al estimular la producción de leucocitos, citoquinas y quimioquinas y reducir la producción de compuestos inflamatorios. Estimula el sistema inmune: el tejido linfoide intestinal se activa y se produce más cantidad de inmunoglobulina A (IgA) e interferón. Mejora la integridad del colon: mediante la mejora la morfología de la mucosa, el engrosamiento y el aumento de mucina. Efecto laxante: al aumentar la masa fecal por el crecimiento bacteriano menor absorción de glucosa en el intestino.

Propiedades del almidón de cubio

Según la investigación de Hernández *et al*, (2008) las características funcionales de almidones de tubérculos como lo son la gelatinización, , absorción de agua, solubilidad, poder de hinchamiento, presentan una capacidad alta por lo que podría ser utilizado en productos que requieran retener agua por ejemplo en productos cárnicos, también propiedades de plastificación, firmeza de gel, estabilidad a la refrigeración y congelación para así hacerlos factibles para la utilización en diversos sistemas alimenticios como estabilizantes y espesantes.

Cuando el almidón es calentado en presencia de agua sufre cambios reológicos sustanciales. El calentamiento da como resultado un fluido compuesto de poros, donde se encuentran gránulos hinchados y gelatinizados con amilopeptina suspendida en la solución caliente de amilosa. (Mendoza, 2013)

Usos del almidón en la industria Alimentaria

El almidón se puede obtener utilizando diferentes metodologías de acuerdo a las materias primas de las que se extraiga y según del tipo de compuestos que lo estén acompañando, citado por Díaz (1997). La obtención de almidón se lleva a cabo sobre todo a partir de maíz, papa, trigo y mandioca. En algunos casos, por ejemplo, en la papa, los gránulos de almidón se encuentran libres en el interior de las células, de tal modo que su aislamiento es un proceso sencillo; en otros casos como ocurre en los cereales, el almidón se encuentra en el endospermo contenido en una matriz proteica y por ello su extracción es algo más difícil Belitz y Grosch (1997). Debe

considerarse que al extraer almidón se obtienen además otros componentes menores en variadas concentraciones como proteínas, lípidos, minerales y fibra. Estas impurezas pueden alterar el comportamiento del almidón. Por ello se hace necesario cuantificar el contenido de impurezas, citado por Gairín (1998).

De acuerdo a Mendoza, (2013) El aumento de las utilidades alimentarias de los productos amiláceos es bastante regular se basa en dos factores, a saber, la progresión de la industria de los platos cocinados y la búsqueda por parte del consumidor de un mejor equilibrio.

En las preparaciones alimentarias, los productos amiláceos se utilizan para actuar sobre ciertas características, tales como textura, apariencia, humedad, consistencia y estabilidad durante el almacenamiento, también diferentes funciones como se observa en la tabla 3. Los almidones permiten reemplazar ingredientes más costosos y facilitar la fabricación de diferentes productos, se les utiliza para espesar o fluidificar, para clarificar o volver opaco, para traer la humedad o repelerla para producir texturas cortas o largas lisas o pulposas, revestimiento blandos o crujientes, los almidones y sus productos derivados se utilizan en fabricaciones tan diversas como las conservas, los productos frescos o ultracongelados, las bebidas, los productos de panadería, los productos deshidratados o extruidos.

Tabla 3. Función de los almidones en diferentes productos alimenticios.

Función	Alimento
Adhesión	Rebozados, revestimiento
Anti- Adhesión	Pan
Ayuda a la fluidez	Materias grasas, polvo para fermentar
Anti-endurecimiento	Productos de panadería
Encofrado	Confitería
Encapsulado	Aceites esenciales y aromas
Espesante	Salsas y sopas
Confección	Carne productos para animales
Gelificante	Domésticos
Glaseado	Confitería
Ligante	Confitería, pastelería
Refuerzo de espumas	Albóndigas de carne, patatas y extruidos
Retención de aguas	Carnes, productos de panadería.

Fuente: Mendoza, (2013)

3.1.4. Almidones modificados

Acuña (2012) explica que “el almidón nativo carece de versatilidad para poder soportar ciertas condiciones de procesamiento, esto debido a que a su baja estabilidad, fragilidad, descomposición térmica reduce sus aplicaciones en aplicaciones industriales, también afirma que modificarlo aumenta su uso debido a los cambios que presenta en sus características físicas, químicas y/o reológicas y así mejorar sus propiedades funcionales, para obtener nuevos productos” (p.34)

A los almidones se les puede realizar modificaciones ya sean físicas, químicas, enzimáticas, con el objetivo de cambiar su estructura, tamaño físico incrementar solubilidad del mismo.

Dentro de las modificaciones físicas se encuentran la pregelatinización, hidrólisis parcial, método de baja humedad, método de recocido extrusión, tratamiento térmico, radiación y ultrasonido.

(Carrascal, 2013). Se realizan con el objetivo de cambiar su estructura, tamaño físico incrementar solubilidad del mismo.

Modificaciones químicas: En un artículo de Cabrerizo (2005) señala que la modificación química está ligada con las reacciones OH (Grupos Hidroxilo) del almidón, allí haciéndose reaccionar el almidón nativo con reactivos químicos los cuales introducen sustituyentes químicos a la molécula, esta alteración química modifica ciertas características como lo son: gelatinización, retrogradación, cocción y capacidad de retención de agua.

Modificaciones enzimáticas: En esta modificación las enzimas son utilizadas para realizar la hidrólisis del almidón para la producción de dextrinas y glucosa. Según Arenas (2017) las enzimas que más se utilizan son:

- **α -amilasa:** Es la encargada de las moléculas de amilosa y amilopectina dando origen a la formación de oligosacáridos.
- **Glucamilasa:** Se emplea en combinación con α -amilasa, para producir jarabes de D-glucosa y D-glucosa cristalina.

- **β-amilasa:** Produce unidades de maltosa de forma secuencial desde el extremo no reductor de la amilosa y no hidroliza los enlaces 1,6 de la amilopeptina.
- **Isoamilasa y pululanasa:** Se encargan de hidrolizar los enlaces 1,6 de amilopeptina.
- **Ciclodextrin glucanotransferasa:** Es una enzima procedente de Bacillus, formando anillos de D-α-glucopiranosas unidas por enlaces 1,4 a partir de polímeros de almidón.

A continuación, se presentan diferentes métodos para la modificación fisicoquímica de almidones:

Tabla 4. Modificaciones fisicoquímicas del Almidón nativo

Esterificación	Cationización, Hidroxialquilación Carboximetilación
Esterificación	Acetilación, Fosfatación
Conversión	Enzimática, Termomecánica Termoquímica
Oxidación	Hipoclorito de sodio Peróxido de Hidrógeno
Hidrólisis	Ácida
Piro – conversión	Dextrinización

Fuente: Neimo (1999)

3.1.5. Extensores

Según Andújar G, Guerra A, & Santos R (2000) se le llama extensor a la materia prima no cárnica que se emplea en la elaboración de productos cárnicos, pueden ser materiales proteicos, que tienen como objetivo sustituir una parte de la carne que se emplearía en el producto o, visto de otro modo, ampliar o extender la cantidad de carne efectivamente empleada, con un aporte proteico y funcional.

Los criterios más importantes para el uso de extensores son aprovechar su funcionalidad, aspectos legales relacionados directamente con la identidad del producto, ya que este debe llevar

una proporción de extensores hasta un nivel compatible que permita mantener la identidad del producto y valor nutricional.

Los extendedores son de origen vegetal entre ellos encontramos gluten de maíz, amaranto, quinoa y extendedores de origen lácteo como caseinato, proteínas del suero, y coprecipitados.

3.2. MARCO CONCEPTUAL

- **Tubérculo:** Es un tallo subterráneo modificado y engrosado donde se acumulan los nutrientes de reserva para la planta.
- **Gránulo:** Es una partícula pequeña.
- **Retrogradación:** Es la insolubilización y precipitación espontánea de las moléculas de amilosa.
- **Polisacárido:** Son biomoléculas formadas por la unión de una gran cantidad de monosacáridos.
- **Carne:** Según la NTC 1325 (2008): Es la parte muscular esquelética de los animales de abasto, incluyendo tejido conectivo y adiposo que haya sido declarada apta para el consumo humano por la inspección antes y después del beneficio. Además, se considera carne el diafragma y músculos maceteros de cerdo, no así, los subproductos de origen animal.
- **Blanco:** Muestra que no contiene almidón de cubio modificado en su formulación.
- **H₀:** Hipótesis nula
- **H₁:** Hipótesis alterna

3.3. MARCO LEGAL

A continuación, se muestra la reglamentación vigente aplicada a almidones y productos cárnicos:

- **Norma Técnica Colombiana NTC 6066 (2014) PRODUCTOS DE MOLINERÍA. ALMIDÓN NATIVO DE YUCA**, donde se establecen los requisitos y los ensayos que deben cumplir el almidón nativo de yuca destinado para procesamiento ulterior en la alimentación humana.
- **Norma Técnica Colombiana NTC 926 (2016) PRODUCTOS DE MOLINERÍA. ALMIDÓN DE MAÍZ NO MODIFICADO (FÉCULA DE MAÍZ)** dicha norma establece los requisitos que debe cumplir el almidón de maíz (*Zea mays*) no modificado destinado para la alimentación humana luego de ser procesada.
- **Norma Técnica Colombiana NTC 1325 (2008) INDUSTRIAS ALIMENTARIAS. PRODUCTOS CÁRNICOS PROCESADOS NO ENLATADOS** donde establece los requisitos que deben cumplir los productos cárnicos procesados no enlatados.
- **Norma Técnica Colombiana NTC 4566 (2009) PRODUCTOS CÁRNICOS. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ALMIDÓN (MÉTODOS DE REFERENCIA)** allí se especifican dos métodos de referencia para la determinación del contenido de almidón en productos cárnicos, se debe tener en cuenta que se aplica solamente a productos que no contienen sustancias agregadas diferentes al almidón.
- **Norma Técnica Colombiana NTC 5554 (2007) CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA** esta norma establece el procedimiento a utilizar para la respectiva preparación de muestras en carnes frescas, productos cárnicos procesados y cárnicos enlatados.

- **DECRETO 1500 (2007)** por el cual establece la inspección, vigilancia y control de la carne y productos cárnicos hasta la inocuidad.

3.4. ESTADO DEL ARTE

A continuación, se presenta una revisión de los trabajos e investigaciones más significativos sobre cubio *Tropaeolum tuberosum* R & P.

La universidad de la Salle realizó un estudio sobre Caracterización fisicoquímica, funcional, reológica y composicional de la harina precocida de cubio (*Tropaeolum tuberosum* R&P) cultivado en diferentes fuentes de fertilización, con el objetivo de evaluar las características, fisicoquímicas, funcionales, reológicas y composicionales de la harina precocida de cubio (*Tropaeolum tuberosum* R&P) variedad blanca ojo morado cultivada en diferentes fuentes de fertilización. En esta investigación se encontró un rendimiento total el cual fue de 8,77% para ambientes sin fertilización, 10,66% con fertilización orgánica 7,77% fertilización inorgánica-orgánica y 9,85% para fertilización orgánica para la harina precocida de cubio. En cuanto a sus características físico químicas presentaron colores entre amarillo mostaza y marrón, valores de calor de combustión cercanos a 8000 kcal/kg, densidad entre 0,73 y 0,83 kg/m³, la humedad presentó valores entre 89,63 y 91,31%, de esta investigación se pudo concluir que los ambientes de fertilización tuvieron una influencia positiva en el cubio y por lo tanto en la harina en cuanto a parámetros como contenido cenizas, almidón, color, humedad y acidez.(Romero de la Hoz D.M, & Tuirán Prado,L. S,2017)

El estudio realizado en la Universidad Nacional de Colombia extracción, caracterización y aplicación de almidón de ñame variedad blanco (*dioscorea trifida*) originario de la región amazónica colombiana para la elaboración de productos horneados se realizó con el fin de observar la aptitud tecnológica y el uso potencial del ñame blanco y agrio en la industria alimentaria. A los tubérculos primero se les realizó una caracterización de textura, peso, tamaño , rendimiento, se trabajó con almidón modificado y almidón nativo, también se realizó análisis microbiológico donde se evaluó textura, sensorial, aroma, sabor, presentando para el ñame un rendimiento de extracción de 24,8%, proteína (0,8%), fibra bruta (1%), cenizas (0,1%) donde estos valores son bajos una pureza para el almidón de 91,4%, por lo que se afirma que el ñame blanco es buena fuente de almidón. (Acuña Pinto, H. M, 2012).

En la Universidad Estadual de Ponta Grossa, se modificaron almidones tropicales por un tratamiento químico oxidativo permanganato de potasio y ácido láctico. Allí se evaluaron dos las cuales fueron nativas y modificadas por medio de espectroscopia de infrarrojo medio, teñido diferencial, pH, poder de expansión, solubilidad, poder de hinchamiento, contenido de carboxilo y poder reductor. En los resultados de este artículo se puede observar que para todas las muestras modificadas presentaron color azul oscuro, mayor poder de expansión, contenido de carboxilo y poder reductor. Se obtuvo que para la solubilidad de los granos fue alta de 90°C, debido a esto no se pudo realizar la medición de su poder de hinchamiento, en cuanto a el análisis de resultados de espectros del infrarrojo se mostró que permitió la separación entre las muestras las cuales eran nativas y modificadas debido a la presencia de grupos carboxilo. (Takizawa, F. F., Silva, G. D. O. D., Konkel, F. E., & Demiate, I. M, 2004)

El proyecto realizado en la Universidad de la Salle modificación hidrolítica de almidón de yuca nativo con enzima α -amilasa bacteriana aislada de *Bacillus subtilis* para elaboración de salsas donde el principal objetivo fue la modificación enzimática con α -amilasa bacteriana aislada de la cepa de *Bacillus subtilis* ATCC 21556 lo cual dio paso a la determinación de la actividad amilolítica por medio del método de Gracheva, que permite conocer la cantidad de unidades enzimáticas para hidrolizar la determinada muestra de almidón de yuca nativo, producido en Barranquilla para posteriores usos en procesos alimentarios, se procedió a realizar la curva de calibración con el almidón de yuca nativo lo cual permitió la cuantificación de almidón de yuca hidrolizado por la enzima, esto se realizó con soluciones de almidón a diferentes concentraciones, para los resultados de esta investigación evidencian el contenido de cenizas en un valor $0.19\% \pm 1\%$ y humedad 10.9%, como la velocidad de las enzimas actúan sobre el almidón hidrolizado en su totalidad y al modificar almidón de yuca nativo con la enzima α -amilasa se obtuvo diferentes propiedades como mayor resistencia a la temperatura, pH. (Cala Castillo, C. A, & Martínez Murcia, J. S, 2008)

La universidad de la Salle publicó un artículo el cual fue Caracterización de almidón nativo extraído de clones promisorios de papa criolla (*Solanum phureja*) para su aplicación en un derivado

cárnico con el objetivo de caracterizar el almidón nativo extraído de clones promisorios de papa criolla (*Solanum phureja*) para su aplicación en un derivado cárnico tipo mortadela. En la investigación se determinó las cualidades de los clones promisorios de papa criolla, por lo cual se pudo conocer los mejores almidones según su calidad y comportamiento en sus características, es por ello que los clones 3, 8, 9, 14 y 15 fueron los que presentaron mejor comportamiento, debido a que obtuvieron un alto rendimiento de extracción, un alto poder de hinchamiento e índice de absorción de agua, lo que está influenciando en un incremento de su volumen y una alta retención de agua, asimismo estos clones también presentaron una alta viscosidad, temperatura de gelatinización y una buena relación amilosa/amilopectina, lo que proporciona una buena estabilidad, consistencia y emulsión de sus geles, en cuanto al producto cárnico mostró que todos los almidones poseen valores aceptables para ser empleados en la industria cárnica. Es por ello que el principal parámetro empleado en la selección de los tres clones promisorios para la aplicación en el derivado cárnico tipo mortadela, fue la temperatura de gelatinización seguido del porcentaje de sinéresis, el rendimiento y por último el poder de hinchamiento. Por lo tanto, el almidón de los clones que cumplieron con estas características fueron el 8, 14 y 15 que procedían del Municipio de Sibaté. (Ramírez Suárez, L. M., Zárate Polanco, L. M., & Otálora Santamaría, 2011).

El Programa de Graduación en Tecnología de los Alimentos Brasil publicó un artículo científico Almidón de yuca en la industria alimentaria brasileña donde el objetivo fue comparar y analizar las características fisicoquímicas del almidón de yuca para 32 muestras, una de almidón nativo, 21 de almidones modificados y 10 de almidón de yuca agridulce se analizaron características fisicoquímicas como humedad, acidez, pH, poder de hinchamiento y solubilidad. Dando como resultado que para la humedad variaron los resultados de 3.8 ± 0.1 . La acidez y el pH no se pudieron evaluar debido a alta viscosidad de las muestras, para los valores de hinchamiento aumentaron con la temperatura, debido a la cocción de los gránulos de almidón bajo un exceso de agua. (Demiate, I. M., & Kotovicz, V, 2011)

El presente trabajo Almidones nativos y modificados en productos cárnicos: detección de materias primas mediante métodos de microscopía fue realizado en Universidad de Ciencias

Veterinarias y Farmacéuticas Brno en Kulmbach Alemania, donde examinaron el análisis de almidones nativos y modificados aislado de papas y maíz utilizando microscopía electrónica de barrido y luz individual y microscopía de luz, es una herramienta útil para las especies, e identificación de almidones nativos según su tamaño y forma, aunque la microscopía de luz es inadecuada para la detección de ciertos almidones modificados, los resultados del estudio mostraron que la microscopía electrónica de barrido es más adecuada para la detección de almidones de patata y maíz autóctonos y modificados. Sólo los almidones nativos fueron Identificados por microscopia de luz. No fue posible obtener ninguna información sobre el tamaño, forma u otros cambios visibles en almidones modificados detectados por LM. Escaneo electrónico, la microscopía, en contraste, proporcionó información clara sobre el tamaño y la forma de ambos granos de almidón nativo y almidones modificados, en los cuales los cambios en la morfología causados por las modificaciones realizadas fueron descubiertas, entonces puede ser usado para diferenciar tipos de almidón y el tipo de modificación utilizada, que es importante desde el punto de vista de identificación de materias primas de entrada y para el etiquetado de los productos alimenticios donde el fabricante está obligado a indicar tipos definidos de almidones modificados dados por la legislación. (Eliášová M, Pospiech M, Tremlova B Kubičková K y Jandásek J, 2012)

Finalmente Hu *et al.*, (2018) publicaron el trabajo modificación del almidón de papa usando vapor sobrecalentado en la Universidad de Nanchang, donde se utilizó vapor sobrecalentado (SS) a diferentes temperaturas (100–160 °C) para modificar las propiedades estructurales y fisicoquímicas del almidón de papa (PS). Las estructuras moleculares de largo y corto alcance se rompieron sin afectar la estructura granular el tratamiento con vapor sobrecalentado, logró modificar de manera eficaz las estructuras moleculares y propiedades fisicoquímicas del almidón de papa sin afectar la estructura granular. Las estructuras moleculares de largo y corto alcance fueron alteradas y el grado de interrupción puede regularse simplemente cambiando la temperatura en la que se trata. El poder en que se hincha, la solubilidad, la transparencia, la viscosidad máxima y la descomposición del almidón de papa se correlacionaron mutua y de manera positiva, se redujeron en gran manera con el tratamiento de vapor sobrecalentado, mientras que la temperatura de pegado, la viscosidad final y el retroceso aumentaron significativamente. Una cantidad

considerable (> 9%) de almidón de digestión lenta fue convertido en almidón resistente por tratamiento con vapor sobrecalentado a (100 y 120 ° C).

IV. METODOLOGÍA DE LA EXPERIMENTACIÓN

4.1. Obtención del almidón de cubio

Este tubérculo se adquirió en la ciudad de Bogotá en distintos puntos como en almacenes de cadena y supermercados. El proceso de la obtención de almidón de cubio se llevó a cabo en la planta de ingeniería de alimentos de la Universidad de la Salle, en la sede Candelaria allí se contó con los equipos necesarios para la extracción y modificación química del almidón de cubio a continuación se observa el diagrama 1 para la extracción del almidón:

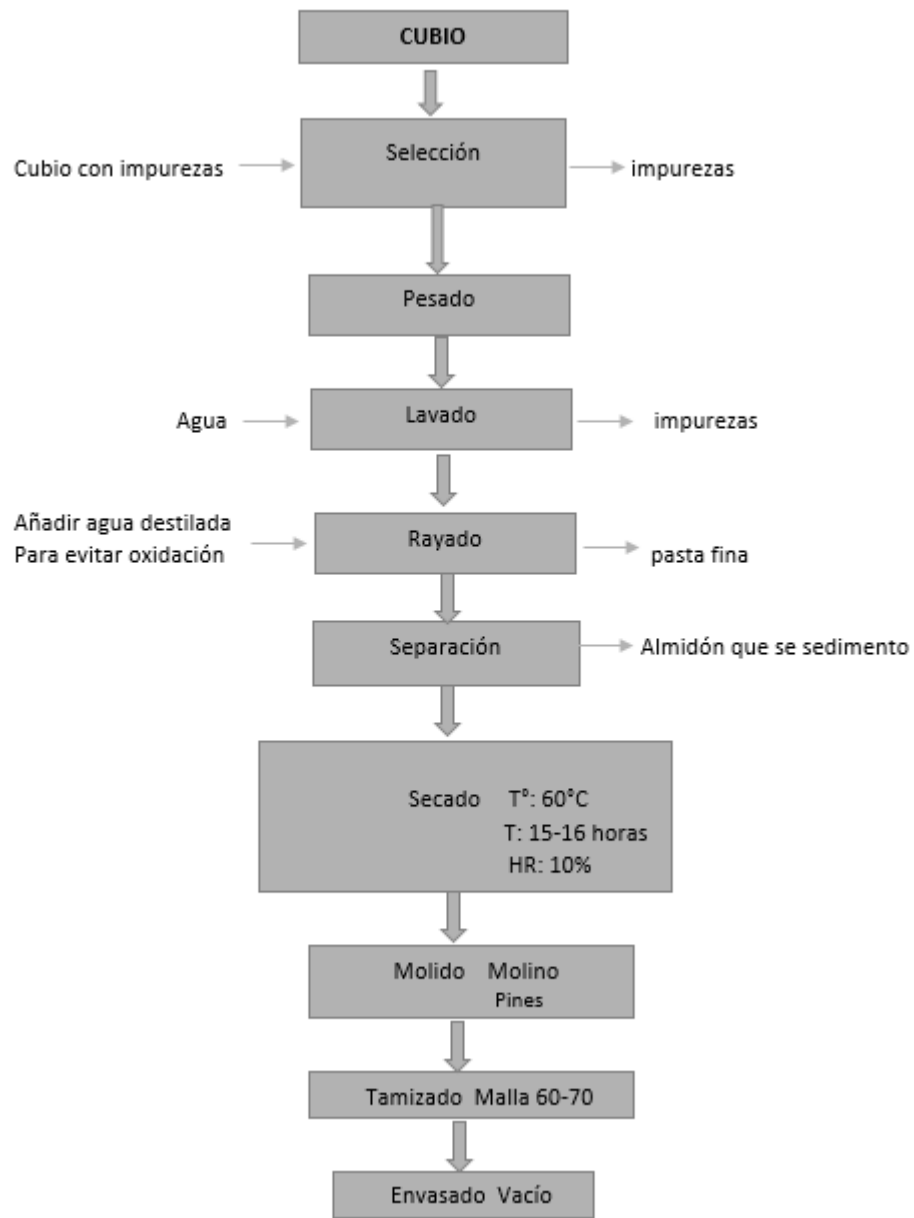


Figura 1. Extracción almidón de cubio.

Fuente: Arzapalo D, Córdor K, Solano M., & Espinoza, C. (2015)

Como se observa en la figura 1, primero se obtuvo la materia prima proveniente del lugar de comercialización con las mejores características organolépticas, luego se realizó una selección, limpieza y desinfección del cubio para remover impurezas y suciedades grandes o pequeñas presentes en el tubérculo por un tiempo de 30 minutos, el producto fue pesado, posteriormente

se añadió agua destilada para evitar la oxidación y se sometió a rallado durante 10 minutos para así obtener una pasta blanda y fina, luego del rallado se realizó una separación del almidón que se sedimentó y esto se llevó a un secado por un tiempo de 15-16 horas a una temperatura de 60°C hasta obtener una humedad relativa del almidón del 10% , se procedió a moler en molino de pines y se realizó un tamizado en malla 60-70, finalmente, se envasó y almacenó el almidón de cubio para ser modificado químicamente y utilizado en la adición y elaboración de la carne de hamburguesa.

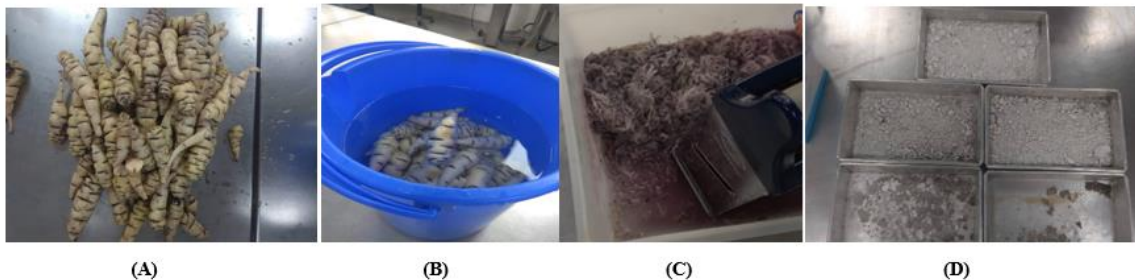


Figura 2. Recepción de materia prima (A), limpieza y desinfección de cubio (B) , obtención de pasta blanda (C), secado almidón de cubio.

4.1.1. Modificación química del almidón de cubio mediante el proceso de Acetilación

Después de acondicionar el almidón, se procedió a realizar el tratamiento, es decir, la modificación química mediante el proceso de acetilación, que va a permitir que el almidón cambie su estructura y propiedades; para este método de modificación se debe tener en cuenta variables como cantidad de almidón, de reactivo, el pH, la temperatura y el tiempo de reacción. A continuación se observa el diagrama 3 para la modificación del almidón:

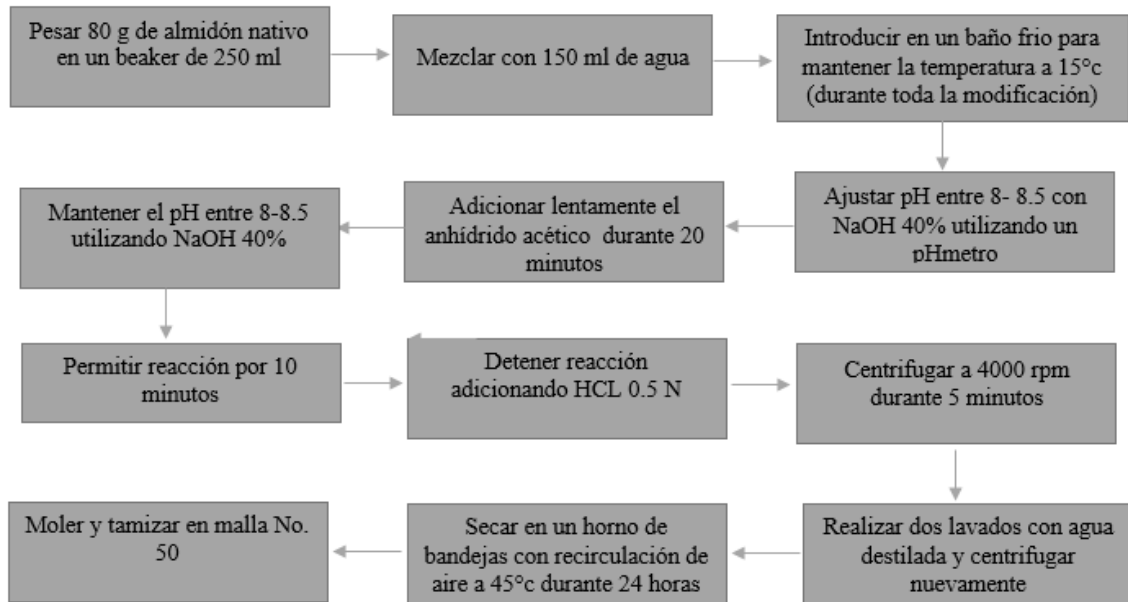


Figura 3. Modificación química del almidón de cubio mediante el proceso de acetilación.
Fuente: Arenas, (2017)

Como se observa en la figura 3 se tomó una muestra de 80 g de almidón nativo de cubio y se agregó en un beaker de 250 ml, se mezcló con 150 ml de agua destilada y se introdujo en un baño frío para mantener la temperatura durante toda la modificación a 15°C, posteriormente se ajustó el pH entre (8-8.5) con NaOH al 40% con ayuda de un pH metro y se adiciono lentamente anhídrido acético durante 20 minutos, manteniendo el pH entre el rango anteriormente mencionado y se permitió la reacción por 10 minutos. Seguido a ello se detuvo la reacción adicionando HCL al 0.5 N y se llevó a centrifuga durante 5 minutos a 4000 rpm, se realizaron dos lavados con agua destilada y nuevamente se centrifugó, se llevó a secado en un horno de bandejas con recirculación de aire a 45°C durante 24 horas y finalmente se molió y tamizo en malla No. 50 para así incorporar el almidón modificado en el producto cárnico.

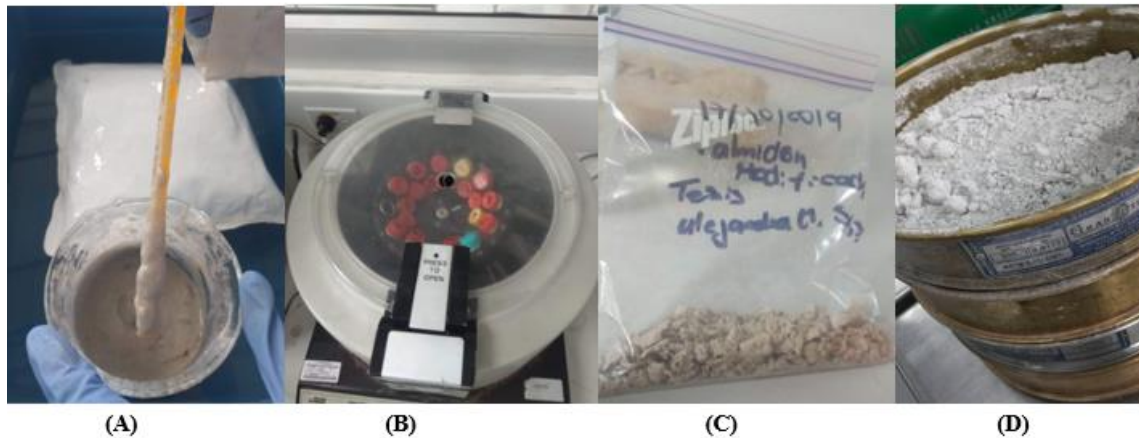


Figura 4. Adición de anhídrido acético a almidón nativo de cubio (A), centrifugación 4000 rpm (B), almidón de cubio modificado (C) , tamizado malla #50.

4.1.2. Caracterizar físicamente el almidón de cubio nativo y modificado mediante el proceso de acetilación

Temperatura de gelatinización. Para llevar a cabo la prueba de temperatura de gelatinización del almidón nativo y modificado se llevó a cabo el procedimiento establecido por Grace, (1977) , donde se procedió a pesar 10 gramos de cada muestra y se disolvieron en 100 mL de agua destilada, posteriormente se llevaron a un baño maría en un vaso de precipitado de 250 mL cada una a 85°C. Seguidamente se tomaron 50 mL de cada suspensión y se dispusieron en un vaso de precipitado de 100 mL y se llevaron de nuevo a baño de maría a 85°C. Mientras se realizaba la prueba se agitó constantemente con un termómetro y se leyó la temperatura en la cual se empezó a formar una pasta, la temperatura permaneció estable por unos segundos en cada muestra respectivamente, así mismo se realizó por triplicado para cada una (figura 5).



Figura 5. Procedimiento realizado para la toma de temperatura de gelatinización.

Índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento. Para llevar a cabo la prueba de índice de absorción de agua se siguió el procedimiento establecido por Anderson y otros (1969), donde se pesaron e introdujeron 1,25 gramos de la muestra de almidón nativo y modificado, cada una en un tubo de centrifuga secado previamente a 60°C, en los cuales se agregó 30 mL de agua destilada a 60 °C cada uno y se agitaron, posteriormente se llevaron a un baño maría a 60°C durante 30 minutos y se centrifugaron a 4900 RPM durante 30 minutos, después se decantó el sobrenadante y se midió su respectivo volumen, esta prueba se realizó por triplicado a cada muestra respectivamente.

Seguidamente se procedió a calcular el valor de índice de absorción de agua mediante las *ecuaciones 1, 2, 3 y 4*

$$\text{Índice de absorción de agua (IAA)} = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)}} \quad [\text{ECUACIÓN 1}]$$

$$\text{Índice de solubilidad en agua (ISA):} \frac{\text{Peso soluble (g)} \times v \times 10}{\text{Peso muestra (g)}} \quad [\text{ECUACIÓN 2}]$$

$$\text{Poder de hinchamiento (PH)} = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de muestra (g) br - Peso soluble (g)}} \quad [\text{ECUACIÓN 3}]$$

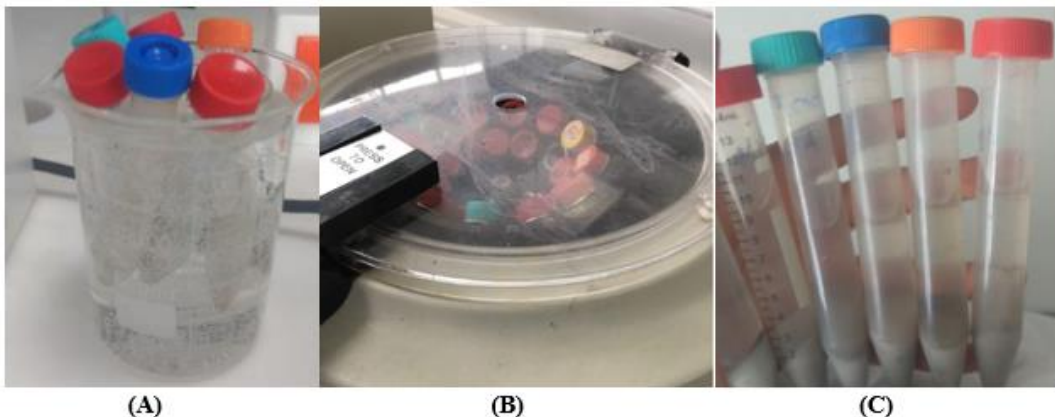


Figura 6. Calentamiento a baño maria de las muestra (A), centrifugación 4900 rpm (B), sobrenadante (C)

pH directo. Se realizó la prueba de pH por medio del método ISO 2917:1999 al almidón nativo, modificado y a la hamburguesa que mejor presento características tecnológicas, donde se calibró el medidor de pH con los buffer indicados con las soluciones pH 4,0 y pH 7,0 antes de realizar la lectura de la muestra. Se colocaron 50 gr de muestra con 10 ml de agua destilada se procedió a insertar el electrodo en el vaso precipitado y se esperó un minuto mientras se equilibró la muestra con el equipo, finalmente se procedió a realizar la lectura.



Figura 7. Determinación de pH.

Acidez Titulable. Para determinar esta propiedad se siguió el procedimiento establecido por ISI, (1999) donde se tomaron 50 gr de la muestra de almidón nativo y modificado, se mezclaron con agua destilada y se procedió a titular con hidróxido de sodio 0,1 N utilizando 3 gotas de fenolftaleína como indicador hasta obtener un viraje rosado leve, la determinación se realizó por triplicado.

La acidez titulable se calculó de la siguiente manera:

$$\%Acidez = \frac{V NaOH * Peso Equivalente \text{ácido predominante} * 100}{V muestra * 1000} \quad [ECUACIÓN 4]$$



Figura 8. Viraje rosado leve obtenido de la toma de acidez titulable.

La hipótesis que se verificó en el análisis ANOVA de una sola vía al azar fue:

- Ho: no hay diferencias significativas en temperatura de gelatinización / Índice de absorción de agua/ Índice de solubilidad en agua/ Poder de hinchamiento/ acidez y pH entre los tres almidones que serán utilizados en la formulación del producto cárnico tipo hamburguesa.
- H1: si hay diferencias significativas en temperatura de gelatinización / Índice de absorción de agua/ Índice de solubilidad en agua/ Poder de hinchamiento/ acidez y pH entre los tres almidones que serán utilizados en la formulación del producto cárnico tipo hamburguesa.

Tabla 5. Tratamiento estadístico para los tres almidones que serán utilizados en la formulación del producto cárnico tipo hamburguesa.

MATERIA PRIMA	TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN *1	ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA *2	ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA *3	PODER DE HINCHAMIENTO *3	pH *4	Acidez *5
ALMIDÓN DE PAPA	N1	N1	N1	N1	N1	N1
	N2	N2	N2	N2	N2	N2
	N3	N3	N3	N3	N3	N3
ALMIDÓN DE CUBIO	N1	N1	N1	N1	N1	N1
	N2	N2	N2	N2	N2	N2
	N3	N3	N3	N3	N3	N3
ALMIDÓN DE CUBIO MOD	N1	N1	N1	N1	N1	N1
	N2	N2	N2	N2	N2	N2
	N3	N3	N3	N3	N3	N3

*Orden de análisis de pruebas y N: Número de muestras

Fuente: autoras, (2020)

4.2. Elaboración de Formulaciones con diferentes sustituciones de almidón de cubio

Ingrediente	%	Composición:	
Res 90/10	69,74%	%Proteína tot	13,74
Tocino De Cerdo	12,20%	%Prot.cárnica	13,55
Almidón de Papa	4,36%	%Prot.vegetal	0,19
Prep. Sabor Hamburguesa (7200)	1,17%	%Grasa	18,20
Humo Liq. Poly 8.5 (1803 AI)	0,02%	%Humedad	59,77
Sal Refinada	1,08%	%Almidones	4,36
Nitral - Sal Curante. (5700)	0,35%	%Sal	2,32
Mezcla Polifosfatos (801 AE)	0,14%	%Fosfatos	0,43
Agua Fría	10,46%	%Ascorbatos	0,06
Ascorban 12% (5703)	0,49%	ppm NO2	209
		índices:	
		Hum/Prot	4,4
		Gra/Prot	1,3
		Sal/Hdad	3,9
		Bal.H2O	8,3

Figura 9. Formulación hamburguesa.

Fuente: autoras, (2020)

Nota: Se realizaron las sustituciones respectivas de almidón de papa por almidón de cubio (0, 25, 75, 100) a la formulación mostrada en la **figura 9** basándonos en experimentaciones realizadas en la Universidad de la Salle, con el fin de evaluar el comportamiento en cada formulación y observar cual es la hamburguesa que presenta mejores características fisicoquímicas y tecnológicas según el porcentaje de sustitución. En un estudio realizado por Echeverri, Rincón, Alcalá, López; & Restrepo, (2004) se demostró que estas sustituciones son empleadas usualmente en la industria de alimentos específicamente en productos cárnicos presentando buenos atributos texturales y sensoriales.

4.2.1. Elaboración del producto

Para el proceso de elaboración del producto, se tuvo en cuenta un acondicionamiento previo de la materia prima, en el que se efectuó la etapa de recepción, tomando como base las características de la carne de res, cerdo y grasa dorsal.

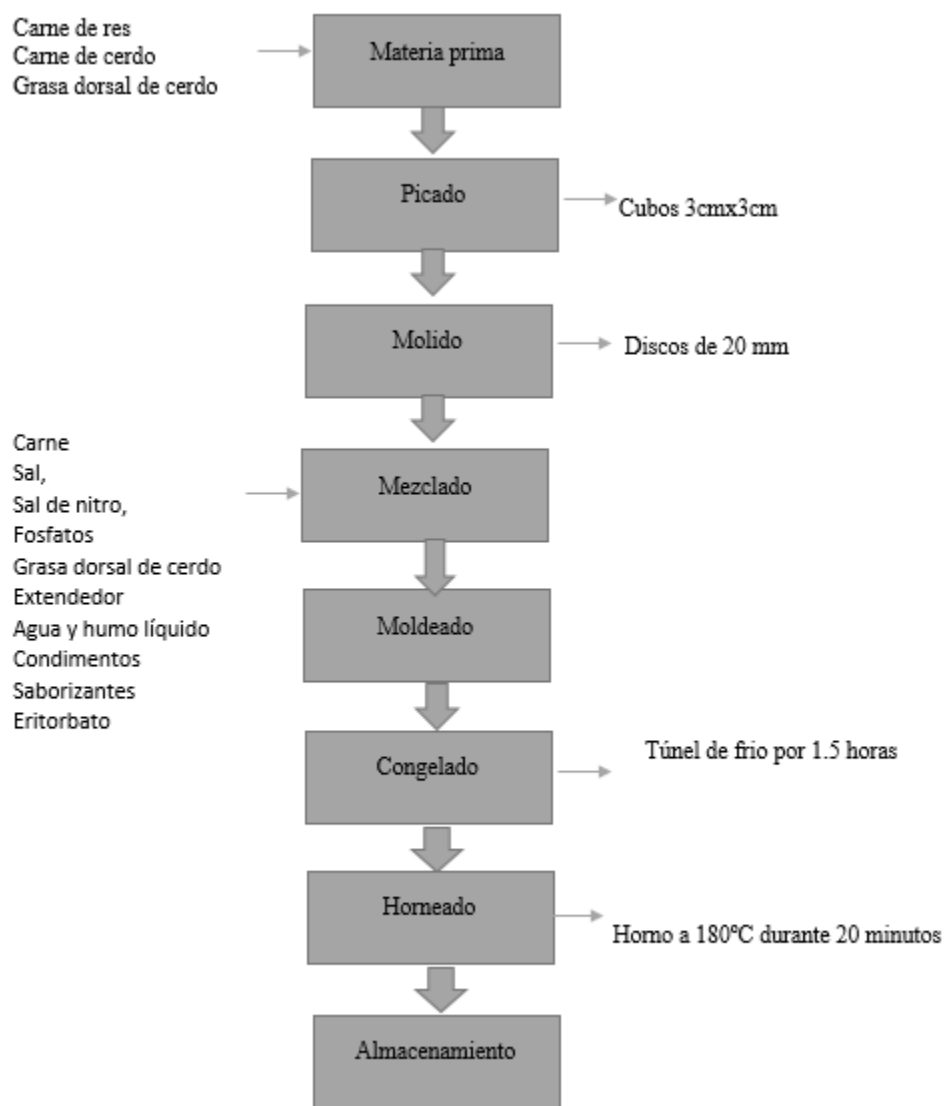


Figura 10. Elaboración de carne de hamburguesa con sustitución de almidón de cubio.

Fuente: autoras, (2020)

Como se puede observar en la figura 10 se inició el procedimiento obteniendo la materia prima carne de res, carne de cerdo y grasa dorsal de cerdo, luego se realizó un picado en cubos de 3cm x

3cm. Después se realizó un molido en discos de 20 mm y un mezclado manualmente de las carnes, donde se agregaron poco a poco los ingredientes, teniendo en cuenta su respectivo orden (sal, sal de nitro, fosfatos, grasa dorsal de cerdo, extendedor, agua, humo líquido, condimentos, saborizantes y eritorbato). Una vez se agregados todos los ingredientes se realizó un mezclado manual durante 5 minutos. Al terminar este tiempo se realizó el moldeado de las hamburguesas.

Una vez moldeadas las hamburguesas, estas se llevaron a congelación en el túnel de frío durante 1.5 horas. Luego del túnel de frío estas fueron pesadas y pasaron al congelador hasta el momento de horneado, el cual se realizó a 180°C durante 20 minutos. Después del enfriado pasaron a su respectivo almacenamiento.

Los respectivos análisis fisicoquímicos se realizaron en la planta de alimentos de la universidad de la Salle, las formulaciones que se ejecutaron fueron cuatro de las cuales variaban los porcentajes en la sustitución de almidón de cubio, siendo las siguientes 0, 25%, 50%, y 75%.

Los productos realizados, fueron analizados en cuanto a: color, textura, pH y análisis de aceptación sensorial.

4.2.2. Balances de materia y energía

Para realizar el balance de materia se tuvo en cuenta el peso del producto antes y después de cada operación para así aplicar la *ecuación 5* y *ecuación 6*.

$$\% \text{ Pérdidas} = \frac{(\text{Peso inicial} - \text{Peso final})}{\text{Peso inicial}} * 100 \text{ [Ecuación 5]}$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100 \text{ [Ecuación 6]}$$

4.3. Determinar las características fisicoquímicas y tecnológicas de una carne para hamburguesa con sustitución de almidón de papa por almidón de cubio modificado químicamente.

Determinación de color. Para hacer el análisis de color de las muestras, se realizó por medio de un colorímetro Minolta L*a*b (figura 11A), siguiendo el protocolo establecido por Amsa,(1992). Se procedió a formar un rectángulo de 3 cm de longitud y 2 cm de altura de cada muestra (figura 11B) para las diferentes formulaciones (0, 25, 50 y 75) y fueron evaluadas cada una por triplicado tomando la muestra en su superficie la cual debió estar plana. Los resultados se obtienen y analizan en una escala triple (L*a*b*) en la cual eje L* mide la luminosidad de la muestra y va de 0 a 100 (0 = negro y 100 = blanco), el eje a* mide las tonalidades verdes y rojas tomando valores de -60 a 60 (Negativos = verde y positivos=rojo) y el eje b* mide las tonalidades azules y amarillas tomando valores de -60 a 60 (Negativos = azul y positivos = amarillos).

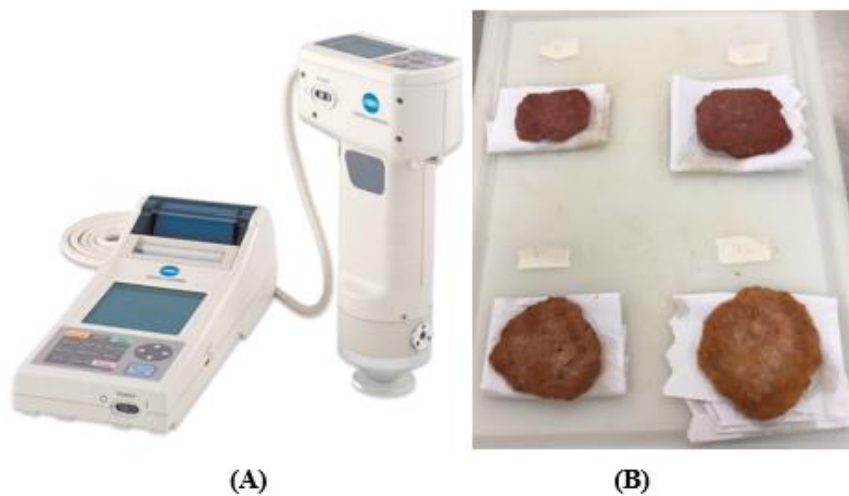


Figura 11. Colorímetro marca Minolta (A), Carne de hamburguesa formulaciones 0, 25, 50,75 respectivamente (B)

Análisis de textura. Se realizó el método de esfuerzo al corte para derivados cárnicos por medio del texturómetro con la celda Warner Blatzler análisis del Perfil de Textura TPA, captura la fuerza que se requiere para generar el corte, distancia y el tiempo durante la prueba, lo que permite el cálculo de parámetros de textura críticos tales como: Adhesividad, pegajosidad, cohesividad, dureza, elasticidad, fracturabilidad, gomosidad, masticabilidad. (Techlab, 2010). Esta prueba determinó la fuerza de cizallamiento que presentaron las muestras, la metodología se detalla a continuación: La carne de hamburguesa se sometió a cocción y se cortaron 5 trozos de muestras de 4cm x 10cm enfriadas, se calibró el equipo y se puso la muestra sobre el soporte para cuchillas, se determinó la distancia del corte de la muestra, finalmente se registraron los datos reportados.

Rendimiento por cocción. Se analizó la pérdida de agua por cocción, siguiendo el procedimiento propuesto por Bejerholm y Aaslyng (2003). Para esto se emplearon muestras de carne de hamburguesa de 60 gr , que fueron cocidas hasta alcanzar una temperatura interna de 72° C, la cual fue tomada con un termómetro de punzón. Para posteriormente enfriarlas durante 15

minutos y pesarlas. El porcentaje de pérdidas por cocción y de pérdidas a nivel general se evaluó por medio de la **ecuación 7**.

$$\% \text{ Pérdidas por cocción} = \frac{(\text{Peso inicial} - \text{Peso final})}{\text{Peso inicial}} * 100 \text{ [Ecuación 7]}$$

A partir de la formulación con los diferentes niveles de sustitución de almidón de cubio modificado y de almidón de papa como patrón, se realizó la caracterización fisicoquímica de cada una de las muestras por triplicado de las pruebas anteriormente mencionadas.

La hipótesis que se verificó en el análisis ANOVA de una sola vía al azar fue:

- Ho: no hay diferencias significativas en la media de textura, pH y color entre las muestras con diferente nivel de sustitución.
- H1: Una o más de las medias es diferente en textura, pH y color entre las muestras con diferente nivel de sustitución.

4.4. Desarrollar un análisis sensorial para evidenciar el punto de vista del consumidor sobre el producto elaborado.

Se llevó a cabo una evaluación sensorial para el producto obtenido “Producto cárnico tipo hamburguesa” por medio de una prueba de diferenciación (Prueba descriptiva) entre la formulación 100% almidón de papa contra la formulación 50 -50 almidón de papa y almidón de cubio modificado, para así determinar cuál de ellas presentó mejores características sensoriales, la prueba se efectuó a temperatura de consumo a 35°C con 80 panelistas no entrenados entre 17-50 años (consumidores habituales de este tipo de productos) y un tamaño de muestra de 10 gr, al mismo tiempo se colocó una galleta saltin noel y agua. En este estudio se evaluaron parámetros como sabor, olor, textura, color e impresión global, bajo el formato presentado en la figura 12. El lugar donde se desarrolló el proceso de evaluación sensorial fue en un salón ubicado en la Universidad de la Salle ya que los panelistas no contaban con la indumentaria requerida para ingresar a la planta piloto. Posteriormente se les proporcionaron las muestras en platos desechables y el respectivo formato para para que pudieran anotar sus puntuaciones. La interpretación de datos estadísticos se realizó mediante el método de Wilcoxon para la comparación de dos muestras

relacionadas para comprobar si existieron diferencias significativas entre ellas, utilizando un nivel de significancia del 0.05 el cual indica si el valor p es menor o igual a 0.05 se acepta o se rechaza la hipótesis para analizar si hay diferencias significativas o no.

4.5 Análisis experimental de las diferentes formulaciones

Tabla 6. Análisis estadístico a realizar a cada uno de los tratamientos.

TRATAMIENTO	FORMULACIÓN	pH	TEXTURA	COLOR
0 PATRON	0	muestra 1	muestra 1	muestra 1
		muestra 2	muestra 2	muestra 2
		muestra 3	muestra 3	muestra 3
1	25	muestra 1	muestra 1	muestra 1
		muestra 2	muestra 2	muestra 2
		muestra 3	muestra 3	muestra 3
2	50	muestra 1	muestra 1	muestra 1
		muestra 2	muestra 2	muestra 2
		muestra 3	muestra 3	muestra 3
3	75	muestra 1	muestra 1	muestra 1
		muestra 2	muestra 2	muestra 2
		muestra 3	muestra 3	muestra 3

Fuente: autoras, (2020)

En la **tabla 6.** se muestra el tratamiento estadístico que se realizó a cada una de las muestras, escogiendo las formulaciones 0, 25, 50, 100% basándonos en experimentaciones realizadas en la Universidad de la Salle, donde se realizaron las sustituciones de almidón de papa, de los cuales fueron T0, T1, T2, T3 respectivamente, para prueba de pH, textura, color a la formulación con mejor comportamiento tecnológico, se tiene en cuenta que estas pruebas se realizaron por triplicado para así obtener resultados más confiables en diferentes porcentajes de almidón de cubio modificado, se realizaron mediante ANOVA el cual nos ayuda a identificar si las medias de dos poblaciones son iguales o no.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se muestran los resultados obtenidos a través de la experimentación realizada y los análisis correspondientes, para para evaluar el efecto del comportamiento de la incorporación de almidón de cubio modificado en carne para hamburguesa con mejores características fisicoquímicas y sensoriales.

5.1. OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE CUBIO

En la planta de alimentos de la Universidad de la Salle se inició este proceso con las etapas mostradas en la figura 1. Extracción del almidón de cubio presentado una mayor serie de pérdidas en:

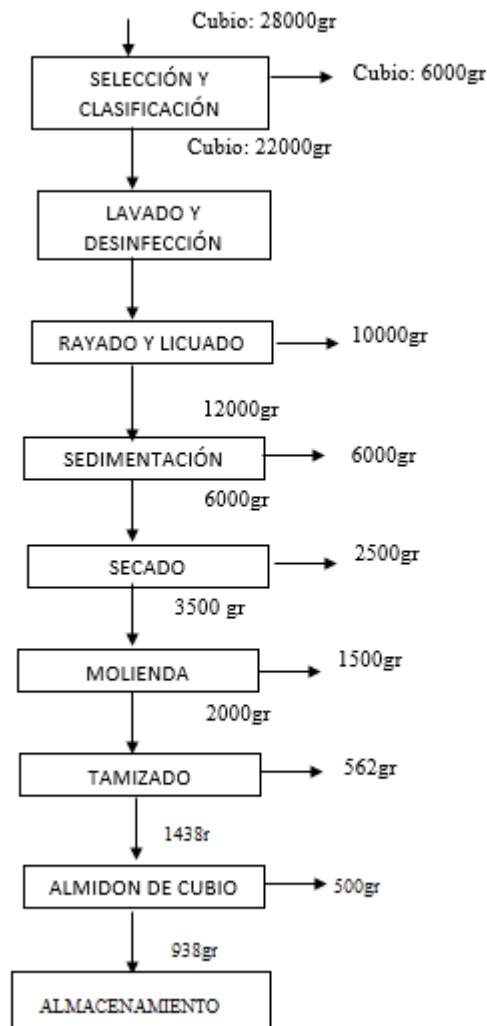


Figura 12. Etapas y pérdidas en la obtención de almidón de cubio.

Para realizar el balance de materia se tuvo en cuenta el peso del producto antes y después de cada operación para así aplicar la *ecuación 5* y *ecuación 6* y obtener las pérdidas y rendimientos que se observan en la tabla 7 y en el anexo 10 se presentan los cálculos completos del balance de materia para cada proceso.

Tabla 7. Resumen del balance de materia del proceso de obtención de almidón de cubio

OPERACIÓN	MATERIAL QUE ENTRA (g)	MATERIAL QUE SE PIERDE (g)	MATERIAL QUE SALE (g)	PÉRDIDAS (%) (g)	RENDIMIENTO (%)
Selección y clasificación	28000	6000	22000	21,42	78,57
Rallado y licuado	22000	10000	12000	50	50
Sedimentación	12000	6000	6000	41,6	58,33
Secado	6000	2500	3500	42,85	57,14
Molienda	3500	1500	2000	28,1	71,9
Tamizado	2000	562	1438	34,77	65,22
Obtención almidón	1438	500	938	-	-

Fuente: autoras, (2020)

En la tabla 7 se muestra que la operación con el menor rendimiento y mayores pérdidas es de rallado y licuado como se esperaba, debido a que en esta etapa del proceso se disminuyó la cantidad de agua del cubio ya que se encuentra presente en un un mayor porcentaje, se disminuyó la cantidad del agua presente en el producto con el fin evitar contaminaciones durante su almacenamiento y así aumentar su vida útil.

RENDIMIENTO DE TODO EL PROCESO

$$938\text{g} = \left(\frac{100}{28000\text{g}} \right) = 3,35\%$$

De acuerdo a los resultados obtenidos para esta prueba, el rendimiento que se presentó en la extracción del almidón de cubio fue de 3,35%, un porcentaje muy bajo esto debido a que el rendimiento está en función de la tecnología de extracción utilizada Hurtado (1997). Espín *et al*, (1999) mencionan que la diferencia de rendimiento está determinada por el tamaño de tubérculo o raíz y el tamaño de los gránulos de almidón y estas características influyen notablemente en el

rendimiento. Además de esto se tiene en cuenta el estado de madurez del tubérculo, la variedad y a las condiciones climatológicas en las que se desarrolló. Ello está corroborado por Singh *et al.* (2003) Donde la relación amilosa/amilopectina en los almidones varía de acuerdo al origen botánico, al clima, tipo de suelo, al proceso de obtención y purificación, así como de las condiciones de almacenamiento. Como se observa en la figura 14 en las diferentes etapas se generan una serie de pérdidas durante el proceso de extracción pese a ser un proceso manual y poco tecnificado.

5.1.2. Caracterización del almidón nativo de papa, cubio y modificado

A continuación se muestran los resultados obtenidos mediante ANOVA test de tukey para observar si existen diferencias significativas en cada uno de los parámetros de la caracterización de los 3 almidones donde las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 8. Resultados valor media caracterización almidón nativo de papa, cubio y modificado mediante ANOVA.

FORMULACIÓN	T° GELATINIZACIÓN	IAA	ISA	POH	pH	ACIDEZ
ALMIDÓN PAPA	64.33±1.15 B	14.33 ±0.6A	12.45±0.46C	13.94 ±0.47A	5.79±0.03C	0.02±0C
ALMIDÓN NATIVO CUBIO	70.33± 1.53B	14.60±0A	14.59±0.09 B	14.01±0.18A	6.29±0.25B	0.6±0.02B
ALMIDÓN DE CUBIO MOD	77.33±2.52A	15.52±0A	16.13 ±0.42A	13.47±0.68A	8.24±0.16A	0.08±0.01A

Fuente: autoras, (2020)

Las medias entre filas que no comparten una letra son significativamente diferentes según el test de Tukey $p < 0.05$.

Temperatura de Gelatinización. Los resultados obtenidos para la determinación de la temperatura de gelatinización para almidón de papa almidón nativo y modificado de cubio se encuentran consignados en la siguiente tabla:

Tabla 9. Resultados obtenidos para la temperatura de gelatinización para almidón de papa , almidón nativo y modificado de cubio.

	ALMIDÓN DE PAPA	ALMIDÓN NATIVO DE CUBIO	ALMIDÓN MODIFICADO DE CUBIO
TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN (°C)	63	70	75
	65	69	80
	65	72	77
PROMEDIO	63	70	77

Fuente: autoras, (2020)

Se realizó un análisis estadístico ANOVA con un 95 % de confiabilidad el cual arrojó un $P < 0,05$ para este parámetro, es decir que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que si existen diferencias significativas entre las 3 muestras especialmente almidones nativos junto al modificado.

Como se puede observar en la tabla 8. Para la prueba de temperatura de gelatinización la muestra que presentó diferencias significativas fue el almidón de papa. De acuerdo con Cheng (1996) los almidones de diversas fuentes como en el almidón de cubio modificado contienen diferentes cantidades de amilosa y amilopectina que influyen en sus propiedades, tales como gelatinización, retrogradación, absorción, y la viscosidad de la pasta, lo cual quiere decir que la reacción de acetilación tuvo un efecto característico en la variación de la temperatura de gelificación en el aumento de la misma.

En la tabla 9. Se observa un aumento de las temperaturas de gelatinización del almidón nativo y modificado de cubio con respecto a la temperatura del almidón nativo de papa, sin embargo, a pesar de que las temperaturas aumentan, en el caso de la acetilación se presentan un valor cercano o similar, lo que supondría que para esta prueba de caracterización presentan la misma tendencia.

Según FAO (2007) la temperatura de gelatinización es la temperatura a la cual los gránulos de almidón se empiezan a hinchar y existe un aumento en la viscosidad expresada en (°C)

Índice de absorción de agua (IAA). Los resultados obtenidos para la determinación del índice de absorción de agua para almidón de papa, almidón nativo y modificado de cubio se encuentran consignados en la siguiente tabla:

Tabla 10. Resultados obtenidos del índice de absorción de agua (IAA) para almidón de papa, Almidón nativo y modificado de cubio.

MUESTRA	PESO MUESTRA	IAA	PROMEDIO
ALMIDÓN DE PAPA	1,35	13,76	14,33
	1,27	14,96	
	1,33	14,28	
ALMIDÓN DE CUBIO	1,38	14,49	14,59
	1,35	14,81	
	1,38	14,49	
ALMIDÓN DE CUBIO MODIFICADO	1,22	16,39	15,52
	1,32	15,15	
	1,33	15,03	

Fuente: autoras, (2020)

Se realizó un análisis estadístico ANOVA con un 95 % de confiabilidad el cual arrojó un $P < 0,05$ para este parámetro, es decir que se acepta la hipótesis nula y se concluye que no existen diferencias significativas entre las 3 muestras.

El índice de absorción de agua está directamente relacionado con la temperatura de gelatinización, ya que esta depende del total de sólidos disueltos en el agua disponible en la matriz alimentaria, de acuerdo con los resultados obtenidos se observa que a mayor índice de absorción de agua (en este caso el almidón de cubio modificado) se tendrá una temperatura mayor para lograr la gelatinización y gelificación como se evidencia en la tabla 10.

A medida que se incrementa la temperatura los gránulos del almidón sufren el proceso de precipitación de la amilosa donde la estructura del almidón está altamente organizada y posee una gran estabilidad por las múltiples interacciones que existen con sus dos polisacáridos amilosa y amilopectina constituyentes, al calentarse inicia un proceso lento de absorción de agua en las zonas internas de las células amorfas por la cantidad de solubilidad Delahaye, Peña, Jiménez, (2009).

Índice de solubilidad en agua (ISA). Los resultados obtenidos para la determinación del índice de solubilidad en agua para almidón de papa y modificado de cubio se encuentran consignados en la siguiente tabla:

Tabla 11. Resultados obtenidos de solubilidad en agua (ISA) para almidón de papa, almidón nativo y modificado de cubio.

MUESTRA	PESO MUESTRA GEL	SOLUBILIDAD EN AGUA	PROMEDIO
ALMIDÓN DE PAPA	17,51	12,78	12,45
	16,35	11,93	
	17,32	12,64	
ALMIDÓN DE CUBIO	20,12	14,68	14,59
	20,00	14,59	
	19,87	14,50	
ALMIDÓN DE CUBIO MODIFICADO	21,58	15,98	16,13
	21,35	15,81	
	22,43	16,61	

Fuente: autoras, (2020)

Se realizó un análisis estadístico ANOVA con un 95 % de confiabilidad el cual arrojó un $P < 0,05$ para este parámetro, es decir que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que si existen diferencias significativas entre las 3 muestras.

Como se observa en la tabla 11 el almidón de papa mostró un bajo índice de solubilidad en agua 12,45 inferior al del almidón de cubio modificado con 16,13 , lo que indica que se requiere una temperatura superior a 60°C para que los gránulos de almidón de papa absorban agua. Este comportamiento puede deberse al tamaño del gránulo y la organización supramolecular de los componentes del almidón debido a la modificación química que se le realizó.

El índice de solubilidad del almidón es la capacidad de reaccionar con agua y disolverse en ella, igualmente indica el grado de asociación existente (enlace intra-granular) entre los polímeros del almidón- amilosa/amilopectina (Medina, Paredes, Rodríguez, Moreno, Camacho, García, Ojeda, 2010) .

Poder de hinchamiento. La Tabla 12 presenta los resultados de poder de hinchamiento para almidón de papa, almidón nativo y modificado de cubio.

Tabla 12. Resultados obtenidos de poder de hinchamiento para almidón de papa, almidón nativo y modificado de cubio.

MUESTRA	PESO MUESTRA	PODER DE HINCHAMIENTO	PROMEDIO
ALMIDÓN DE PAPA	1,35	13,57	13,92
	1,27	14,46	
	1,33	13,78	
ALMIDÓN DE CUBIO	1,38	13,99	13,98
	1,35	14,31	
	1,38	13,99	
ALMIDÓN DE CUBIO MODIFICADO	1,22	14,25	13,47
	1,32	13,13	
	1,33	13,03	

Fuente: autoras, (2020)

Se realizó un análisis estadístico ANOVA con un 95 % de confiabilidad el cual arrojó un $P < 0,05$ para este parámetro, es decir que se acepta la hipótesis nula y se concluye que no existen diferencias significativas entre las 3 muestras.

El poder de hinchamiento se relaciona con la capacidad de absorción de agua de cada almidón, en la tabla 12 se evidencian los valores para cada muestra, donde no se observan cambios significativos entre las mismas, esto debido a que el poder de hinchamiento incrementa a altas temperaturas en este caso 60°C , ya que a esta temperatura sucede relajación progresiva de las fuerzas de enlace dentro del gránulo. En consecuencia, se podría suponer que la disposición y cantidad de amilosa dentro de los gránulos de los tres almidones analizados refuerza la red que se forma durante el hinchamiento impidiendo su ruptura a altas temperaturas Guizar (2009).

Esta propiedad depende de su contenido de amilopectina, siendo la amilosa un diluyente e inhibidor del hinchamiento (Garnica, Prieto, Rocío, y Cerón 2010). Los almidones con mayor poder de hinchamiento pueden ser usados en alimentos que requieren la retención de agua, como los productos cárnicos, embutidos, entre otros ya que estos almidones permiten la formulación de

productos económicos en cantidades menores con respecto a productos económicos convencionales.

Tabla 13. Resultados obtenidos acidez y pH para almidón de papa, almidón nativo y modificado de cubio.

MUESTRA	pH	Acidez
ALMIDÓN DE PAPA	5,82	0,018
	5,76	0,022
	5,80	0,017
PROMEDIO	5,79	0,019
ALMIDÓN DE CUBIO	6,02	0,58
	6,33	0,62
	6,51	0,60
PROMEDIO	6,03	0,6
ALMIDÓN DE CUBIO MODIFICADO	8,06	0,83
	8,32	0,82
	8,34	0,82
PROMEDIO	8,24	0,82

Fuente: autoras, (2020)

Se realizó un análisis estadístico ANOVA con un 95 % de confiabilidad el cual arrojó un $P < 0,05$ para el parámetro de pH, es decir que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que si existen diferencias significativas entre las 3 muestras.

En la tabla 8, se evidencia que el pH obtenido del almidón nativo de papa y almidón nativo de cubio son ácidos ya que presentaron un valor de 5,79 y 6,29 respectivamente. En cuanto al almidón modificado de cubio, mediante la acetilación se obtiene un pH promedio menos ácido, del valor de 8,24. Lo que permite inferir que los resultados obtenidos dependen de la fuente del almidón y del nivel de la modificaciones obtenida, estos valores se encuentran dentro del rango que acepta la USP (United States Pharmacopea) que va de 3,0 a 9,0 para los almidones modificados. Es posible afirmar que en la reacción de acetilación realizada no quedo ningún residuo de reactivo modificante (anhídrido acético) lo que afecta directamente el cambio de pH. Lo anterior deriva en que la reacción de acetilación generó un aumento en el pH.

Se realizó un análisis estadístico ANOVA con un 95 % de confiabilidad el cual arrojó un $P < 0,05$ para el parámetro de acidez, es decir que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que si existen diferencias significativas entre las 3 muestras.

La acidez guarda relación respecto al grado de madurez del tubérculo, Yungan (2015) reporta que el valor para el almidón de cubio variedad mashua es de 0,6 a 0,9 %, en este estudio se encontró un valor para el almidón de cubio $0,6 \pm 0,02$ y cubio modificado $0,82 \pm 0,01$ de esta manera se puede afirmar que el almidón modificado aportó características importantes para el producto a desarrollar, los resultados obtenidos también se correlacionan con los valores de pH obtenidos para el almidón nativo de papa, ya que estos reportaron pH más ácidos en comparación al almidón de cubio modificado, presentando por ende mayor valor en la acidez, esto debido a la reacción de modificación química mediante acetilación por la consecuencia de la hidrólisis ácida de los gránulos de almidón.

5.2. Proceso de elaboración de producto cárnico tipo hamburguesa: En la planta de alimentos de la Universidad de la Salle se inició este proceso con las siguientes etapas:

- **Limpieza de materia prima:** Se usó carne de res/cerdo y grasa dorsal las cuales estaban refrigeradas antes de su uso. Se realizó la eliminación de músculos, tendones y grasa superficial.
- **Picar:** El picado de la materia prima se realizó con la ayuda de cuchillos de acero inoxidable, los cuales fueron desinfectados con hipoclorito de sodio a una concentración de 200 ppm y se lavaron. Se formaron cubos de 4x4 cm de cada una de las materias primas para que fuera más fácil llevarlo a la siguiente etapa.
- **Moler:** Las materias primas se molieron cada una por aparte y en orden específico primero la carne de res seguida la de cerdo y por último la grasa dorsal, se utilizó un disco 4,5 N°22 y para la grasa disco 12 N°22.
- **Mezclar:** Se realizó mediante el mezclador donde se agregaron las carnes y poco a poco los ingredientes, teniendo en cuenta su respectivo orden (sal, sal de nitro, fosfatos, grasa

dorsal de cerdo, extendedores almidón de cubio nativo y modificado ,agua, condimentos, saborizantes y ascorbatos) durante 5 minutos.

- **Pesar y moldear:** Se realiza el pesado y moldeado de las hamburguesas mediante la balanza; cada hamburguesa tenía un peso de 60 gr
- **Congelación:** Una vez se encontraban las hamburguesas moldeadas, estas se llevaron a congelación en el túnel de frío durante 1.5 horas, hasta el momento de cocción.
- **Cocción:** Se realizó a 180°C durante 20 minutos en un horno de bandejas.

5.2.1. Balances de materia para cada producción

Con los pesos hallados en las operaciones del proceso de elaboración de carne de hamburguesa se estableció el balance de materia como se observa a continuación:

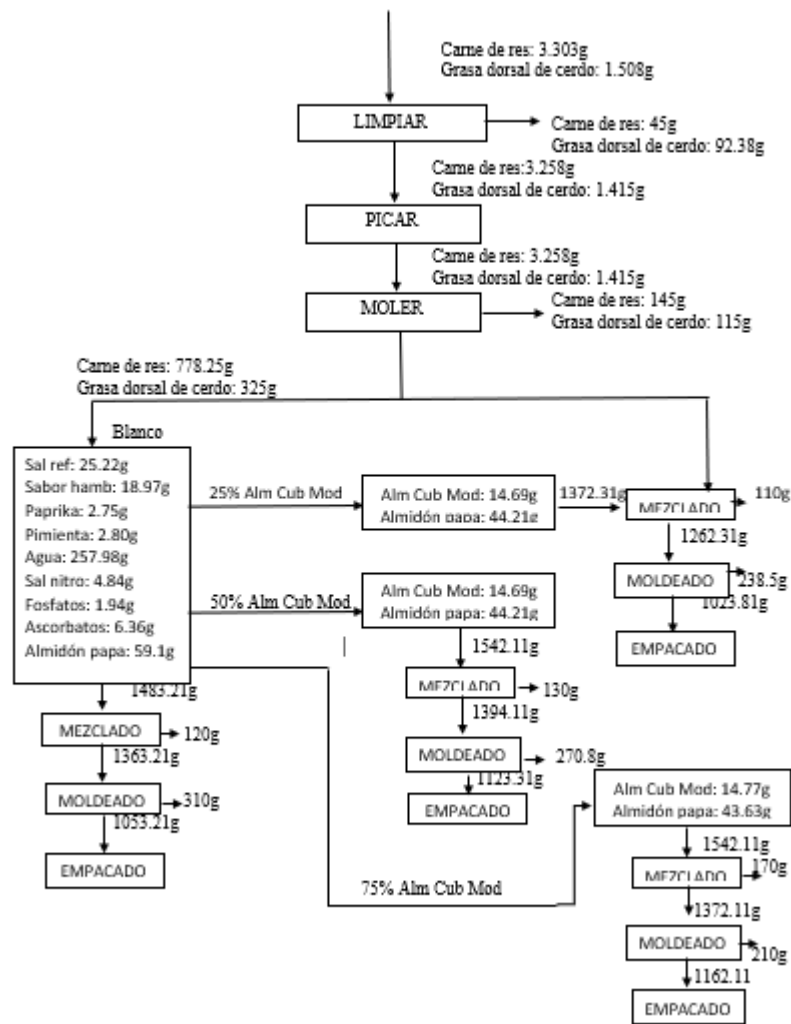


Figura 13. Balance de materia para cada formulación

Fuente: autoras, (2020)

Se procedió a realizar el porcentaje de pérdidas para cada formulación realizada a partir del balance de materia expuesto anteriormente (figura 14). Como se observa en la tabla 14 y en el anexo 11 los cálculos correspondientes para el balance de materia.

Tabla 14. Resumen del balance de materia del proceso de elaboración de carne de hamburguesa

FORMULACIÓN	MATERIAL QUE ENTRA (g)	MATERIAL QUE SALE (g)	PÉRDIDAS (%) (g)	RENDIMIENTO (%)
0	1483,21	1053,21	28,99	71,01
25	1372,11	1023,81	25,39	74,60
50	1542,11	1123,31	27,15	72,84
75	1542,11	1162,11	24,64	75,35

Fuente: autoras, (2020)

Pérdidas y rendimiento por cocción. Una vez obtenido el producto (carne de hamburguesa) y sometido a proceso de cocción se procede a realizar las pérdidas y rendimientos en cada formulación como se observa tabla 15 y en el anexo 12 los cálculos correspondientes para el balance de materia.

Tabla 15. Resumen del balance de materia pérdidas y rendimiento por cocción

FORMULACIÓN	MATERIAL QUE ENTRA (g)	MATERIAL QUE SALE (g)	PÉRDIDAS (%) (g)	RENDIMIENTO (%)
0	68,8	55,3	9,04	91
25	60,3	56,6	6,13	93,86
50	60,7	57,1	5,93	94,06
75	60,9	59,2	2,97	97,20

Fuente: autoras, (2020)

La cocción tiene características muy particulares debido a que se usa aceite como vehículo para transferir calor al alimento. Durante este proceso se produce una rápida desecación en el exterior del producto (carne de hamburguesa), como se observa cada hamburguesa inicia con un peso inicial de 60 gr, que corresponde a la cantidad de producto que se ingresa al freído, al finalizar se obtiene un peso dependiendo el nivel de sustitución realizado ya que los componentes se encuentran en diferente proporción. La formulación que presentó menores pérdidas y mejor rendimiento durante el proceso fue la de 75:25 comparada con las demás formulaciones, esto se debe a que el almidón modificado se encuentra en mayor proporción atribuyendo su capacidad de absorción de agua, capacidad ligante, de estructuración, firmeza y cohesión, teniendo en cuenta la temperatura ya que esta influye en los parámetros mencionados.

Los componentes que se volatilizan durante el proceso son ocasionados por el calor donde se pierde agua, lo que se traduce en una disminución de peso del producto. Serdaroğlu & Değirmenciöğlü (2004.) explican que también existe un porcentaje de grasa que tiende a disminuir durante el proceso de cocción, debido a la desnaturalización de las proteínas de la carne y la pérdida de agua.

La combinación de 2 tipos de almidones utilizados en la elaboración de un producto cárnico aumenta el rendimiento en el proceso y por ende reducen sus costos como se puede observar en la tabla 16.

5.3. Características físicas, físico-químicas de las muestras evaluadas

Colorimetría. El color de las muestras se evaluó tomando el valor promedio de la medida del color en 3 diferentes puntos de la carne de hamburguesa, obteniendo como resultados L*, a* y b, posibles de observar en la tabla 16 .

Textura: A nivel de textura se evaluaron las 4 muestras después de cocción, corroborando cual tenía mejores características en cuanto a fuerza con la prueba Warner posibles de observar en la tabla 16.

VI Análisis experimental de las diferentes formulaciones

El total de tratamientos realizados son 4 formulaciones con 3 repeticiones por cada prueba fisicoquímica (triplicado), pH,color y textura mostrados en la tabla 16 los cuales fueron analizados por ANOVA. Se determinó diferencias significativas entre los niveles de los factores, por contrastes (Prueba de Tukey) y entre medias con el fin de establecer diferencias entre tratamientos.

Tabla 16. Resultados pruebas fisicoquímicas de cada uno de los tratamientos.

PATRON	FORMULACION	pH	Textura	Color l*	a*	b*
0	0	6,03	1,34	40,90	16,26	12,38
		6,06	1,13	39,53	17,28	13,90
		6,08	1,17	41,72	14,50	10,11
Promedio		6,06	1,21	40,72	16,01	12,13
1	25	6,08	1,87	42,73	15,26	10,98
		6,10	2,12	40,32	18,20	11,23
		6,08	1,82	40,31	18,09	11,64
Promedio		6,09	1,94	41,12	17,18	11,28
2	50	6,18	1,38	48,06	11,29	16,47
		6,20	0,93	45,29	12,28	19,17
		6,21	1,45	44,49	12,51	18,37
Promedio		6,20	1,25	45,96	12,02	18,00
3	75	6,16	1,66	49,76	9,88	15,76
		6,12	2,97	48,80	11,27	17,47
		6,18	2,58	48,51	10,67	19,72
Promedio		6,15	2,40	49,02	10,60	17,65

Fuente: autoras, (2020)

Tabla 17. Resultados mediana pruebas fisicoquímicas de cada formulación mediante ANOVA.

Formulación	l *	a *	b *	pH	Textura
Blanco	40.72 ±1.11 B	16.01 ±1.41 A	12.13 ±1.91 B	6.06 ±0.03 B	1.21 ±0.11 B
25	41.12 ±1.39 B	17.18 ±1.66 A	11.28 ±0.33 B	6.03 ±0.04 B	1.94 ±0.16 AB
50	46.11 ±1.69 A	12.03 ±0.65 B	18 ±1.39 A	6.2 ±0.02 A	1.59 ±0.3 AB
75	49.02 ±0.65 A	10.61 ±0.7 B	16.98 ±1.07 A	6.15 ±0.03 A	2.4 ±0.67 A

Fuente: autoras, (2020)

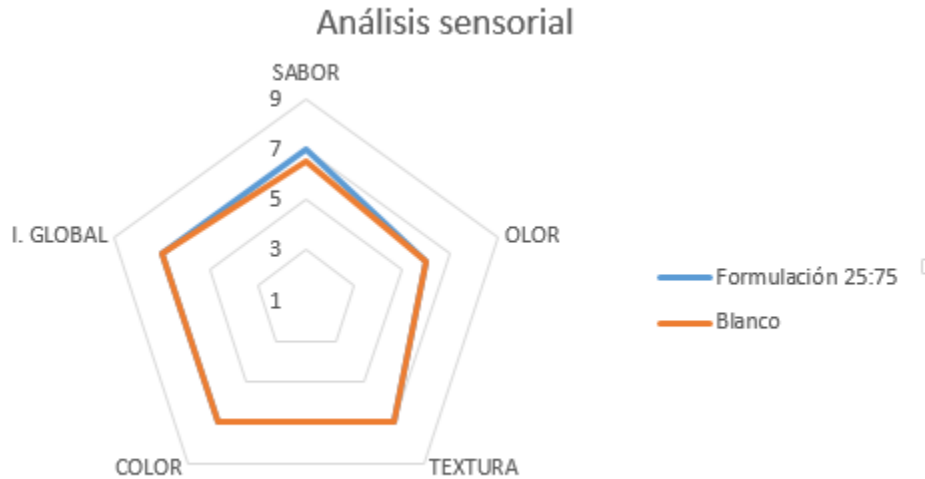
De acuerdo a los resultados reportados anteriormente y realizando un análisis estadístico ANOVA con confiabilidad de 95% se concluye que las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes según el test de tukey $p < 0.05$, como se observa en la tabla 17 las formulaciones blanco (0) y 25:75 no presentaron diferencias en los parámetros de color, pH y textura por ende se escoge esta formulación ya que no tiene incidencia al momento de realizar el panel sensorial a pesar de que no haya presentado las mejores características tecnológicas.

El color es una percepción humana de la luz reflejada por un objeto. Es un atributo de apariencia de los productos y su observación permite detectar ciertas anomalías y defectos. El color se puede ver afectado por muchos factores como iluminación, observador, presencia de pigmentos o características de la muestra analizada, en el caso de la carne de hamburguesa el color tiene extrema importancia desde el punto de vista comercial y organoléptico.

Como se puede observar en las formulaciones blanco (0) y 75:25 de almidón de cubio modificado y almidón de papa respectivamente si presentan diferencias en el parámetro de color debido a que el componente en mayor proporción es el almidón de papa para la formulación (0) el cual sirve de reserva energética en el reino vegetal y se encuentra en pequeños corpúsculos discretos o gránulos, cuya estructura compacta permite almacenar mucha glucosa en una reducida partícula, lo que indica que este producto tiene a tener el color más rojo/ amarillo y a la hora de llevar a cocción se obtiene una reacción de Maillard más notable.

La dureza y la fracturabilidad son características importantes de la textura en este tipo de alimentos como los productos cárnicos (Jan, 2016) acorde con la tabla 17 en la prueba de textura si se obtuvo diferencias significativas para cada una de las muestras, en donde se observa un incremento de firmeza para la muestra 75:25 almidón de cubio modificado y almidón de papa, debido a que el almidón de modificado está en mayor proporción y este presenta propiedades funcionales que permiten la sustitución de carne por este tipo de proteína. Su alta capacidad de retención de agua y su función estructural permiten la elaboración de productos cárnicos de adecuada consistencia y succulencia. Finalmente se tiene en cuenta la composición del tubérculo como carbohidratos, proteínas y fibra ya que pueden ser los responsables para la textura que nos aporte el almidón.

Lo anterior deriva que la modificación del almidón mediante acetilación genere mayor estabilidad y consistencia en el producto elaborado.



Gráfica 1. Resultados prueba hedónica 80 panelistas

Fuente: autoras, (2020)

Como se evidencia en la gráfica 1. se observa que las dos formulaciones presentan valores similares a la hora de su elección sin presentar un desagrado total por parte de ningún panelista en ninguna de sus características, pero la hamburguesa con los dos tipos de extendedores almidón de papa y almidón de cubio modificado mostró en las observaciones que tenía un sabor más marcado por ende fue la que logró mayor aceptación según los panelistas, ya que obtuvo el mayor rango de calificación 7 siendo me gusta moderadamente en la mayoría de los parámetros evaluados, según los resultados se concluye que el almidón de cubio modificado es un tipo de extendedor que puede lograr un gran aporte en las características organolépticas del producto.

VII. Análisis sensorial de las dos muestras seleccionadas

Para el análisis de los datos obtenidos en la prueba sensorial realizada para las dos muestras de carne de hamburguesa las cuales fueron el patrón blanco (0) y la formulación 25:75, se escoge esta formulación ya que las de 50 y 75 presentaban diferencias visuales en cuanto a la coloración, la evaluación sensorial se realizó por medio de la prueba no paramétrica WILCOXON para la comparación de dos muestras relacionadas para comprobar si existen diferencias significativas entre ellas, utilizando un nivel de significancia del 0.05 el cual indica si el valor p es menor o igual

a 0.05 se acepta o se rechaza la hipótesis. Los valores calculados y obtenidos para la mediana de cada parámetro evaluado se encuentran consignados en la tabla 18.

Tabla 18. Resultados mediana calculada para la prueba estadística de Wilcoxon.

Muestra	Sabor	Olor	Textura	Color	Impresión Global
1809	7	6	7	7	7
1614	6,5	6	7	7	7
z*	-0.257	-0.228	-1,311	-0.820	-0.732

Fuente: autoras, (2020)

De acuerdo con los resultados consignados anteriormente y realizando un análisis estadístico ANOVA con un 95 % de confiabilidad, el cual arrojó un $P < 0,05$, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que si existen diferencias significativas entre las dos formulaciones evaluadas (0 y 25) en los aspectos de sabor, olor, textura, color e impresión global. Cabe resaltar que la formulación que presentó mejor comportamiento tecnológico fue la de 75:25 almidón de cubio modificado y almidón de papa respectivamente, pero a la hora de ser evaluada sensorialmente esta muestra presentaba diferencias significativas en cuanto al parámetro de color, debido a esto se procede a elegir la muestra 25:75 ya que era la más similar a la muestra patrón y el panelista no presentaba problemas a la hora de evaluar el producto.

Como se observa en la tabla 17 las mayores diferencias se evidencian para los parámetros de textura y color obteniendo valores similares $< a 0,05$. la principal diferencia radica en la dureza de la muestra a la hora de ser consumida y el color radica en los pigmentos antocianinas presentes en el almidón de cubio como se puede observar en la figura 11.

VIII COSTOS

Tabla 19. Costos de producción unitaria para la elaboración de carne de hamburguesa

COSTOS DIRECTOS PARA LA FORMULACIÓN 25:75				
MATERIA PRIMA	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO POR Kg	PRECIO POR g (\$)
CARNE FRESCA DE RES 90/10	800	g	9.000,00	\$ 7.200,0
GRASA DORSAL DE CERDO 80/20	371.6	g	3.000,00	\$ 1.1130,0
CONDIMENTOS Y CONSERVANTES	381,941	g	84.860,00	\$ 2.300,00
ALMIDÓN DE PAPA	44,21	g	10.200,00	\$ 450.94
CUBIO	14.69	g	5.000,00	\$ 1.469,00
REACTIVO MODIFICANTE (ANHÍDRIDO ACÉTICO)	60	ml	295.000,00	\$ 17.700,00
TOTAL			\$	30.241,00

COSTOS INDIRECTOS		
SERVICIOS	VALOR MES (\$)	VALOR PRODUCCIÓN 10 DIAS (\$)
ALQUILER DE PLANTA	\$ 6'300.000.00	\$ 2.100,000
TOTAL		\$ 2.100,000

CARGO	SALARIO (\$)	SALARIO DÍA (\$)
Operario 1	\$ 877,803	\$ 29.260,11
Operario 2	\$ 877,803	\$ 29.260,11
TOTAL		\$ 58.520,22

COSTO PRODUCCIÓN TOTAL POR UNIDAD (100% AP)	\$ 867.78
COSTO PRODUCCIÓN TOTAL POR UNIDAD (75% AP/25%AMC)	\$ 879.24
COSTO PRODUCCIÓN TOTAL POR UNIDAD (50% AP/50%AMC)	\$ 876.04
COSTO PRODUCCIÓN TOTAL POR UNIDAD (25AP% 75%AMC)	\$ 875.50

Fuente: autoras, (2020)

Los costos mostrados anteriormente son para la elaboración de una carne tipo hamburguesa, dando un valor cercano a \$1000 la unidad, lo cual no se justifica por la materia prima utilizada sino por el tiempo empleado por el operario, teniendo una producción a nivel industrial estos costos se reducirían. Por otro lado obtener almidón de cubio modificado para las 3 formulaciones que contienen este extendedor representa un valor total de \$ 2.249,243, teniendo en cuenta la materia prima, costos indirectos y pago a los dos operarios.

En cuanto a la diferencia de costo de la producción de la carne de hamburguesa 100 % almidón de papa y 25:75, se obtuvo una diferencia de 7,72 pesos, ya que en la formulación blanco no se

tuvo en cuenta los costos de los ingredientes reactivo modificante y almidón de cubio siendo la formulación 25:75 la más económica entre las demás formulaciones ,por ende en el producto final se aprovechan las características del almidón de cubio modificado a nivel físico químico y funcional en la elaboración de productos cárnicos.

CONCLUSIONES

- Se obtuvo un rendimiento del 3,35% en el proceso de extracción del almidón de cubio esto debido a la técnica poco tecnificada, teniendo en cuenta que existe un efecto negativo en cuanto a los costos para la producción de almidón.
- Se modificó el almidón de cubio haciendo uso del anhídrido acético, llevando a cabo una reacción de acetilación, lo cual influyó positivamente en la caracterización del almidón comparado al almidón nativo de papa debido al aumento en sus valores de temperatura de gelatinización, índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua, pH y acidez.
- La adición de almidón de cubio modificado en una formulación de carne de hamburguesa presentó resultados positivos especialmente en 25%AP Y 75%AMC mejorando las características fisicoquímicas y tecnológicas donde se observó un aumento en los aspectos de textura y sabor pero siendo un factor adverso el color.
- Los extendedores influyen directamente en el color del producto al realizar la cocción ya que como son almidones cada uno tiene características químicas diferentes afectando directamente este parámetro.
- En cuanto a la prueba sensorial cada extendedor le difiere propiedades diferentes a cada producto, esto hace que el aspecto, color, olor, textura y apariencia cambie favorable o desfavorablemente dependiendo del extendedor utilizado.
- Se pudo observar que la hamburguesa que presentó el mayor agrado por parte de los panelistas fue la de formulación 75:25 la que utilizó extendedor de almidón de cubio modificado, mostrando mayor aceptación del consumidor. Por otra parte la realizada con extendedor de almidón de papa fue la menos aceptada por el panelista, con una percepción de que esta tenía mayor contenido de grasa.

- Se observó que las propiedades tecnológicas del almidón modificado sí varían en comparación al almidón nativo de papa y cubioya presentan una diferencia significativa, en valores de temperatura de gelatinización y ISA obteniendo para AMC 77.33 ± 2.52 en temperatura de gelatinización, mientras que para AP y ANC 64.33 ± 1.15 y 70.33 ± 1.53 respectivamente. En cuanto al ISA para AMC 16.13 ± 0.42 , 12.45 ± 0.46 AP y 15.59 ± 0.09 ANC.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda modificar la formulación ya que el almidón de cubio es una materia prima que puede utilizarse no solo como extendedor sino también como un insumo que aporta grasa y fibra, por lo cual pueden reducir el uso de grasa dorsal de cerdo.
- Es importante el estado de madurez en el cual se recibe el cubio para evitar que exista hidrólisis del almidón ya que esto está directamente relacionado con el rendimiento en la extracción.
- En cuanto al proceso de extracción se recomienda el uso de diferentes métodos de extracción que permitan establecer cual presenta mejora respecto a rendimiento.
- Los diversos extensores cárnicos pueden utilizarse para mejorar rendimientos y optimizar el costo de las formulaciones de los diversos productos cárnicos, sin sacrificar el valor nutritivo. Su uso está reglamentado por la Secretaría de Salud en normas específicas para cada producto terminado.
- Se recomienda modificar el almidón, variando los métodos de modificación ya sean químicos, físicos o enzimáticos, tiempos de reacción, reactivos modificantes, con los objetivos de evaluar los cambios que se presentan en él.
- El cubio aparte de tener almidón, contiene otro tipo de nutrientes que podrían estudiarse, algunos de ellos son vitamina C y carbohidratos presentes en este tubérculo, donde se han encontrado estudios donde lo han caracterizado ya que se encuentra fácilmente en los tejidos vegetales de los tubérculos, además de un posible uso del afrecho en otros procesos industriales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS

- Belitz, H. D. y Grosch, W. (1997). Química de los alimentos Editorial Acribia, S.A. Zaragoza (España).1087p.segunda edición.
- Cabrerizo (2005), Dulce. Ciencias aplicadas a la actividad profesional 4º ESO. s.l. : EDITEX. pág. 19.
- Getares (2017). Beneficios del almidón Resistente en la dieta.
- Gutiérrez, J. B. (2000). Ciencia bromatológica: principios generales de los alimentos. Ediciones Díaz de Santos.

REVISTAS

- Delahaye P, Peña J, Jiménez, P (.2009). Efecto del salvado de arroz sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de panes de trigo. Revista dela Facultad de Agronomía, 26(4), 583- 598.
- Echeverri Palacio, L. M., Rincón Alcalá, S. P., López Vargas, H., & Restrepo Molina, D. A. (2004). An approach to the design of low fat meat products. part i. coarse minced products. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 57(1), 2233-2256
- Morillo, C., Cruz, A., Tovar, L., & Paola, Y. (2016). Molecular characterization of cubios (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz and Pavón) in the department of Boyacá. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), 32-42.

CIBERGRAFÍA

- Andujar, G., Guerra A., & Santos R (2000) La utilizacion de extensores carnicos obtenido de:
http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/pdf/extensor.pdf

- Serdaroğlu, M., & Değirmencioğlu, Ö. (2004). Effects of fat level (5%, 10%, 20%) and corn flour (0%, 2%, 4%) on some properties of Turkish type meatballs (koefte). *Meat Science*, 68(2), 291-296.

ARTÍCULOS

- Anderson, R., Conway, H.F., Pheiser, V.F. y Griffin, E.L. (1969). Gelatinisation of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal Science* obtenido de : <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>
- Arzapalo Quinto, D., Huamán Córdor, K., Quispe Solano, M., & Espinoza Silva, C. (2015). Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) negra collana, pasankalla roja y blanca junín. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 81(1), 44-54.
- Cheng, Y; Tsai, M. y Tseng, K. (1996). Effect of amylose content on the rheological property of rice starch. *Carbohydrates* 73(4): 415 – 420.
- Demiate, I. M., & Kotovicz, V. (2011). Cassava starch in the Brazilian food industry. *Food Science and Technology*, 31(2), 388-397.
- Díaz, L.(1997). Rendimiento y caracterización de almidón de frutos de castaño (*Castanea sativa*) y araucaria (*Araucaria araucana* (Mol.)K.Koch). Memoria de título de Ing. Agrónomo. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 53 p.
- Espín, S. y Villacrés, E. (1999). Evaluación del rendimiento, características y propiedades del almidón de algunas raíces y tubérculos andinos. Quito – Ecuador. 29.

- Eliášová, M., Pospiech, M., Tremlová, B., Kubičková, K., & Jandásek, J. (2012). Native and modified starches in meat products—detection of raw materials using microscopy methods. *Maso International*, 2, 101-108.
- Garin, L. (1998). Extracción y caracterización del almidón de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y amaranto (*Amaranthus cruentus L.*). Memoria de título de Ing. Agrónomo. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 54 p.
- Garnica, A., Prieto, L., Rocío, A. y Cerón, M. (2010) Características funcionales de almidones nativos extraídos de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum L. subespecie andigena*) para la industria de alimentos. *Alimentos Hoy*, 19 (21), p. 125-129.
- Grace, M.R. (1977) . Elaboración de la yuca. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), obtenido de <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>
- Grau, A. (2003). Mashua, *Tropaeolum Tubrosum* Ruíz y Pav (Vol. 25). Centro Internacional de la Papa.
- Hernández-Medina, M., Torruco-Uco, J. G., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Food Science and Technology*, 28(3), 718-726.
- Hu, X., Guo, B., Liu, C., Yan, X., Chen, J., Luo, S., ...& Wu, J. (2018). Modification of potato starch by using superheated steam. *Carbohydrate polymers*, 198, 375-384.
- ISI (1999). Determination of pH in starch and syrup. ISI 26-5e. In: Laboratory methods. Science Park, Aarhus, Dinamarca, International Starch Institute (ISI). (disponible en <http://www.starch.dk/isi/methods/index.htm>).
- Jan, R., Saxena, D. C., & Singh, S. (2016). Physico-chemical, textural, sensory and antioxidant characteristics of gluten-free cookies made from raw and germinated

Chenopodium (*Chenopodium album*) flour. *LWT-Food Science and Technology*, 71, 281-287

- Malice, M., Bizoux, J. P., Blas, R., &Baudoin, J. P. (2010). Genetic diversity of Andean tuber crop species in the in situ microcenter of Huanuco, Peru. *Cropscience*, 50(5), 1915-1923.
- Manrique I., Arbizu C., Vivanco F., González R., Ramírez C., Chavez O., Tay D., Ellis D. (2013). *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav. Perú: Centro internacional de la papa.
- Medina, C., Paredes, A., Rodríguez, M., Moreno, M., Belen Camacho, D., García, D. y Ojeda, C. (2010) Evaluación de dos métodos de extracción de almidón a partir de cotiledones de mango. *Bioagro*, 22(1), p. 67-74.
- Neimo, L. (1999). *Papermaking Chemistry*. Tappi Press. Finland
- Parada, J. A., & Rozowski, J. (2008). Relación entre la respuesta glicémica del almidón y su estado microestructural. *Revista chilena de nutrición*, 35(2), 84-92.
- Singh, S., Singh, J., Kaur, L., Sodhi, S. y Gill, S. “Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources A review”. *Food Chemistry*, 2003; 81: 219–231.
- Takizawa, F. F., Silva, G. D. O. D., Konkel, F. E., &Demiante, I. M. (2004). Characterization of tropical starches modified with potassium permanganate and lactic acid. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47(6), 921-931.

TESIS

- Acuña Pinto, H. M. (2012). Extracción, caracterización y aplicación de almidón de ñame variedad blanco (*dioscorea trifida*) originario de la región amazónica colombiana para la

elaboración de productos horneados (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).

- Arenas Riaño, C. A., & Pedraza Guarnizo, D. J. (2017). Evaluación del proceso de modificación de almidón de papa mediante acetilación y oxidación, para su aplicación como excipiente en la industria farmacéutica a nivel laboratorio (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América).
- Cala Castillo, C. A., & Martínez Murcia, J. S. (2008). Modificación hidrolítica de almidón de yuca nativo con enzima α -amilasa bacteriana aislada de *Bacillus subtilis* para elaboración de salsas.
- Carrascal, J. (2013). Acetilación de almidón de *Arracacia xanthorrhiza* y evaluación de su aplicación como posible auxiliar farmacéutico. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Guízar A. (2009). Obtención y caracterización física y química del almidón de Camote de Cerro (*Dioscorea* spp.). Michoacán, México: Instituto Politécnico Nacional [Disertación Maestría en Ciencias de Producción Agrícola Sustentable], pp. 79
- Hurtado, J. (1997). Valorización de las amiláceas “no-cereales” cultivadas en los países andino: Estudios de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de sus almidones y de la resistencia a diferentes tratamientos estresantes. Fundación Universidad de Bogotá. Facultad de Ingeniería de Alimentos. CIAT. Colombia.
- Mendoza (2013). Caracterización de almidones de dos tubérculos. Perú: Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial.
- Millán Testa, C. E. (2004). Estudios estructurales y moleculares del almidón de fuentes no convencionales: mango (*Mangifera indica* L.), plátano (*Musa paradisíaca*) y okenia (*Okenia hypogaea*) (Doctoral dissertation).

- Ramírez Suárez, L. M., Zárate Polanco, L. M., & Otálora Santamaría, N. A. (2011). Caracterización de almidón nativo extraído de clones promisorios de papa criolla (*Solanum phureja*) para su aplicación en un derivado cárnico.
- 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.
- Surco Laos, F. A. (2004). Caracterización de almidones aislados de tubérculos andinos: mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*), olluco (*Ullucus tuberosus*) para su aplicación tecnológica.
- Yungán Pinda, Á. I. (2015). *Efecto del método de extracción del almidón de mashua (Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pav.) en las características fisico-químicas y reológicas* (Bachelor's thesis).

DOCUMENTOS OFICIALES

- Fao,(2007) Análisis fisicoquímico del almidón obtenido de: <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/010/a1028s/a1028s03.pdf>
- FAO (2011). Global food losses and food waste. Extent, causes and prevention. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.htm>
- Ministerio de Agricultura (2016) El 83.5% de los alimentos que consumen los colombianos son producidos por nuestros campesinos consultado el 20 de febrero 2019 en: <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/>

- Norma Técnica Colombiana 1325, (2008), Industrias alimentarias, Productos cárnicos procesados no enlatados obtenido de <https://es.slideshare.net/jamesdays/ntc1325-9772139>
- Norma Técnica Colombiana NTC 6066 (2014) Productos de molinería. almidón nativo de yuca obtenido de: <https://docplayer.es/95363364-Norma-tecnica-colombiana-6066.html>
- Norma Técnica Colombiana NTC 926 (2016) Productos de molinería. almidón de maíz no modificado (fécula de maíz) obtenido de : <https://es.scribd.com/doc/55417913/NTC926-Almidon-Maiz-Alimentos>
- Norma Técnica Colombiana NTC 4566 (2009) productos cárnicos. determinación del contenido de almidón (métodos de referencia)
- Norma Técnica Colombiana NTC 5554 (2007) Carne y productos cárnicos.preparación de la muestra obtenido de: <https://es.scribd.com/document/147874881/NTC-5554>
- Decreto 1500 (2007) obtenido de: <https://es.slideshare.net/alexandervargas94402343/decreto-1500-de-2007>

- Techlab, (2010) Analizador de textura / firmeza computarizado ftm-50 obtenido de:
[https://www.metrotec.es/wp-content/uploads/sites/30/2014/02/FTM50_Analizador_Textura-Firmeza_Alimentos.](https://www.metrotec.es/wp-content/uploads/sites/30/2014/02/FTM50_Analizador_Textura-Firmeza_Alimentos)

ANEXOS

ANEXO 1. Prueba estadística ANOVA test tukey muestra almidón vs temperatura de gelatinización

FORMULACIÓN	TEMPERATURA G	PROMEDIO	DESVEST	AGRUPACIÒN	MEDIA
PAPA	63	64,3333333	1,15470054	B	64.33 ±1.15 B
	65				
	65				
CUBIO	70,00	70,33	1,52752523	B	70.33 ±1.53 B
	69				
	72				
CUBIO M	75	77,3333333	2,51661148	A	77.33 ±2.52 A
	80,00				
	77				

ANEXO 2. Prueba estadística ANOVA test tukey muestra almidón vs índice absorción de agua

FORMULACIÓN	IAA	PROMEDIO	DESVEST	AGRUPACIÒN	MEDIA
PAPA	13,76	14,3333333	0,601775152	A	14.33 ±0.6 A
	14,96				
	14,28				
CUBIO	14,49	14,60	0,184752086	A	14.6 ±0 A
	14,81				
	14,49				
CUBIO M	16,39	15,5233333	0,752949755	A	15.52 ±0 A
	15,15				
	15,03				

ANEXO 3. Prueba estadística ANOVA test tukey muestra almidón vs solubilidad en agua

FORMULACIÓN	ISA	PROMEDIO	DESVEST	AGRUPACIÒN	MEDIA
PAPA	12,78	12,45	0,455741155	C	12.45 ±0.46 C
	11,93				
	12,64				
CUBIO	14,68	14,59	0,09	B	14.59 ±0.09 B
	14,59				
	14,5				
CUBIO M	15,98	16,1333333	0,421465697	A	16.13 ±0.42 A
	15,81				
	16,61				

ANEXO 4. Prueba estadística ANOVA test tukey muestra almidón vs poder de hinchamiento

FORMULACIÓN	POH	PROMEDIO	DESVEST	AGRUPACIÒN	MEDIA
PAPA	13,57	13,9366667	0,46522396	A	13.94 ±0.47 A
	14,46				
	13,78				
CUBIO	13,99	14,0966667	0,184752086	A	14.1 ±0.18 A
	14,31				
	13,99				
CUBIO M	14,25	13,47	0,677347769	A	13.47 ±0.68 A
	13,13				
	13,03				

ANEXO 5 Prueba estadística ANOVA test tukey muestra almidón vs acidez

FORMULACIÓN	ACIDEZ	PROMEDIO	DESVEST	AGRUPACIÒN	MEDIA
PAPA	0,018	0,019	0,00264575	C	0.02 ±0 C
	0,022				
	0,017				
CUBIO	0,58	0,6	0,02	B	0.6 ±0.02 B
	0,62				
	0,6				
CUBIO M	0,83	0,82333333	0,0057735	A	0.08 ±0.01 A
	0,82				
	0,82				

ANEXO 6. Prueba estadística ANOVA test tukey muestra almidón vs pH

FORMULACIÓN	PH	PROMEDIO	DESVEST	AGRUPACIÒN	MEDIA
PAPA	5,82	5,79333333	0,030550505	C	5.79 ±0.03 C
	5,76				
	5,8				
CUBIO	6,02	6,28666667	0,247857486	B	6.29 ±0.25 B
	6,33				
	6,51				
CUBIO M	8,06	8,24	0,156204994	A	8.24 ±0.16 A
	8,32				
	8,34				

ANEXO 7. Prueba estadística ANOVA test tukey muestra hamburguesa vs color parámetro l, a*, b*, pH y textura.*

	L	A	B	pH	Textura
Blanco	40.72 ±1.11 B	16.01 ±1.41 A	12.13 ±1.91 B	6.06 ±0.03 B	1.21 ±0.11 B
25	41.12 ±1.39 B	17.18 ±1.66 A	11.28 ±0.33 B	6.03 ±0.04 B	1.94 ±0.16 AB
50	46.11 ±1.69 A	12.03 ±0.65 B	18 ±1.39 A	6.2 ±0.02 A	1.59 ±0.3 AB
75	49.02 ±0.65 A	10.61 ±0.7 B	16.98 ±1.07 A	6.15 ±0.03 A	2.4 ±0.67 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes según el test de tukey p<0.05.

ANEXO 8. Prueba estadística WILCOXON análisis sensorial

Estadísticos de prueba^a

	Sabor1809 - Sabor1614	Olor1809 - Olor1614	Textura1809 - Textura1614	Color1809 - Color1614
Z	-.257 ^b	-.228 ^c	-1,311 ^c	-.820 ^c
Sig. asintótica(bilateral)	,797	,819	,190	,412

Estadísticos de prueba^a

	Global1809 - Global1614
Z	-.342 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,732

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

c. Se basa en rangos positivos.

ANEXO 9. Evidencia análisis sensorial



ANEXO 10. Balance de materia para la obtención de almidón de cubio.

$$\% \text{ Pérdidas selección y clasificación} = \frac{(28000 \text{ g} - 22000 \text{ g})}{28000 \text{ g}} * 100 = 21,42\%$$

$$\% \text{ Rendimiento en selección y clasificación} = \frac{(22000 \text{ g})}{(28000 \text{ g})} * 100 = 78,57\%$$

$$\% \text{ Pérdidas en rallado y licuado} = \frac{(12000 \text{ g} - 6000 \text{ g})}{12000 \text{ g}} * 100 = 50\%$$

$$\% \text{ Rendimiento en rallado y licuado} = \frac{(6000 \text{ g})}{(12000 \text{ g})} * 100 = 50\%$$

$$\% \text{ Pérdidas en sedimentación} = \frac{(6000 \text{ g} - 3500 \text{ g})}{6000 \text{ g}} * 100 = 41,6\%$$

$$\% \text{ Rendimiento en sedimentación} = \frac{(3500 \text{ g})}{(6000 \text{ g})} * 100 = 58,33\%$$

$$\% \text{ Pérdidas en secado} = \frac{(3500 \text{ g} - 2000 \text{ g})}{3500 \text{ g}} * 100 = 42,85\%$$

$$\% \text{ Rendimiento en secado} = \frac{(2000 \text{ g})}{(3500 \text{ g})} * 100 = 57,14\%$$

$$\% \text{ Pérdidas en molienda} = \frac{(2000 \text{ g} - 1438 \text{ g})}{2000 \text{ g}} * 100 = 28,1\%$$

$$\% \text{ Rendimiento en molienda} = \frac{(1438 \text{ g})}{(2000 \text{ g})} * 100 = 71,9\%$$

$$\% \text{ Pérdidas en tamizado} = \frac{(1438 \text{ g} - 938 \text{ g})}{1438 \text{ g}} * 100 = 34,77\%$$

$$\% \text{ Rendimiento en tamizado} = \frac{(938 \text{ g})}{(1438 \text{ g})} * 100 = 65,22\%$$

ANEXO 11. Balance de materia para la elaboración de carne de hamburguesa

Para la formulación 75% almidón de cubio modificado:

$$\% \text{ Pérdidas} = \frac{(1542,11\text{g} - 1162,11\text{g})}{1542,11\text{g}} * 100 = 24,64\% \quad \% \text{ Rendimiento} = \frac{(1162,11\text{g})}{1542,11\text{g}} * 100 = 75,35\%$$

Para la formulación 50 % almidón de papa / 50 % almidón modificado:

$$\% \text{ Pérdidas} = \frac{(1542,11\text{g} - 1123,31\text{g})}{1542,11\text{g}} * 100 = 27,15\% \quad \% \text{ Rendimiento} = \frac{(1123,31\text{g})}{1542,11\text{g}} * 100 = 72,84\%$$

Para la formulación 25 % almidón de cubio modificado:

$$\% \text{ Pérdidas} = \frac{(1372,31\text{g} - 1023,81\text{g})}{1372,31\text{g}} * 100 = 25,39\% \quad \% \text{ Rendimiento} = \frac{(1023,81\text{g})}{1372,31\text{g}} * 100 = 74,60\%$$

Para la formulación 0 % almidón de papa:

$$\% \text{ Pérdidas} = \frac{(1483,21\text{g} - 1053,21\text{g})}{1483,21\text{g}} * 100 = 28,99\% \quad \% \text{ Rendimiento} = \frac{(1053,21\text{g})}{1483,21\text{g}} * 100 = 71,01\%$$

ANEXO 12. Balance de materia para proceso de cocción de carne de hamburguesa

$$\text{Pérdidas por cocción} = \frac{(60,8\text{g} - 55,3\text{g})}{60,8\text{g}} * 100 = 9,04\% \quad \mathbf{100\% \text{ almidón de papa}}$$

$$\text{Pérdidas por cocción} = \frac{(60,3\text{g} - 56,6\text{g})}{60,3\text{g}} * 100 = 6,13\% \quad \mathbf{25\% \text{ almidón de cubio modificado 75\% almidón de papa}}$$

$$\text{Pérdidas por cocción} = \frac{(60,7\text{g} - 57,1\text{g})}{60,7\text{g}} * 100 = 5,93\% \quad \mathbf{50\% \text{ almidón de cubio modificado 50\% almidón de papa}}$$

$$\text{Pérdidas por cocción} = \frac{(60,9\text{g} - 59,2\text{g})}{60,9\text{g}} * 100 = 2,97\% \quad \mathbf{75\% \text{ almidón de cubio modificado 25\% almidón de papa}}$$

$$\% \text{ Rendimiento por cocción} = \frac{(55,3\text{g})}{(60,8\text{g})} * 100 = 91\% \quad \mathbf{100\% \text{ almidón papa}}$$

$$\% \text{ Rendimiento por cocción} = \frac{(56,6\text{g})}{(60,3\text{g})} * 100 = 93,86\% \quad \mathbf{25\% \text{ almidón de cubio modificado 75\% almidón de papa}}$$

$$\% \text{ Rendimiento por cocción} = \frac{(57,1\text{g})}{(60,7\text{g})} * 100 = 94,06\% \quad \mathbf{50\% \text{ almidón de cubio modificado 50\% almidón de papa}}$$

$$\% \text{ Rendimiento por cocción} = \frac{(59,2\text{g})}{(60,9\text{g})} * 100 = 97,20\% \quad \mathbf{75\% \text{ almidón de cubio modificado 25\% almidón de papa}}$$

ANEXO 13. Resultados colorimetría a las diferentes formulaciones

Tratamiento	Formulación	L*			a*			b*		
0	0	40.90	39.53	41.72	12.26	17.28	14,5	12,38	13,9	10,11
1	25	42.73	40.32	40.31	15,26	18,2	15,26	10,98	11,23	11,64
2	50	48.06	45.29	44.49	11,29	12,28	11,29	16,47	19,17	18,37
3	75	49.76	48.40	48.51	9,88	11,27	9,88	15,76	17,47	19,72

ANEXO 14. Formato de análisis sensorial de la prueba de aceptación

FECHA _____ N° PANELISTA _____

Para cada muestra, luego de su primera impresión, responda cuanto le agrada o desagrada el producto, evalúe las muestras de 1 a 9 donde:

- 9. Me gusta extremadamente
- 8. Me gusta mucho
- 7. Me gusta moderadamente
- 6. Me gusta levemente
- 5. No me gusta ni me disgusta
- 4. Me gusta levemente
- 3. Me disgusta moderadamente
- 2. Me disgusta mucho
- 1. Me disgusta extremadamente

MUESTRA	SABOR	OLOR	TEXTURA	COLOR	IMPRESIÓN GLOBAL
XXX					
XXX					

ANEXO 15. Resultados evaluación sensorial

PANELISTA	MUESTRA	SABOR	OLOR	TEXTURA	COLOR	I. GLOBAL	MUESTRA	SABOR	OLOR	TEXTURA	COLOR	I. GLOBAL
1	1614	3	5	3	3	3	1809	7	8	8	6	8
	1614	6	5	4	7	3	1809	3	3	5	6	3
2	1614	3	3	5	5	3	1809	4	5	5	5	3
	1614	4	3	3	2	3	1809	5	3	3	3	3
3	1614	7	5	3	4	3	1809	3	4	3	4	3
	1614	5	5	4	3	3	1809	2	3	7	5	3
	1614	5	3	5	5	4	1809	4	5	4	4	4
4	1614	5	4	3	5	4	1809	4	4	3	4	4
	1614	3	2	4	5	4	1809	5	5	3	4	4
	1614	4	4	8	4	4	1809	5	5	3	4	4
5	1614	4	4	4	4	4	1809	5	3	5	6	5
	1614	5	2	5	8	5	1809	5	6	8	8	5
	1614	5	7	6	8	5	1809	4	5	4	5	5
7	1614	5	5	4	6	5	1809	6	3	7	5	5
	1614	4	4	7	6	5	1809	7	6	7	7	5
8	1614	6	3	5	5	5	1809	3	7	2	6	5
	1614	6	5	6	4	5	1809	4	5	6	8	5
9	1614	4	3	4	7	5	1809	4	5	3	7	5
	1614	6	3	5	3	5	1809	4	6	5	5	5
10	1614	7	3	7	4	5	1809	7	5	5	3	5
	1614	5	6	8	6	5	1809	5	5	4	5	6
11	1614	4	6	6	7	6	1809	6	4	8	3	6
	1614	5	8	6	5	6	1809	7	3	4	7	6
12	1614	6	3	5	6	6	1809	7	3	6	6	6
	1614	5	9	9	9	6	1809	4	6	4	8	6
13	1614	4	8	8	9	6	1809	6	5	5	5	6
	1614	7	5	5	5	6	1809	6	3	6	5	6
14	1614	3	2	4	2	6	1809	2	7	5	5	6
	1614	4	5	6	4	6	1809	6	8	8	7	6
15	1614	3	4	7	7	6	1809	6	4	3	5	6
	1614	4	5	7	5	6	1809	5	7	5	7	7
17	1614	6	7	7	7	7	1809	4	6	7	6	7
	1614	6	8	8	9	7	1809	3	5	7	7	7
18	1614	6	7	7	7	7	1809	8	8	5	8	7
	1614	7	3	8	3	7	1809	8	3	8	5	7
19	1614	4	5	4	8	7	1809	8	7	8	8	7
	1614	7	7	6	6	7	1809	4	4	4	4	7
20	1614	8	6	9	7	7	1809	6	6	8	8	7
	1614	5	7	8	8	7	1809	9	8	7	7	7
21	1614	7	6	8	8	7	1809	8	7	4	4	7
	1614	6	6	8	8	7	1809	7	7	7	4	7
22	1614	7	8	7	7	7	1809	7	4	8	8	7
	1614	7	6	5	5	7	1809	8	7	5	6	7
	1614	5	7	6	9	7	1809	7	6	6	5	7
23	1614	7	7	8	9	7	1809	7	9	9	6	7
	1614	7	6	6	6	7	1809	7	6	8	7	7
24	1614	7	8	6	7	7	1809	6	7	8	7	7
	1614	7	7	6	7	7	1809	8	7	8	7	7
25	1614	7	7	8	7	7	1809	6	1	1	8	7
	1614	8	8	8	8	8	1809	7	7	6	6	7
26	1614	7	6	7	6	8	1809	7	7	8	9	8
	1614	7	7	8	8	8	1809	8	6	7	7	8
27	1614	3	7	7	6	8	1809	8	7	7	6	8
	1614	9	7	7	8	8	1809	7	3	5	7	8
28	1614	8	7	7	7	8	1809	8	7	5	7	8
	1614	6	3	8	8	8	1809	7	6	9	9	8
29	1614	6	7	5	7	8	1809	8	7	6	7	8
	1614	8	6	7	7	8	1809	8	7	5	7	8
30	1614	8	6	7	7	8	1809	7	9	7	9	8
	1614	7	8	8	8	8	1809	8	7	8	8	8
31	1614	8	9	8	5	8	1809	9	7	9	8	8
	1614	7	7	8	8	8	1809	8	8	8	8	8
32	1614	8	3	8	8	8	1809	3	2	6	7	8
	1614	9	7	8	9	8	1809	8	8	8	8	8
33	1614	9	8	8	9	8	1809	8	7	7	9	8
	1614	8	7	7	8	8	1809	8	7	8	8	8
34	1614	8	7	8	9	8	1809	8	6	7	7	8
	1614	8	8	8	8	8	1809	8	7	9	9	8
	1614	6	8	9	9	8	1809	8	9	8	9	8
35	1614	9	8	7	5	8	1809	9	7	8	7	8
	1614	8	5	5	8	8	1809	9	6	8	7	8
36	1614	8	9	9	6	9	1809	7	8	8	7	8
	1614	8	8	9	9	9	1809	5	8	9	9	8
37	1614	8	9	7	9	9	1809	9	6	6	4	9
	1614	8	7	8	8	9	1809	3	6	9	9	9
38	1614	5	7	6	7	9	1809	6	7	8	7	9
	1614	9	9	9	9	9	1809	6	7	5	8	9
39	1614	9	4	8	8	9	1809	7	6	7	8	9
	1614	8	8	4	8	9	1809	6	7	9	9	9
40	1614	8	9	8	8	9	1809	9	8	9	8	9