



UNIVERSIDAD
SAN IGNACIO
DE LOYOLA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Agroindustrial y Agronegocios

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE GELATINIZACIÓN EN EL CONTENIDO DE ALMIDÓN RESISTENTE EN LA HARINA DE TRES VARIEDADES (AMARILLA, ROJA Y NEGRA) DE MACA (*LEPIDIUM MEYENII*)

**Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial y
Agronegocios**

VICTOR ALONSO ROMERO EYZAGUIRRE

LUIS MANUEL VILLENA ASALDE

Asesor:
Fausto Humberto Cisneros Zevallos

**Lima – Perú
2019**

2018

JURADO DE LA SUSTENTACIÓN ORAL

.....
Presidente

.....
Jurado 1

.....
Jurado 2

Entregado el 16 de abril de 2018

Aprobado por:

.....
Graduando 1

.....
Graduando 2

.....
Asesor de Tesis:

UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA
FACULTAD DE INGENIERIA

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Victor Alonso Romero Eyzaguirre, identificado con DNI N° 72816379 Bachiller del Programa Académico de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial y Agronegocios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad San Ignacio de Loyola, presentamos nuestra tesis titulada: “Evaluación del efecto de gelatinización en el contenido de almidón resistente en la harina de tres variedades (Amarilla, roja y negra) de maca (*Lepidium meyenii*)”.

Declaro en honor a la verdad, que el trabajo de tesis es de nuestra autoría; que los datos, los resultados y su análisis e interpretación, constituyen nuestro aporte. Todas las referencias han sido debidamente consultadas y reconocidas en la investigación.

En tal sentido, asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad u ocultamiento de la información aportada. Por todas las afirmaciones, ratificamos lo expresado, a través de nuestras firmas correspondientes.

Lima, diciembre de 2018

.....
Victor Alonso Romero Eyzaguirre
DNI: 72816379

UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA
FACULTAD DE INGENIERIA

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Luis Manuel Villena Asalde, identificado con DNI N° 72927083 Bachiller del Programa Académico de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial y Agronegocios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad San Ignacio de Loyola, presentamos nuestra tesis titulada: “Evaluación del efecto de gelatinización en el contenido de almidón resistente en la harina de tres variedades (Amarilla, roja y negra) de maca (*Lepidium meyenii*)”.

Declaro en honor a la verdad, que el trabajo de tesis es de nuestra autoría; que los datos, los resultados y su análisis e interpretación, constituyen nuestro aporte. Todas las referencias han sido debidamente consultadas y reconocidas en la investigación.

En tal sentido, asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad u ocultamiento de la información aportada. Por todas las afirmaciones, ratificamos lo expresado, a través de nuestras firmas correspondientes.

Lima, diciembre de 2018

.....
Luis Manuel Villena Asalde
DNI: 72927083

EPÍGRAFE

“Somewhere,
Something incredible,
Is waiting to be known.”

- Carl Sagan

INDICE

INDICE DE TABLAS	
INDICE DE FIGURAS	
INDICE DE ANEXOS	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	1
PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	3
IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMA	3
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
PROBLEMA GENERAL	3
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	3
MARCO REFERENCIAL	4
ANTECEDENTES	4
MARCO TEORICO	6
GENERALIDADES DE LA MACA	6
HISTORIA DE LA MACA	6
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	6
ASPECTOS BOTÁNICOS	7
CLASIFICACIÓN BOTÁNICA	7
DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA	7
VARIEDADES O ECOTIPOS	8
CULTIVO Y COSECHA	9
USOS	9
PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN	10
FIBRA	11

ALMIDÓN RESISTENTE	12
ALMDÓN Y GELATINIZACIÓN	14
OBJETIVOS	16
OBJETIVO GENERAL	16
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
JUSTIFICACIÓN	16
HIPOTESIS	17
HIPOTESIS GENERAL	17
HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	17
MATRIZ DE CONSISTENCIA	17
MARCO METODOLÓGICO	18
MATERIALES Y MÉTODOS	18
METODOLOGÍA	18
LUGAR DE EJECUCIÓN	18
MATERIA PRIMA E INSUMOS	18
MATERIALES	18
EQUIPOS	19
MATERIALES DE VIDRIO	19
REACTIVOS	20
MÉTODOS	20
PROCEDIMIENTOS DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	21
OBTENCIÓN DE MUESTRA FINAL	21
MOLIENDA DE LA MACA	21
GELATINIZACIÓN DE LA MUESTRA	22
VARIABLES	23
VARIABLES INDEPENDIENTES	23
VARIABLES DEPENDIENTES	23
PROCEDIMIENTOS Y MÉTODOS DE ANÁLISIS	25

RESULTADOS	31
DISCUSIÓN	34
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	60
BIBLIOGRAFIA	61
ANEXOS	63

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de almidón resistente	13
Tabla 2. Variables para la evaluación de la gelatinización del almidón de la maca deshidratada	24
Tabla 3. Resultados Almidón Resistente	31
Tabla 4. Resultados Almidón Soluble	32
Tabla 5. Resultados Almidón Total	33
Tabla 6. Resultados de almidón total obtenidos sin gelatinización	34
Tabla 7. Resultados de almidón total obtenidos a 120 °C	35
Tabla 8. Resultados de almidón total obtenidos a 100 °C	35
Tabla 9. Resultados de almidón total obtenidos a 70 °C	36
Tabla 10. Resultados de almidón total	36
Tabla 11. Resultados de obtención de almidón resistente gelatinizando por 15 minutos	39
Tabla 12. Resultados de almidón resistente por cada tipo de maca a 30 minutos	41
Tabla 13. Resultados de almidón resistente por cada tipo de maca a 60 minutos	43
Tabla 14. Resultados de almidón resistente obtenidos con la gelatinización a 120 °C	45
Tabla 15. Resultados de almidón resistente obtenidos con la gelatinización a 100 °C	47
Tabla 16. Resultados de almidón resistente obtenidos con la gelatinización a 70 °C	49
Tabla 17. Resultados de almidón resistente obtenidos en la maca amarilla organizados por temperatura	51
Tabla 18. Resultados de almidón resistente obtenidos en la maca negra organizados por temperatura	53
Tabla 19. Resultados de almidón resistente obtenidos en la maca roja organizados por temperatura	55
Tabla 20. Proporción de almidón resistente	57
Tabla 21. Tratamiento de maca roja por 60 minutos	64
Tabla 22. Tratamiento de maca roja por 30 minutos	64
Tabla 23. Tratamiento de maca roja por 15 minutos	65
Tabla 24. Tratamiento de maca amarilla por 60 minutos	65

Tabla 25. Tratamiento de maca amarilla por 30 minutos	65
Tabla 26. Tratamiento de maca amarilla por 15 minutos	65
Tabla 27. Tratamiento de maca negra por 60 minutos	65
Tabla 28. Tratamiento de maca negra por 30 minutos	66
Tabla 29. Tratamiento de maca negra por 15 minutos	66
Tabla 30. Tratamiento de maca roja por 60 minutos	66
Tabla 31. Tratamiento de maca roja por 30 minutos	66
Tabla 32. Tratamiento de maca roja por 15 minutos	67
Tabla 33. Tratamiento de maca amarilla por 60 minutos	67
Tabla 34. Tratamiento de maca amarilla por 30 minutos	67
Tabla 35. Tratamiento de maca amarilla por 15 minutos	67
Tabla 36. Tratamiento de maca negra por 60 minutos	68
Tabla 37. Tratamiento de maca negra por 30 minutos	68
Tabla 38. Tratamiento de maca negra por 15 minutos	68
Tabla 39. Tratamiento de maca roja a 120 °C	68
Tabla 40. Tratamiento de maca roja a 100 °C	69
Tabla 41. Tratamiento de maca roja a 70 °C	69
Tabla 42. Tratamiento de maca amarilla a 120°C	69
Tabla 43. Tratamiento de maca amarilla a 100°C	69
Tabla 44. Tratamiento de maca amarilla a 70°C	69
Tabla 45. Tratamiento de maca negra a 120°C	70
Tabla 46. Tratamiento de maca negra a 100°C	70
Tabla 47. Tratamiento de maca negra a 70°C	70
Tabla 48. Tratamiento de maca roja a 120 °C	71
Tabla 49. Tratamiento de maca roja a 100 °C	71
Tabla 50. Tratamiento de maca roja a 70 °C	71
Tabla 51. Tratamiento de maca amarilla a 120°C	71
Tabla 52. Tratamiento de maca amarilla a 100°C	72
Tabla 53. Tratamiento de maca amarilla a 70°C	72
Tabla 54. Tratamiento de maca negra a 120°C	72
Tabla 55. Tratamiento de maca negra a 100°C	72
Tabla 56. Tratamiento de maca negra a 70°C	73
Tabla 57. Tratamiento por 60 minutos a 120°C	73

Tabla 58. Tratamiento por 60 minutos a 100°C	73
Tabla 59. Tratamiento por 60 minutos a 70°C	73
Tabla 60. Tratamiento por 30 minutos a 120°C	74
Tabla 61. Tratamiento por 30 minutos a 100°C	74
Tabla 62. Tratamiento por 30 minutos a 70°C	74
Tabla 63. Tratamiento por 15 minutos a 120°C	74
Tabla 64. Tratamiento por 15 minutos a 100°C	74
Tabla 65. Tratamiento por 15 minutos a 70°C	75
Tabla 66. Sin tratamiento	75
Tabla 67. Almidón total a muestra sin tratamiento	75
Tabla 68. Almidón total con un tratamiento de 120°C	75
Tabla 69. Almidón total con un tratamiento de 100°C	76
Tabla 70. Almidón total con un tratamiento de 70°C	76
Tabla 71. Almidón total a todas las temperaturas y todos los tiempos	76

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Maca (<i>Lepidium meyenii</i>) planta completa	8
Figuras 2 y 3. Variedades de maca (<i>Lepidium meyenii</i>)	9
Figura 4. Gráfico de los principales mercados destino de la maca	11
Figura 5. Clasificación de la fibra dietética, por M-A Ha (2000).	14

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Tratamiento de gelatinización por 15 minutos en 3 variedades de maca a 3 distintas temperaturas	33
Gráfico 2. Tratamiento de gelatinización por 30 minutos en 3 variedades de maca a 3 distintas temperaturas	35
Gráfico 3. Tratamiento de gelatinización por 60 minutos en 3 variedades de maca a 3 distintas temperaturas	36
Gráfico 4. Tratamiento de gelatinización en 3 variedades de maca a 120 °C por 3 tiempos distintos	37
Gráfico 5. Tratamiento de gelatinización en 3 variedades de maca a 100 °C por 3 tiempos distintos	38
Gráfico 6. Tratamiento de gelatinización en 3 variedades de maca a 70 °C por 3 tiempos distintos	40
Gráfico 7. Tratamiento de gelatinización en la variedad de maca roja a 3 temperaturas distintas por 3 tiempos distintos	41
Gráfico 8. Tratamiento de gelatinización en la variedad de maca amarilla a 3 temperaturas distintas por 3 tiempos distintos	43
Gráfico 9. Tratamiento de gelatinización en la variedad de maca negra a 3 temperaturas distintas por 3 tiempos distintos	45

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia	52
Anexo 2. Análisis de varianza y prueba de Duncan	53

Dedicatoria

La presente tesis es dedicada a nuestras familias, quienes nos brindaron su apoyo de manera incondicional durante esta etapa crucial en nuestro desarrollo profesional.

RESUMEN

En la presente investigación se estudió el efecto hidrotérmico sobre la formación de almidón resistente (AR) en harinas de tres (03) ecotipos de maca; roja, negra y amarilla.

Se trabajaron con tres niveles de temperatura (70°, 100° y 120°C) así como con tres niveles de tiempo (15, 30 y 60 min). Se aplicó el método AOAC 2002.02, método oficial para la determinación de almidón resistente. Las condiciones de gelatinización que generaron un mayor contenido de AR correspondieron a la temperatura de 120 °C para las variedades estudiadas.

Para el ecotipo amarillo las 3 cantidades obtenidas fueron 1.18, 0.75 y 1.03 %, para 60, 30 y 15 minutos respectivamente a 120 °C. Para el ecotipo negro las 3 cantidades obtenidas fueron 1.06, 1.17 y 1.09 %, para 60, 30 y 15 minutos respectivamente a 120 °C. Para el ecotipo amarillo las 3 cantidades obtenidas fueron 1.15, 0.71 y 1.09 %, para 60, 30 y 15 minutos respectivamente a 120 °C.

Las cantidades máximas obtenidas de AR son significativamente mayores a las cantidades originales presentes en la maca que no ha pasado por un tratamiento de temperatura, como la cocción. Dichas cantidades resultaron 0.28 % para la maca amarilla, 0.57 % para la variedad negra y 0.58 % para la variedad roja.

En base a los resultados obtenidos se pudo concluir que la temperatura que produjo un mayor desarrollo de almidón resistente, en el tratamiento hidrotérmico de las harinas de las tres variedades de maca fue la de 120 °C. El tiempo no influyó significativamente en los resultados

ABSTRACT

In this investigation was studied the hydrothermal effect on the formation of resistant starch (RS) in three (03) maca ecotypes; red, black and yellow.

The procedure included working with three temperature levels (70°, 100° y 120°C) so with three levels of time (15, 30 y 60 min). The AOAC 2002.02 method was applied, official method for determination of resistant starch. The gelatinization conditions that produced a bigger amount of resistant starch where those processed at 120 °C for the studies varieties.

For the yellow variety those three amounts were 1.18, 0.75 and 1.03 %, for 60, 30 and 15 minutes respectively at 120 °C. For the black variety those three amounts were 1.06, 1.17 y 1.09 % for 60, 30 and 15 minutes respectively at 120 °C. For the red variety those three amounts were 1.15, 0.71 y 1.09 % for 60, 30 and 15 minutes respectively at 120 °C.

The maximum amounts of RS obtained where significantly higher than the original quantities present in the maca that has not undergone a temperature treatment, like cooking. Those original amounts of RS in maca where: 0.28 % for yellow maca, 0.57 % for black maca and 0.58 % for red maca.

Based on the results obtained, it was concluded that the most optimal temperature for a greater development of resistant starch is heating at 120 ° C. Time was not significantly influenced in the results.

INTRODUCCIÓN

La maca es una raíz poco conocida y que se cultiva en áreas restringidas a alturas superiores a los 4000 msnm en la sierra central del Perú, en la zona agroecológica Puna de los departamentos de Junín y Pasco (Rea, 1992).

Su nombre científico es *Lepidium meyenii Walp.* La maca es usada en los Andes tanto en la alimentación como en la medicina. En ambos casos tiene un alto valor nutritivo, pues contiene proteínas, azúcares, ácidos grasos, vitaminas, taninos, almidón, fibras y minerales. Se le conoce también por su capacidad de regular el sistema reproductivo del hombre y de la mujer, y su consumo es efectivo para tratar la infertilidad. Además, tiene un alto contenido de yodo que evita enfermedades como el bocio (Soluciones Prácticas-ITDG, 2011).

Comentado [CCAEPI]: Además,

El Perú destaca como el primer exportador mundial de maca. Las ventas de maca fresca al exterior en el año 2015, registraron un volumen de 763 toneladas valorizadas en más de US\$ 6.6 millones que significaron un incremento de 44% con respecto al año 2014. Los principales mercados de exportación de maca fresca durante dicho año fueron Hong Kong, que concentró el 79% del total exportado, seguido por China que abarcó el 11% y Vietnam, que representó un 4%. Estos tres países explicaron el 93% del total de maca fresca exportada desde nuestro país (Ministerio de Agricultura y Riego-MINAGRI, 2016).

El Ministerio de Agricultura y Riego señaló que actualmente son 8,000 hectáreas de maca las que se cultiva en territorio nacional, y más de 10 mil productores se dedican a su cultivo. Actualmente nuestro país produce más de 50 mil toneladas de maca de las cuales el 95% es consumido por los peruanos y 2,600 toneladas se destinan al mercado internacional, siendo China y Estados Unidos nuestros principales compradores.

Se está poniendo en práctica un programa de fomento de consumo de la maca a nivel nacional, y se está realizando de la mano de entidades como PROMPERÚ, ADEX y el Ministerio de Comercio Exterior. Recientemente se ha lanzado en Alemania la campaña de los “Superfoods o Super Alimentos”, de entre los cuales destaca la maca, como uno de los

productos peruanos estrella que quieren promocionar. (Ministerio de Agricultura y Riego-MINAGRI, 2017).

La maca se comercializa en forma seca y en harina. Su sabor es fuerte, algo dulce y a veces ligeramente amargo. Por lo general, resulta poco atrayente para las personas que no están acostumbradas y se recomienda comenzar con pequeñas cantidades de maca, mezcladas a otros alimentos de sabor fuerte. La harina de maca se puede añadir y ser consumida en diversas preparaciones: mazamorras, galletas, panes integrales, caramelos, turrones y otros (Tapia & Fries, 2007).

Los alimentos preparados con procesos térmicos pueden contener cantidades significativas de almidón resistente (AR), el cual tiene la capacidad de resistir prolongados tiempos de incubación con α -amilasa y otras enzimas amilolíticas. La generación de AR tiene una importante implicancia en la determinación de la fibra dietética (FD) y posiblemente, también para la fisiología del intestino humano. Se conoce que el 30% del total aparente de la Fibra Dietética de los panes blancos es almidón resistente. El almidón resistente es producto del almidón procesado y que es capaz de resistir la digestión de enzimas amilolíticas. Las propiedades *in vitro* del Almidón Resistente sugieren que puede comportarse *in vivo* con la misma efectividad que la Fibra Dietética (C.S. Berry, 1986).

Hoy en día, se observa una clara preocupación en nuestra sociedad por la posible relación entre el estado de salud personal y la alimentación que se recibe. Incluso se acepta sin protesta que la salud es un bien preferentemente controlable a través de la alimentación, por lo que se detecta en el mercado alimentario marcada preferencia por aquellos alimentos que se anuncian como beneficiosos para la salud. Las técnicas de investigación en el campo de la epidemiología y la dietética permiten establecer ciertas relaciones entre los estilos de vida y los hábitos alimentarios, a la vez que es posible destacar la incidencia de algunas enfermedades en la mortalidad de la sociedad occidental. Algunos trabajos científicos han puesto de relieve que ciertos ingredientes naturales de los alimentos proporcionan beneficios y resultan extraordinariamente útiles para la prevención de enfermedades e incluso para su tratamiento terapéutico (Silveira, Monereo & Molina, 2003).

Debido a que la maca es un alimento de alta producción y consumo arraigado en nuestro país en sus distintas presentaciones, pero siempre bajo cocción; y considerando que es un cultivo mayormente conocido solo gracias a su capacidad energizante y de regular el sistema reproductivo y mejorar la fertilidad; se considera de gran importancia investigar y analizar otras propiedades de los componentes del alimento, como lo pueden ser los carbohidratos y el aporte de almidón resistente a manera de fibra dietética, ya que existe hoy en día una tendencia por el consumo de alimentos funcionales, que a su vez genera una demanda en el mercado que debe satisfacer la industria.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Identificación del problema

El almidón resistente presente en la maca no es aprovechado en la industria alimentaria.

Formulación del problema

Problema general

¿Existe alguna manera de obtener el almidón resistente de la maca para ser aprovechado en la industria alimentaria?

Problema específico

¿Cuál es el método óptimo de obtención de almidones resistentes en la maca y sus variables (temperatura, tiempo y variedad de maca)?

MARCO REFERENCIAL

Antecedentes

Los glucosinolatos se reportaron previamente como constituyentes fisiológicamente importantes presentes en la maca (*Lepidium meyenii*) peruana y vinculados a varias funciones terapéuticas según los colores hipocotilos de maca peruana.

En dos pruebas separadas, tres colores de hipocotilos de maca "Negro", "Rojo" y "Amarillo" (denominados "fenotipos"), fueron seleccionados de cultivos mixtos de Maca peruana para estudios de laboratorio como frescos y posteriormente secados. Se cultivaron fenotipos de Maca individuales en las tierras altas de los Andes peruanos a 4,200 m.s.n.m. (Junín y Ninacaca). Niveles de glucosinolato, perfiles cromatográficos de HPLC y variabilidad del ADN en los fenotipos de Maca investigados. Los perfiles genotípicos fueron determinados por el ISSR -PCR y Técnicas de RAPD. En comparación con los fenotipos Negro y Rojo, el fenotipo Amarillo contenía Glucosinolatos en niveles mucho más bajos frente a los estándares de glucotropaeolina y m-metoxi-glucotropaeolina, y mostraron diferentes Reacciones RAPD e ISSR-PCR. El fenotipo de maca roja mostró las mayores concentraciones de glucosinolatos en comparación con la maca Negra y Amarilla.

Parece que el sistema tradicional utilizado por los nativos de las tierras altas andinas del Perú para preparar la maca como plato de verduras (hirviendo maca seca después de remojarla en agua), para complementar sus comidas diarias, es eficaz como método de laboratorio para extraer glucosinolatos, que se consideran una de los constituyentes bioactivos clave responsables de las funciones terapéuticas de los fenotipos de maca peruana.

Es razonable suponer que las técnicas de HPLC y ADN combinadas, o por separado, pueden ayudar a la identificación y las "huellas digitales" que identifican los fenotipos individuales de Maca peruanos, lo que confirma la Autenticidad de los productos comercializables de Maca. Las suposiciones anteriores justifican pruebas de laboratorio adicionales. (Meissner et al, 2015)

Comentado [CCAEPI]: Doble espacio después de punto aparte.
Revisar esto en toda la tesis

Comentado [CCAEPIII]: No hay ilación

Comentado [CCAEPIV]: Redactar mejor

Los alimentos procesados por calor pueden contener cantidades apreciables de almidón resistente (AR) que tiene la capacidad de sobrevivir a la incubación prolongada con α -amilasa y otros enzimas amilolíticas. La aparición de AR tiene implicaciones importantes para la determinación de la fibra dietética (FD) y, posiblemente, también para fisiología del intestino humano. Estudios utilizando almidones de cereal y los almidones de papa han identificado tres factores clave que influyen en los rendimientos de RS después del procesamiento térmico, son, contenido de amilosa, temperatura de procesamiento y contenido de agua. Los mayores rendimientos de AR (20-34% del peso seco total) se obtuvieron de amylo maize almidones, ya sean crudos o procesados, y de almidones de amilopectina (32-46% AR) después de incubación con una- (1 ~ 6) enzima ramificadora (pullulanase) seguida de procesamiento térmico.

Por otro lado, los rendimientos más bajos de RS (0,2-4,2%) se obtuvieron de Almidones intactos de amilopectina (no desramada), con o sin procesamiento térmico. Rendimientos de RS de almidón de trigo se vieron afectados principalmente por la temperatura de procesamiento, alcanzando niveles de aproximadamente el 9% en un solo ciclo de autoclave a 134 °C con exceso de agua y enfriamiento posterior (niveles de menos de 1% en almidón de trigo crudo) y mayores niveles fijos (alrededor del 15%) después de cinco ciclos repetidos de autoclave y enfriamiento. Un similar aumento en los rendimientos de RS se observó en suspensiones de almidón diluidas (1%) que fueron sometidas a ciclos repetidos de calentamiento a 100 °C, seguido de enfriamiento y almacenamiento. El tiempo de almacenamiento después de la gelatinización solo fue importante en estos sistemas diluidos: los niveles de RS en geles concentrados de almidón recién preparados (típicamente 57-67% H₂O) o en pan blanco no se alteró significativamente en el almacenamiento. (Berry, 1986)

MARCO TEÓRICO

Generalidades de la maca

Historia de la Maca

La maca (*Lepidium meyenii*) es una planta peruana de la familia Brassicaceae que se cultiva desde hace más de 2000 años, que crece exclusivamente en los Andes centrales entre 4000 y 4500 m de altitud. La maca se utiliza como complemento alimenticio y también por sus propiedades medicinales descritas tradicionalmente. Desde los años 90 del siglo XX, se ha observado un creciente interés en los productos de maca en muchas partes del mundo.

La evidencia científica experimental mostró que la maca tiene propiedades nutricionales, energizantes y mejoradoras de la fertilidad, y actúa sobre disfunciones sexuales, osteoporosis, Hiperplasia prostática benigna, memoria y aprendizaje, y protege la piel contra la radiación ultravioleta. (G. F. Gonzales et al, 2014).

Distribución Geográfica

Es una especie con área de distribución muy restringida en la zona agroecológica de Puna, sobre los 4 000 msnm en los departamentos de Junín y Pasco, de Perú, aunque existen versiones no comprobadas de que en el pasado su distribución hubiera sido mayor en los Andes centrales, alcanzando su cultivo hasta el sur, en Puno.

La maca es una de las especies que mejor tolera el frío, pudiendo soportar temperaturas debajo de 0° C (Tapia et al, 2007).

Aspectos botánicos

Clasificación botánica

Nombre botánico: *Lepidium meyenii Walp.*

Orden: Brassicales

Familia: Brasicáceae (Crucíferas).

Nombre común: maca (Perú)

(REA, J., 1992)

Descripción de la planta

Es pequeña y achatada. Su raíz tuberosa se parece al rabanito y su color es amarillo, o morado, o amarillo con bandas moradas. Esta planta posee de doce a veinte hojas enteras y dentadas que descansan cerca del suelo. Esta roseta es ligeramente circular, y se forma desde el tallo y del eje central del fruto. Cuando sus hojas exteriores mueren, hay una constante formación de nuevas hojas desde el centro de la roseta.

Plantas herbáceas perennes, de 12-20 cm. Raíces suculentas. Tallos cortos y decumbentes. Hojas rosuladas, pinnatipartidas, renovándose continuamente desde el centro de la roseta. Racimos paucifloros. Frutos en silículas, de 4-5mm, dehiscentes con dos valvas aquilladas conteniendo una semilla cada una. Semillas ovoides de 2-2,5 mm, pardo-rojizas.

El blanco-gris de sus flores autofecundas se eleva de un tallo central. Son típicamente parte de la familia de la mostaza. Sus semillas ovoides tienen aproximadamente 2mm de longitud. La parte comestible de la planta es el tubérculo, porción de la planta en la que la raíz se une al tallo. Estas “raíces” abultadas semejan peras invertidas tanto en tamaño (arriba de los 8 cm de diámetro), como en forma.

Los hipocótilos, que son la parte comestible de la planta, varían entre 2 y 5 cm de tamaño y pueden ser de colores blancos o amarillos, blancos rojizos, blanco-amarillos, blanco-morado, plomo claro, morado-plomo o amarillo-plomo. (MINAGRI, 2011).



Figura 1. Maca (*Lepidium meyenii*) planta completa.

Variedades o Ecotipos

En el cultivo de la maca no se puede hablar aún de variedades como en el caso de la papa, por ejemplo. En la zona de cultivo se diferencian por lo menos ocho tipos de maca según la coloración de la planta y el hipocotilo.

Blanco: Yuraj

Crema: Ccello

Rojo: Puka

Morado: Milagro

Negro: Yana

Plomo: Ogu

Crema con morado: Muru crema

Blanco con morado: Muru blanco

(REA, J., 1992; Soluciones Prácticas-ITDG, 2011)



Figuras 2 y 3. Variedades de maca (*Lepidium meyenii*)

Cultivo y cosecha

El periodo de la producción de la maca dura dos años y requiere de dos campañas agrícolas. El primer año que viene hacer el ciclo vegetativo o producción de raíz hipocotilo. El segundo año que viene hacer el ciclo reproductivo o producción de semilla botánica.

La siembra es una de las labores de mayor importancia para el éxito de la producción y requiere que se haya realizado una buena preparación del terreno. La siembra tiene las siguientes actividades:

- Prueba de germinación
- Abonamiento o fertilización
- Densidad de la siembra
- Desinfección de la semilla

La cosecha se realiza de 7 a 9 meses después del sembrado, esto en los meses de Junio a Agosto. Se procede a la cosecha cuando la planta está madura, las hojas se ponen amarillas y se secan.

Usos

Hipocotilos frescos:

En el campo o la zona de cosecha, el campesino suele asar los hipocotilos en el campo en forma de huatias (cocido en medio de terrones incandescentes) o en pachamancas (cocido en contacto con piedras calentadas previamente en fuego de leña y cubiertas bajo tierra).

Hipocotilos secos:

Para consumir los hipocotilos secos, se hidratan durante una noche y se sancochan en agua hasta que estén blandos.

Harina de maca:

En la actualidad se está procesando la materia seca como harina, para incluirla en diversos productos, como: jugos, cócteles, mazamorras y mermeladas.

Producción y comercialización

El Ministerio de Agricultura y Riego del Perú (2017), señaló que actualmente son 8,000 hectáreas de maca las que se cultiva en territorio nacional, y más de 10 mil productores se dedican a su cultivo.

Actualmente nuestro país produce más de 50 mil toneladas de maca de las cuales el 95% es consumido por los peruanos y 2,600 toneladas se destinan al mercado internacional, siendo China y Estados Unidos nuestros principales compradores. (Ministerio de Agricultura y Riego – MINAGRI, 2017)

Los principales mercados destino de las exportaciones de maca que realiza el Perú son: Hong Kong, China, Estados Unidos, Taiwán y Francia. Hasta setiembre del 2018 se registra un valor total de exportaciones de 276 073 USD por un total de 107 305 kilogramos de maca.

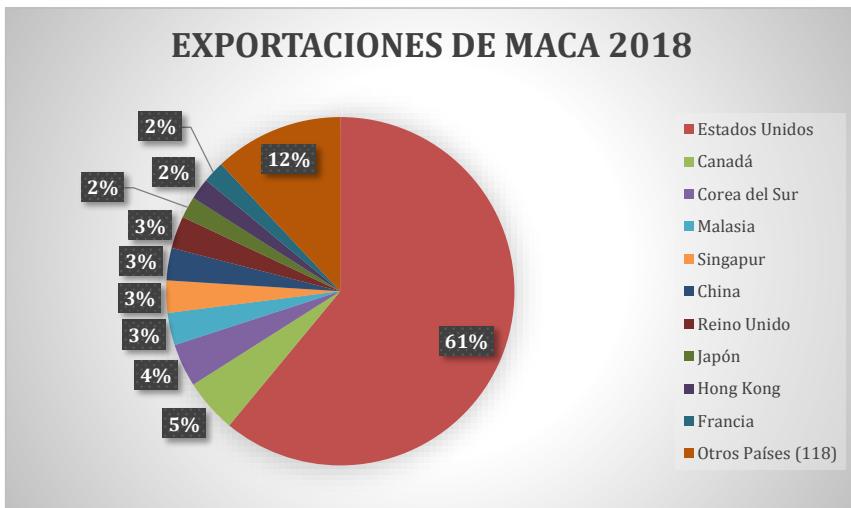


Figura 4. Gráfico de los principales mercados destino de la maca (setiembre 2018).

Fuente: SIICEX

Fibra

Actualmente es complicado llegar a una definición unificada exacta de la fibra, incluso hay autores que han propuesto reemplazar este término. Desde un punto de vista químico, se puede definir como la combinación de lignina y polisacáridos no almidónicos. La definición clásica, incluiría la fracción de los alimentos derivada de la pared celular de las plantas y que resisten la hidrólisis por enzimas humanas digestivas.

Según lo que se conoce actualmente sobre la fermentación colónica y desde una perspectiva nutricional, se entiende el concepto de fibra como aquel término que hace referencia a diversos carbohidratos y la lignina, que resisten la hidrólisis por enzimas digestivas humanas; pero que pueden ser fermentadas por la microflora colónica, y/o excretadas parcialmente en las heces. (Peris et al, 2002.)

Almidón Resistente

También interpretado como fibra dietética. Se le define como la suma del almidón y los productos procedentes de la degradación del almidón que no son digeridos en el intestino delgado de los individuos sanos. Son también fermentados en el colon. Una pequeña porción, sin embargo, escapa incluso de esa degradación y se excreta por las heces.

Todos los tipos de fibra, a excepción de la lignina, pueden ser fermentadas por las bacterias intestinales, aunque en general las solubles lo son en mayor cantidad que las insolubles. La celulosa tiene una capacidad de fermentación entre el 20 y el 80%; la hemicelulosa del 60 al 90%; la fibra guar (goma guar, polisacárido), el almidón resistente y los fructooligosacáridos tienen una capacidad del 100%. El salvado de trigo sólo el 50%. (Escudero Álvarez et al, 2006)

La resistencia del almidón a la digestión está influenciada por la naturaleza de la asociación entre los polímeros de almidón; los almidones con un mayor nivel de amilosa son asociados con procesos de digestión más lentos.

Dos estructuras cristalinas de almidón se han identificado (tipo A y tipo B) que contienen diferentes proporciones de amilopectina. Las del tipo A son encontradas en cereales, mientras que las del tipo B se encuentran en tubérculos y en almidones ricos en amilosa. Un tercer tipo de estructura, tipo C, parece ser una mezcla de A y B, y se encuentra en legumbres (Topping & Clifton 2001). Tanto almidones de tipo B, como de tipo C, parecen ser más resistentes a la digestión junto con almidón de maíz con alto contenido de amilosa produciendo almidón resistente ha sido particularmente útil en la preparación de alimentos (Brown 2004). (Nugent, A. P., 2005).

Tipos de almidón resistente

Descripción de los tipos de almidón resistente, digestión, reducción de resistencia y fuentes de comida

Tabla 1. Tipos de almidón resistente

Tipo de almidón resistente	Descripción	Digestión en intestino delgado	Resistencia reducida por	Fuentes de comida
RS 1	Físicamente inaccesible a la digestión por atrapamiento en una matriz no digestible	Velocidad lenta; grado parcial Totalmente digerido si se mastica correctamente	Moler, masticar	Granos y semillas molidos en su totalidad o en parte, legumbres, pasta.
RS 2	Gránulos resistentes no gelatinizados con cristalinidad de tipo B, hidrolizados lentamente por α -amilasa	Tasa muy lenta; grado reducido Totalmente digerido recién cocinado.	Procesamiento de alimentos y cocción.	Patatas crudas, plátanos verdes, algunas legumbres, almidones ricos en amilosa.
RS 3	Almidón retrógrado formado cuando los alimentos que contienen almidón se cocinan y se enfrián	Ritmo lento; Grado parcial Digestión reversible: digestibilidad mejorada por recalentamiento	Condiciones de procesamiento	Patatas, pan, hojuelas de maíz cocidas y enfriadas, productos alimenticios con tratamiento de calor húmedo prolongado y / o repetido
RS 4	Almidones resistentes modificados químicamente seleccionados e ingredientes alimenticios procesados industrialmente	Selección de almidones resistentes modificados químicamente y alimentos procesados industrialmente.	Menos susceptible a la digestibilidad in vitro	Algunas fibras: bebidas, alimentos en los que se han utilizado almidones modificados (ciertos panes)

RS: almidón resistente (S., & Ritika, 2008).

Clasificación de la fibra dietética

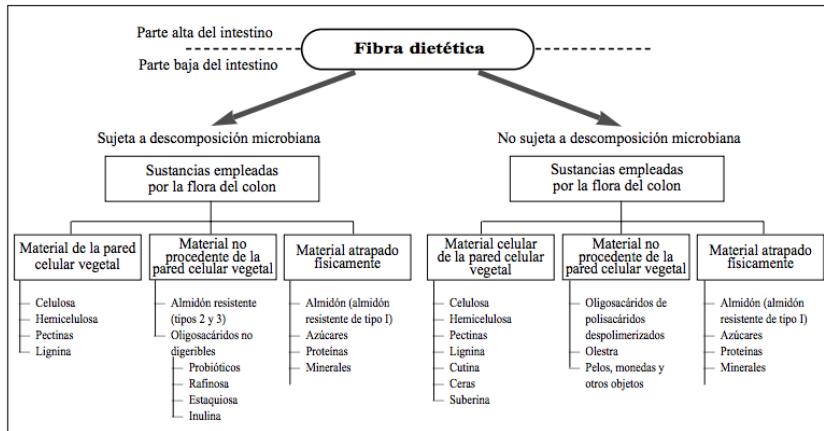


Figura 5. Clasificación de la fibra dietética propuesta por M-A Ha. (2000).

Estructura y composición del almidón

El almidón en comparación con otros carbohidratos, es un compuesto relativamente heterogéneo. Se puede afirmar que el almidón es un carbohidrato altamente polimerizado cuyo monómero está representado por la glucosa. El principal problema de la química del almidón ha sido la determinación de la naturaleza y el número de uniones entre las unidades constituidas por los monómeros, y su distribución en la estructura del almidón.

Desde hace tiempo se tiene conocimiento de que el almidón está conformado por dos componentes principales, los cuales presentan diferentes propiedades. Estas dos partes son denominadas como amilosa y amilopectina. Para ser exactos, cada una de estas partes, a su vez se puede subdividir en partes con propiedades específicas, lo cual dificulta la definición exacta de los dos componentes principales. Además de la amilosa y la amilopectina, la composición del almidón está conformada por muchos otros productos que están presentes en cantidades significativamente menores a la de los dos compuestos principales. Al momento de realizar una hidrólisis de almidón, se pueden identificar residuos diferentes a los carbohidratos

Comentado [CCAEPS]: No hay ilación

en cantidades pequeñas. Estos residuos suelen ser ácidos grasos, iones inorgánicos, lípidos y algunos otros compuestos nitrogenados, probablemente originarios de las proteínas.

Las diferencias entre las dos partes del almidón, amilosa y amilopectina, se podrían explicar según el diferente grado de hidratación, grado de agregación y disposición de las cadenas de monómeros. Otros estudios han llevado a concluir que ambas fracciones poseen una diferente estructura molecular; la amilosa está formada por largas cadenas no ramificadas, a su vez formadas por unidades de glucopiranosa, y la amilopectina, formada por cadenas ramificadas, también compuestas por unidades de glucopiranosa.

Se manejan varias hipótesis para explicar la presencia de los otros compuestos que forman parte de la composición de diferentes almidones, pero se debe mencionar que, casi en su totalidad, estas sustancias o iones presentes, poseen el grupo carboxilo. De esta manera se llega a la presunción que algunos grupos hidroxilo, que son parte de la estructura fundamental del almidón, son esterificados por dichos ácidos.

Hinchamiento, gelatinización y retrogradación

Cuando ocurre una ruptura del gránulo de almidón por medio de agua caliente, se da origen a tres fases distintas para alcanzar la gelatinización. En el transcurso de la primera fase, se origina un leve hinchamiento y la viscosidad de la suspensión no aumenta de manera considerable. El gránulo de almidón aún mantiene su forma y si se le seca, no se observa una gran alteración en él.

Al llegar a sobrepasar los 65°C aproximadamente (la temperatura exacta será definida por la naturaleza del almidón), empieza una segunda fase de hinchaón. En esta, el gránulo crece y aumenta significativamente su volumen, muchas veces en relación con el volumen que tenía originalmente; así mismo la viscosidad aumenta significativamente y el gránulo se desnaturaliza, pierde su estructura original, a la vez que una pequeña porción de su contenido se solubiliza. A temperaturas más elevadas se alcanza la tercera fase. Aquellos fenómenos que toman lugar en la segunda fase ocurren también en la tercera, pero de forma más acentuada.

Una exposición prolongada de la solución al calentamiento, hace que se reduzca su viscosidad.

Soluciones de almidón que ha sido gelatinizado y posteriormente son almacenadas a temperatura ambiente o menores, sufren de un fenómeno de retrogradación; en el cual una fracción del almidón se agrega progresivamente y forma un precipitado cristalino insoluble. En comparación, de los dos componentes del almidón, es la amilosa la cual presenta una mayor tendencia a la retrogradación que la amilopectina. Una solución de amilosa de maíz al 1%, luego de pocos días de almacenamiento presenta el soluto sedimentado en cristales casi en su totalidad; como consecuencia de la retrogradación.

John R.N. Taylor & Kwaku G. Duodu. (2018)

OBJETIVOS

Objetivo general

1. Evaluar el efecto de la gelatinización en la formación de almidón resistente en harina de maca (*Lepidium meyenii*).

Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de la temperatura de gelatinización del almidón de la maca (*Lepidium meyenii*) en la formación de almidón resistente.
2. Evaluar el efecto del tiempo de gelatinización del almidón de la maca en la formación de almidón resistente.
3. Determinar qué variedad de maca contiene y desarrolla un mayor contenido de almidón resistente después de un tratamiento hidrotérmico.

JUSTIFICACIÓN

Justificación

El problema sobre el cual se basa nuestra investigación, es que la fibra dietética promueve efectos benéficos en nuestro organismo; tales como: disminución del colesterol sanguíneo, atenuación de la glucosa sanguínea y disminución del tiempo de tránsito intestinal. Además, tiene importantes usos en la industria, como aplicados en productos de panificación, pastas y productos extruidos gracias a sus características de sabor neutro, alta temperatura de gelatinización y menor retención de agua que otras fibras dietéticas. Es por esto que buscamos determinar el almidón de la maca, y más específicamente del almidón resistente de la maca cruda y de la que ha sido sometida a un tratamiento hidrotérmico. La maca es un alimento oriundo y abundante en nuestro país, con un gran valor nutricional, del cual queremos determinar una nueva propiedad y darle un valor agregado.

Hipótesis

1. La gelatinización del almidón promueve la formación de almidón resistente (fibra dietética) en la harina de maca (*Lepidium meyenii*).

La temperatura de gelatinización influye en la formación de almidón resistente

El tiempo de gelatinización influye en la formación de almidón resistente en la raíz de maca durante la gelatinización

La variedad de la maca influye en la formación de almidón resistente durante la gelatinización

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Ver el anexo 1.

MARCO METODOLÓGICO

Métodos y Materiales

Metodología

Lugar de ejecución

La transformación y acondicionamiento de la muestra se realizó en las instalaciones de la universidad en el campus sede Pachacamac. Los análisis de este experimento se realizaron en los Laboratorios de Química de la Universidad San Ignacio de Loyola en el campus FBT (La Molina).

Materia prima

Los análisis fueron determinados utilizando tres variedades de maca secada al sol: negra, amarilla y roja, obtenidas directamente desde su productor en la meseta del Bombón, distrito de Junín, departamento de Junín

Materiales

Equipos

1. Centrífuga de banco - Capaz de sostener tubos de ensayo de vidrio de 16 x 120 mm, con clasificación de aprox. 3,000 rpm. (KENDRO Modelo LABOFUGE 200)

2. Baño de agua con sacudida en movimiento lineal a 100 revoluciones por minuto en el cuadrante (equivalente a una velocidad de sacudida de 200 golpes / min), una longitud de carrera de 35 mm y 37 ° C. (BRUNSWICK Modelo R-76)

3. Baño de agua - Capaz de mantener 50 +/- 0.1 ° C. (JP SELECTA Modelo 600-140)

4. Mezclador Vórtex SBS (Modelo SBS CE – 2011)

5. Agitador magnético y cincilla SBS (modelo ACS-160)

6. Barras agitadoras magnéticas - 5 x 15 mm. (8 unidades)

7. Medidor de pH. (Potenciómetro) HANNA Modelo HI-2020-01

8. Cronómetro (digital). CASIO

Comentado [CCAEP6]: Tilde

9. Balanza analítica (resolución 0.1 mg) AND modelo GH-200

10. Espectrofotómetro: capaz de operar a 510 nm, preferiblemente equipado con una celda de flujo continuo (10 mm de longitud del camino). (JENWAY Modelo 6305)

11. Pipeteador - capaz de entregar 100 µL; con puntas desechables. BRAND Modelo 17216

13. Tubos de cultivo - tapón de rosca, 16 x 125 mm (15 unidades)

14. Tubos de ensayo de vidrio - 16 x 100 mm, 14 ml de capacidad. (25 unidades)

15. "Caja de almuerzo" de plástico, lo suficientemente grande como para sostener la rejilla del tubo de ensayo y servir como un baño de agua helada.

16. Termómetro - Capaz de leer 37 +/- 0.1 ° C y 50 +/- 0.1 ° C. (2 unidades) marca

17. Molino IKA A1 Basic

19. Soporte para bureta

20. Molino de martillos planta piloto Usil

21. Cutter gastronómico planta piloto Usil

22. Estufa programable (MEMERT UN 160)

Materiales de vidrio

- Placas Petri
- Baguetas
- Fiolas de 100mL, 250 mL, 1L y 2L
- Beakers de 50 mL, 100mL, 250 mL, 500 mL y 1 L
- Probetas de 100 mL y 1 L
- Lunas de reloj
- Tubos de ensayo 16x100mm
- Tubos de ensayo de 13 x100mm
- Pipetas de 1, 2 ,5 y 10 Ml
- Bureta de 25 mL

Reactivos

- Tampón de acetato sódico (100 mM, pH 6,0) más Cloruro de calcio (5 mM) y azida sódica
- Tampón de acetato sódico (1,2 M, pH 3,8).
- Tampón de acetato sódico (100 mM, pH 4,5).
- Hidróxido de potasio (2 M)
- Hipoclorito de sodio (cloro libre) con pH de 6-7; 50 ppm.
- Etanol acuoso (50 y 100% v/v)

Kit de ensayo de almidón resistente MEGAZYME (método amiloglucosidasa/ α -amilasa):

- Botella 1: amiloglucoxidasa
- Botella 2: α - amilasa pancreática
- Botella 3: Tampón Reactivo GOPOD
- Botella 4: Enzimas de reactivo GOPOD
- Botella 5: Estándar D-Glucosa
- Botella 6: Control de almidón resistente

Métodos

- Porcentaje de Humedad
- Determinación de contenido de humedad método AOAC 925.10 (15)

Procedimiento de obtención de muestra y de análisis

Obtención de muestra final

Las muestras de maca fueron humedecidas por 8 horas en agua fría. Luego fueron cortadas en trozos de aproximadamente 1 cm empleando el cutter gastronómico. La maca fue secada a 65°C por 12 horas en una estufa de aire forzado.

Comentado [CCAEPI]: ¿mayúscula?

Comentado [LMVA8R7]:

Molienda de la maca (variedades amarilla, roja y negra)

Los trozos obtenidos fueron molidos en el molino de martillos de la planta piloto de procesos de la Universidad San Ignacio de Loyola en el distrito de Pachacámac.

Se tamizó la harina obtenida, solo utilizando el tamaño de partícula menor o igual a 1 mm.

La humedad final de las muestras fue de 10.34% para la maca amarilla, 11.64 % para la maca roja y 10.95% para la maca negra.

Gelatinización de la muestra

Se tomó una muestra representativa de 25 g de harina para cada condición de gelatinización.

Este procedimiento se realizó teniendo como variables la temperatura (70°, 100° y 120°C) y los tiempos de calentamiento (60, 30 y 15 min).

Una muestra para cada tipo de maca, temperatura y tiempo de gelatinización. Siendo un total de 9 muestras por tipo de maca.

Las muestras se colocarán en beakers y se agregó agua destilada en una relación harina a agua de 1:3. Entonces son 25 g de harina y 75 g de agua destilada. (C. E. Mendes da silva et al, 1996).

Para los tratamientos con temperaturas de 70 y 100 °C se utilizarán placas de calentamiento (coccinillas).

Los beakers fueron tapados con una placa de vidrio para evitar la evaporación del agua durante la gelatinización.

Para el tratamiento con temperatura de 120°C se utilizó la autoclave. Las muestras fueron colocadas en frascos de pírex de 250 mL que se taparon para evitar la evaporación del agua durante el autoclavado.

Al obtener las muestras estas fueron secadas en la estufa a 55°C por 12 horas en placas Petri hasta obtener un porcentaje de humedad menor a 15%. Según norma Codex (Codex Standard 152-1985 Norma Codex para Harina de Trigo) para asegurar la calidad de una harina, el porcentaje de humedad debe ser menor a 15.5%. (Esto puede variar según el tipo de Harina)

La muestra obtenida es extraída y molida con un molino IKA A1 Basic.

También se muestrea 25 g de maca sin gelatinizar.

Al finalizar tenemos 30 muestras para analizar según las variables que vamos a evaluar y se muestran en la tabla 1.

VARIABLES

Variables Independientes

- a) **Temperatura:** la temperatura de gelatinización puede influir en la formación de almidón resistente, al ser una unidad, puede ser medida y puede ser disminuida o aumentada con fines a nuestra investigación.
- b) **Tiempo:** el tiempo de gelatinización puede influir en la formación de almidón resistente, al ser una unidad puede ser medida y puede ser disminuida o aumentada con fines a nuestra investigación.
- c) **Variedad de maca:** las distintas variedades de maca pueden influir en la formación de almidón resistente.

Variables Dependientes

- a) **Almidón resistente:** esta variable es la obtenida al gelatinizar distintas variedades de maca a distintas temperaturas y a distintos tiempos.
- b) **Almidón soluble:** esta variable es la obtenida al gelatinizar distintas variedades de maca a distintas temperaturas y a distintos tiempos.
- c) **Almidón total:** esta variable es la obtenida al gelatinizar distintas variedades de maca a distintas temperaturas y a distintos tiempos

Tabla 2. Variables para la evaluación de la gelatinización del almidón de la maca deshidratada.

Variables para evaluación de gelatinización del almidón de maca deshidratada			
Nº Tratamiento	Variedad de Maca	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)
1	Amarilla	120	60
2	Amarilla	120	30
3	Amarilla	120	15
4	Amarilla	100	60
5	Amarilla	100	30
6	Amarilla	100	15
7	Amarilla	70	60
8	Amarilla	70	30
9	Amarilla	70	15
10	Amarilla	---	---
11	Negra	120	60
12	Negra	120	30
13	Negra	120	15
14	Negra	100	60
15	Negra	100	30
16	Negra	100	15
17	Negra	70	60
18	Negra	70	30
19	Negra	70	15
20	Negra	---	---
21	Roja	120	60
22	Roja	120	30
23	Roja	120	15
24	Roja	100	60
25	Roja	100	30
26	Roja	100	15
27	Roja	70	60
28	Roja	70	30
29	Roja	70	15
30	Roja	---	---

PROCEDIMIENTOS Y MÉTODOS DE ANÁLISIS

Determinación de almidones resistentes antes de gelatinización y después de gelatinización (Método MEGAZYME AOAC Official method 2002.02; AACC Method 32-40.01).

Para la determinación de almidón resistente se necesitan preparar los reactivos requeridos:

1. Tampón de maleato de sodio (100 mM, pH 6,0) más dihidrato de cloruro de calcio 5 mM y azida de sodio (0,02% p / v).

- Se disolvieron 23,2 g de ácido maleico en 1600 ml de agua destilada y se ajustó el pH a 6,0 con hidróxido sódico 4 M (160 g / l). Se agregaron 1,47 g de dihidrato de cloruro de calcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y 0,4 g de azida de sodio, luego se disolvió.
- Se ajustó el volumen a 2 L.
- Estable durante 12 meses a 4 ° C.

2. Tampón de acetato sódico (1,2 M, pH 3,8).

- Se añadieron 69,6 ml de ácido acético glacial (1,05 g / ml) a 800 ml de agua destilada, se ajustó a pH 3,8 utilizando hidróxido de sodio 4 M.
- Se ajustó el volumen a 1 L con agua destilada.
- Estable durante 12 meses a temperatura ambiente.

3. Tampón de acetato de sodio (100 mM, pH 4.5).

- Se añadieron 5.8 mL de ácido acético glacial a 900 mL de agua destilada y se ajustó a pH 4.5 usando hidróxido de sodio 4 M. Se ajustó el volumen a 1 L con agua destilada.
- Estable durante 2 meses a 4 ° C

4. Solución de hidróxido de potasio (2 M).

- Se añadieron 112,2 g de KOH a 900 ml de agua desionizada y se disolvió por agitación. Se ajustó el volumen a 1 L. Fue almacenado en un recipiente sellado.
- Estable durante 2 años a temperatura ambiente.

5. Etanol acuoso (o IMS) (aproximadamente 50% v / v).

- Se agregó 500 ml de etanol (95% v / v o 99% v / v) a 500 ml de H₂O.
- Almacene en una botella bien sellada.
- Estable por > 2 años a temperatura ambiente.

KIT Megazyme (kit comprado para la investigación)

1. Botella 1: amigloglucoxidasa

- (12 mL, 3300 U/mL en almidón soluble a pH 4.5 and 40°C)
- Estable a 4°C por 3 años

2. Botella 2: α -amilasa pancreática

- (10 g 3 unidades de Ceralpha/mg)
- Estable a 4°C por 4 años

3. Botella 3: Tampón Reactivo GOPOD

- (50 mL, pH 7.4 Ácido p-hidroxibenzoico y azida sódica 0.0095% w/v)
- Estable a 4°C por 4 años

4. Botella 4: Enzimas de reactivo GPOD

- Glucosa oxidasa + peroxidasa y 4-aminoantipirina. Polvo liofilizado.
- Estable durante > 5 años a -20 ° C.

5. Botella 5: Estándar D-Glucosa

- (5 ml, 1,0 mg / ml) en ácido benzoico al 0,2% (p / v).
- Estable durante más de 5 años a temperatura ambiente.

6. Botella 6: Control de almidón resistente

Preparación De Soluciones / Suspensiones De Reactivos

Solución 1 (AMG (300 U / mL))

- Se diluyó 2 ml de solución AMG concentrada (botella 1) a 22 ml con tampón de maleato de sodio 0,1 M (0,1 M, pH 6,0)
- Se dividió en alícuotas de 5 ml, almacenados congelados en recipientes de polipropileno entre el uso. Estable a ciclos de congelación / descongelación repetidos y durante 5 años a -20 °

Solución 2

- Inmediatamente antes del uso, se suspendió 1 g de los contenidos de la botella 2 (α -amilasa pancreática) en 100 ml de tampón de maleato de sodio (100 mM, pH 6,0 y se agitó durante 5 min. Se agregó 1.0 mL de la solución 1 AMG (300 U / mL) y se mezcló bien.
- Se centrifugó a 3000 RPM durante 10 minutos y se decantó cuidadosamente la solución sobrenadante.

- Esta solución se preparó cada vez que se realizó un análisis.

Solución 4 (Reactivos GOPOD)

- Se diluyó el contenido de la botella 3 (tampón reactivo GOPOD) en 1 litro con agua destilada. Inmediatamente disolvió el contenido de la botella 4 en 20 ml de la Solución 3, luego fue transferido cuantitativamente a la botella que contiene el resto de la Solución 3.
- La botella fue cubierta con papel de aluminio para proteger el reactivo de la luz. Este es el Reactivo de Determinación de Glucosa.
- Estable durante ~ 3 meses a 2-5 ° C o > 12 meses a -20 ° C.

Hidrólisis y solubilización del almidón no resistente

Las muestras son incubadas en un baño de agua con agitación, con la solución número 2 (AMG y α -amilasa pancreática)

Se pesó con una muestra de 100 ± 5 mg directamente en cada tubo con tapa de rosca de 16 x 125 mm

1. Luego se agregó 4.0 mL de α -amilasa pancreática (10 mg / mL) que contenga AMG (3 U / mL) (Solución 2). a cada tubo.
2. Con los tubos cerrados se agitaron en un mezclador vórtex y fueron colocados horizontalmente en un baño de agua con agitación, alineados en la dirección del movimiento a 37 ° C con agitación continua (200 golpes / min) durante exactamente 16 h (100 golpes adelante/100 golpes detrás)

En ese tiempo el almidón no resistente es solubilizado e hidrolizado por ambas enzimas

Para concluir con la solubilización e hidrolización:

3. Se trató con 4,0 ml de etanol (99% v / v) con agitación vigorosa en un mezclador vórtex.
4. Los tubos fueron centrifugados a 3.000 rpm durante 10 minutos
5. Decantamos los sobrenadantes y suspendimos los gránulos en 2 ml de etanol al 50% con agitación vigorosa en un mezclador vórtex. Agregamos otros 6 ml de etanol al

50%, mezclamos los tubos y centrifugamos nuevamente a 3000 RPM durante 10 minutos, donde el almidón resistente es recuperado en forma de pellet

6. Decantamos los sobrenadantes y repetimos este paso de suspensión y centrifugación una vez más con el fin de extraer todo el almidón solubilizado
7. Decantamos los sobrenadantes e invertimos los tubos en papel absorbente para drenar el exceso de líquido.

Medición de almidón resistente.

1. El pellet de almidón resistente fue disuelto agregando una barra agitadora magnética (5 x 15 mm) y 2 ml de KOH 2 M a cada tubo, volviendo a suspender los gránulos agitando durante 20 minutos en un baño de hielo y agua sobre un agitador magnético. (el almidón forma grumos si no es agitado en agua fría y si no es agitado vigorosamente, a su vez si se utiliza el agitador vórtex, el almidón emulsifica haciendo la lectura inexacta).
2. Neutralizamos la solución añadiendo 8 ml de tampón de acetato de sodio 1,2 M (pH 3,8) a cada tubo con agitación en el agitador magnético.
3. Inmediatamente agregamos 0,1 mL de AMG (solución 1: 3.300 U / mL), se mezcló bien e incubamos los tubos durante 30 min a 50 °C con mezcla intermitente en un mezclador vórtex para hidrolizar el almidón resistente a glucosa.
4. Los tubos fueron centrifugados a 3000 rpm por 10 minutos
5. El almidón de maca contiene menos del 10% de almidón resistente ([citar](#))
6. Transferimos alícuotas de 0,1 ml (por duplicado) de los sobrenadantes diluidos en tubos de ensayo de vidrio (16 x 100 mm), agregamos 3,0 ml de reactivo GOPOD (solución 4) e incubamos a 50 °C por 20 min.

D-glucosa es medida con el reactivo GOPOD (Solución 4), este resultado es el almidón resistente de la muestra

7. Medimos la absorbancia de cada solución a 510 nm contra el reactivo en blanco obteniendo los siguientes resultados

Medición de almidón no resistente (solubilizado).

1. Las soluciones sobrenadantes obtenidas en la centrifugación de la incubación inicial con los sobrenadantes obtenidos de los dos lavados siguientes de etanol al 50% fueron combinadas y fueron colocadas en beakers.
2. El volumen ajustado a 100 ml con tampón de acetato sódico 100 mM (pH 4,5) en un matraz volumétrico y fue mezclado vigorosamente.
3. Se Incubaron alícuotas de 0,1 ml de esta solución (por duplicado) con 10 µL de solución de AMG diluida (300 U / mL) en tampón de maleato de sodio 100 mM (pH 6,0) durante 20 min a 50 ° C.
4. Luego se Agregó 3,0 ml de reactivo GOPOD y los tubos fueron incubados durante 20 minutos más a 50 ° C.
5. Se midió la absorbancia a 510 nm contra un blanco de reactivo

Preparación de la solución blanco y solución estándar.

- Las soluciones de reactivo en blanco se prepararon mezclando 0,1 ml de tampón de acetato sódico 100 mM (pH 4,5) y 3,0 ml de reactivo GOPOD.
- Prepare estándares de D-glucosa (por cuadruplicado) mezclando 0.1 mL de D-glucosa (1 mg / mL) y 3.0 mL de reactivo GOPOD.

Análisis de varianza

Se realizará un análisis de varianza a los resultados para comprobar si la variable estudiada afecta al resultado final, es decir, si hay una diferencia significativa entre los resultados.

Prueba de Duncan

Se realizará una prueba de Duncan al comprobar que existe una diferencia significativa y conocer qué resultado es el diferente.

RESULTADOS

Almidón resistente

Se muestran los resultados de almidón resistente presente en las muestras de maca de tres variedades distintas a tres distintas temperaturas y a tres distintos tiempos. También se muestran resultados almidón resistente de la maca sin tratamiento de tres variedades.

Comentado [CCAE9]: Mucho espacio

Tabla 3. Resultados almidón resistente (g/100 g de muestra)

Nº Tratamiento	Variedad de Maca	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Almidón Resistente (g/100 g de muestra)	Desviación estándar
1	Amarilla	120	60	1.181	0.0842
2	Amarilla	120	30	0.7513	0.0843
3	Amarilla	120	15	1.033	0.0931
4	Amarilla	100	60	0.2662	0.0778
5	Amarilla	100	30	0.2172	0.0334
6	Amarilla	100	15	0.2906	0.0855
7	Amarilla	70	60	0.1002	0.0372
8	Amarilla	70	30	0.1025	0.0048
9	Amarilla	70	15	0.1227	0.0052
10	Amarilla	---	---	0.2823	0.0632
11	Negra	120	60	1.064	0.0643
12	Negra	120	30	1.166	0.1251
13	Negra	120	15	1.090	0.0692
14	Negra	100	60	0.4313	0.0456
15	Negra	100	30	0.0360	0.0320
16	Negra	100	15	0.2834	0.0290
17	Negra	70	60	0.3492	0.0808
18	Negra	70	30	0.0802	0.0122
19	Negra	70	15	0.0186	0.0107
20	Negra	---	---	0.5744	0.0239
21	Roja	120	60	1.152	0.1633
22	Roja	120	30	0.7105	0.1350
23	Roja	120	15	1.0937	0.1875
24	Roja	100	60	0.2556	0.0224
25	Roja	100	30	0.0917	0.0359
26	Roja	100	15	0.3189	0.0904
27	Roja	70	60	0.1029	0.0362
28	Roja	70	30	0.2698	0.0866

29	Roja	70	15	0.3164	0.0365
30	Roja	---	---	0.5803	0.0561

Almidón soluble

Se muestran los resultados de almidón soluble presente en las muestras de maca de tres variedades distintas a tres distintas temperaturas y a tres distintos tiempos. También se muestran resultados almidón soluble de la maca sin tratamiento de tres variedades.

Tabla 4. Resultados almidón soluble (g/100 g de muestra)

Nº Tratamiento	Variedad de Maca	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Almidón soluble (g/100 g de muestra)	Desviación estándar
1	Amarilla	120	60	31.56	1.256
2	Amarilla	120	30	30.70	7.007
3	Amarilla	120	15	33.99	2.881
4	Amarilla	100	60	27.63	3.037
5	Amarilla	100	30	28.16	0.3236
6	Amarilla	100	15	27.11	0.9318
7	Amarilla	70	60	25.86	4.400
8	Amarilla	70	30	31.01	2.900
9	Amarilla	70	15	28.63	1.171
10	Amarilla	---	---	26.04	0.7937
11	Negra	120	60	31.25	1.1232
12	Negra	120	30	37.75	3.343
13	Negra	120	15	30.60	2.956
14	Negra	100	60	25.08	0.7650
15	Negra	100	30	27.75	0.7902
16	Negra	100	15	28.81	0.8919
17	Negra	70	60	26.53	0.5666
18	Negra	70	30	22.65	1.852
19	Negra	70	15	24.61	2.723
20	Negra	---	---	24.58	1.368
21	Roja	120	60	32.58	2.574
22	Roja	120	30	31.20	0.2317
23	Roja	120	15	30.15	1.433

24	Roja	100	60	25.66	0.6220
25	Roja	100	30	26.38	0.6117
26	Roja	100	15	25.40	0.4667
27	Roja	70	60	27.99	1.077
28	Roja	70	30	25.12	0.6968
29	Roja	70	15	27.27	0.3533
30	Roja	---	---	25.66	0.5554

Almidón total

Se muestran los resultados de almidón total presente en las muestras de maca de tres variedades distintas a tres distintas temperaturas y a tres distintos tiempos. También se muestran resultados almidón total de la maca sin tratamiento de tres variedades.

Tabla 5. Resultados almidón total (g/100 g de muestra)

Nº Tratamiento	Variedad de Maca	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Almidón Total (g/100 g de muestra)	Desviación estándar
1	Amarilla	120	60	32.74	1.340
2	Amarilla	120	30	31.46	7.092
3	Amarilla	120	15	35.02	2.974
4	Amarilla	100	60	27.89	3.114
5	Amarilla	100	30	28.37	0.357
6	Amarilla	100	15	27.40	1.017
7	Amarilla	70	60	25.96	4.437
8	Amarilla	70	30	31.12	2.904
9	Amarilla	70	15	28.76	1.176
10	Amarilla	---	---	26.32	0.857
11	Negra	120	60	32.31	1.188
12	Negra	120	30	38.91	3.468
13	Negra	120	15	31.69	3.025
14	Negra	100	60	25.51	0.811
15	Negra	100	30	27.78	0.822
16	Negra	100	15	29.09	0.921
17	Negra	70	60	26.88	0.6474
18	Negra	70	30	22.73	1.864
19	Negra	70	15	24.63	2.734

20	Negra	---	---	25.15	1.392
21	Roja	120	60	33.73	2.737
22	Roja	120	30	31.91	0.367
23	Roja	120	15	31.24	1.620
24	Roja	100	60	25.91	0.644
25	Roja	100	30	26.47	0.648
26	Roja	100	15	25.72	0.557
27	Roja	70	60	28.09	1.113
28	Roja	70	30	25.39	0.783
29	Roja	70	15	27.59	0.390
30	Roja	---	---	26.24	0.612

DISCUSIÓN

Almidón total

Evaluaremos el comportamiento del almidón total durante los tratamientos planteados

Tabla 6. Resultados de almidón total obtenidos sin gelatinización

Nº Tratamiento	Variedad de Maca	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Almidón Total (g/100 g de muestra)	Desviación estándar
10	Amarilla	---	---	26.32 _a	0.856
20	Negra	---	---	25.15 _a	1.392
30	Roja	---	---	26.24 _a	0.611

No existe una diferencia significativa en la obtención de almidón total en las tres variedades, por lo que la variedad no influye en la obtención de almidón total.

Tabla 7. Resultados de almidón total obtenidos a 120 °C

Nº Tratamiento	Variedad de Maca	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Almidón Total	Desviación estándar
1	Amarilla	120	60	32.74 a	1.34
2	Amarilla	120	30	31.46 a	7.092
3	Amarilla	120	15	35.02 a	2.974
11	Negra	120	60	32.31 a	1.188
12	Negra	120	30	38.91 a	3.468
13	Negra	120	15	31.69 a	3.025
21	Roja	120	60	33.73 a	2.737
22	Roja	120	30	31.91 a	0.3667
23	Roja	120	15	31.24 a	1.62

Los valores “a” no poseen diferencia significativa.

Tabla 8. Resultados de almidón total obtenidos a 100 °C

Nº Tratamiento	Variedad de Maca	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Almidón Total	Desviación estándar
4	Amarilla	100	60	27.89 b	3.114
5	Amarilla	100	30	28.37 b	0.357
6	Amarilla	100	15	27.40 b	1.017
14	Negra	100	60	25.51 b	0.8105
15	Negra	100	30	27.78 b	0.8222
16	Negra	100	15	29.09 b	0.9209
24	Roja	100	60	25.91 b	0.6444
25	Roja	100	30	26.47 b	0.6476
26	Roja	100	15	25.72 b	0.5571

Los valores “b” no poseen diferencia significativa.

Tabla 9. Resultados de almidón total obtenidos a 70 °C

Nº Tratamiento	Variedad de Maca	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Almidón Total (g/100 g de muestra)	Desviación estándar
7	Amarilla	70	60	25.96 b	4.437
8	Amarilla	70	30	31.12 b	2.904
9	Amarilla	70	15	28.76 b	1.176
17	Negra	70	60	26.88 b	0.6474
18	Negra	70	30	22.73 b	1.864
19	Negra	70	15	24.63 b	2.734
27	Roja	70	60	28.09 b	1.113
28	Roja	70	30	25.39 b	0.7834
29	Roja	70	15	27.59 b	0.3898

Los valores "b" no poseen diferencia significativa.

Tabla 10. Resultados de almidón total

Nº Tratamiento	Variedad de Maca	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Almidón Total (g/100 g de muestra)	Desviación estándar
1	Amarilla	120	60	32.74 a	1.340
2	Amarilla	120	30	31.46 a	7.092
3	Amarilla	120	15	35.02 a	2.974
11	Negra	120	60	32.31 a	1.188
12	Negra	120	30	38.91 a	3.468
13	Negra	120	15	31.69 a	3.025
21	Roja	120	60	33.73 a	2.737
22	Roja	120	30	31.91 a	0.367
23	Roja	120	15	31.24 a	1.620
4	Amarilla	100	60	27.89 b	3.114
5	Amarilla	100	30	28.37 b	0.357
6	Amarilla	100	15	27.40 b	1.017
14	Negra	100	60	25.51 b	0.811
15	Negra	100	30	27.78 b	0.822
16	Negra	100	15	29.09 b	0.921
24	Roja	100	60	25.91 b	0.644
25	Roja	100	30	26.47 b	0.648
26	Roja	100	15	25.72 b	0.557
7	Amarilla	70	60	25.96 b	4.437
8	Amarilla	70	30	31.12 b	2.904
9	Amarilla	70	15	28.76 b	1.176
17	Negra	70	60	26.88 b	0.647

18	Negra	70	30	22.73 b	1.864
19	Negra	70	15	24.63 b	2.734
27	Roja	70	60	28.09 b	1.113
28	Roja	70	30	25.39 b	0.783
29	Roja	70	15	27.59 b	0.39

Los valores de “a” poseen una diferencia significativa ante los valores de “b”.

A 120°C, 100°C y 70 °C el tiempo no influye en la obtención de almidón total.

Las temperaturas 100°C y 70 °C no poseen una diferencia significativa en la obtención de almidón total. Sin embargo las muestras tratadas a 120°C poseen una cantidad mayor de almidón total. Los resultados obtenidos en nuestro experimento obtenidos en nuestro experimento a las muestras sin gelatinizar tienen un rango de 25.15 a 26.32 g/100 g de muestra. Los resultados obtenidos a 120 °C están en un rango de 38.91 a 31.24. A 100°C 29.09 a 25.51 g/100 g de muestra y a 70°C 31.12 a 22.73 g/100 g de muestra. Esto puede deberse a que a 120°C se produjo un mayor grado de gelatinización que posiblemente permitió un mayor acceso de las enzimas amitóticas usadas en el método de almidón total, a los sustratos de hidrolisis del almidón.

Almidón resistente

Evaluaremos cada variable y su comportamiento en la obtención de almidón resistente

a) Variable Tiempo:

Por 15 minutos

Evaluaremos si existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos gelatinizando por 15 minutos a 70, 100 y 120°C a las 3 variedades de maca. También se comparará con los resultados de la maca sin gelatinizar.

Gráfico 1. Tratamiento de gelatinización por 15 minutos en 3 variedades de maca a 3 distintas temperaturas (incluye maca sin gelatinizar)

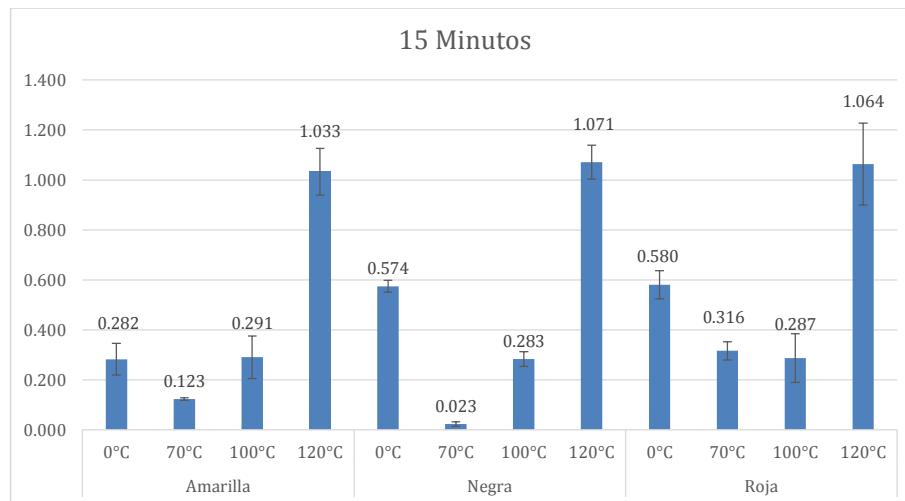


Tabla 11. Resultados de obtención de almidón resistente gelatinizando por 15 minutos
 (incluye maca sin gelatinizar)

Nº Tratamiento	Variedad de Maca	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Almidón Resistente (g/100 g de muestra)	Desviación estándar
3	Amarilla	120	15	1.033 _a	0.093
6	Amarilla	100	15	0.291 _b	0.086
9	Amarilla	70	15	0.123 _c	0.105
10	Amarilla	---	---	0.282 _b	0.063
13	Negra	120	15	1.071 _y	0.068
16	Negra	100	15	0.283 _x	0.029
19	Negra	70	15	0.023 _z	0.009
20	Negra	---	---	0.574 _w	0.024
23	Roja	120	15	1.064 _m	0.164
26	Roja	100	15	0.287 _n	0.098
29	Roja	70	15	0.316 _n	0.036
30	Roja	---	---	0.580 _n	0.056

Los resultados de almidón resistente “a”, “b” y “c” son significativamente diferentes entre sí. Los resultados de almidón resistente “y”, “x” y “z” son significativamente diferentes entre sí. Los resultados de almidón resistente “m”, no poseen una diferencia significativa entre sí. El resultado de almidón resistente “n” (120°C) si posee una diferencia significativa frente a “m”.

En la gelatinización a 15 minutos observamos que la mayor cantidad de almidón resistente es obtenida en la variedad Negra a 120°C. Todas las variedades obtienen su mayor cantidad de almidón resistente a 120°C. A 100°C el mejor resultado es en la maca amarilla, superada solo por la maca roja a 70°C y las muestras tratadas a 120°C. El mejor resultado a 70°C es en la maca roja., cabe resaltar que solo las tratadas a 120°C y la amarilla tratada a 100°C tratadas por 15 minutos son las únicas que superan a la cantidad de almidón resistente obtenidas en la maca sin gelatinizar.

En la maca Amarilla siendo tratada por 15 minutos la temperatura influye en el almidón resistente obtenido. El resultado obtenido con el tratamiento a 100°C no tiene diferencias significativas con el resultado obtenido de la muestra sin gelatinizar. En la maca Negra siendo tratada por 15 minutos la temperatura influye en el almidón resistente obtenido. En la maca Roja siendo tratada por 15 minutos, sí. El resultado de almidón resistente a 120 °C si posee una diferencia significativa frente a las temperaturas de 100, 70°C y sin tratamiento.

Por 30 minutos

Evaluaremos si existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos gelatinizando por 30 minutos a las 3 variedades de maca a 70, 100 y 120°C. También se comparará con los resultados de la maca sin gelatinizar.

Gráfico 2. Tratamiento de gelatinización por 30 minutos en 3 variedades de maca a 3 distintas temperaturas (incluye maca sin gelatinizar)

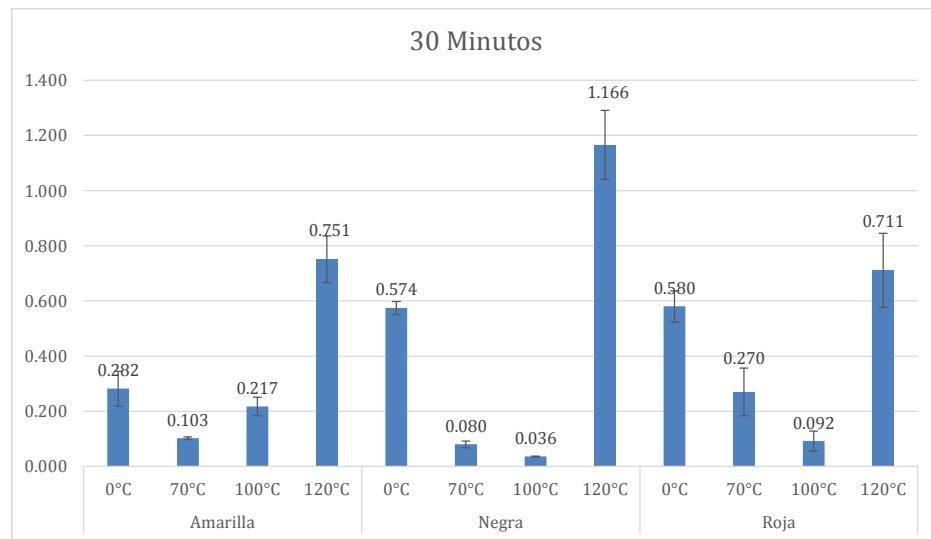


Tabla 12. Resultados de almidón resistente por cada tipo de maca a 30 minutos (incluye maca sin gelatinizar)

Nº Tratamiento	Variedad de Maca	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Almidón Resistente (g/100 g de muestra)	Desviación estándar
2	Amarilla	120	30	0.751 _a	0.084
5	Amarilla	100	30	0.217 _b	0.033
8	Amarilla	70	30	0.103 _c	0.005
10	Amarilla	---	---	0.282 _b	0.063
12	Negra	120	30	1.166 _y	0.125
15	Negra	100	30	0.036 _x	0.001
18	Negra	70	30	0.080 _x	0.012
20	Negra	---	---	0.574 _z	0.024
22	Roja	120	30	0.711 _m	0.135
25	Roja	100	30	0.092 _n	0.036
28	Roja	70	30	0.270 _l	0.087
30	Roja	---	---	0.580 _m	0.056

Los resultados de almidón resistente “a”, “b” y “c” son significativamente diferentes entre sí. Los resultados de almidón resistente “x”, no poseen una diferencia significativa entre sí. El resultado de almidón resistente “y” a 120 °C si posee una diferencia significativa frente a “x”. Los resultados de almidón resistente “m”, “n” y “l” son significativamente diferentes entre sí.

En la gelatinización a 30 minutos observamos que la mayor cantidad de almidón resistente es obtenida en la variedad Negra a 120°C. Todas las variedades obtienen su mayor cantidad de almidón resistente a 120°C. A 100°C el mejor resultado es en la maca amarilla. El mejor resultado a 70°C es en la maca roja la cual es superada únicamente por las obtenidas a 120°C. Solo las muestras tratadas a 120°C superan los resultados obtenidos con la maca sin gelatinización

En la maca Amarilla siendo tratada por 30 minutos, la temperatura influye en el almidón resistente obtenido. El resultado obtenido a 100°C no tiene diferencias significativas con el resultado de la maca sin gelatinizar. En la maca Negra siendo tratada por 30 minutos, la diferencia se da a partir de 120°C. Todos los resultados son diferentes significativamente al obtenido con la maca sin gelatinizar. En la maca Roja siendo tratada por 30 minutos por lo tanto, se concluye que la temperatura influye en el almidón resistente obtenido. El resultado obtenido a 120°C no tiene diferencias significativas con el resultado obtenido sin gelatinizar.

Por 60 minutos

Evaluaremos si existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos gelatinizando por 60 minutos a las 3 variedades de maca a 70, 100 y 120°C. También se comparará con los resultados de la maca sin gelatinizar.

Gráfico 3. Tratamiento de gelatinización por 60 minutos en 3 variedades de maca a 3 distintas temperaturas (incluye maca sin gelatinizar)

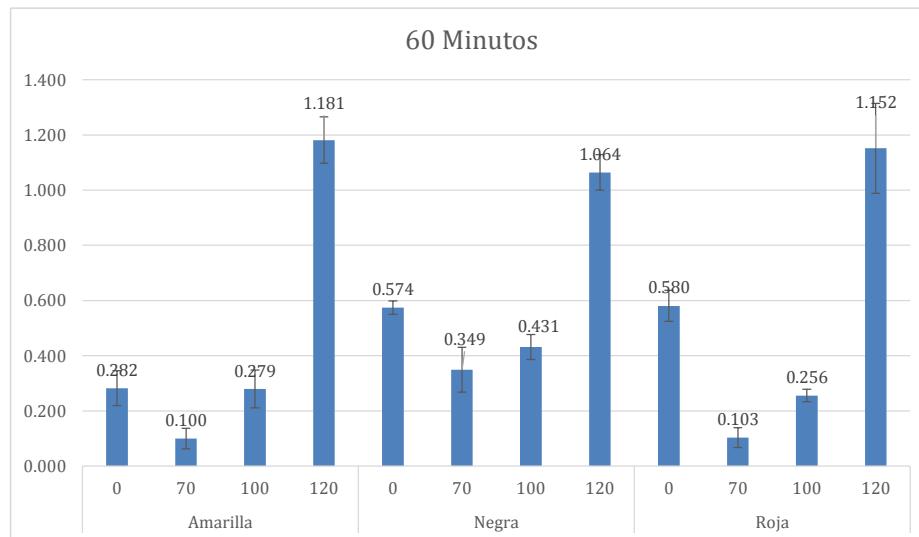


Tabla 13. Resultados de almidón resistente por cada tipo de maca a 60 minutos (incluye maca sin gelatinizar)

Nº Tratamiento	Variedad de Maca	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Almidón Resistente (g/100 g de muestra)	Desviación estándar
1	Amarilla	120	60	1.181 _a	0.084
4	Amarilla	100	60	0.279 _b	0.068
7	Amarilla	70	60	0.100 _c	0.037
10	Amarilla	---	---	0.282 _b	0.063
11	Negra	120	60	1.064 _y	0.064
14	Negra	100	60	0.431 _x	0.046
17	Negra	70	60	0.349 _z	0.081
20	Negra	---	---	0.574 _w	0.024
21	Roja	120	60	1.15 _m	0.163
24	Roja	100	60	0.256 _n	0.022
27	Roja	70	60	0.103 _l	0.036
30	Roja	---	---	0.580 _k	0.056

Los resultados de almidón resistente “a”, “b” y “c” son significativamente diferentes entre sí, los resultados de almidón resistente “y”, “z” y “x” e son significativamente diferentes entre sí. Los resultados de almidón resistente “m”, “n” y “l” son significativamente diferentes entre sí.

En la gelatinización a 60 minutos observamos que la mayor cantidad de almidón resistente es obtenida en la variedad Amarilla a 120°C. Todas las variedades obtienen su mayor cantidad de almidón resistente a 120°C. A 100°C el mejor resultado es en la maca Negra. El mejor resultado a 70°C es en la maca Negra la cual es superada únicamente por las obtenidas a 120 °C. Solo las muestras tratadas a 120°C superan los resultados obtenidos con la maca sin gelatinización. En la maca Amarilla siendo tratada por 60 minutos la temperatura influye en el almidón resistente obtenido. El valor obtenido a 100°C no tiene una diferencia significativa con el resultado obtenido con la maca sin gelatinizar. En la maca Negra siendo tratada por 60 minutos, la temperatura influye en el almidón resistente obtenido. A su vez también son diferentemente significativos con el resultado obtenido con la maca sin gelatinizar. En la maca roja siendo tratada por 60 minutos, la temperatura influye en el almidón resistente obtenido. A su vez los resultados obtenidos gelatinizando son diferentemente significativos con el resultado obtenido con la maca sin gelatinizar.

b) Variable Temperatura:

A 120°C

Evaluaremos si existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos gelatinizando a 120°C por 15, 30 y 60 minutos a las 3 variedades de maca. También se comparará con los resultados de la maca sin gelatinizar.

Gráfico 4. Tratamiento de gelatinización en 3 variedades de maca a 120 °C por 3 tiempos distintos (incluye maca sin gelatinizar)

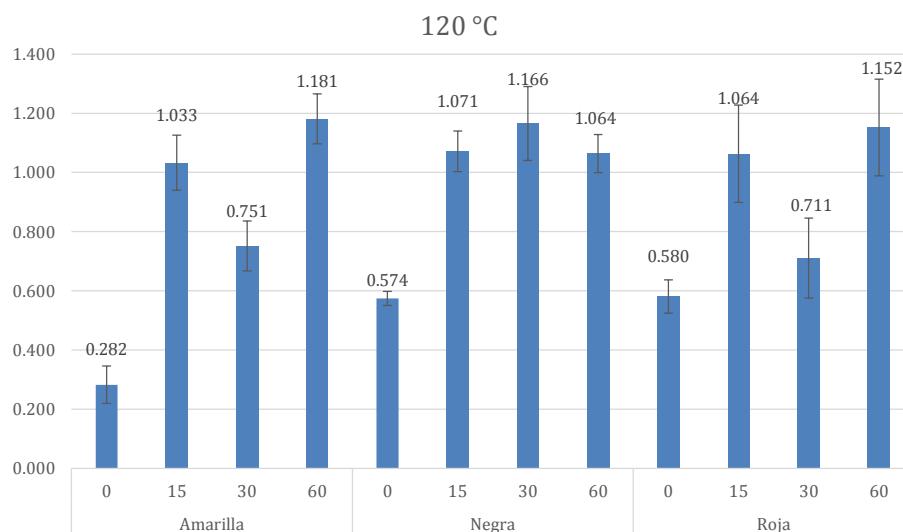


Tabla 14. Resultados de almidón resistente obtenidos con la gelatinización a 120 °C

Nº Tratamiento	Variedad de Maca	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Almidón Resistente (g/100 g de muestra)	Desviación estándar
1	Amarilla	120	60	1.181 _a	0.084
11	Negra	120	60	1.064 _a	0.064
21	Roja	120	60	1.152 _a	0.163
2	Amarilla	120	30	0.751 _m	0.084
12	Negra	120	30	1.166 _n	0.125
22	Roja	120	30	0.711 _m	0.135
3	Amarilla	120	15	1.033 _x	0.093
13	Negra	120	15	1.071 _x	0.068
23	Roja	120	15	1.064 _x	0.165

Los resultados de almidón resistente “a” no son significativamente diferentes entre sí. Los resultados de almidón resistente “m”, no poseen una diferencia significativa entre sí, el resultado de almidón resistente “n” (negra) si posee una diferencia significativa frente a las otras dos variedades. Los resultados de almidón resistente “x” no son significativamente diferentes entre sí.

Mediante la prueba de gelatinización a 120°C realizada en la autoclave, se evidenció que la maca negra posee dos de los tres mayores contenidos de almidón resistente, para los tratamientos de 15 minutos y 30 minutos. Para el caso del tratamiento de 60 minutos, la maca amarilla es la que contiene una mayor cantidad de almidón resistente. A 30 minutos la mayor es la negra, por 15 minutos la maca negra también es la mayor. En comparación con las muestras que no han pasado por un tratamiento térmico, todos los valores obtenidos para este tratamiento superan a los contenidos de almidón resistente de las muestras sin tratamiento. En el tratamiento por 60 minutos a 120°C y por 15 minutos a 120°C la variedad no influye en el almidón resistente obtenido. En el tratamiento por 30 minutos a 120°C la variedad si influye en la obtención de almidón resistente.

A 100°C

Evaluaremos si existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos gelatinizando a 100°C por 15, 30 y 60 minutos a las 3 variedades de maca. También se comparará con los resultados de la maca sin gelatinizar.

Gráfico 5. Tratamiento de gelatinización en 3 variedades de maca a 100 °C por 3 tiempos distintos (incluye maca sin gelatinizar)

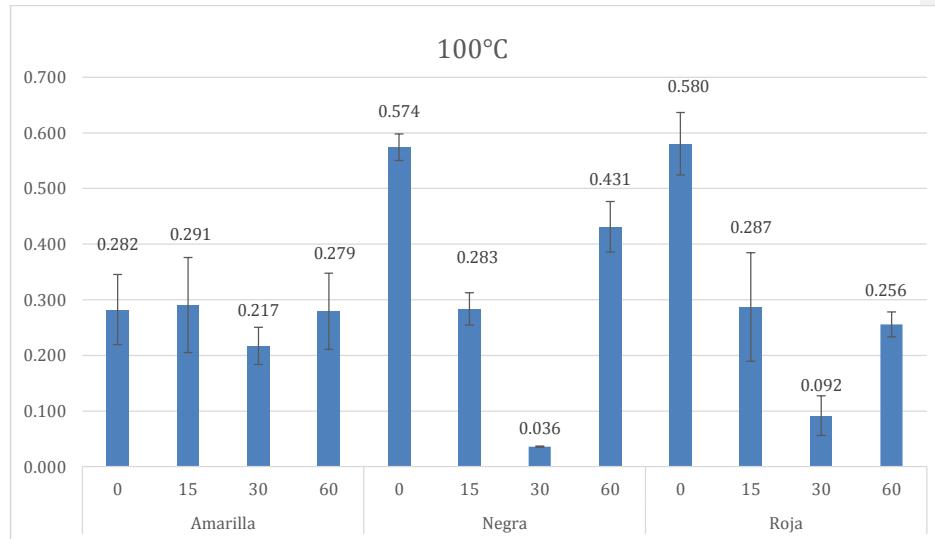


Tabla 15. Resultados de almidón resistente obtenidos con la gelatinización a 100 °C

Nº Tratamiento	Variedad de Maca	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Almidón Resistente (g/100 g de muestra)	Desviación estándar
----------------	------------------	------------------	------------------	---	---------------------

4	Amarilla	100	60	0.279 _a	0.069
14	Negra	100	60	0.431 _b	0.046
24	Roja	100	60	0.256 _a	0.022
5	Amarilla	100	30	0.217 _m	0.033
15	Negra	100	30	0.036 _n	0.001
25	Roja	100	30	0.092 _l	0.036
6	Amarilla	100	15	0.291 _x	0.086
16	Negra	100	15	0.283 _x	0.029
26	Roja	100	15	0.287 _x	0.098

Los resultados de almidón resistente “a”, no poseen una diferencia significativa entre sí, el resultado de almidón resistente “b” (negra) si posee una diferencia significativa frente a las otras dos variedades. Los resultados de almidón resistente “m”, “n” y “l”, poseen una diferencia significativa entre sí. Los resultados de almidón resistente “x” no son significativamente diferentes entre sí.

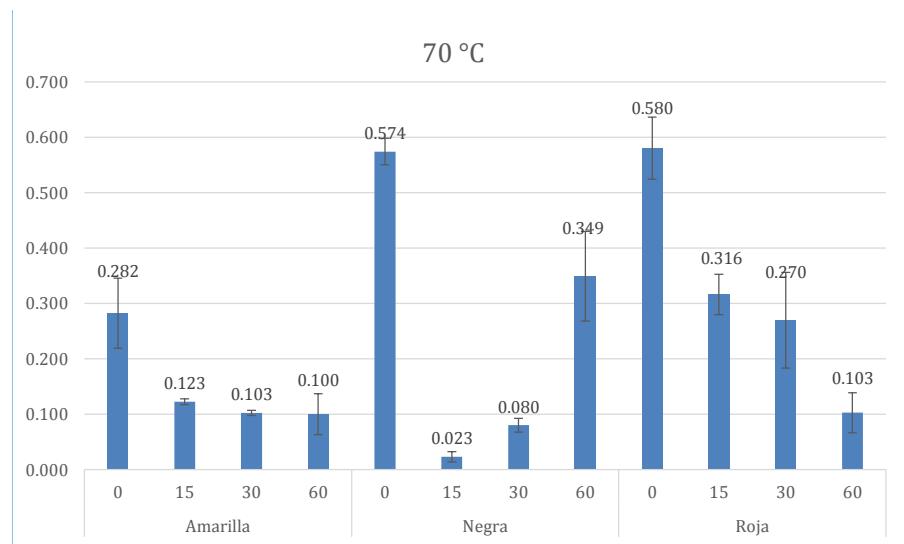
Mediante la prueba de gelatinización a 100°C, llevada a cabo en olla de cocción, se evidenció que la maca amarilla ocupa dos de tres de los mayores contenidos de almidón resistente, en los tratamientos de 15 minutos y 30 minutos; para el caso del tratamiento de 60 minutos, la maca negra es la que contiene una mayor cantidad de almidón resistente. En comparación con las muestras que no han pasado por un tratamiento térmico, solo las muestras de maca amarilla a 15 minutos superaron la cantidad de almidón resistente de las sin tratamiento. La muestra a 15 minutos lo superó con una mínima diferencia

En el tratamiento por 60 minutos a 100°C y por 15 minutos a 100°C, la variedad no influye en el almidón resistente obtenido. En el tratamiento por 30 minutos a 100°C a estas condiciones la variedad si influye en el resultado obtenido.

A 70°C

Evaluaremos si existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos gelatinizando a 70°C por 15, 30 y 60 minutos a las 3 variedades de maca. También se comparará con los resultados de la maca sin gelatinizar.

Gráfico 6. Tratamiento de gelatinización en 3 variedades de maca a 70 °C por 3 tiempos distintos (incluye maca sin gelatinizar)



Comentado [CCAEP10]: Retirar líneas transversales

Tabla 16. Resultados de almidón resistente obtenidos con la gelatinización a 70 °C

Nº Tratamiento	Variedad de Maca	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Almidón Resistente (g/100 g de muestra)	Desviación estándar
7	Amarilla	70	60	0.100 _a	0.037
17	Negra	70	60	0.349 _b	0.081
27	Roja	70	60	0.103 _a	0.036
8	Amarilla	70	30	0.103 _m	0.005
18	Negra	70	30	0.080 _m	0.012
28	Roja	70	30	0.270 _n	0.087
9	Amarilla	70	15	0.123 _x	0.005
19	Negra	70	15	0.023 _x	0.009
29	Roja	70	15	0.316 _y	0.037

Los resultados de almidón resistente “a”, no poseen una diferencia significativa entre sí, el resultado de almidón resistente “b” si posee una diferencia significativa frente a las otras dos variedades. Los resultados de almidón resistente “m”, no poseen una diferencia significativa entre sí. El resultado de almidón resistente “n” (roja) si posee una diferencia significativa frente a las otras dos variedades. Los resultados de almidón resistente “x”, no poseen una diferencia significativa entre sí. El resultado de almidón resistente “y” (roja) si posee una diferencia significativa frente a las otras dos variedades.

Mediante la prueba de gelatinización a 70°C, llevada a cabo en olla de cocción, se evidenció que la maca roja ocupa dos de tres de los mayores contenidos de almidón resistente, en los tratamientos de 15 minutos y 30 minutos; para el caso del tratamiento de 60 minutos, la maca negra es la que contiene una mayor cantidad de almidón resistente. En comparación con las muestras que no han pasado por un tratamiento térmico, ninguna de las cantidades de almidón resistente de las muestras evaluadas, supera la cantidad de las muestras que no cuentan con tratamiento.

En el tratamiento por 60 minutos a 70°C, la variedad no influye en el contenido de almidón resistente. En el tratamiento por 30 minutos a 70°C y en el tratamiento por 15 minutos a 70°C la variedad (roja) sin influye en el contenido de almidón resistente.

c) Variedades

Maca Amarilla

Evaluaremos si existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos gelatinizando la maca amarilla a 70, 100 y 120 °C por 15, 30 y 60 minutos. También se comparará con los resultados de la maca sin gelatinizar.

Gráfico 8. Tratamiento de gelatinización en la variedad de maca amarilla a 3 temperaturas distintas por 3 tiempos distintos (incluye maca sin gelatinizar)

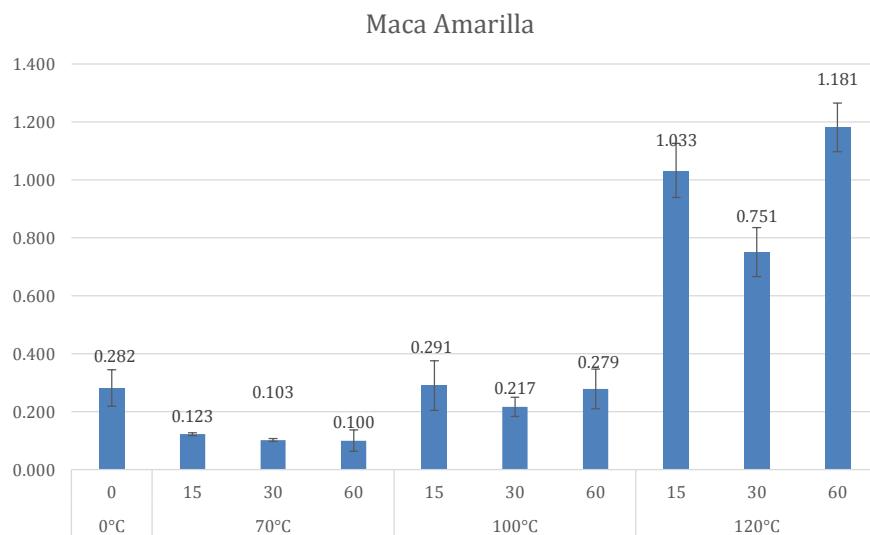


Tabla 17. Resultados de almidón resistente obtenidos en la maca amarilla organizados por temperatura (incluye maca sin gelatinizar)

Nº Tratamiento	Variedad de Maca	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Almidón Resistente (g/100 g de muestra)	Desviación estándar
1	Amarilla	120	60	1.181 _a	0.084
2	Amarilla	120	30	0.751 _b	0.084
3	Amarilla	120	15	1.033 _c	0.093
10	Amarilla	---	---	0.282 _d	0.063

Comentado [CCAEP11]: Nivelar a la parte superior

Los resultados de almidón resistente “a”, “b” y “c”, una diferencia significativa entre sí. Son significativamente diferentes al resultado sin tratamiento.

Nº Tratamiento	Variedad de Maca	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Almidón Resistente (g/100 g de muestra)	Desviación estándar
4	Amarilla	100	60	0.279 _m	0.069
5	Amarilla	100	30	0.217 _m	0.033
6	Amarilla	100	15	0.291 _m	0.086
10	Amarilla	----	---	0.282 _m	0.063

Los resultados de almidón resistente “m” no son significativamente diferentes entre sí. No son significativamente diferentes al resultado sin tratamiento.

Nº Tratamiento	Variedad de Maca	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Almidón Resistente (g/100 g de muestra)	Desviación estándar
7	Amarilla	70	60	0.100 _x	0.037
8	Amarilla	70	30	0.103 _x	0.005
9	Amarilla	70	15	0.123 _x	0.105
10	Amarilla	----	---	0.282 _y	0.063

Los resultados de almidón resistente “m” no son significativamente diferentes entre sí. Son significativamente diferentes al resultado sin tratamiento.

El mejor tratamiento para la maca amarilla es el obtenido gelatinizando a 120°C por 60 minutos, el peor resultado para la maca amarilla es obtenido gelatinizando a 70°C por 60 minutos. En maca amarilla solo los resultados obtenidos tratando a 120°C y tratados a 100°C por 60 y 15 minutos superan a los resultados obtenidos de la maca sin gelatinizar. A 100°C su mejor resultado es por 60 minutos de tratamiento. A 70°C su mejor resultado es por 60 minutos de tratamiento

Con el tratamiento a 120°C de la maca Amarilla el tiempo si influye en el resultado obtenido.

Con el tratamiento a 100°C y a 70°C de la maca Amarilla el tiempo no influye en el almidón resistente obtenido.

Maca Negra

Evaluaremos si existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos gelatinizando la maca amarilla a 70, 100 y 120 °C por 15, 30 y 60 minutos. También se comparará con los resultados de la maca sin gelatinizar.

Gráfico 9. Tratamiento de gelatinización en la variedad de maca negra a 3 temperaturas distintas por 3 tiempos distintos (incluye maca sin gelatinizar)

Comentado [CCAEP12]: Mucho espacio entre letras
Comentado [LMVA13R12]:

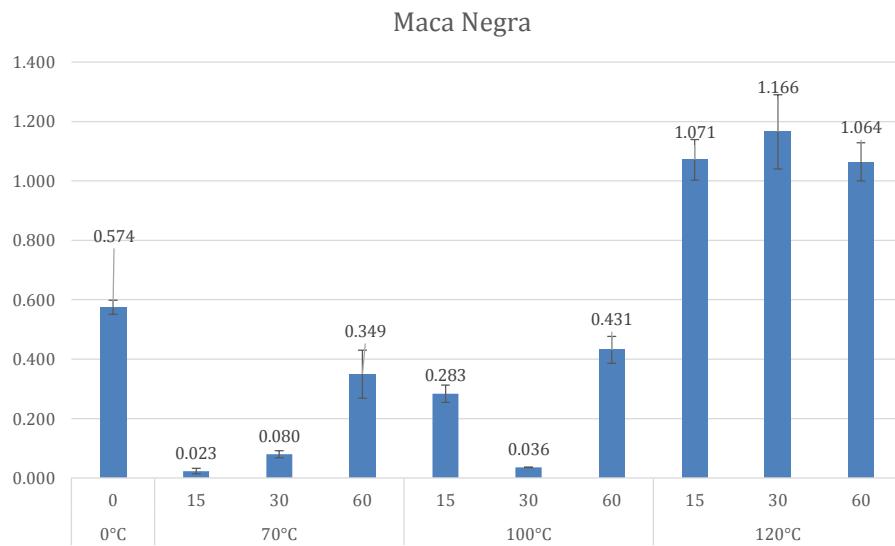


Tabla 18. Resultados de almidón resistente obtenidos en la maca negra organizados por temperatura (incluye maca sin gelatinizar)

Nº Tratamiento	Variedad de Maca	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Almidón Resistente (g/100 g de muestra)	Desviación estándar
11	Negra	120	60	1.064 _a	0.064
12	Negra	120	30	1.166 _a	0.125
13	Negra	120	15	1.071 _a	0.068
20	Negra	---	---	0.574 _b	0.024

Los resultados de almidón resistente “a” no son significativamente diferentes entre sí. Son significativamente diferentes al resultado sin tratamiento “b”.

Nº Tratamiento	Variedad de Maca	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Almidón Resistente (g/100 g de muestra)	Desviación estándar
14	Negra	100	60	0.431 _m	0.046
15	Negra	100	30	0.036 _n	0.001
16	Negra	100	15	0.283 _l	0.03
20	Negra	---	---	0.574 _k	0.024

Los resultados de almidón resistente “m”, “n” y “l”, poseen una diferencia significativa entre sí. Son significativamente diferentes al resultado sin tratamiento “k”.

Nº Tratamiento	Variedad de Maca	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Almidón Resistente (g/100 g de muestra)	Desviación estándar
17	Negra	70	60	0.349 _y	0.081
18	Negra	70	30	0.080 _x	0.012
19	Negra	70	15	0.023 _x	0.009
20	Negra	---	---	0.574 _z	0.024

Los resultados de almidón resistente “x”, no poseen una diferencia significativa entre sí. El resultado de almidón resistente “y” si posee una diferencia significativa frente a las otras dos variedades. Son significativamente diferentes al resultado sin tratamiento.

El mejor tratamiento para la maca negra es obtenido gelatinizando a 120 °C por 30 minutos. El peor resultado para la maca negra es obtenido gelatinizando a 70°C por 15 minutos. En maca negra solo los resultados obtenidos tratando a 120°C superan a los resultados obtenidos de la maca sin gelatinizar. A 100°C su mejor resultado es por 60 minutos de tratamiento. A 70°C su mejor resultado es por 60 minutos de tratamiento Con el tratamiento a 120°C de la maca Negra el tiempo no influye en el almidón resistente obtenido a estas condiciones. La diferencia significativa entre los resultados con tratamiento y sin tratamiento no se debe al tiempo, sino a la temperatura. Con el tratamiento a 100°C de la maca Negra y en el tratamiento a 70°C de la maca Negra el tiempo si influye en el resultado obtenido.

Maca Roja

Evaluaremos si existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos gelatinizando la maca roja a 70, 100 y 120 °C por 15, 30 y 60 minutos. También se comparará con los resultados de la maca sin gelatinizar.

Gráfico 7. Tratamiento de gelatinización en la variedad de maca roja a 3 temperaturas distintas por 3 tiempos distintos (incluye maca sin gelatinizar)

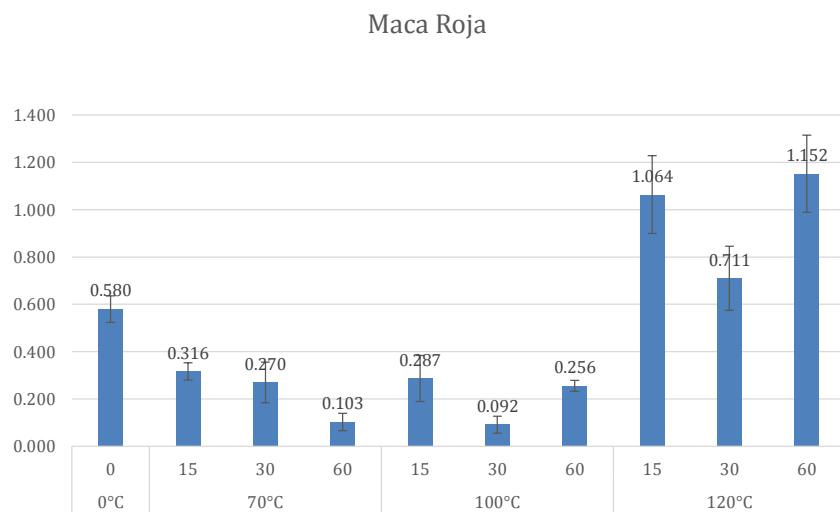


Tabla 19. Resultados de almidón resistente obtenidos en la maca roja organizados por temperatura (incluye maca sin gelatinizar)

Nº Tratamiento	Variedad de Maca	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Almidón Resistente (g/100 g de muestra)	Desviación estándar
21	Roja	120	60	1.152 b	0.163
22	Roja	120	30	0.711 a	0.135
23	Roja	120	15	1.064 b	0.165
30	Roja	---	---	0.580 a	0.056

Los resultados de almidón resistente “b”, no poseen una diferencia significativa entre sí. El resultado de almidón resistente “a” (30 minutos) si posee una diferencia significativa frente a los otros tiempos, pero no posee una diferencia significativa con el resultado obtenido con la maca sin gelatinizar

Nº Tratamiento	Variedad de Maca	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Almidón Resistente (g/100 g de muestra)	Desviación estándar
24	Roja	100	60	0.257 _m	0.022
25	Roja	100	30	0.092 _n	0.0360
26	Roja	100	15	0.287 _m	0.098
30	Roja	---	---	0.580 _l	0.056

Los resultados de almidón resistente “m” no poseen una diferencia significativa entre sí. El resultado de almidón resistente “n” (30 minutos) si posee una diferencia significativa frente a los otros dos tiempos. Todos los resultados poseen una diferencia significativa con el resultado obtenido en la maca sin gelatinizar.

Nº Tratamiento	Variedad de Maca	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Almidón Resistente (g/100 g de muestra)	Desviación estándar
27	Roja	70	60	0.103 _x	0.036
28	Roja	70	30	0.270 _y	0.087
29	Roja	70	15	0.316 _y	0.037
30	Roja	---	---	0.580 _z	0.056

Los resultados de almidón resistente “y” no poseen una diferencia significativa entre sí. El resultado “x” (60 minutos) si es diferentemente significativo a los demás resultados. Todos los resultados poseen una diferencia significativa con el resultado obtenido en la maca sin gelatinizar.

El mejor tratamiento para la maca roja es obtenido gelatinizando a 120 °C por 60 minutos. El peor resultado para la maca negra es obtenido gelatinizando a 100°C por 30 minutos. En maca roja solo los resultados obtenidos tratando a 120°C superan a los resultados obtenidos de la maca sin gelatinizar. A 100°C su mejor resultado es por 60 minutos de tratamiento. A 70°C su mejor resultado es por 15 minutos de tratamiento.

Con el tratamiento a 120°C, 100°C y 70°C de la maca Roja el tiempo si influye en el contenido de almidón resistente.

Proporción de almidón resistente

En esta tabla se muestran las cantidades de almidón resistente en porcentaje presentes en las muestras realizadas en el experimento.

Tabla 20. Proporción de almidón resistente.

Nº Tratamiento	Variedad de Maca	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	Almidón Resistente (g/100 g de muestra)	Proporción de almidón resistente 100 g de maca
1	Amarilla	120	60	1.181	1.181%
2	Amarilla	120	30	0.7513	0.751%
3	Amarilla	120	15	1.033	1.033%
4	Amarilla	100	60	0.2662	0.266%
5	Amarilla	100	30	0.2172	0.217%
6	Amarilla	100	15	0.2906	0.291%
7	Amarilla	70	60	0.1002	0.100%
8	Amarilla	70	30	0.1025	0.103%
9	Amarilla	70	15	0.1227	0.123%
10	Amarilla	---	---	0.2823	0.282%
11	Negra	120	60	1.064	1.064%
12	Negra	120	30	1.166	1.166%
13	Negra	120	15	1.09	1.090%
14	Negra	100	60	0.4313	0.431%
15	Negra	100	30	0.036	0.036%
16	Negra	100	15	0.2834	0.283%
17	Negra	70	60	0.3492	0.349%
18	Negra	70	30	0.0802	0.080%
19	Negra	70	15	0.0186	0.019%
20	Negra	---	---	0.5744	0.574%
21	Roja	120	60	1.152	1.152%
22	Roja	120	30	0.7105	0.711%
23	Roja	120	15	1.0937	1.094%
24	Roja	100	60	0.2556	0.256%
25	Roja	100	30	0.0917	0.092%
26	Roja	100	15	0.3189	0.319%
27	Roja	70	60	0.1029	0.103%
28	Roja	70	30	0.2698	0.270%
29	Roja	70	15	0.3164	0.316%
30	Roja	---	---	0.5803	0.580%

Como observamos en la tabla, el porcentaje de almidón resistente presente se encuentra en el rango de 0.1 a 1.181 % en maca amarilla, de 0.019 a 1.166 % en maca negra y de 0.103 a 1.152 % siendo los máximos valores obtenidos a 120°C.

Análisis de varianza y prueba de Duncan

Ver anexo 2.

CONCLUSIONES

Las harinas de maca roja y negra que no fueron sometidas al tratamiento hidrotérmico presentaron un contenido de almidón resistente de 0.5803 g /100g de harina y 0.5744 g /100g de harina, respectivamente; mientras que el de maca amarilla fue de 0.2823 g /100g de harina. Estos contenidos corresponderían al almidón resistente natural de la maca, aunque no se descarta que el tratamiento preliminar de humidificación y secado para obtener la harina pudiera haber tenido un efecto en el contenido de almidón resistente inicial.

El aumento del contenido de almidón resistente en la harina de maca, cuando ésta fue sometida a un tratamiento hidrotérmico (gelatinización) dependió de la temperatura de gelatinización aplicada a las harinas.

La temperatura de gelatinización a 120°C fue la que tuvo el mayor efecto en la formación de almidón resistente en la harina de maca de las tres variedades estudiadas (amarilla, roja y negra), siendo los mayores valores obtenidos, 1.181 g /100g de harina en variedad amarilla, 1.166 g /100g de harina en variedad negra y 1.152 g /100g de harina en variedad roja, incrementando el contenido de almidón resistente inicial de los tres tipos de maca estudiados por acción de la retrogradación de la amilosa presente, al ser tratada a esa temperatura. (Leeman A. et al, 2006)

A 70 °C y a 100°C el almidón resistente disminuyó en las variedades roja y negra en comparación al almidón resistente inicial de las muestras, debido que el almidón resistente tipo 2 presente en la maca es solubilizado por la acción del calor (Thompson D., 2000) y al no se da una retrogradación al tratar la muestra a esas temperaturas. (Leeman A. et al, 2006)

Los tiempos del proceso hidrotérmico estudiados, 15, 30 y 60 min, no tuvieron un efecto claramente diferenciador en la formación de almidón resistente.

El tipo de maca (amarilla, roja y negra) no tuvo una mayor influencia en la formación de almidón resistente al aplicar el tratamiento hidrotérmico.

RECOMENDACIONES

Sólo se realizó un tratamiento hidrotérmico por muestra, sin embargo de acuerdo a estudios previos, la aplicación de múltiples tratamientos térmicos conducirían a un mayor contenido de almidón resistente.

Al trabajar con maca seca, para obtener la harina se recomienda humedecer la muestra para poder ser cortada, triturada y molida.

Comentado [CCAEP14]: Se recomienda humedecer

La industria peruana de la maca (información de 3 empresas que realizan maquila de harina extruida de maca) se trabaja con un extruido a 100°C. La industria podría obtener mejores resultados de almidón resistente realizando el extruido a partir de 120°C de temperatura.

BIBLIOGRAFÍA

- Berry, C. S. (1986). Resistant starch: formation and measurement of starch that survives exhaustive digestion with amylolytic enzymes during the determination of dietary fibre. *Journal of Cereal Science*, 4(4), 301-314.
- Eerlingen, R. C.; Deceuninck, M. & Delcour, J. (1993). Enzyme-Resistant Starch. II. Influence of Amylose Chain Length on Resistant Starch Formation.
- Escudero Álvarez, E., & González Sánchez, P. (2006). La fibra dietética. *Nutrición hospitalaria*, 21, 61-72.
- Escudero, E.; González, P. (2006). La fibra dietética.
- FAO y ANPE. Lima.
- John R.N. Taylor and Kwaku G. Duodu. (2018). *Sorghum and Millets*. USA: AACC International.
- Meissner, H. O., Mscisz, A., Mrozikiewicz, M., Baraniak, M., Mielcarek, S., Kedzia, B., Piatkowska, E., Jólkowska, J. & Pisulewski, P. (2015). Peruvian Maca (*Lepidium peruvianum*): (I) Phytochemical and genetic differences in three Maca phenotypes. *International journal of biomedical science: IJBS*, 11(3), 131.
- Nugent, A. P. (2005). Health properties of resistant starch. *British Nutrition Foundation, Nutrition Bulletin*, 30, 27–54.
- Nugent, A. P. (2005). Health properties of resistant starch. *Nutrition Bulletin*, 30(1).
- Peris, G. P., Lesmes, B., Cuerda, C. M., & Alvarez, C. (2002). Metabolismo colónico de la fibra. *Nutr Hosp*, 17, 11-6.
- Peris, G.P., Cuerda, C.M., Álvarez, C., 2002. Metabolismo colónico de la fibra. *Nutrición Hospitalaria*, 17, 11-6.
- REA, J. (1992). Raíces andinas. Cultivos marginados, otra perspectiva de, 1492.
- S., & Ritika (2008). Resistant starch: Physiological roles and food applications. *Food Reviews International*, 24, 193– 234.

Silveira Rodríguez, M. B., Monereo Megías, S., & Molina Baena, B. (2003). Alimentos funcionales y nutrición óptima: ¿Cerca o lejos? Revista española de salud pública, 77, 317-331.

Soluciones Prácticas, ITDG. (2009). Ficha Técnica N°11: El cultivo de la maca.

Tapia, M. E. y A.M. Fries. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos.

Topping, D. & Clifton, P. (2001). Short-Chain Fatty Acids and Human Colonic Function: Roles of Resistant Starch and Nonstarch Polysaccharides.

Leeman A, Karlsson M, Eliasson A, Bjorck I. (2006). Resistant starch formation in temperature treated potato starches varying in amylose/amyllopectin ratio. Carbohydr Polym 2006, 65, 306-313.

Thompson D. (2000). Strategies for the manufacture of resistant starch. Trends Food Sci Technol, 11, 245-253.

ANEXO

Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	MEDIDAS	MÉTODO
Problema General	Objetivo General	Hipótesis Principal	Variables Dependientes	Almidón Resistente (g /100 g de muestra)	Cuantitativa	Método MEGAZYME AOAC Official method 2002.02; AACC Method 32- 40.01)
¿Cuál es el método óptimo de obtención de almidones resistentes en la maca y sus variables (temperatura, tiempo y variedad de maca)?	Evaluar el efecto de la gelatinización en la obtención de almidón resistente de la raíz de maca	La gelatinización del almidón promueve la formación de almidón resistente (fibra dietética) en la raíz de maca (<i>Lepidium meyenii</i>).	Almidón Resistente Almidón Soluble Almidón Total			
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Secundarias	Variables Independientes	Almidón Soluble (g /100 g de muestra)	Cuantitativa	
¿Cuál es la temperatura optima de obtención de almidones resistentes en la maca?	Evaluar la temperatura de gelatinización del almidón de la maca (<i>Lepidium meyenii</i>) con respecto a la obtención de almidón resistente.	La temperatura influye en la gelatinización del almidón en la raíz de la maca y promueve la formación de almidón resistente	Temperatura de gelatinización			
¿Cuál es el tiempo de gelatinización óptimo en la obtención de almidones resistentes en la maca?	Evaluar el tiempo de gelatinización del almidón de la maca (<i>Lepidium meyenii</i>) con respecto a la obtención de almidón resistente.	El tiempo de gelatinización influye en la formación de almidón resistente en la raíz de maca durante la gelatinización	Tiempo de gelatinización	Almidón Total (g /100 g de muestra)	Cuantitativa	
¿Qué variedad de maca contiene y desarrolla un mayor contenido de almidón resistente?	Determinar qué variedad de maca contiene y desarrolla un mayor contenido de almidón resistente.	La variedad de la maca influye en la formación de almidón resistente durante la gelatinización	Variedad de maca			

Anexo 2.

ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA DE DUNCAN

Se realizó un análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas entre cada una de las variables para cada análisis.

El nivel de significación establecido es igual a 0.05.

Si el p-valor es mayor al nivel de significación establecido, se concluye que no hay diferencias significativas entre variedades, temperaturas o tiempos. Si es menor al nivel de significación se realizará una **Prueba DUNCAN**, para determinar qué valores tienen diferencias significativas y cuáles no.

1. Temperatura

1.1 Análisis de varianza y prueba de Duncan de Muestras gelatinizadas

Tabla 21. Tratamiento de maca roja por 60 minutos

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	Temperatura	Medias	n	E.E.	1	2	3
Maca roja por 60 minutos		70	0.0105	4	0.005243382	A		
Temperatura	0.0000002	100	0.028	4	0.005243382		B	
P-valor menor a 0.05.		120	0.12425	4	0.005243382			C

Tabla 22. Tratamiento de maca roja por 30 minutos

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	Temperatura	Medias	n	E.E.	1	2	3
Maca roja por 30 minutos		100	0.01	4	0.00518009	A		
Temperatura	0.0000224	70	0.03	4	0.00518009		B	
P-valor menor a 0.05.		120	0.077	4	0.00518009			C

Tabla 23. Tratamiento de maca roja por 15 minutos

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	Temperatura	Medias	n	E.E.	1	2	
Maca roja por 15 minutos		100	0.03	4	0.006008096	A		
Temperatura	0.0000047	70	0.03275	4	0.006008096	A		
P-valor menor a 0.05.		120	0.11475	4	0.006008096		B	

Tabla 24. Tratamiento de maca amarilla por 60 minutos

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	Temperatura	Medias	n	E.E.	1	2	3
Maca amarilla por 60 minutos		70	0.011	4	0.003506938	A		
Temperatura	0.0000000	100	0.029	4	0.003506938		B	
P-valor menor a 0.05.		120	0.12575	4	0.003506938			C

Tabla 25. Tratamiento de maca amarilla por 30 minutos

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	Temperatura	Medias	n	E.E.	1	2	3
Maca amarilla por 30 minutos		70	0.01075	4	0.002786376	A		
Temperatura	0.0000001	100	0.02275	4	0.002786376		B	
P-valor menor a 0.05.		120	0.08	4	0.002786376			C

Tabla 26. Tratamiento de maca amarilla por 15 minutos

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	Temperatura	Medias	n	E.E.	1	2	3
Maca amarilla por 15 minutos		70	0.0135	4	0.005068969	A		
Temperatura	0.0000007	100	0.03	4	0.005068969		B	
P-valor menor a 0.05.		120	0.109	4	0.005068969			C

Tabla 27. Tratamiento de maca negra por 60 minutos

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	Temperatura	Medias	n	E.E.	1	2	
Maca negra por 60 minutos		70	0.03725	4	0.003486083	A		
Temperatura	0.0000002	100	0.04725	4	0.003486083	A		
P-valor menor a 0.05.		120	0.113	4	0.003486083		B	

Tabla 28. Tratamiento de maca negra por 30 minutos

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	Temperatura	Medias	n	E.E.	1	2	
Maca negra por 30 minutos		100	0.00405	4	0.003943278	A		
Temperatura	0.0000000	70	0.0085	4	0.003943278	A		
P-valor menor a 0.05.		120	0.12675	4	0.003943278	B		

Tabla 29. Tratamiento de maca negra por 15 minutos

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	Temperatura	Medias	n	E.E.	1	2	3
Maca negra por 15 minutos		70	0.0025	4	0.002336308	A		
Temperatura	0.0000000	100	0.03025	4	0.002336308	B		
P-valor menor a 0.05.		120	0.11625	4	0.002336308	C		

1.1.2 Análisis de varianza y prueba de Duncan a muestras gelatinizadas incluyendo las muestras sin tratamiento

Tabla 30. Tratamiento de maca roja por 60 minutos

ANOVA		DUNCAN							
F.V.	p-valor	Temperatura	Medias	n	E.E.	1	2	3	4
Maca roja por 60 minutos		70	0.0105	4	0.00479312	A			
Temperatura	0.0000002	100	0.028	4	0.00479312	B			
P-valor menor a 0.05.		0	0.0635	4	0.00479312	C			
		120	0.12425	4	0.00479312	D			

Tabla 31. Tratamiento de maca roja por 30 minutos

ANOVA		DUNCAN							
F.V.	p-valor	Temperatura	Medias	n	E.E.	1	2	3	
Maca roja por 30 minutos		100	0.01	4	0.00474122	A			
Temperatura	0.0000224	70	0.03	4	0.00474122	B			
P-valor menor a 0.05.		0	0.0635	4	0.00474122	C			
		120	0.077	4	0.00474122	C			

Tabla 32. Tratamiento de maca roja por 15 minutos

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	Temperatura	Medias	n	E.E.	1	2	3
Maca roja por 15 minutos		70	0.0135	4	0.00473022	A		
Temperatura	0.0000047	100	0.03	4	0.00473022		B	
P-valor menor a 0.05.		0	0.0315	4	0.00473022		B	
		120	0.109	4	0.00473022			C

Tabla 33. Tratamiento de maca amarilla por 60 minutos

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	Temperatura	Medias	n	E.E.	1	2	3
Maca amarilla por 60 minutos		70	0.011	4	0.00351114	A		
Temperatura	0	100	0.029	4	0.00351114		B	
P-valor menor a 0.05.		0	0.0315	4	0.00351114		B	
		120	0.12575	4	0.00351114			C

Tabla 34. Tratamiento de maca amarilla por 30 minutos

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	Temperatura	Medias	n	E.E.	1	2	3
Maca amarilla por 30 minutos		70	0.01075	4	0.00298782	A		
Temperatura	0.0000001	100	0.02275	4	0.00298782		B	
P-valor menor a 0.05.		0	0.0315	4	0.00298782		B	
		120	0.08	4	0.00298782			C

Tabla 35. Tratamiento de maca amarilla por 15 minutos

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	Temperatura	Medias	n	E.E.	1	2	3
Maca amarilla por 15 minutos		70	0.0135	4	0.00473022	A		
Temperatura	0.0000007	100	0.03	4	0.00473022		B	
P-valor menor a 0.05.		0	0.0315	4	0.00473022		B	
		120	0.109	4	0.00473022			C

Tabla 36. Tratamiento de maca negra por 60 minutos

ANOVA		DUNCAN							
F.V.	p-valor	Temperatura	Medias	n	E.E.	1	2	3	4
Maca negra por 60 minutos		70	0.03725	4	0.0030898	A			
Temperatura	0.0000002	100	0.04725	4	0.0030898		B		
P-valor menor a 0.05.		0	0.06325	4	0.0030898		C		
		120	0.113	4	0.0030898			D	

Tabla 37. Tratamiento de maca negra por 30 minutos

ANOVA		DUNCAN							
F.V.	p-valor	Temperatura	Medias	n	E.E.	1	2	3	
Maca negra por 30 minutos		100	0.00405	4	0.0034777	A			
Temperatura	0	70	0.0085	4	0.0034777	A			
P-valor menor a 0.05.		0	0.06325	4	0.0034777		B		
		120	0.12675	4	0.0034777			C	

Tabla 38. Tratamiento de maca negra por 15 minutos

ANOVA		DUNCAN							
F.V.	p-valor	Temperatura	Medias	n	E.E.	1	2	3	4
Maca negra por 15 minutos		70	0.0025	4	0.00212745	A			
Temperatura	0	100	0.03025	4	0.00212745		B		
P-valor menor a 0.05.		0	0.06325	4	0.00212745		C		
		120	0.11625	4	0.00212745			D	

2. Tiempo

2.1 Análisis de varianza y prueba de Duncan a muestras gelatinizadas

Tabla 39. Tratamiento de maca roja a 120 °C

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	tiempo	Medias	n	E.E.	1	2	
Maca roja a 120°C		30	0.077	4	0.008362449	A		
tiempo	0.0072907	15	0.11475	4	0.008362449		B	
P-valor menor a 0.05.		60	0.12425	4	0.008362449			B

Tabla 40. Tratamiento de maca roja a 100 °C

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	tiempo	Medias	n	E.E.	1	2	
Maca roja a 100°C		30	0.01	4	0.003231787	A		
tiempo	0.0032113	60	0.028	4	0.003231787		B	
P-valor menor a 0.05.		15	0.03	4	0.003231787		B	

Tabla 41. Tratamiento de maca roja a 70 °C

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	tiempo	Medias	n	E.E.	1	2	
Maca roja a 70°C		60	0.0105	4	0.00316995	A		
tiempo	0.0014804	30	0.03	4	0.00316995		B	
P-valor menor a 0.05.		15	0.03275	4	0.00316995		B	

Tabla 42. Tratamiento de maca amarilla a 120°C

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	tiempo	Medias	n	E.E.	1	2	3
Maca amarilla a 120°C		30	0.08	4	0.004633064	A		
tiempo	0.0002128	15	0.109	4	0.004633064		B	
P-valor menor a 0.05.		60	0.12575	4	0.004633064			C

Tabla 43. Tratamiento de maca amarilla a 100°C

ANOVA	
F.V.	p-valor
Maca amarilla a 100°C	
tiempo	0.3155838
P-valor mayor a 0.05.	

Tabla 44. Tratamiento de maca amarilla a 70°C

ANOVA	
F.V.	p-valor
Maca amarilla a 70°C	
tiempo	0.8347609
P-valor mayor a 0.05.	

Tabla 45. Tratamiento de maca negra a 120°C

ANOVA	
F.V.	p-valor
Maca negra a 120°C	
tiempo	0.1709584
P-valor mayor a 0.05.	

Tabla 46. Tratamiento de maca negra a 100°C

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	tiempo	Medias	n	E.E.	1	2	3
Maca negra a 100°C		30	0.00405	4	0.001695828	A		
tiempo	0.0000001	15	0.03025	4	0.001695828		B	
P-valor menor a 0.05.		60	0.04725	4	0.001695828			C

Tabla 47. Tratamiento de maca negra a 70°C

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	tiempo	Medias	n	E.E.	1	2	
Maca negra a 70°C		15	0.0025	4	0.002531743	A		
tiempo	0.0000098	30	0.0085	4	0.002531743	A		
P-valor menor a 0.05.		60	0.03725	4	0.002531743		B	

2.2 Análisis de varianza y prueba de Duncan a muestras gelatinizadas incluyendo las muestras sin tratamiento

Tabla 48. Tratamiento de maca roja a 120 °C

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	tiempo	Medias	n	E.E.	1	2	
Maca roja a 120°C		0	0.0635	4	0.00740284	A		
tiempo	0.0072907	30	0.077	4	0.00740284	A		
P-valor menor a 0.05.		15	0.11475	4	0.00740284		B	
		60	0.12425	4	0.00740284		B	

Tabla 49. Tratamiento de maca roja a 100 °C

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	tiempo	Medias	n	E.E.	1	2	3
Maca roja a 100°C		30	0.01	4	0.00319179	A		
tiempo	0.0032113	60	0.028	4	0.00319179		B	
P-valor menor a 0.05.		15	0.03	4	0.00319179		B	
		0	0.0635	4	0.00319179			C

Tabla 50. Tratamiento de maca roja a 70 °C

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	tiempo	Medias	n	E.E.	1	2	3
Maca roja a 70°C		60	0.0105	4	0.00314494	A		
tiempo	0.0014804	30	0.03	4	0.00314494		B	
P-valor menor a 0.05.		15	0.03275	4	0.00314494		B	
		0	0.0635	4	0.00314494			C

Tabla 51. Tratamiento de maca amarilla a 120°C

ANOVA		DUNCAN							
F.V.	p-valor	tiempo	Medias	n	E.E.	1	2	3	4
Maca amarilla a 120°C		0	0.0315	4	0.00438214	A			
tiempo	0.0002128	30	0.08	4	0.00438214		B		
P-valor menor a 0.05.		15	0.109	4	0.00438214		C		
		60	0.12575	4	0.00438214			D	

Tabla 52. Tratamiento de maca amarilla a 100°C

ANOVA		DUNCAN					
F.V.	p-valor	tiempo	Medias	n	E.E.	1	
Maca amarilla a 100°C		30	0.02275	4	0.0034513	A	
tiempo	0.3155838	60	0.029	4	0.0034513	A	
P-valor mayor a 0.05.		15	0.03	4	0.0034513	A	
		0	0.0315	4	0.0034513	A	

Tabla 53. Tratamiento de maca amarilla a 70°C

ANOVA		DUNCAN					
F.V.	p-valor	tiempo	Medias	n	E.E.	1	2
Maca amarilla a 70°C		30	0.01075	4	0.00353774	A	
tiempo	0.8347609	60	0.011	4	0.00353774	A	
P-valor mayor a 0.05.		15	0.0135	4	0.00353774	A	
		0	0.0315	4	0.00353774		B

Tabla 54. Tratamiento de maca negra a 120°C

ANOVA		DUNCAN					
F.V.	p-valor	tiempo	Medias	n	E.E.	1	2
Maca negra a 120°C		0	0.06325	4	0.00428235	A	
tiempo	0.1709584	60	0.113	4	0.00428235		B
P-valor mayor a 0.05.		15	0.11625	4	0.00428235		B
		30	0.12675	4	0.00428235		B

Tabla 55. Tratamiento de maca negra a 100°C

ANOVA		DUNCAN							
F.V.	p-valor	tiempo	Medias	n	E.E.	1	2	3	4
Maca negra a 100°C		30	0.00405	4	0.00160909	A			
tiempo	0.0000001	15	0.03025	4	0.00160909		B		
P-valor menor a 0.05.		60	0.04725	4	0.00160909			C	
		0	0.06325	4	0.00160909				D

Tabla 56. Tratamiento de maca negra a 70°C

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	tiempo	Medias	n	E.E.	1	2	3
Maca negra a 70°C		15	0.0025	4	0.00228901	A		
tiempo	0.0000098	30	0.0085	4	0.00228901	A		
P-valor menor a 0.05.		60	0.03725	4	0.00228901	B		
		0	0.06325	4	0.00228901		C	

Tabla 57. Tratamiento por 60 minutos a 120°C

ANOVA	
F.V.	p-valor
Maca por 60 minutos a 120°C	
variedad	0.3111266
P-valor mayor a 0.05.	

Tabla 58. Tratamiento por 60 minutos a 100°C

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	variedad	Medias	n	E.E.	1	2	
Maca por 60 minutos a 100°C		roja	0.028	4	0.002607415	A		
variedad	0.0008294	amarilla	0.029	4	0.002607415	A		
P-valor menor a 0.05.		negra	0.04725	4	0.002607415	B		

Tabla 59. Tratamiento por 60 minutos a 70°C

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	variedad	Medias	n	E.E.	1	2	
Maca por 60 minutos a 70°C		roja	0.0105	4	0.002952165	A		
variedad	0.0001605	amarilla	0.011	4	0.002952165	A		
P-valor menor a 0.05.		negra	0.03725	4	0.002952165	B		

Tabla 60. Tratamiento por 30 minutos a 120°C

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	variedad	Medias	n	E.E.	1	2	
Maca por 30 minutos a 120°C		roja	0.077	4	0.00632181	A		
variedad	0.0005378	amarilla	0.08	4	0.00632181	A		
P-valor menor a 0.05.		negra	0.12675	4	0.00632181		B	

Tabla 61. Tratamiento por 30 minutos a 100°C

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	variedad	Medias	n	E.E.	1	2	3
Maca por 30 minutos a 100°C		negra	0.00405	4	0.001516392	A		
variedad	0.0000343	roja	0.01	4	0.001516392		B	
P-valor menor a 0.05.		amarilla	0.02275	4	0.001516392			C

Tabla 62. Tratamiento por 30 minutos a 70°C

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	variedad	Medias	n	E.E.	1	2	
Maca por 30 minutos a 70°C		negra	0.0085	4	0.00280748	A		
variedad	0.0007575	amarilla	0.01075	4	0.00280748	A		
P-valor menor a 0.05.		roja	0.03	4	0.00280748		B	

Tabla 63. Tratamiento por 15 minutos a 120°C

ANOVA	
F.V.	p-valor
Maca por 15 minutos a 120°C	
variedad	0.6964219

P-valor mayor a 0.05.

Tabla 64. Tratamiento por 15 minutos a 100°C

ANOVA	
F.V.	p-valor
Maca por 15 minutos a 100°C	
variedad	0.9986961

P-valor mayor a 0.05.

Tabla 65. Tratamiento por 15 minutos a 70°C

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	variedad	Medias	n	E.E.	1	2	
Maca por 15 minutos a 70°C		negra	0.0025	4	0.003522744	A		
variedad	0.0006008	amarilla	0.0135	4	0.003522744	A		
P-valor menor a 0.05.		roja	0.03275	4	0.003522744	B		

Tabla 66. Sin tratamiento

ANOVA		DUNCAN						
F.V.	p-valor	variedad	Medias	n	E.E.	1	2	
Maca sin tratamiento		roja	0.0315	4	0.00280253	A		
variedad	0.00002451	amarilla	0.06325	4	0.00280253	B		
P-valor menor a 0.05.		negra	0.0635	4	0.00280253	B		

ANEXO 3. ANÁLISIS DE VARIANZA DE RESULTADOS DE ALMIDON TOTAL EN MACA SIN GELATINIZAR

Tabla 67. Almidón total a muestra sin tratamiento

ANOVA	
F.V.	p-valor
Maca sin tratamiento	0.194
variedad	
P-valor mayor a 0.05.	

Tabla 68. Almidón total con un tratamiento de 120°C

ANOVA	
F.V.	p-valor
Temperatura (120°C)	---
Tiempo (minutos)	0.906
Variedad de Maca	0.208
P-valor mayor a 0.05.	

Tabla 69. Almidón total con un tratamiento de 100°C

ANOVA	
F.V.	p-valor
Temperatura (100°C)	---
Tiempo (minutos)	0.69122198
Variedad de Maca	0.0082014

P-valor mayor a 0.05.

Tabla 70. Almidón total con un tratamiento de 70°C

ANOVA	
F.V.	p-valor
Temperatura (70°C)	---
Tiempo (minutos)	0.89273751
Variedad de Maca	0.01821691

P-valor mayor a 0.05.

Tabla 71. Almidón total a todas las temperaturas y todos los tiempos

ANOVA	
F.V.	p-valor
Temperatura (°C)	0
Tiempo (minutos)	0.78646934
Variedad de Maca	0.46226333

Tiempo y variedad: P-valor mayor a 0.05.

Temperatura: P-valor menor a 0.05.