UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: "Influencia de temperatura y humedad de la mezcla de extrusión en los parámetros de calidad de chips elaborados a partir de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza)* y mashua (*Tropaeolum tuberosum)".

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del

Título de Ingeniera en Alimentos

AUTORA: González Albarracín Angélica María.

TUTOR: Ing. Rivas Rosero Carlos Alberto MSc.

Tulcán, 2025.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que la estudiante González Albarracín Angélica María con el número de cédula 1758416562 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Influencia de temperatura y humedad de la mezcla de extrusión en los parámetros de calidad de chips elaborados a partir de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza)* y mashua (*Tropaeolum tuberosum)*".

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en la Codificación del Reglamento de Régimen Académico y de Estudiantes de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

Firmado electrónicamente por:
CARLOS ALBERTO RIVAS ROSERO
Validar únicamente con FirmaEC

_____

Ing. Rivas Rosero Carlos Alberto MSc.

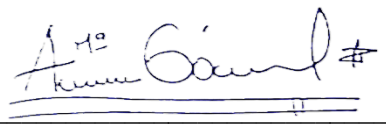
TUTOR

Tulcán, febrero de 2026

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniera en la Carrera de alimentos de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales.

Yo, González Albarracín Angélica María con cédula de identidad número 1758416562 declaro: que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



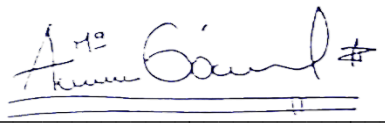
González Albarracín Angélica María

AUTORA

Tulcán, febrero de 2026

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo González Albarracín Angélica María declaro ser autora de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Influencia de temperatura y humedad de la mezcla de extrusión en los parámetros de calidad de chips elaborados a partir de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza)* y mashua (*Tropaeolum tuberosum)*" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



González Albarracín Angélica María

AUTORA

Tulcán, febrero de 2026

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento A Dios, por concederme la fortaleza, la sabiduría y la salud necesaria para culminar esta importante etapa de mi vida, así como a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi a los docentes MsC. Carlos Rivas, PhD. Gualberto León y PhD. Francisco Domínguez, por su valiosa orientación académica, conocimientos compartidos y apoyo constante durante el desarrollo de este trabajo de titulación.

Agradezco de manera especial a mi amada abuelita María Antonia Poveda, por su amor incondicional, sus valores y su constante apoyo, que han sido una guía fundamental en mi vida personal y académica.

A mi tía Luz Yaneth, por su acompañamiento, amor incondicional, confianza y apoyo moral durante todo este proceso.

A mi madre, Clara Patricia, por su sacrificio, dedicación y amor incondicional, por ser mi principal fuente de motivación y fortaleza.

Al Dr. Santiago Ramírez y su familia, por amor, su apoyo incondicional, comprensión y compañía en los momentos más exigentes de este camino.

A mi hermana, cuñado y sobrinos, por su amor, comprensión y palabras de ánimo, que fueron un impulso fundamental para culminar esta etapa.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a la realización del presente trabajo de titulación.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo, en primer lugar, a Dios, por guiarme y darme la valentía necesaria para culminar esta etapa de mi vida.

A mi amada abuelita, María Antonia Poveda, a mi tía Luz Yaneth, y a mi mamá Clara Patricia por su amor incondicional, apoyo constante y por ser pilares fundamentales en mi formación personal y académica.

Al Dr. Santiago Ramírez, quien ha sido un hermano para mí, por su compañía , amor y apoyo permanente viviendo conmigo dificultades y alegrías que se presentaron en este proceso.

A mi hermana Marcela Marin, cuñado y sobrinos, por su cariño, amor, comprensión y palabras de aliento sin importar la circunstancia.

Y de manera especial, a mis compañeras Salomé y Renata, por su compañía incondicional, su lealtad y por brindarme tranquilidad y alegría en los momentos más complejos de este camino.

Este logro es el reflejo del amor, apoyo y valores de todos ustedes.

ÍNDICE

RESUMEN 15

ABSTRACT 16

INTRODUCCIÓN 17

I. EL PROBLEMA 18

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 18

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 19

1.3. JUSTIFICACIÓN 19

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN 22

1.4.1. Objetivo General 22

1.4.2. Objetivos Específicos 22

1.4.3. Preguntas de Investigación 22

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 23

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 23

2.2. MARCO TEÓRICO 27

2.2.1. Arracacha 27

2.2.1.1. Composición nutricional 27

2.2.1.2. Composición química 27

2.2.1.3. Almidón 28

2.2.1.4. Producción nacional 28

2.2.1.5. Capacidad antioxidante 28

2.2.2. Mashua 29

2.2.2.1. Composición nutricional 29

2.2.2.2. Composición química 29

2.2.2.3. Almidón 30

2.2.2.4. Producción nacional 30

2.2.2.5. Capacidad antioxidante 31

2.2.3. Maíz 31
2.2.3.1. Composición nutricional 31
2.2.3.2. Composición química 31
2.2.3.3. Almidón 32
2.2.3.4. Producción nacional 32
2.2.3.5. Capacidad antioxidante 32
2.2.4. Extrusión 32
2.2.4.1. Tipos de extrusores 33
2.2.4.2. Zonas del extrusor 35
2.2.4.3. Tipos de extrusión 36
2.2.4.4. Factores que influyen el proceso de extrusión 36
2.2.4.5. Ventajas del proceso de extrusión 37
2.2.4.6. Tipos de extruidos 37
III. METODOLOGÍA 40
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO 40
3.1.1. Enfoque 40
3.1.2. Tipo de Investigación 40
3.2. HIPÓTESIS 40
3.2.1. Hipótesis nula (Ho) 40
3.2.2. Hipótesis alternativa (Ha) 40
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES 41
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS 43
3.4.1 Diagrama de flujo 43
3.4.1.1. Diagrama de flujo para la elaboración de chips por extrusión de gritz de arracacha mashua y maiz 43
3.4.1.2. Descripción del proceso de elaboración de chips de arracacha, mashua y maíz por el método de extrusión 46

3.4.2. Equipos y materiales 48
3.4.3. Características fisicoquímicas 49
3.4.3.1. Porcentaje de humedad 49
3.4.3.2. Grasa 49
3.4.3.3. Ceniza 50
3.4.3.4. Proteína 51
3.4.4. Caracteristicas microbiológicas 52
3.4.4.1. Aerobios mesófilos 52
3.4.4.2. Mohos 52
3.4.4.3. *Escherichia coli* 53
3.4.5. Características texturales 53
3.4.6. Características sensoriales 53
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO 54
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 55
4.1. RESULTADOS 55
4.1.1. Análisis fisicoquímicos del extruido 55
4.1.1.1. Ceniza 55
4.1.1.2. Humedad 56
4.1.1.3. Grasa 57
4.1.1.4. Proteína 57
4.1.2. Análisis microbiológico del extruido 58
4.1.3 Analisis texturales del extruido 59
4.1.3.1. Dureza 59
4.1.3.2. Fracturabilidad 60
4.1.3.3. Masticabilidad 60
4.1.4 Analisis sensoriales del extruido 61
4.1.4.1. Color 62

4.1.4.2. Olor 63
4.1.4.3. Sabor 63
4.1.4.4. Crocancia 64
4.1.4.5. Dureza 64
4.1.4.6. Aceptabilidad 64
4.2. DISCUSIÓN 65
4.2.1. Análisis fisicoquimico del extruido 65
4.2.2. Análisis microbiológico del extruido 68
4.2.3. Análisis reologicos del extruido 69
4.2.4. Análisis sensorial 72
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 75
5.1. CONCLUSIONES 75
5.2. RECOMENDACIONES 76
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 77
VII. ANEXOS 81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional de la arracacha 27
Tabla 2. Composición química de la arracacha 27
Tabla 3. Morfo tipos de arracacha en la zona 28
Tabla 4. Composición nutricional de la mashua 29
Tabla 5. Composición química de la mashua 30
Tabla 6. Composición nutricional del maíz 31
Tabla 7. Composición química del maíz 32
Tabla 8. Operacionalización de variable 42
Tabla 9. Tratamiento chip 43
Tabla 10. Requisitos y métodos de ensayo 49
Tabla 11. Requisitos microbiológicos 52
Tabla 12. Puntuación escala hedónica 54
Tabla 13. Análisis de Normalidad para los parámetros fisicoquímicos del extruido 55
Tabla 14. ANOVA para ceniza 55
Tabla 15. Tukey para ceniza 56
Tabla 16. ANOVA para humedad 56
Tabla 17. Tukey para humedad 56
Tabla 18. ANOVA para grasa 57
Tabla 19. Tukey para grasa 57
Tabla 20. ANOVA para proteina 57
Tabla 21. Tukey para proteina 58
Tabla 22. Resumen de los resultados fisicoquimicos del extruido 58
Tabla 23. Resultados microbiológicos del extruido 58
Tabla 24.Análisis de supuestos para los parámetros reológicos del extruido 59
Tabla 25. ANOVA para dureza 59
Tabla 26. Tukey para dureza 59
Tabla 27. ANOVA para fracturabilidad 60
Tabla 28. Tukey para fracturabilidad 60
Tabla 29. ANOVA para masticabilidad 61
Tabla 30. Tukey para masticabilidad 61
Tabla 31. Resumen de los resultados reológicos del extruido 61
Tabla 32. Análisis de Normalidad para los parámetros sensoriales del extruido 62
Tabla 33. Resultados de color en los extruidos 62
Tabla 34. Resultados de olor en los extruidos 63
Tabla 35. Resultados de sabor en los extruidos 63

Tabla 36. Resultados de crocancia en los extruidos 64
Tabla 37. Resultados de dureza en los extruidos 64
Tabla 38. Resultados de aceptabilidad en los extruidos 64
Tabla 39. Resumen global de la evaluación sensorial de los extruidos 65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño de extrusor 33
Figura 2. Extrusor un solo tornillo y sus partes 34
Figura 3. Diagrama de elaboración de Gritz de arrachacha 44
Figura 4. Diagrama de elaboración de Gritz de mashua 46
Figura 5. Diagrama de elaboración de chips 48
Figura 6. Limpieza y corte de materia prima 84
Figura 7. Secado de mashua 84
Figura 8. Secado de arracacha 84
Figura 9. Molienda para obtener gritz 84
Figura 10. Almacenamiento del gritz 84
Figura 11. Mezcla de los gritzs 84
Figura 12. Acondicionamiento del gritz 85
Figura 13. Preparación con el extrusor 85
Figura 14. Elaboración del extruido 85
Figura 15. Extruido para cada tratamiento 85
Figura 16. Peso del extruido para determinar cenizas 85
Figura 17. Mufla 85
Figura 18. Desecador de las muestras 86
Figura 19. Cenizas para cada tratamiento 86
Figura 20. Peso de la muestra para humedad 86
Figura 21. Preparación del equipo 86
Figura 22. Análisis de humedad 86
Figura 23. Humedad de los tratamientos 86
Figura 24. Recuento microbiológico aerobios mesófilos, mohos y levaduras, E. coli .. 87
Figura 25. Preparación de las muestras 87
Figura 26. Prueba sensorial 87
Figura 27. Panelistas 1 87
Figura 28. Panelistas 2 87

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC 81
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas 82
Anexo 3. Elaboración de los extruidos y resultados fisicoquímicos 84
Anexo 4. Análisis de proteína 88
Anexo 5. Análisis de grasa 90
Anexo 6. Análisis de textura 91
Anexo 7. Hoja de cata de la evaluación sensorial 95
Anexo 8. Resultados estadísticos 96

RESUMEN

La investigación se centró en evaluar la influencia de la temperatura de extrusión, así como la humedad de la mezcla en los parámetros de calidad de snacks elaborados a partir de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) y mashua (*Tropaeolum tuberosum*). Con un enfoque cuantitativo y experimental, la metodología evaluó cuatro tratamientos que combinaron variaciones de temperatura (130 °C y 135 °C) por el tiempo de 2 min y humedad de la mezcla (11 % y 13 %), utilizando gritz de maíz como base en diferentes sustituciones. Los análisis se enfocaron en determinar las características fisicoquímicas (humedad, grasa, proteína, ceniza), reológicas, sensoriales y microbiológicas. Los resultados confirmaron la hipótesis alternativa, demostrando que el proceso y la formulación afectaron significativamente la calidad de los snacks. El tratamiento T1 (135 °C; 11 % humedad; 15 % arracacha + 10 % mashua + 75 % maíz) y T2 (130 °C; 11 % humedad; 10 % arracacha + 15 % mashua + 75 % maíz) obtuvieron la mayor aceptabilidad sensorial en una prueba de escala hedónica de 7 puntos, gracias a su crocancia superior (mediana de 7) y una textura más ligera (menor dureza). El tratamiento T2 presentó el perfil nutricional más equilibrado, registrando el menor contenido de grasa (0.10 %) y el mayor contenido proteico (6.10 %) respecto al T1 que obtuvo grasa (0.30 %) y en proteína (5.90 %). Ambos tratamientos óptimos cumplieron con los estándares de inocuidad requeridos, manteniendo baja humedad (< 5 %) y ausencia de contaminación microbiana en coliformes totales y mohos/levaduras, además de recuentos muy bajos de aerobios mesófilos garantizando el cumplimiento de la NTE INEN 2561. Se concluye que la investigación aporta evidencia de la viabilidad tecnológica de la extrusión para incorporar arracacha y mashua, contribuyendo al desarrollo de snacks funcionales y a la revalorización de cultivos tradicionales andinos.

Palabras Claves: Arracacha, mashua, extrusión, temperatura, humedad, textura.

ABSTRACT

The research focused on evaluating the influence of extrusion temperature and mix moisture content on the quality parameters of snacks made from arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) and mashua (*Tropaeolum tuberosum*). Using a quantitative and experimental approach, the methodology evaluated four treatments that combined variations in temperature (130 °C and 135 °C) and mix moisture content (11 % and 13 %), using corn grits as a base with different substitutions. The analyses focused on determining the physicochemical (moisture, fat, protein, ash), rheological, sensory, and microbiological characteristics. The results confirmed the alternative hypothesis, demonstrating that the process and formulation significantly affected the quality of the snacks. Treatments T1 (135 °C; 11 % moisture; 15 % arracacha + 10 % mashua + 75 % corn) and T2 (130 °C; 11 % moisture; 10 % arracacha + 15 % mashua + 75 % corn) obtained the highest sensory acceptability in a 7-point hedonic scale test, thanks to their superior crispness (median of 7) and a lighter texture (less hardness). Treatment T2 (130 °C) presented the most balanced nutritional profile, registering the lowest fat content (0.10 %) and the highest protein content (6.10 %) compared to T1, which had 0.30 % fat and 5.90 % protein. Both optimal treatments met the required food safety standards, maintaining low moisture content (< 5 %) and the absence of microbial contamination from total coliforms and molds/yeasts, in addition to very low counts of mesophilic aerobes, thus ensuring compliance with NTE INEN 2561. This research concludes that it provides evidence of the technological viability of extrusion for incorporating arracacha and mashua, contributing to the development of functional snacks and the revaluation of traditional Andean crops.

Keywords: Arracacha, mashua, extrusion, temperature, moisture, texture.

INTRODUCCIÓN

La región interandina del Ecuador desempeña un papel crucial en la preservación de los recursos genéticos de importancia alimentaria y económica a nivel mundial; sin embargo, existe un alto desconocimiento sobre las propiedades y el potencial agroindustrial de tubérculos andinos como la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) y la mashua (*Tropaeolum tuberosum*) (Atencio et al., 2019). Estos cultivos, aunque constituyen fuentes de nutrientes esenciales y representan alternativas agrícolas sostenibles de bajo costo, permanecen excluidos frente a productos más comerciales como la papa y el plátano. En el contexto ecuatoriano, la arracacha se cultiva con abundancia en las provincias como Carchi, Imbabura y Pichincha (Espinosa, 2014); mientras que la mashua, con menos de 50 hectáreas sembradas, se destina principalmente al uso medicinal o como acompañante culinario (Vélez, 2021). Esta subutilización contrasta con el incremento del consumo de snacks industrializados y alimentos ultraprocesados de bajo valor nutricional, fenómeno que, de acuerdo con Penna (2016), afecta la salud pública y al desplazamiento de productos ancestrales de la dieta cotidiana.

Frente a esta problemática, la investigación se fundamenta en la necesidad de rescatar y revalorizar estos tubérculos andinos mediante su aprovechamiento tecnológico para generar alimentos funcionales. En este contexto, la tecnología de la extrusión se presenta como una alternativa eficiente para transformar las materias primas en snacks de alto valor nutricional, ya que este proceso de alta temperatura y corto tiempo permite conservar la calidad de los nutrientes, reducir la oxidación lipídica y mejorar las propiedades sensoriales del producto (Bausano, 2018).

En consecuencia, el estudio se orienta a evaluar la influencia de la temperatura de extrusión, humedad de la mezcla y diferentes sustituciones en la formulación en los parámetros de calidad de extruidos elaborados a partir de arracacha y mashua, determinando sus características fisicoquímicas, texturales, sensoriales y microbiológicas. De este modo, el estudio contribuye al fortalecimiento de la innovación alimentaria ecuatoriana, impulsando el desarrollo de productos nutritivos, funcionales y culturalmente representativos del patrimonio agrícola del país.

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El callejón andino conserva los recursos genéticos de alimentación e importancia económica más importantes para el mundo, donde existe una problemática que radica principalmente en el desconocimiento de las propiedades de algunos tubérculos y raíces, las cuales son de gran relevancia para los agricultores por su alto contenido nutritivo y sobre todo su producción no genera elevados costos, tal es el caso de la arracacha y la mashua (Atencio et al., 2019).

En el caso de la arracacha según Espinosa (2014), se da de forma abundante en el sur del país (Cañar, Azuay, Loja), continuamente el sector norte (Carchi, Imbabura, Pichincha) y con una baja cosecha en el centro del país (Cotopaxi, Tungurahua, Bolivar, Chimborazo). Caso similar sucede con la mashua, este tubérculo de sabor fuerte debido a los glucosinolatos es considerado como un acompañante en la gastronomía ecuatoriana o se lo utiliza como medicina ancestral, generando un alto desaprovechamiento en el procesamiento alimentario y así obtener nuevos y diferentes subproductos (Lim, 2020).

Según Vélez (2021), en su estudio realizado da un aporte relevante el cual detalla que no existen estadísticas de los cultivos de mashua en Ecuador, donde se estime el área cultivada de este tubérculo pero si concluye que existen 50 ha aproximadamente, ya que en su mayoría se ubican en diferentes áreas aisladas de la región de la sierra.

Penna (2016) argumenta que la modernidad del mundo hace que se lleve un ritmo de vida acelerado, donde existe un exceso del consumo de comidas rápidas y snacks (chips) de bajo nivel nutricional, ocasionando daños irreversibles en la salud. En la industria alimentaria, la materia prima más utilizada para la producción de chips son la papa y el plátano, dejando a un lado tubérculos ancestrales como la mashua y teniendo como resultado el desaprovechamiento de estas raíces andinas provocando que no se innove el mercado nacional e internacional (Calderón, 2019).

De la misma forma Ministerio de Salud Pública (2019) ha reconocido la importancia de abordar el problema alimentario y nutricional, por ende, está trabajando en propuestas para combatir la epidemia de enfermedades crónicas a través de diversas iniciativas, donde se tiene en cuenta la promoción de la alimentación saludable, la implementación de programas de comidas saludables en las escuelas. la introducción del etiquetado nutricional y el control de los alimentos procesados, dando relevancia a que estos tengan un valor nutricional significativo para los consumidores.

El estudio de Andrade (2024), da a conocer que las compras de los ecuatorianos está liderada por snacks, manteniéndose estos como los artículos más comestibles y adquiridos en tiendas. En el período de los años 2019 y 2023, el consumo global de snacks aumentó en más de 5.5 millones de toneladas, alcanzando alrededor de 68 millones de toneladas a finales de 2023.

Por estas razones, en el presente estudio se analizó el uso de arracacha y mashua con el objetivo de contribuir el aprovechamiento de estos tubérculos en la extrusión de snacks con parámetros de tiempo y temperatura para obtener nuevos subproductos que servirán como sustitutos alimentarios.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿La temperatura y humedad de la mezcla de extrusión influyen directamente en los parámetros de calidad de chips elaborados a partir de arracacha y mashua?

1.3. JUSTIFICACIÓN

Actualmente, existen diferentes estilos y cambios en los hábitos alimentarios hacia un mayor consumo de alimentos industrializados como lo son los snacks, ya que son productos que vienen en porciones individuales y de fácil acceso (Sisú, 2021). El presente trabajo se alinea directamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), concretamente con el ODS 3 (Salud y bienestar) en la producción de alimentos más saludables, seguros, nutritivos y libres de riesgos microbiológicos, contribuyendo al bienestar del consumidor y la salud pública, de igual manera con el ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura), al tecnificar procesos agroindustriales que agregan un valor significativo a la materia prima local; y finalmente con el ODS 12 (Producción y Consumo Responsables) al garantizar métodos de producción y consumo que reduzcan el impacto ambiental, y mejoren la eficiencia. Al producir snacks de forma eficiente, con menos energía, menos

residuos y mayor aprovechamiento de los recursos locales, promoviendo además cadenas agrícolas sostenibles.

La mashua, un tubérculo andino poco conocido a nivel mundial, ha demostrado tener un alto contenido de compuestos fenólicos, flavonoides y antioxidantes. La arracacha, originaria de los Andes, es un tubérculo que actualmente mantiene relevancia en países sudamericanos con producción destacada en Colombia y Brasil, aunque su uso global sigue siendo limitado, ha generado interés creciente en agroindustria por su almidón de alta calidad, digestibilidad, y buenas propiedades físicoquímicas que la hacen útil, productos procesados o manufacturas de alimentos como papas, sopas o snacks (Salazar et al., 2021).

En la zona andina, la mashua y la arracacha siguen siendo tubérculos esenciales para la agricultura campesina y la seguridad alimentaria, en los últimos años han sido de mayor importancia por su valor nutricional, sus propiedades funcionales y su potencial agroindustrial. Universidades y programas agrícolas de Perú, Colombia y Ecuador están promoviendo su conservación y uso, No obstante, enfrentan desafíos como es la reducción de áreas cultivadas, la baja comercialización y la pérdida de variedades tradicionales.

En Ecuador, tubérculos andinos como la arracacha y la mashua se cultivan principalmente en zonas rurales de la Sierra por comunidades indígenas y campesinas, donde aún conservan su importancia cultural y nutricional. Aunque son especies muy resistentes, con buena adaptación a suelos pobres y climas de altura, su producción ha disminuido en las últimas décadas debido a la baja demanda comercial, el cambio de hábitos alimentarios y la poca rentabilidad, lo que ha generado riesgo de pérdida de diversidad genética. Aun así, existe un renovado interés científico y gastronómico por revalorizarlos, especialmente en investigaciones sobre harinas, almidones y usos culinarios innovadores, lo que podría impulsar su conservación y su incorporación en el mercado. son reconocidos por su alto contenido nutritivo, presentan contenidos relevantes de almidón, vitaminas, minerales, y fibras con relación a los demás productos con las mismas características existentes (Benítez et al., 2016).

De acuerdo a la FAO (1993) la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) posee una composición química que destaca por su contenido de calcio, fósforo y proteína, además tiene almidón (10-25 %), bajo contenido en grasa, ácido fólico, vitamina A y

niveles adecuados de niacina, vitamina C. Además, Ocas (2019) da a conocer que esta otorga energía, proteínas, grasa, carbohidratos, fibra ,calcio, fósforo, hierro, β caroteno, vitamina A, tiamina, los cuales permiten una fácil digestibilidad y mantienen en equilibrio los niveles de triglicéridos y colesterol, evitando problemas del corazón y aterosclerosis.

La mashua (*Tropaeolum tuberosum*) tiene una composición nutricional variada, donde Arteaga et., (2022) aporta que este tubérculo contiene un alrededor del 15 % de proteínas, es rico en β caroteno y minerales (K, P, Fe, Mn, Zn, Cu), de la misma forma tiene antioxidantes como la vitamina C. Su composición fisicoquímica presenta valores de humedad entre 80-86 %, proteínas 1.6-15.7 %, su contenido de grasas es baja, carbohidratos y fibra dietética de 2-3 %, esto puede contribuir a evitar ciertas enfermedades cardiacas.

El explorar estas nuevas opciones que ayuden a una alimentación nutritiva diaria de los consumidores, como son los chips de arracacha y mashua obtenidos por técnicas como la extrusión, diferenciándose ante los clásicos chips fritos que no tienen un aporte nutricional adecuado. Por lo cual, aprovechar y procesar esta materia prima, genera nuevas alternativas saludables elaborados a partir de cultivos andinos (Torres, 2020). En la actualidad estos se consumen cocidos, hervidos, asados, en purés, frituras o en sopas. Comercialmente, estos tubérculos se encuentran principalmente como raíz fresca, pero también existen presentaciones procesadas como harinas, productos deshidratados y purés instantáneos, estos procesos han sido de gran importancia porque permiten ampliar su uso, facilitar su comercialización y abrir nuevas alternativas de valor agregado para los agricultores.

Teniendo en cuenta las pocas investigaciones orientadas al procesamiento de tubérculos andinos poco conocidos como la arracacha y la mashua en alimentos procesados, se llevó a cabo la obtención de snacks tipo chips mediante el proceso de extrusión para evaluar su potencial como ingredientes alternativos. Este proceso permitió transformar estas raíces tradicionales en productos de mayor valor agregado, lo que contribuye a diversificar su uso más allá del consumo fresco. A través de los chips obtenidos se facilitó la comparación de sus características microbiológicas, fisicoquímicas, reológicas y sensoriales, y permitió determinar su comportamiento tecnológico, su aceptación por el consumidor y su posible aplicación en la industria alimentaria como nuevas alternativas económicas y de aprovechamiento para los agricultores andinos.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Evaluar la influencia de la temperatura y la humedad de la mezcla de extrusión en los parámetros de calidad de chips elaborados a partir de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) y mashua (*Tropaeolum tuberosum*).

1.4.2. Objetivos Específicos

- Establecer las características fisicoquímicas de los mejores tratamientos.
- Determinar las características microbiológicas de los chips de arracacha y mashua.
- Identificar las características texturales de los chips.
- Valorar las características sensoriales de los chips obtenidos.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuáles son las características fisicoquímicas de los mejores tratamientos desarrollados?
- ¿Cuáles son las propiedades microbiológicas más relevantes de estos chips?
- ¿Cuáles son las propiedades texturales de los chips de arracacha y mashua?
- ¿Cuáles son las diferencias en las características sensoriales de cada uno de los tratamientos desarrollados en la investigación?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Campos y Tocto (2019), desarrollaron una investigación cuyo objetivo fue determinar el efecto de la formulación en la aceptabilidad de una mezcla alimenticia elaborada a base de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), zapallo (*Cucurbita máxima Duch*) y quinua (*Chenopodium quinoa Willd*). El estudio fue de tipo experimental con enfoque cuantitativo, utilizando un diseño completamente al azar con tres tratamientos formulados en diferentes proporciones de las harinas mencionadas. El proceso de extrusión se realizó a una temperatura de 140 °C y con una humedad de alimentación del 14 %, condiciones que permitieron mantener la estabilidad del producto y lograr una expansión adecuada. Se realizaron análisis fisicoquímicos para determinar el contenido proximal, energético y microbiológico, además de una evaluación sensorial mediante una escala hedónica de nueve puntos aplicada a un panel semientrenado. Los resultados evidenciaron que la formulación compuesta por 60 % de harina de quinua, 25% de harina de zapallo y 15 % de harina de arracacha presentó el mayor contenido proteico (11.13 %) y valor energético (380.67 kcal/100 g), junto con una aceptabilidad promedio de 7.5 puntos, siendo estadísticamente superior en el atributo sabor. Asimismo, la mezcla extruida obtuvo un 6.2 % de humedad, 4.07 % de grasa, 10.61 % de fibra cruda, 3.72 % de ceniza y estabilidad microbiológica durante 60 días de almacenamiento. Las autoras concluyeron que las proporciones de las harinas influyen directamente en la aceptabilidad y valor nutricional del producto, destacando la formulación Q(60 %)Z(25 %)A(15 %) como la más adecuada para el desarrollo de alimentos extruidos de alto valor nutricional y buena aceptación sensorial. Este estudio aporta a la presente investigación validando la aptitud de la arracacha como sustrato para la extrusión y establece un referente técnico directo al emplear una temperatura de 140 °C, parámetro de estudio con las condiciones térmicas evaluadas en este trabajo, además de orientar la metodología para los análisis fisicoquímicos y de aceptabilidad.

Puma (2019), realizó una investigación cuyo objetivo fue evaluar el efecto de la mezcla de gritz de maíz (*Zea mays*) y gritz de mashua (*Tropaeolum tuberosum*), junto con el diámetro de la boquilla del extrusor, en el proceso de extrusión de un snack. El estudio se desarrolló bajo un diseño completamente al azar con tres proporciones de mezcla (85/15, 90/10 y 95/5 p/p) y dos diámetros de boquilla (3 mm y 5 mm). El proceso de extrusión se efectuó a una temperatura de 123 °C, la cual garantizó la gelatinización del almidón y la expansión del producto. El mejor tratamiento correspondió a la proporción 95/5 con boquilla de 3 mm, que presentó 5.39 % de humedad, 8.26 % de proteína, 0.11 % de fibra, 89.02 % de carbohidratos y 0.48 % de lípidos. En cuanto a textura, se obtuvo una fuerza de punción de 2.87 N y una fuerza de corte de 9.10 N, reflejando un producto de baja densidad y crujiente. Sensorialmente, este tratamiento fue el mejor aceptado en los atributos de color, sabor y textura, alcanzando una calificación promedio de 4.45 puntos como media en una escala de 5 puntos, mientras que el análisis microbiológico confirmó la ausencia de mohos, levaduras y coliformes, asegurando su inocuidad. La autora concluyó que las condiciones de extrusión y la proporción de mezcla influyen significativamente en las propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales del snack, obteniendo un producto estable y de buena calidad para consumo directo. Este estudio contribuye a la presente investigación al validar la aptitud de la mashua como sustrato para la extrusión de snacks y proporciona referentes metodológicos específicos para la evaluación instrumental de la textura (fuerza de corte y punción), variables determinantes para caracterizar la crujencia y calidad física de los chips desarrollados en este trabajo.

Ipiales (2024), desarrolló una investigación cuyo objetivo fue evaluar el efecto de las condiciones de extrusión en las características del producto extruido elaborado a base de maíz (*Zea mays*), lenteja (*Lens culinaris*) y yuca (*Manihot esculenta Crantz*). El estudio se realizó bajo un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial A×B×C, considerando como variables independientes la humedad de la mezcla (9 % y 14 %), la temperatura de la cámara de extrusión (170 °C y 200 °C) y la formulación de la mezcla (70:15:15 y 80:10:10 de maíz:lenteja:yuca). Se utilizó un extrusor de doble tornillo modelo ASA-D30 y se evaluaron las características fisicoquímicas, texturales e índices de aceptabilidad del producto. Los resultados demostraron que el tratamiento óptimo (T5), correspondiente a 14 % de humedad, 170 °C y una formulación 70 % maíz + 15 % lenteja + 15 % yuca, presentó un

contenido de humedad final de 8.61 %, cenizas de 1.21 % y extracto etéreo de 0.40 %. En la textura instrumental se registraron valores promedio de punción de 22.81 N, compresión de 22.86 N, corte en "V" de 3.51 N y guillotina con filo de 5.89 N, evidenciando una adecuada crocancia y resistencia. En la evaluación sensorial, este tratamiento alcanzó los mayores niveles de aceptación con puntajes de 5.40 en color, 4.70 en olor, 4.10 en sabor y 3.40 en textura con una escala no estructuradas de tres intervalos para calificar los atributos del producto, siendo "muy bueno" equivalente a 6 puntos, "bueno" a 4 puntos y "regular" a 2 puntos; mientras que en el análisis de textura sensorial obtuvo valores de dureza 7.00, crocancia 8.50, resistencia a la ruptura 5.70 y adhesividad 6.70 sobre una escala de 10 puntos. Los autores concluyeron que la humedad, la temperatura y la formulación de la mezcla influyen significativamente en las propiedades físicas, nutricionales y sensoriales del snack extruido, determinando su calidad y aceptación, por lo que el control de estos parámetros resulta esencial para la obtención de productos nutritivos, estables y de buena aceptabilidad. Este trabajo contribuye a la presente investigación al proporcionar un marco de referencia sobre la influencia de la temperatura en la calidad del producto extruido, variable central en este estudio. Además, aporta directrices metodológicas para la evaluación integral de la textura (instrumental y sensorial), validando parámetros específicos como la crocancia y resistencia, los cuales son atributos determinantes para definir la calidad final de los extruidos desarrollados.

Morales (2019), desarrolló una investigación cuyo objetivo fue evaluar el efecto de la mezcla entre gritz de maíz (*Zea mays*) y gritz de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), así como el diámetro de salida de la boquilla, en las características del producto extruido. El estudio se llevó a cabo bajo un diseño completamente al azar con un arreglo factorial A×B, donde el factor A correspondió a la proporción de mezcla (85:15, 90:10 y 95:5 de maíz:zanahoria blanca) y el factor B al diámetro de salida de la boquilla (3 mm y 5 mm), obteniéndose seis tratamientos con tres repeticiones cada uno. Se utilizaron 200 g por unidad experimental y se procesaron las mezclas en un extrusor de tornillo simple. Los resultados mostraron que el tratamiento T5 (85 % maíz – 15 % zanahoria blanca + 3 mm de boquilla) presentó las mejores características, con valores fisicoquímicos de humedad 4.29 %, proteína 7.28 %, lípidos 0.65 %, carbohidratos 86.20 % y fibra 0.22 %. En los ensayos de textura instrumental, se registraron valores de punción 2.99 N y corte de guillotina 11.29 N,

indicando una menor dureza y mejor crocancia en comparación con los demás tratamientos. En la evaluación sensorial, este tratamiento alcanzó la mayor aceptabilidad general con un promedio de 4.35 puntos, en una escala de 5 puntos destacándose en color, olor, sabor y textura. El autor concluyó que tanto la proporción de mezcla como el diámetro de la boquilla influyen significativamente en las propiedades físicas, texturales y sensoriales del extruido, determinando que la combinación de 85 % maíz – 15 % zanahoria blanca y una boquilla de 3 mm permite obtener un producto de buena calidad, crocante y con alta aceptación sensorial. Este estudio es de gran relevancia para la presente investigación ya que valida el uso de zanahoria blanca como materia prima apta para procesos de extrusión, además de proporcionar referencias técnicas específicas para la evaluación instrumental de la textura.

El estudio realizado por Arqueros (2020), desarrolló una investigación con el objetivo de elaborar un snack extrusionado libre de gluten a partir de una mezcla de harina de lenteja (*Lens culinaris*) y maíz (*Zea mays*) dirigida a la población con intolerancia al gluten. El estudio se llevó a cabo empleando una proporción 50:50 de ambas harinas, extrusionada a 130 °C y una presión de 180–200 bar, evaluando sus características fisicoquímicas antes y después del proceso. Los resultados del mejor tratamiento evidenciaron que la extrusión redujo la humedad de 11.7 a 5.0 %, el contenido proteico de 15.2 a 9.1 % y las cenizas de 1.84 a 1.50 %, mientras que los carbohidratos aumentaron de 70.2 a 83.1 % y las grasas de 1.14 a 1.29 %. El autor concluyó que la aplicación de la extrusión mejoró de manera significativa las propiedades fisicoquímicas y antioxidantes de la mezcla de lenteja y maíz, registrando incrementos notables en los valores ORAC (de 798.7 a 1694.7 µmol eq. Trolox/100 g), TEAC (de 1018.2 a 3504.2 µmol eq. Trolox/100 g) y DPPH (de 458.4 a 601.0 µmol eq. Trolox/100 g), permitiendo obtener un snack con potencial funcional y nutricionalmente apto para personas celiacas. Este trabajo contribuye a la presente investigación al proporcionar referentes técnicos sobre la extrusión de matrices libres de gluten a temperaturas medias (130 °C), cercanas a las utilizadas en este estudio (140 °C), y ofrece un marco comparativo para evaluar el efecto del tratamiento térmico sobre los componentes fisicoquímicos.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Arracacha

La arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) es una raíz tuberosa, que se origina en los andes la cual se dio en varios años atrás, posiblemente antes de la papa, pero se cultiva de forma anual para aprovechar la cosecha de la raíz que es el órgano comercial y más variable morfológicamente. La arracacha agrega textura y sabor a los platos, tiene potencialidad para la agroindustria y nutricionalmente aporta calorías, fibra y minerales como calcio, fósforo, magnesio y hierro (Ocas, 2019).

2.2.1.1. Composición nutricional

Se debe recalcar que son muy pocos los proyectos que se han desarrollado en el ámbito alimentario sobre la arracacha y menos relevante ha sido su composición química, se muestra lo más importante en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición nutricional de la arracacha

Composición nutricional	Arracacha cocida	Arracacha Cruda
Energía (Kcal)	80	101
Carbohidratos (g)	19.9	21.0
Proteínas (g)	0.9	1.0
Grasas (g)	0.2	0.2
Fibras (g)	1.8	2.1
Magnesio (mg)	8	12
Potasio (mg)	258	505
Fósforo (mg)	29	45
Vitamina C (mg)	17.1	7.6

Fuente. (Zanin, 2023).

2.2.1.2. Composición química

Existen valores promedio de los componentes químicos que confirman 100 g de este tubérculo, teniendo en cuenta que es uno de los que más aportan valor nutricional, haciéndolo un alimento energético como se muestra en la Tabla 2 (Doncel, 2015).

Tabla 2. Composición química de la arracacha

Componentes	Promedio (100 g)
Humedad (%)	74
Sólidos totales (%)	26
Carbohidratos (g)	24.91
Proteínas (g)	0.96
Lípidos (g)	0.26
Cenizas (g)	1.30
Fibra (g)	0.85
Almidón (g)	23.51
Calorías (Kcal)	104
Calcio (mg)	65

Fuente. (Doncel, 2015)

2.2.1.3. Almidón

La arracacha contiene un almidón muy fino que varía de 10 a 25 %, el cual posee propiedades funcionales que brindan la posibilidad de utilizarse en la elaboración de productos a nivel industrial por presentar un granulo ovalado, con un diámetro de 5 y 35 µm, proporcionando digestibilidad ya que tiene un bajo punto de gelificación (60 °C) a comparación de los almidones de los cereales, es decir, representa un menor gasto de energía durante su cocción y es resistente al proceso de congelación, lo cual lo hace factible utilizarlo en alimentos que requieren de congelación o refrigeración para conservarse (Doncel, 2015).

2.2.1.4. Producción nacional

En la actualidad, es producida en San José de Minas, la principal zona de producción en el país. Una de las principales razones para este surgimiento constituye la cercanía al mercado de Quito por una excelente vía y la rentable rotación con el cultivo de maíz. San José de Minas se encuentra en una zona de vida bosque seco montano bajo, cuyo límite altitudinal está entre los 2 000 y 2 900 msnm. La temperatura fluctúa entre los 13 y 18 °C. Se registran precipitaciones alrededor de 1 000 mm. Climáticamente las temperaturas son típicamente temperadas, hasta ligeramente cálidas durante el día, pero frescas en la noche. Se encuentra ubicada en el extremo centro norte de la provincia de Pichincha, cantón de Quito, aproximadamente a 90 km de la capital de la república (P. Espinosa, 2014).

Una de las encuestas realizadas por el autor en mención se basa en la cantidad producida en esta área por los diferentes agricultores donde se representan los resultados en la Tabla 3.

Tabla 3. Morfo tipos de arracacha en la zona

Morfo tipo	Frecuencia	Porcentaje
Blanca	13	86.7 %
Morada	2	13.3 %
Total	15	100.0 %

Fuente. (P. Espinosa, 2014)

2.2.1.5. Capacidad antioxidante

La arracacha se destaca por su vitamina C, ya que es un antioxidante muy importante. Esta vitamina es fundamental para combatir el daño causado por los radicales libres en el organismo, lo que ayuda a prevenir el envejecimiento

prematuro y favorece la cicatrización de la piel y la producción de colágeno. También tiene otros compuestos que favorecen el proceso oxidativo como es el zinc y vitaminas del complejo B, que son esenciales para fortalecer el sistema inmunológico (Yapias et al., 2022).

2.2.2. Mashua

La mashua (*Tropaeolum tuberosum*) es un tubérculo de origen alto andino parecido a la papa y la oca, se presentan en una gran variedad de colores (crema, amarillo, negro, morado, blanco, rosado), y poseen de una gran cantidad de carbohidratos, proteínas, vitaminas y un alto valor nutricional que incluye fosforo, hierro y calcio (Torres, 2020).

2.2.2.1. Composición nutricional

Este tubérculo cuenta con un alto valor nutricional, cuentan con contenido de fósforo, calcio y hierro, además combina diferentes proteínas, carbohidratos, fibra, calorías y antocianina la a su vez cuenta con diferentes propiedades curativas ya que poseen colágeno corporal, provocando su síntesis, además impiden que los antioxidantes dañen el tejido conectivo, inflamaciones o alergias, este compuesto fortalece la micro circulación ocular y capilares. La mashua aporta un promedio de 9 000 a 10 000 unidades de antioxidantes siendo excelente para la protección del corazón, y vigorizar la circulación de los vasos sanguíneos como se muestra su composición en la Tabla 4 (Arteaga et al., 2022).

Tabla 4. Composición nutricional de la mashua

Elemento	Valores
Energía (Kcal)	50
Agua (g)	7.4
Proteína (g)	1.5
Grasa (g)	0.7
Carbohidrato (g)	9.8
Fibra (g)	0.9
Ceniza (g)	0.6
Calcio (mg)	12
Fósforo (mg)	29
Ácido Ascórbico (mg)	77.5

Fuente. (Agro Perú, 2022).

2.2.2.2. Composición química

La alta variación de los valores bromatológicos, en raíces y tubérculos andinos, se debe a una amplia gama de factores, tales como variabilidad genética, prácticas culturales, clima y hasta el tipo de suelo. Al igual que otros tubérculos, la mashua

presenta un elevado contenido de carbohidratos, en especial almidón y azúcares mostrando sus valores en la Tabla 5 (Lazo et al., 2018).

Tabla 5. Composición química de la mashua

Parámetro	Valor
Humedad (%)	88.6
Cenizas (%)	4.81
Proteínas (%)	9.17
Fibra (%)	5.86
Extracto etéreo (%)	4.61
Carbohidratos totales (%)	75.4
Almidón (%)	46.92
Azúcar total (%)	42.81
Azúcares reductores (%)	35.83
Vitamina C (mg/100 g mf)	77.37
Eq Retinol (ug/100 g mf)	735.56

Fuente. (Lazo et al., 2018)

2.2.2.3. Almidón

La mashua contiene 41.35 % (BS) de almidón con un 27.44 % de amilosa, este tubérculo presenta gránulos pequeños comparados con otros tubérculos como el ulloco y oca. Está compuesta de 2-3 granos heterogéneos, puede llegar a ser ovoide, esférico y truncado con tamaños de 4.39 y 16.29 µm de longitud y 4.07 y 13.09 µm de diámetro.

El almidón de tubérculos andinos como oca, ulluco y mashua se consideran de importancia en la industria alimentaria para la elaboración de productos de fácil cocción, alta viscosidad y baja estabilidad a la refrigeración, pero a diferencia de la oca y ulluco la mashua se destaca por su alta digestibilidad al poseer gránulos de tamaño pequeño (Arteaga et al., 2022).

2.2.2.4. Producción nacional

En Tungurahua se cultivan al menos 10 hectáreas entre mashuas y ocas, según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Se siembra en Santa Rosa, Pilahuín, Juan Benigno Vela, Quisapincha, en pequeñas parcelas. También hay cinco hectáreas en producción en Chimborazo, en la comunidad de Lupaxi. Los tubérculos son principalmente para el consumo interno, mientras el excedente se comercializa en los mercados de Ambato y de Riobamba (Torres, 2020).

2.2.2.5. Capacidad antioxidante

Este tubérculo contiene compuestos fenólicos como flavonoides y ácidos hidroxicinámicos quienes potencializan el proceso antioxidante a su vez inhibe la oxidación de lípidos lo que puede ayudar a prevenir enfermedades crónicas como la aterosclerosis y el cáncer (Inostroza et al., 2015).

2.2.3. Maíz

El maíz (*Zea Mayz*) es una de las especies más importantes en la agricultura mundial debido a su versatilidad y valor nutricional. El maíz pertenece a la familia de las Poáceas (gramíneas) y su fruto es una mazorca que contiene los granos comestibles donde el endospermo es almidón el cual es amilosa (25-30 %) y la amilopectina (70-75 %) constituyen hasta el 72-73 % del peso del grano de maíz. Otros hidratos de carbono presentes son azúcares sencillos en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, en cantidades que varían del 1 al 3 % del grano (Ortega, 2014).

2.2.3.1. Composición nutricional

Es un alimento altamente nutritivo que proporciona una variedad de nutrientes esenciales. Varía dependiendo de la forma en que se prepare y el tipo de maíz utilizado, con una fuente de carbohidratos complejos, fibra, vitaminas y minerales como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Composición nutricional del maíz

Componente	Cantidades
Calorías (Kcal)	365
Agua (g)	10.37
Proteínas (g)	9.42
Lípidos Totales (g)	4.74
Carbohidratos (g)	74.26
Fibra (g)	7.3
Azúcares (g)	0.64
Magnesio (mg)	127
Fósforo (mg)	210
Potasio (mg)	287
Niacina (mg)	3.627

Fuente. (Ortega, 2014)

2.2.3.2. Composición química

La composición química del maíz varía según su tipo y la forma en que se prepara, pero en términos generales, el maíz es principalmente una fuente de carbohidratos (principalmente almidón), proteínas, grasas, fibra, agua y diversos micronutrientes

según como este está conformado estos componentes químicos se distribuyen como lo muestra en la Tabla 7 (FAO, 1993).

Tabla 7. Composición química del maíz

Componente	Peri carpio	Endospermo	Germen
Proteínas	2.7	8	18.4
Extracto etéreo	1	0.8	33.2
Fibra cruda	86.7	2.7	8.8
Cenizas	0.8	0.3	10.5
Almidón	7.3	87.6	8.3
Azúcar	0.34	0.62	10.8

Fuente. (FAO, 1993)

2.2.3.3. Almidón

El almidón es el principal componente de los carbohidratos en el maíz y constituye entre el 30-80 % de su peso seco. Es una molécula de reserva que la planta utiliza para almacenar energía, cuando se consume se descompone en el cuerpo humano en glucosa, que es la fuente primaria de energía para las células. El almidón del maíz es especialmente importante debido a su amplia aplicabilidad en la industria alimentaria, farmacéutica y otras áreas (Tovar, 2008).

2.2.3.4. Producción nacional

La producción de maíz en Ecuador se consolidó como uno de los cultivos más importantes de la agroindustria del país. Las provincias líderes en la producción de este cereal fueron Los Ríos, Manabí, Guayas, Loja y Santa Elena llegando a una totalidad de 1 780 039 de toneladas producidas a nivel nacional (Quintana, 2024).

2.2.3.5. Capacidad antioxidante

Este cereal contiene compuestos fenólicos y carotenoides presentes en sus granos. Los antioxidantes son moléculas que ayudan a neutralizar los radicales libres en el cuerpo, lo cual puede prevenir el daño celular que ayudan a reducir el riesgo de enfermedades cardiacas, respiratorias y a prevenir enfermedades degenerativas como el cáncer (Villacres et al., 2019).

2.2.4. Extrusión

El proceso de extrusión se define como la acción de modificar la presentación natural de un material forzándolo a través de una matriz que se da después de un calentamiento previo, adicional a un proceso de humidificación, expansión de

almidones y/o proteínas, con la combinación de humedad, presión, calor y fricción mecánica, que efectúa la elevación de la temperatura de la masa, dando como resultado la expansión de los almidones (Bausano, 2018).

En la Figura 1 se puede observar el diseño del extrusor y todos sus componentes.

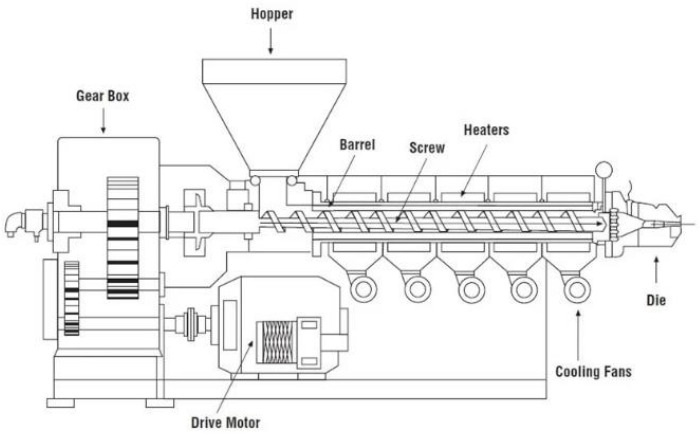


Figura 1. Diseño de extrusor
Fuente: (Giles, 2017)

La extrusión de alimentos permite obtener productos innovadores, destinados a diferentes sectores, como pastas, cereales para el desayuno, galletas, alimentos infantiles, productos de confitería, chicles, piensos para mascotas y snacks. Como cualquier operación de procesado, la extrusión produce cambios en el alimento, tanto a nivel interno como externo, provocando modificaciones en la funcionalidad de los ingredientes (Puma, 2019).

2.2.4.1. Tipos de extrusores

Según Puma (2019) afirma que la clasificación de los extrusores se realiza teniendo en cuenta diferentes parámetros como, la humedad inicial de la materia prima , el diseño del extrusor si es de tornillo simple o doble tornillo.

2.2.4.1.1. Extrusor de tornillo único

Está compuesto por diferentes partes que cumplen una función en específico, la estructura del extrusor y sus partes se detallan en la Figura 2. La variabilidad en la forma del tornillo permite generar altas presiones y compresiones de la mezcla cuando pasa por las diferentes partes que componen el equipo siendo necesarias temperaturas que oscilan entre 110 – 200 °C.

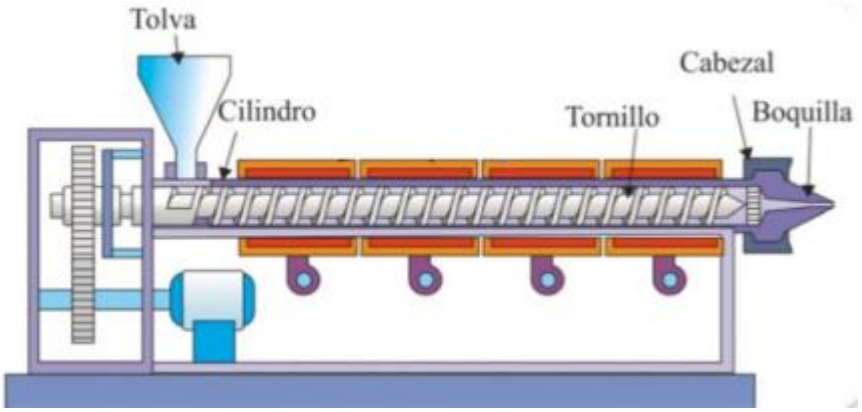


Figura 2. Extrusor un solo tornillo y sus partes
Fuente: (Beltran & Marcilla, 2012)

- Tolva de alimentación: facilita la entrada uniforme y total de los ingredientes, los cuales son en forma de polvo.
- Cilindro:mantiene en su interior al tornillo, puede ser liso, acanalado o rugoso.
- Resistencias electricas: elevan la temperatura en el equipo.
- Tornillo: es un de las partes más importantes ya que contribuye a realizar funciones de transportar, homogenizar , calentar y fundir el material.
- Cabezal: Se encuentra sujetando la boquilla para brindarle estabilidad a la misma.
- Boquilla: su función es moldear el material, de las cuáles existen diferentes diseños que ayuda a obtener distintos tipos de productos. (Molina, 2021)

2.2.4.1.2. Extrusor de doble tornillo

Estos extrusores están compuestos por un par de tornillos que ruedan en el interior de un cilindro, este tipo de equipos se clasifican según el sentido de rotación de los cilindros y según el tipo de esfuerzo realizado por los mismos. Su sección será en forma de ocho manejando una temperatura de (140-200 °C) La acción conjunta de ambos tornillos mejora el mezclado y evita la rotación del alimento en el cilindro es decir disminuye las probabilidades que la materia prima se almacene en un solo lugar o zona del extrusor, la humedad de la muestra debe ir entre 20-22 %, la presión que este equipo maneja es de 3-15 MPa y la velocidad de corte es de 1.5 a 10 Hz.

Los extrusores de tornillos gemelos poseen las siguientes ventajas:

- Su producción es independiente del flujo de alimentación y puede ajustarse por desplazamiento positivos de los tornillos. Al contrario, de lo que ocurre en los extrusores de tornillo único, donde la materia prima debe ocupar completamente el cilindro para un correcto funcionamiento.

- Los extrusores de tornillos gemelos pueden manejar productos aceitosos, pegajosos y de elevado contenido de agua.
- Los extrusores de tornillo único son capaces de manejar concentraciones máximas del 4 % en grasa, 10 % en azúcar y 30 % de agua. Mientras, en los extrusores de tornillos gemelos estos valores ascienden al 20 %, 40 % y 65 % respectivamente.
- La sección de descarga corta, crear la suficiente presión para lograr la extrusión. Por lo tanto, en estos extrusores la zona sometida a mayor desgaste es mínima. Maneja productos de diferentes granulometrías y harinas (Abraham, 2022).

2.2.4.2. Zonas del extrusor

- **Zona de alimentación:** Es la zona donde se encuentra la tolva en forma de cilindro para descargar los ingredientes o materiales hacia el tornillo. Existe una velocidad variable para transportar el material de manera uniforme, algunas veces los equipos de extrusión tienen un preacondicionador, de tal modo que las partículas o materiales alcancen el equilibrio de acondicionamiento a cierta humedad y temperatura durante un tiempo determinado. Se requiere de una mezcla homogénea ya que beneficia la incorporación del agua y vapor inyectados hacia el cabezal, el cual ayudará a que fluya el material. (Molina, 2021)
- **Zona de transición o compresión:** En esta zona la compresión se ejerce en los canales de flujo del extrusor, la homogenización dependerá del grado de inclinación del tornillo. Ya que si aumenta la relación de esfuerzo cortante (cizalla) y la energía mecánica suministrada a la masa a su vez aumenta la temperatura, a medida que la masa o mezcla de ingredientes fluye a tráves del tornillo este es mezclado (amasado) alcanzando una compactación.
- **Zona de cocción:** Se presenta una fusión en la masa o mezcla de ingredientes, se plastifica aumentando la temperatura (110-200 °C) y presión (2-10 MPa) rápidamente, la velocidad de formación aumenta con la configuración del tornillo del equipo extrusor, la temperatura y la viscosidad lo cual nos da como resultado una mezcla fluida.
- **Zona de moldeado y corte:** Esta zona es importante ya que la materia prima fluye, se comprime, se homogeniza y pasa a través de la boquilla a presión constante. El producto se corta debido a que pasa por unas cuchillas que

están sostenidas cerca de la boquilla, el tamaño del producto final dependerá de la velocidad del cortador medida en RPM y de la composición del producto final y por lo general usa una frecuencia de 1.5 a 10 Hz.

2.2.4.3. Tipos de extrusión

2.2.4.3.1. Extrusión en caliente

Es un proceso termo-mecánico, es decir, hay presencia de energía térmica y mecánica, la cual se aplica al alimento a una presión alta de 25 MPa y temperatura de 100 a 200 °C. La combinación de calor y esfuerzo da como resultado los gránulos de almidón y a su vez desnaturalización de proteínas, inactivación de enzimas lo que conlleva a la destrucción de compuestos nutricionales o eliminar en su totalidad cuentas microbianas en el producto cuando este sale del extrusor, teniendo en cuenta que hay mínimas perdidas de vitaminas y se proporcionan nuevas aromas y sabores. El proceso de cocción se realiza en poco tiempo de 10-60 s (Molina, 2021).

2.2.4.3.2. Extrusión en frío

El alimento no aumenta su temperatura, es decir, en este proceso se aplica presión para la elaboración de pastas, macarrones, salchichas, confitería y pastelería, este equipo dispone de una boquilla la cual permite inyectar relleno en el interior de la masa extruida se denomina este proceso como coextrusión (Molina, 2021).

2.2.4.4. Factores que influyen el proceso de extrusión

Los factores que influyen el proceso de extrusión son: las condiciones de operación del extrusor (temperatura, presión, diámetro de los orificios de la boquilla y la velocidad de las cuchillas) y las propiedades físicas químicas del tubérculo (humedad, proteína, grasa y almidón) El funcionamiento del extrusor debe ser en condiciones adecuadas, esto permite la obtención de un producto uniforme con las características que se desean desde un principio (Bausano, 2018).

En este proceso se tienen en cuenta mecanismos como lo son:

- Calor y presión: las temperaturas pueden superar los 100 °C, y la presión puede alcanzar entre 10 y 20 bar, son condiciones que provocan la ruptura de enlaces peptídicos en las proteínas, alterando su estructura.

- Interacciones química: se dan reacciones químicas como la reacción de Maillard entre aminoácidos y azúcares reductores. Esto puede afectar tanto el valor nutricional como las propiedades sensoriales del alimento obtenido.
- Humedad y tiempo de residencia: Una mayor humedad presentada puede disminuir las interacciones entre proteínas y aminoácidos, mientras que el tiempo a alta temperatura puede llevar a una degradación de las proteínas.
- Efectos en la digestibilidad: puede mejorar de algunas proteínas al facilitar su hidrólisis por enzimas digestivas. Cuando la digestibilidad disminuye se da una reducción de la digestibilidad si se forman enlaces covalentes que impiden el acceso a los sitios de hidrólisis.

La desnaturalización en este proceso mejora en un alimento la textura, pérdida de aminoácidos esenciales como lisina (Morillo, 2020).

2.2.4.5. Ventajas del proceso de extrusión

El proceso de extrusión es variable y admite el uso de ingredientes procedentes de subproductos de la industria agroalimentaria, al ser un proceso en el que los productos se someten a altas temperaturas durante un corto espacio de tiempo (HTST), se garantiza la seguridad del producto sin alterar significativamente su valor nutricional.

La extrusión reduce la oxidación lipídica y la contaminación durante el proceso se incorporan a la formulación subproductos vegetales, ricos en proteína y fibra, se puede mejorar el valor nutricional de este tipo de productos.

A su vez es una tecnología que abre oportunidades a los fabricantes a la hora de ampliar su gama de productos hacia aquellos con un alto contenido de proteína vegetal y bajos en grasas. Es una tecnología innovadora que permite lograr la reducción del contenido en grasa de los alimentos y con la demanda social hacia las proteínas vegetales. También puede contribuir en las soluciones contra el desperdicio de alimentos (Morillo, 2020).

2.2.4.6. Tipos de extruidos

2.2.4.6.1. Productos de desayuno y cereales integrales

La gran importancia en la alimentación saludable y la evolución de los estilos de vida ha incrementado la demanda de cereales, especialmente en forma de

alimentos extruidos. Los cereales listos para el consumo se someten a diversos procesos de cocción y modificación, como lo es el proceso de extrusión lo que los hace aptos para el consumo humano. Además, los productos extruidos en frío, como la pasta, constituyen la dieta de muchas personas.

Los cereales de desayuno pueden elaborarse a partir de harinas compuestas que contienen legumbres para compensar la falta de aminoácidos esenciales. Además, al elaborarse con harina integral, se convierten en fuentes de ácidos grasos y fibra.

2.2.4.6.2. Productos de confitería y snacks

El proceso de extrusión es un método versátil que se emplea para crear productos masticables y gelatinizados, como gominolas y regaliz. De igual manera productos populares como pan crujiente, cheetos, caramelos hervidos, cremas, toffee, fudge y chocolate.

La producción de snacks, por otro lado, ha progresado rápidamente, dividiéndose en tres generaciones. Los snacks de primera generación implican el procesamiento de granos integrales con humedad, cocción y secado. Los snacks de segunda generación, a menudo comercializados como productos ricos en fibra, bajos en calorías y ricos en proteínas, resultan del procesamiento por extrusión de materiales como harinas, cereales, almidones y proteínas. La masa continua producida se corta, se seca, se aromatiza y se almacena. Los snacks de tercera generación, denominados "productos intermedios", salen del extrusor en forma de matriz y se expanden posteriormente mediante fritura o calentamiento, ofreciendo baja humedad, alta densidad y una mayor vida útil.

2.2.4.6.3. Análogos y extensores de carne

Los análogos y extensores de carne, también conocidos con diversos términos como sustituto de carne, carne artificial, carne falsa o carne de imitación, buscan replicar cualidades estéticas y características químicas específicas de la carne. Su popularidad ha aumentado en las últimas décadas debido a la alta demanda de fuentes de proteínas alternativas y económicas para cubrir la carencia nutricional.

Los extensores de carne, producidos con un bajo contenido de humedad (20-35%), y los análogos de carne, elaborados con un alto contenido de humedad (50-70%), presentan características distintivas. La harina de soja desgrasada y el concentrado de proteína de soja (CPS) se utilizan comúnmente como extensores de carne,

mientras que los análogos de carne se basan en el concentrado de proteína de soja (CPS) y el aislado de proteína de soja (API). En la producción de análogos de carne se utilizan proteínas vegetales primarias, como las de la soja, los frijoles comunes, los guisantes y cereales como el trigo, responsables de la formación de la red de gluten (Sule et al., 2024).

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

El presente estudio tuvo un enfoque cuali-cuantitativo debido a que, se realizó una valoración numérica de las características de la calidad fisicoquímica, microbiológica, reológica y sensoriales de los chips de arracacha y mashua obtenidos por extrusión. Villacres et al. (2019) señala que el enfoque cuantitativo es una referencia a las diferentes metodologías que ayudan a receptar datos, mediante la consecuencia certera en la que se basan las cifras numéricas, con la finalidad de dar solución a la problemática.

3.1.2. Tipo de Investigación

Se aplicó una investigación experimental, donde se realizó una serie de ensayos para cumplir el objetivo principal de esta investigación, variando los parámetros de extrusión y porcentajes de formulación para obtener un nuevo snack tipo chips, en los laboratorios de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi como también al realizar un control de cada medida de las variables y de los resultados obtenidos determinando la calidad fisicoquímica, microbiológica, reológica y sensorial de un nuevo producto, buscando relación causa y efecto con certidumbre.

3.2. HIPÓTESIS

3.2.1. Hipótesis nula (Ho)

La formulación y el proceso de extrusión de arracacha y mashua no afecta las características fisicoquímicas, microbiológicas, reológicas y sensoriales.

3.2.2. Hipótesis alternativa (Ha)

La formulación y el proceso de extrusión de arracacha y mashua afecta las características fisicoquímicas, microbiológicas, reológicas y sensoriales.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Independientes

- Proceso de extrusión
- Formulación del snack

Dependientes

- Características fisicoquímicas
- Características texturales
- Características microbiológicas
- Características sensoriales

En la Tabla 8 se detalla la operacionalización de variables, donde se desglosan las variables, dimensiones e indicadores que permiten evaluar el efecto de la temperatura y la humedad de la mezcla de extrusión de un chip a base de arrachacha y mashua.

Tabla 8. Operacionalización de variable

	Variable	Dimensión	Indicadores		Técnica	Instrumento
VI	Formulación del Snack	Gritz de maíz	75 %		Gravimetría	Penna (2016)
		Gritz de Arracacha	10 % 15 %			
		Gritz de Mashua	10 % 15 %			
		Humedad	11 -13 %			
		Temperatura	130 - 135 °C			
VD	Calidad del extruido	Calidad fisicoquímica	Humedad		Termogravimetría	AOAC 925.10
			Grasa		Extracción Soxhlet	AOAC 945.16
			Ceniza		Calcinación por mufla	AOAC 923.03
			Proteína		Kjeldahl	AOAC 960.52
		Calidad microbiologica	Recuento estándar en placa Mohos Echerichia coli		Petrifilm	AOAC 990.12
		Calidad textural	Dureza Fracturabilidad Masticabilidad		Texturometría 060201	TVT 6700 Perten Perkin Elmer
		Calidad sensorial	Aceptación	Olor Sabor Textura sensorial Aceptabilidad	Prueba afectiva con escala hedónica de 7 puntos	Manfugás (2020)

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

Materia prima

Gritz de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza)*

Gritz de mashua (*Tropaeolum tuberosum)*

Gritz de maíz (*Zea Mays*)

Insumos

Agua

Formulación

La Tabla 9 presenta los tratamientos aplicados en la elaboración del chip, donde se evaluaron dos variables de proceso**:** la temperatura del extrusor y la humedad de la mezcla**,** manteniendo constante la formulación base. Se establecieron cuatro tratamientos (T1, T2, T3 y T4).

Tabla 9. Tratamiento chip

Tratamientos	A:Temperatura del extrusor	B: Humedad de la mezcla	C: Formulación	Simbología
T1	135 °C	11 %	15 Arracacha +10 Mashua+ Maíz 75	A1B1C1
T2	130 °C	11 %	10 Arracacha +15 Mashua +Maíz 75	A2B1C2
T3	135 °C	13 %	15 Arracacha +10 Mashua+ Maíz 75	A1B2C1
T4	130 °C	13 %	10 Arracacha +15 Mashua +Maíz 75	A2B2C2

3.4.1 Diagrama de flujo

3.4.1.1. Diagrama de flujo para la elaboración de chips por extrusión de gritz de arracacha mashua y maiz

Descripción del proceso de gritz de arracacha

- Recepción: se tienen los tubérculos de arracacha en excelente calidad y que cumplan las características deseadas.
- Selección y clasificación: los tubérculos fueron escogidos dependiendo su tamaño observando que estos no tengan daños fisiológicos.
- Lavado: se usa agua potable, se lavan los tubérculos para retirar los excesos de tierra o todo residuo que pueda causar un tipo de contaminación.
- Pelado: en uso de un cuchillo se le quitan las diferentes cantidades de cáscara.
- Cortado: se realizan rodajas de 2 mm de espesor para así agilizar el proceso de secado.

- Secado: se colocaron las rodajas realizadas en las bandejas del deshidratador evitando que una este encima de otra, este equipo trabajo de 110-120 °C por 5 horas hasta lograr un secado homogéneo.
- Molienda: se trituran las rodajas secas en un molino manual para así obtener gritz de arracacha con un diámetro de 2 mm.
- Tamizado: se tamizaron los gris obtenidos con tela de nylon con leves movimientos para así separar los partículas que tienen menor diámetro al que se requiere.

  En la figura 3 se muestra el diagrama de flujo para la elaboración de gritz de arracacha.

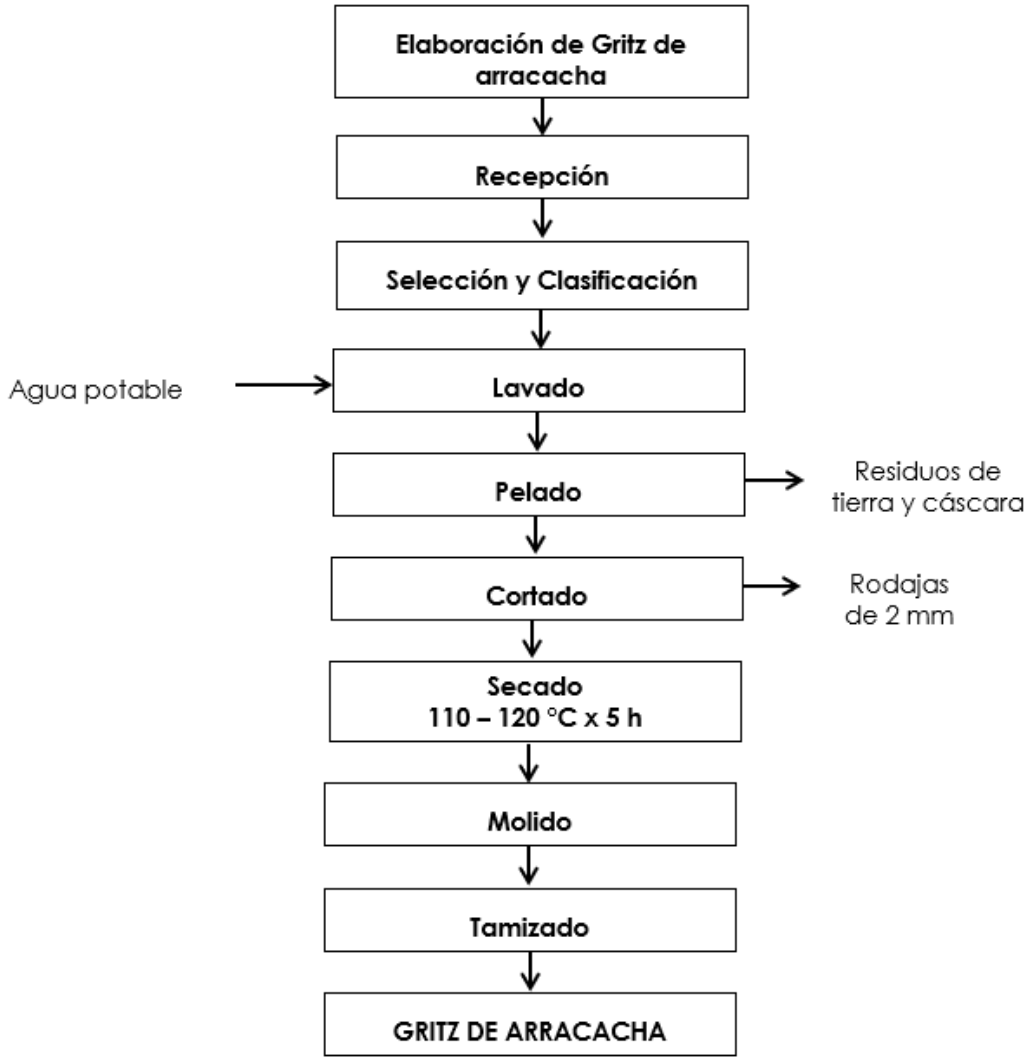


Figura 3. Diagrama de elaboración de Gritz de arrachacha

Descripción del proceso de gritz de mashua

- Recepción: se tienen los tubérculos de mashua en excelente calidad y que cumplan las características requeridas.
- Selección y clasificación: los tubérculos fueron escogidos dependiendo su tamaño observando que estos no tengan daños fisiológicos.
- Lavado: en uso de agua potable se lavan los tubérculos para así retirar los excesos de tierra o todo residuo que pueda causar un tipo de contaminación
- Cortado: se realizan rodajas de 2mm de espesor para así agilizar el proceso de secado.
- Secado: se colocaron las rodajas realizadas en las bandejas del deshidratador evitando que una este encima de otra, este equipo trabajo de 110-120°C por 4 horas hasta lograr un secado homogéneo.
- Molienda: se trituran las rodajas secas en un molino manual para así obtener gritz de arracacha con un diámetro de 2 mm.
- Tamizado: Se tamizaron los gris obtenidos con tela de nylon con leves movimientos para así separar los partículas que tienen menor diámetro al que se requiere.

En la figura 4 se detalla el diagrama de flujo para la elaboración de gritz de mashua.

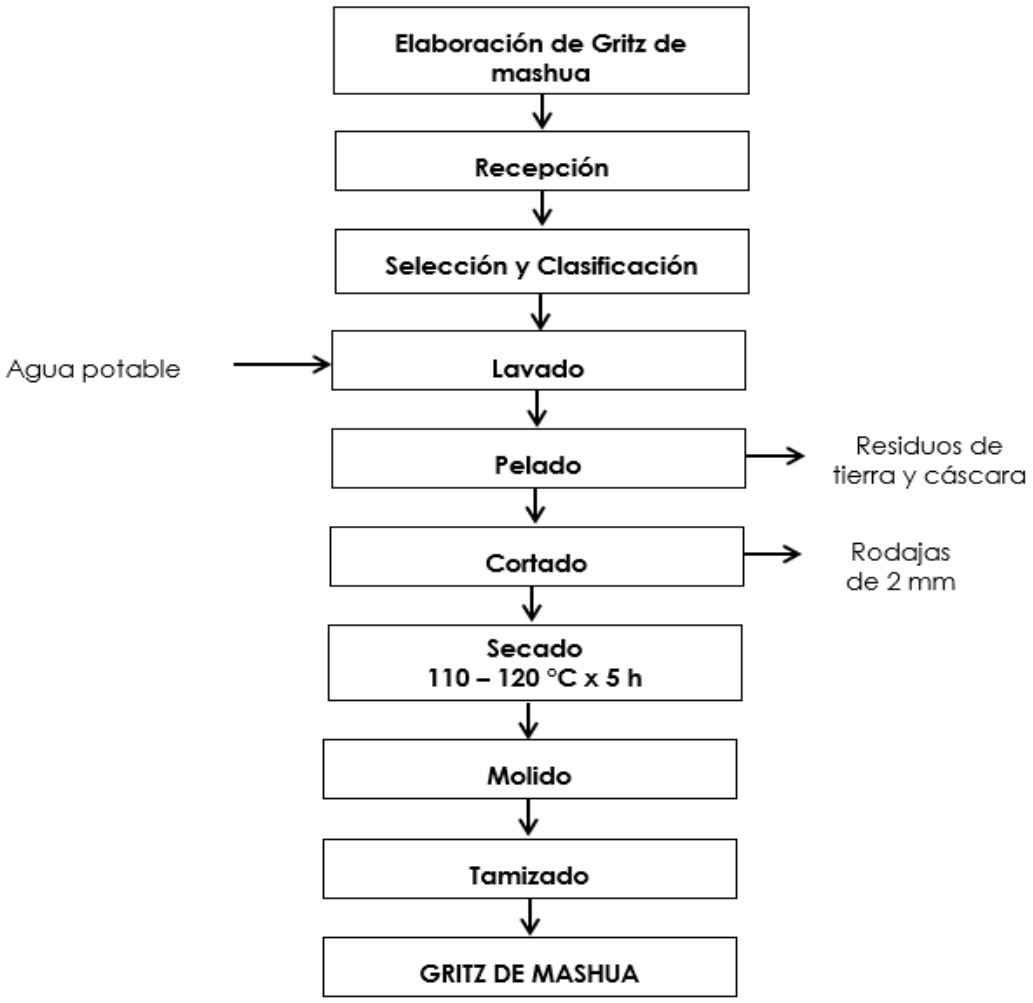


Figura 4. Diagrama de elaboración de Gritz de mashua

3.4.1.2. Descripción del proceso de elaboración de chips de arracacha, mashua y maíz por el método de extrusión

- Recepción de materia prima: se hace la recepción de la materia prima gritz de maíz harina de arracacha y mashua.
- Pesado: se pesan las respectivas cantidades para cada una de las formulaciones.
- Mezclado: homogenizar cada una de las formulaciones.
- Acondicionado: se tienen en cuenta las dos humedades a manejar en los dos tratamientos a llevar a cabo 11-13 % de humedad.
- Extruido: para realizar el proceso de extrusión primeramente se procedió a calibrar los factores constantes que son; la temperatura de 130-135 °C, velocidad del tornillo de 300 rpm, manejando por corte 2 Hz, transporte 34 Hz

luego se procedió a dosificar uniformemente cada una las formulaciones en la zona de alimentación del equipo alimentación 6 Hz, obteniendo de esta manera los extruidos.

- Envasado: tras la extrusión se guardó en fundas de alta densidad para llevarlos a los laboratorios a sus respectivos análisis.
- Almacenado: los extruidos se almacenaron a temperatura ambiente en un lugar fresco y seco evitando corrientes de aire ya que estos alimentos atrapan rápidamente la humedad del ambiente, luego se realizó los respectivos análisis mencionados al inicio de la investigación.

En la figura 5 el diagrama de flujo muestra de forma detallada el proceso de elaboracion de los chips.

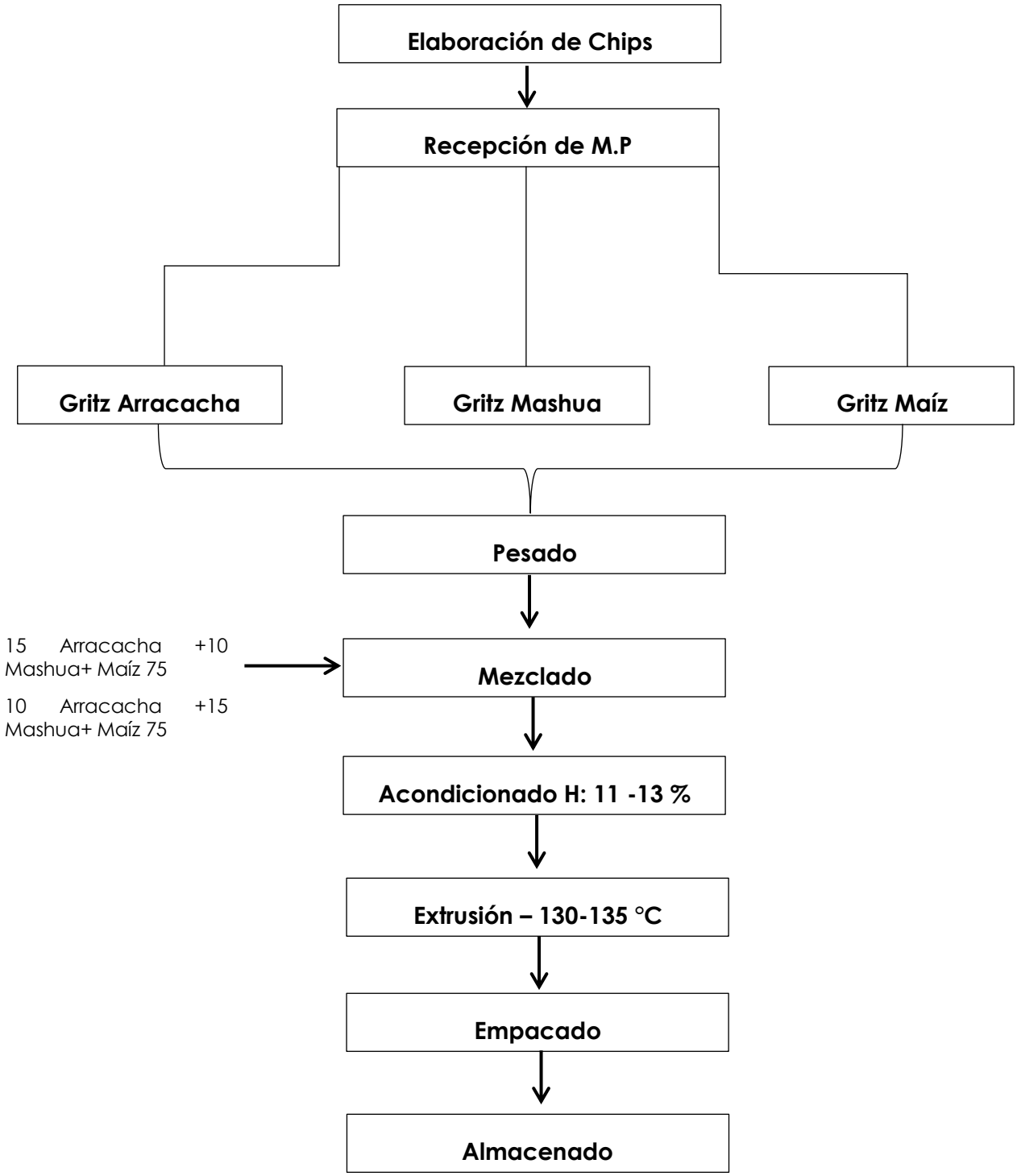


Figura 5. Diagrama de elaboración de chips

3.4.2. Equipos y materiales

Para la obtención de los chips de gritz de arracacha y mashua referentes a los objetivos específicos 1 y 2 se utilizó: balanzas, extrusor, termómetros. Para los análisis de calidad referente al objetivo específico 3 se utilizó: balanzas grameras y analíticas, equipo Soxhlet, equipo Kjeldahl, estufa, mufla, desecador, empacadoras y texturómetro. Además, otros materiales como cuchillos, empaque.

3.4.3. Características fisicoquímicas

El desarrollo de esta fase se lo llevará a cabo teniendo en cuenta los parámetros de la normativa técnica ecuatoriana INEN, que indica los pasos de los ensayos y requisitos que debe cumplir un snack en el Ecuador, tal como se indica en la Tabla 10.

Tabla 10. Requisitos y métodos de ensayo

Requisitos	Métodos de ensayo
Humedad	AOAC 966.22 Balanza inflaroja
Grasa	AOAC 952.06 extracto etero soxhlet
Ceniza	AOAC 923.03 calcinación por mufla
Proteína	ISO 1871;2009 Kjeldahl

3.4.3.1. Porcentaje de humedad

La norma AOAC 966.22 indica que el porcentaje de humedad se lo debe realizar de forma triplicada de la siguiente manera:

- Establecer un pesaje constante en el plato de la balanza – 3 g
- La máquina utiliza una fuente de calor infrarrojo con el fin de calentar la muestra. La radiación infrarroja penetra en la muestra, evaporando la humedad de manera homogénea,
- La balanza registra la pérdida de peso de la muestra en tiempo real a medida que la humedad se evapora.
- El proceso de secado continúa hasta que el peso de la muestra se estabiliza, lo que indica que toda el agua se ha eliminado.
- El equipo calcula automáticamente el porcentaje de humedad basándose en la fórmula:

$$Porcentaje\ de\ humedad\ = \frac{peso\ imicial - peso\ final}{peso\ inicial} x\ 100$$

3.4.3.2. Grasa

Para esta determinación se utilizó el n-hexano, y se realizó de la siguiente manera:

- Se pesó un balón limpio, seco y frío, anotando en el registro su peso en gramos junto con el número correspondiente.
- Se elaboró un cartucho con papel filtro, el cual fue pesado antes de añadir entre 3 y 5 gramos de muestra seca.
- Se colocó el cuerpo del equipo de Soxhlet en su posición adecuada.

- Se añadió hexano hasta que una parte del solvente descendió por el sifón hacia el balón y se conectó la fuente de calor, una cocina eléctrica.
- Al calentarse el hexano a 69 °C, este se evaporó y ascendió hasta la parte superior de la cámara de extracción, donde se condensó mediante un sistema de refrigeración con agua. El líquido condensado cayó sobre la muestra y regresó al balón a través del sifón, arrastrando la grasa durante aproximadamente tres horas.
- Se retiró el cartucho con la muestra desengrasada, y el balón fue extraído del aparato cuando contenía poco hexano.
- Se evaporó el hexano remanente colocando el balón en una estufa a 100 °C. Se sacó el balón de la estufa y se colocó en un desecador para su enfriamiento.
- Se pesó el balón que contenía la grasa extraída. El resultado se expresa en porcentaje, calculando según la fórmula: %Grasa = P1 − P2 m x100 Donde: P1 = Peso del balón más muestra grasa. P2 = Peso del balón vacío. m = Peso de la muestra.

$$Grasa = \frac{(p_1 - p_2)}{m} * 100\%$$

Dónde:

m= masa de la muestra

p_1= peso del balón más muestra grasa

p_2= peso del balón vacío

3.4.3.3. Ceniza

- Lavar, secar y mediante una estufa quitar la cantidad de agua de un crisol.
- Colocar el crisol en un desecador y cuando este frío pesar y anotar el peso.
- Colocar la muestra de 0.2 g a 2 g.
- Colocar los crisoles con la muestra en la mufla a 550 °C.
- Realizar el cálculo de ceniza mediante la siguiente ecuación:

$$C = \frac{100(m_3 - m_1)}{(100 - H)(m_2 - m_1)}$$

Dónde:

m_1= del crisol vacío

m_2= masa del crisol con muestra

m_3= masa del crisol con ceniza

H= porcentaje de humedad

3.4.3.4. Proteína

- Se pesó 1 g de muestra en un papel de pesaje tarado, procediendo a transferir la muestra a un tubo Kjeldahl.
- Se adicionó 12 ml de H_2SO_4 concentrado y 2 pastillas catalizadoras a cada tubo.
- Digerir hasta que la mezcla tenga un color verde claro.
- Se dejó enfriar de 10 a 20 minutos en la campana de flujo laminar (hasta que dejó de salir humo de los tubos).
- Se agregó un poco de agua desionizada a cada tubo, en el caso de haber salpicaduras del líquido se procedió a dejar enfriar otros minutos. Después de esto, se colocó agua a cada tubo hasta un volumen total de 80 mL que es llevada al destilador.
- Se colocó 50 mL NaOH 40 % para liberar NH_3.
- Se capta en un matraz Erlenmeyer la solución del NH_3 en solución de ácido bórico (H_3BO_3).
- Valoración con ácido clorhídrico 0.1 N usando indicador de rojo de metilo.
- Cálculo mediante ecuación: Determinar el porcentaje de proteína mediante la siguiente ecuación:

$$\%\mathrm{N} = \frac{1{,}4 * (\mathrm{V_1} - \mathrm{V_o}) * \mathrm{N}}{\mathrm{P}}$$

$$\%\mathrm{Proteína} = \%\mathrm{N} * \mathrm{F}$$

Dónde:

P= peso de la muestra

V_1= vol de ácido clorhídrico consumido en valoración

N= Normalidad del ácido

V_0= vol del ácido consumido en la valoración

F= factor de conversión de nitrógeno a proteína.

3.4.4. Caracteristicas microbiológicas

La Tabla 11 detalla los requisitos microbiológicos evaluados en el producto, así como los métodos de ensayo empleados para su determinación, con el fin de garantizar la inocuidad y calidad sanitaria del chip elaborado.

Tabla 11. Requisitos microbiológicos

Requisitos	Métodos de ensayo
Aerobios mesófilos	AOAC 990.12
Mohos y levaduras	AOAC 997.02
Echericha coli	AOAC 998.06

3.4.4.1. Aerobios mesófilos

- En un ambiente lo más aséptico posible se hace la trituración de la muestra en uso de un mortero.
- Prepara una dilución del snack 1:10 pesar la muestra en una bolsa con cierre estéril.
- Añadir agua 9 ml de agua peptona en la misma bolsa.
- Poner en el equipo Stomacher para homogenizar la muestra durante 30 segundos a velocidad media.
- Pipetear 1 ml de la muestra en el centro de la placa petrifilm, manteniendo la pipeta en posición vertical
- En uso de una espátula se pone la muestra en toda la placa utilizada de forma uniforme
- Se coloca las placas en la incubadora a Incubar 48 h (± 3 h) a 35 °C (± 1 °C)
- Contar las placas en uso del contador de colonias

3.4.4.2. Mohos

- Triturar la muestra en uso del mortero.
- Se realiza una dilución adecuada con agua peptona o agua estéril. dilución de 1:10.
- Para la inoculación se pipetea la muestra diluida se toma 1 mL de la muestra diluida Colocar sobre la superficie de la placa Petrifilm.
- En uso de una espátula estéril se extiende la muestra uniformemente sobre toda la superficie de la placa.
- Para la incubación se coloca las placas en la incubadora a temperatura de 25-30 °C durante 48-72 horas.

3.4.4.3. *Escherichia coli*

- Triturar la muestra en uso de un mortero.
- Se realiza la dilución 1:10.
- Se pipetea la muestra tomando 1 ml de la muestra diluida.
- En uso de una espátula se extiende la muestra sobre toda la placa Petrifilm.
- Para la incubación se colocan las placas en la incubadora a 35±1 °C durante 24±2 horas.
- Finalmente suelen aparecer de un color azul oscuro o verde cuando hay presencia de esta.

3.4.5. Características texturales

Por medio del texturómetro TVT 6700 que se caracteriza por su eficiente análisis de textura siendo rápida, objetiva y más sensible. Se midió la dureza, fracturabilidad y masticabilidad, por medio de compresión móvil donde las ondas miden la fuerza en función al desplazamiento. Se realizó los diferentes ensayos, el tipo de chuchilla se desplaza hacia abajo a una velocidad y distancia adecuada y constante para posteriormente volver a su posición inicial y lograr hacer las repeticiones requeridas.

3.4.6. Características sensoriales

Mediante una prueba afectiva escalar, se evaluó los aspectos sensoriales por los consumidores. Se realizó en 70 jueces, utilizando una escala hedónica de puntuación 7; donde se puntuará color, olor, sabor, crocancia, textura y aceptabilidad.

J. Espinosa (2007), señala que una prueba afectiva escalar es aquella que se lleva a cabo por consumidores (jueces no entrenados), permitiendo saber la aceptación y rechazo de un producto donde la interacción de los sentidos es fundamental para este proceso.

Procedimiento:

- Se colocó en el plato mostrador una muestra de snack representativo (1 rodaja) de cada tratamiento incluido el testigo con su respectiva codificación.
- Se realizó las hojas de cata, donde los consumidores podrán colocar la puntuación de las muestras evaluadas.
- Por medio de un programa estadístico se analizó los datos obtenidos.

La Tabla 12 presenta la escala hedónica utilizada para la evaluación sensorial del producto, la cual permitió medir el grado de aceptación de los jueces a través de una escala numérica de siete puntos.

Tabla 12. Puntuación escala hedónica

Puntaje	Categoría
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta
3	Me disgusta ligeramente
4	Ni me gusta ni me disgusta
5	Me gusta ligeramente
6	Me gusta
7	Me gusta mucho

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos en los análisis sensoriales, fisicoquímicos, reológicos y microbiológicos fueron procesados mediante un análisis estadístico de tipo paramétrico AxBxC, con el fin de determinar el efecto de las variables independientes (temperatura de extrusión, humedad de la mezcla y formulación) sobre los parámetros de calidad de los snacks elaborados a partir de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) y mashua (*Tropaeolum tuberosum*). Se aplicó un Análisis de Varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de $p < 0.05$, para establecer si existían diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Cuando el ANOVA mostró diferencias, se realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey con el mismo nivel de significancia, a fin de identificar cuál de los tratamientos presentó los valores más favorables en cada parámetro. Los resultados se expresaron como media ± desviación estándar, y las diferencias significativas fueron indicadas mediante letras diferentes entre filas en las tablas respectivas. En los casos donde las variables no cumplieron con los supuestos de normalidad, se aplicaron pruebas no paramétricas de Kruskal Wallis para confirmar la confiabilidad de los resultados. Todos los análisis estadísticos se efectuaron utilizando el software InfoStat.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Análisis fisicoquímicos del extruido

La Tabla 13 presenta el análisis de normalidad de los parámetros fisicoquímicos del extruido, evaluado mediante la prueba de Shapiro-Wilks, con el fin de verificar el cumplimiento de este supuesto para análisis paramétricos posteriores.

Tabla 13. Análisis de Normalidad para los parámetros fisicoquímicos del extruido

Variable	Supuesto	Prueba	p-valor
Ceniza	Normalidad	Shapiro-Wilks	0.1795
Humedad			0.5118
Grasa			0.1134
Proteína			0.9443

El análisis confirmó el cumplimiento del supuesto de normalidad en todos los parámetros evaluados. Los p-valores obtenidos en cada variable superaron el nivel de significancia 0.05, evidenciando que la distribución de los datos no se desvía significativamente de la normalidad. Este resultado valida la aplicabilidad de pruebas estadísticas paramétricas para analizar el efecto de las variables de extrusión sobre las características fisicoquímicas del producto.

4.1.1.1. Ceniza

La Tabla 14 muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para ceniza, con el fin de determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 14. ANOVA para ceniza

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Prueba F	p-valor
Tratamientos	0.05	1	0.05	4.93	0.905
Error	0.04	4	0.01		
Total	0.10	5			
Coeficiente de variación					12.17

El análisis estadístico muestra un p-valor superior al nivel de significancia de 0.05, lo que indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos respecto al contenido de ceniza. La Tabla 15 presenta la prueba de Tukey aplicada al contenido de ceniza de los chips elaborados a partir de arracacha y mashua.

Tabla 15. Tukey para ceniza

Tratamientos	N	Medias	Desviación estándar	Grupo
T2	3	0.96	0.12	A
T1	3	0.77	0.08	A

El tratamiento T2 presentó una media de 0.96 % de ceniza, mientras que el tratamiento T1 registró una media de 0.77 %, sin diferencia significativa entre ellos.

4.1.1.2. Humedad

La Tabla 16 presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el parámetro de humedad de los chips de arracacha y mashua.

Tabla 16. ANOVA para humedad

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Prueba F	p-valor
Tratamientos	0.08	1	0.08	0.38	0.5689
Error	0.81	4	0.20		
Total	0.89	5			
Coeficiente de variación					10.42

El análisis evidenció un p-valor mayor al nivel de significancia de 0.05, indicando que no se observaron diferencias significativas en el contenido de humedad entre los tratamientos T1 y T2. Estos resultados sugieren que ambos tratamientos mantuvieron niveles de humedad similares en el producto final. La Tabla 17 presenta los resultados de la prueba de Tukey aplicada al contenido de humedad de los chips.

Tabla 17. Tukey para humedad

Tratamientos	N	Medias	Desviación estándar	Grupo
T1	3	4.44	0.57	A
T2	3	4.21	0.28	A

El tratamiento T1 presentó una media de 4.44 % de humedad, mientras que T2 alcanzó una media de 4.21 %, sin diferencia significativa entre ellos.

4.1.1.3. Grasa

La Tabla 18 presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de grasa en los chips elaborados a partir de arracacha y mashua.

Tabla 18. ANOVA para grasa

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Prueba F	p-valor
Tratamientos	0.06	1	0.06	150.00	0.0003
Error	$1.6 \cdot 10^{-3}$	4	$4.0 \cdot 10^{-4}$		
Total	0.06	5			
Coeficiente de variación					10.00

El análisis muestra un *p*-valor de 0.0003, el cual es menor al nivel de significancia de 0.05, lo que indica la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al contenido de grasa. La Tabla 19 muestra los resultados de la prueba de Tukey para el contenido de grasa, empleada para comparar los valores medios obtenidos entre los tratamientos T1 y T2.

Tabla 19. Tukey para grasa

Tratamientos	N	Medias	Desviación estándar	Grupo
T1	3	0.30	0.02	A
T2	3	0.10	0.02	B

El tratamiento T1 presentó una media de 0.30 % de grasa, mientras que T2 registró una media de 0.10 %, la diferencia observada entre ambos tratamientos es estadísticamente significativa, siendo el tratamiento T1 el que mostró un mayor contenido de grasa en los chips.

4.1.1.4. Proteína

La Tabla 20 presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA) correspondiente al contenido de proteína en los chips de arracacha y mashua.

Tabla 20. ANOVA para proteina

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Prueba F	p-valor
Tratamientos	0.06	1	0.06	240.00	0.0001
Error	$1.0 \cdot 10^{-3}$	4	$2.5 \cdot 10^{-4}$		
Total	0.06	5			
Coeficiente de variación					0.26

El resultado obtenido muestra un *p*-valor de 0.0001, inferior al nivel de significancia de 0.05, lo que indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos

respecto al contenido de proteína. La Tabla 21 presenta los valores medios del contenido de proteína obtenidos en la prueba de Tukey.

Tabla 21. Tukey para proteina

Tratamientos	N	Medias	Desviación estándar	Grupo
T2	3	6.10	0.01	A
T1	3	5.90	0.02	B

El tratamiento T2 registró una media de 6.10 % de proteína, mientras que T1 presentó una media de 5.90 %, existe una diferencia significativa entre los tratamientos, siendo el tratamiento T2 el que alcanzó el mayor contenido proteico en los chips elaborados.

La Tabla 22 presenta el resumen de los resultados fisicoquímicos obtenidos en el extruido, evaluando los parámetros de ceniza, humedad, grasa y proteína en los tratamientos T1 y T2.

Tabla 22. Resumen de los resultados fisicoquimicos del extruido

Parámetros	P-valor	Tratamientos	
		T1	T2
Ceniza (%)	0.0905	0.96 ± 0.08^{A}	0.77 ± 0.12^{A}
Humedad (%)	0.5698	4.44 ± 0.57^{A}	4.21 ± 0.28^{A}
Grasa (%)	0.0003	0.30 ± 0.02^{A}	0.10 ± 0.02^{B}
Proteína (%)	0.0001	5.90 ± 0.02^{B}	6.10 ± 0.01^{A}

Nota: Resultados expresados como media ± desviación estándar, donde letras diferentes entre filas indican diferencia significativa entre tratamientos.

4.1.2. Análisis microbiológico del extruido

La Tabla 23 presenta los resultados microbiológicos del extruido, evaluando los parámetros de aerobios mesófilos, mohos y levaduras, y coliformes totales para ambos tratamientos.

Tabla 23. Resultados microbiológicos del extruido

Requisito microbiológico	Tratamientos	
	T1	T2
Aerobios mesófilos (UFC/g)	1.5×10^2	1.3×10^2
Mohos y levaduras (UFC/g)	$< 1.0 \times 10N_E$	$< 1.0 \times 10N_E$
Escherichia coli (UFC/g)	$< 1.0 \times 10N_E$	$< 1.0 \times 10N_E$

Los análisis microbiológicos mostraron recuentos de aerobios mesófilos de 1.5×10^2 UFC/g para el tratamiento T1 y 1.3×10^2 UFC/g para el T2. En ambos tratamientos, los parámetros de mohos y levaduras, así como *E. coli*, registraron valores por debajo del límite de detección del método (< 1.0×10 UFC/g). Estos resultados demuestran

condiciones microbiológicas similares entre los tratamientos, con bajos recuentos microbianos y ausencia de indicadores de contaminación en el producto extrudido.

4.1.3 Analisis texturales del extruido

La Tabla 24 presenta el análisis del cumplimiento del supuesto de normalidad para los parámetros reológicos del extruido en dureza, fracturabilidad y masticabilidad.

Tabla 24. Análisis de supuestos para los parámetros reológicos del extruido

Variable	Supuesto	Prueba	p-valor
Dureza			0.1227
Fracturabilidad	Normalidad	Shapiro-Wilks	0.6404
Masticabilidad			0.5581

Los parámetros reológicos evaluados mostraron un ajuste satisfactorio a la distribución normal. Los valores de p obtenidos superaron el nivel de significancia 0.05, confirmando que no existen desviaciones significativas de la normalidad en la distribución de los datos, validando el uso de métodos paramétricos para analizar el efecto de las variables de extrusión sobre las propiedades reológicas de los chips.

4.1.3.1. Dureza

La Tabla 25 presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el parámetro de dureza del extruido.

Tabla 25. ANOVA para dureza

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Prueba F	p-valor
Tratamientos	285580.17	1	285580.17	50.74	0.021
Error	22512.67	4	5628.17		
Total	308092.83	5			
Coeficiente de variación					4.34

El análisis de varianza reveló la existencia de diferencias estadísticamente significativas en la dureza entre los tratamientos evaluados dado que el valor p obtenido es inferior al nivel de significancia establecido ($p < 0.05$). La temperatura del extrusor y formulación ejercieron una influencia significativa sobre este atributo textural. La Tabla 26 indica la prueba post hoc de Tukey para el parámetro de dureza en los snacks extruidos.

Tabla 26. Tukey para dureza

Tratamientos	N	Medias	Desviación estándar	Grupo
T2	3	1945.00	49.52	A
T1	3	1508.67	93.83	B

El análisis de la dureza mostró una diferencia significativa entre los tratamientos, donde el T2 obtuvo una media de 1945.00 g, siendo superior a la media del T1 de 1508.67 g. En el contexto textural de un producto extruido, una mayor dureza se considera generalmente un parámetro negativo, ya que indica una estructura más densa y resistente a la mordida.

4.1.3.2. Fracturabilidad

La Tabla 27 presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el parámetro de fracturabilidad en los tratamientos.

Tabla 27. ANOVA para fracturabilidad

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Prueba F	p-valor
Tratamientos	6.37	1	6.37	16.92	0.0147
Error	1.51	4	0.38		
Total	7.87	5			
Coeficiente de variación					17.73

El análisis de varianza demostró la existencia de diferencias estadísticamente significativas en la fracturabilidad entre los tratamientos al obtener un valor p inferior al nivel de significancia ($p < 0.05$), confirmando que las variables de estudio ejercieron una influencia significativa sobre esta propiedad textural crítica en productos extrudidos. La Tabla 28 muestra los resultados del test de Tukey para el análisis comparativo de la fracturabilidad entre tratamientos.

Tabla 28. Tukey para fracturabilidad

Tratamientos	N	Medias	Desviación estándar	Grupo
T2	3	4.49	0.86	A
T1	3	2.43	0.10	B

El tratamiento T2 registró una fracturabilidad significativamente mayor (4.49 mm) comparado con el T1 (2.43 mm). Desde la perspectiva reológica, este mayor valor de fracturabilidad en el T2 indica un producto más crujiente y con mayor facilidad de fractura, característica altamente deseable en snacks extrudidos que contribuye positivamente a la aceptabilidad sensorial del producto final.

4.1.3.3. Masticabilidad

La Tabla 29 presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el parámetro de masticabilidad del extruido.

Tabla 29. ANOVA para masticabilidad

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Prueba F	p-valor
Tratamientos	160.27	1	160.27	49.25	0.0022
Error	13.02	4	3.25		
Total	173.29	5			
Coeficiente de variación					5.07

El análisis de varianza reveló diferencias significativas en la masticabilidad entre los tratamientos ($p < 0.05$). Las variables de proceso (temperatura y formulación) ejercieron un efecto estadísticamente significativo sobre este atributo textural. La Tabla 30 muestra los resultados del test de Tukey para el análisis comparativo de la masticabilidad entre tratamientos.

Tabla 30. Tukey para masticabilidad

Tratamientos	N	Medias	Desviación estándar	Grupo
T2	3	40.78	0.32	A
T1	3	30.44	2.53	B

El tratamiento T2 presentó una masticabilidad significativamente mayor (40.78) en comparación con el T1 (30.44). En este contexto, un mayor valor de masticabilidad indica un producto que requiere mayor trabajo de masticación, lo que podría relacionarse con una textura más densa o gomosa, siendo generalmente más deseable una menor masticabilidad en este tipo de alimentos.

La Tabla 31 sintetiza el comportamiento reológico del extruido, presentando de manera integral los valores de dureza, fracturabilidad y masticabilidad obtenidos para los tratamientos T1 y T2, junto con su significancia estadística.

Tabla 31. Resumen de los resultados reológicos del extruido

Parámetros	P-valor	Tratamientos	
		T1	T2
Dureza (g)	0.0210	1508.67 ± 93.83^{B}	1945.00 ± 49.52^{A}
Fracturabilidad (mm)	0.0147	2.43 ± 0.10^{B}	4.49 ± 0.86^{A}
Masticabilidad	0.0022	30.44 ± 2.53^{B}	40.78 ± 0.32^{A}

Nota: Resultados expresados como media ± desviación estándar, donde letras diferentes entre filas indican diferencia significativa entre tratamientos.

4.1.4 Analisis sensoriales del extruido

En la Tabla 32, se presentan los resultados del análisis de normalidad realizado para los parámetros sensoriales evaluados en los extrudidos de arracacha y mashua. Dicho análisis incluyó las pruebas de Shapiro-Wilks y Kruskal-Wallis, con el objetivo de determinar la distribución de los datos y la existencia de diferencias significativas en

los atributos de color, olor, sabor, crocancia, dureza y aceptabilidad entre las distintas combinaciones de la formulación.

Tabla 32. Análisis de Normalidad para los parámetros sensoriales del extruido

Variable	Supuesto	Prueba	p-valor	Prueba	p-valor
Color	Normalidad	Shapiro-Wilks	< 0.0001	Kruskal Wallis	< 0.0001
Olor			< 0.0001		< 0.0001
Sabor			< 0.0001		< 0.0001
Crocancia			< 0.0001		< 0.0001
Dureza			< 0.0001		< 0.0001
Aceptabilidad			< 0.0001		< 0.0001

Los resultados del análisis de normalidad mostraron que, para todos los parámetros sensoriales evaluados, los datos no siguieron una distribución normal ($p < 0.05$). Por consiguiente, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, la cual reveló la presencia de diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en las puntuaciones de color, olor, sabor, crocancia, dureza y aceptabilidad general entre las diferentes combinaciones de temperatura, humedad y formulación procesadas. Esto indicó que las variables de proceso y formulación estudiadas influyeron de manera significativa en la percepción sensorial de los chips extrudidos.

4.1.4.1. Color

En la Tabla 33 se presentan los resultados de la evaluación sensorial del color para los diferentes tratamientos del extruido. Los valores corresponden a las puntuaciones medias y medianas obtenidas en una escala hedónica de 7 puntos, y se incluye la agrupación estadística que determina las diferencias significativas entre ellos.

Tabla 33. Resultados de color en los extruidos

Tratamiento	N	Media	Mediana	Grupo
T1	70	6.01	6	A
T2	70	5.77	6	A
T4	70	3.99	4	B
T3	70	3.89	4	B

El análisis de color reveló que los tratamientos T1 y T2 obtuvieron las puntuaciones medias más altas (6.01 y 5.77, respectivamente), con una percepción de "Me gusta". Por el contrario, los tratamientos T3 y T4 registraron puntuaciones medias notablemente inferiores (3.89 y 3.99, respectivamente), lo que los sitúa en una aceptabilidad sensorialmente neutra, "Ni me gusta ni me disgusta". Estos resultados demostraron que las condiciones de procesamiento y formulación del tratamiento T1 (135 °C, 11 % humedad, 15 % Arracacha + 10 % Mashua + 75 % Maíz) y T2 (130 °C,

13 % humedad, 10 % Arracacha + 15% Mashua + 75 % Maíz) influyeron positivamente en la aceptación del color del producto final.

4.1.4.2. Olor

En la Tabla 34 se detallan los resultados de la evaluación sensorial del olor para los cuatro tratamientos de extruido.

Tabla 34. Resultados de olor en los extruidos

Tratamiento	N	Media	Mediana	Grupo
T1	70	5.94	6	A
T2	70	5.91	6	A
T3	70	3.71	3	B
T4	70	3.69	4	B

Los resultados del olor indican que los tratamientos T1 y T2 obtuvieron puntuaciones medias de 5.94 y 5.91, respectivamente. Por otro lado, los tratamientos T3 y T4 presentaron puntuaciones medias notablemente más bajas (3.71 y 3.69), lo que indica que su olor fue menos agradable ("Me disgusta ligeramente"). Estos resultados demostraron que una menor humedad de la mezcla (11 %) en las formulaciones T1 y T2, independientemente de la temperatura y la proporción de arracacha y mashua, generó un olor significativamente mejor evaluado.

4.1.4.3. Sabor

La Tabla 35 resume el análisis estadístico de las puntuaciones del atributo sabor obtenidas mediante la prueba sensorial.

Tabla 35. Resultados de sabor en los extruidos

Tratamiento	N	Media	Mediana	Grupo
T2	70	5.76	6	A
T1	70	5.63	6	A
T4	70	3.63	4	B
T3	70	3.41	3	B

La evaluación del sabor mostró diferencias marcadas entre tratamientos. Las formulaciones T1 y T2 registraron las mayores puntuaciones medias (5.63 y 5.76, respectivamente), indicando una clara preferencia con calificaciones entre "Me gusta ligeramente" y "Me gusta". Por el contrario, los tratamientos T3 y T4 obtuvieron valores significativamente inferiores (3.41 y 3.63), situándose en el rango de aceptabilidad neutral o de ligero desagrado.

4.1.4.4. Crocancia

La Tabla 36 presenta el análisis comparativo de la crocancia evaluada sensorialmente en los diferentes tratamientos del extruido.

Tabla 36. Resultados de crocancia en los extruidos

Tratamiento	N	Media	Mediana	Grupo
T1	70	6.33	7	A
T2	70	6.29	7	A
T3	70	4.39	4.50	B
T4	70	3.46	4	C

Los resultados de crocancia indicaron que el tratamiento T1 y T2 alcanzaron la puntuación más alta (6.33 y 6.29, respectivamente), ambos con una mediana de 7 que refleja una alta concentración de respuestas en "Me gusta mucho". El tratamiento T3 obtuvo una valoración intermedia (4.39), mientras que T4 registró la puntuación más baja (3.46).

4.1.4.5. Dureza

La Tabla 37 expone los resultados del análisis sensorial correspondiente al atributo de dureza para las distintas formulaciones de extruido evaluadas.

Tabla 37. Resultados de dureza en los extruidos

Tratamiento	n	Media	Mediana	Grupo
T1	70	3.59	4	A
T2	70	3.51	4	A
T4	70	2.91	3	B
T3	70	2.50	2	C

La evaluación de la dureza reveló que el tratamiento T1 registró el valor más alto (3.59), seguido por T2 (3.51), ubicándose en el rango de "Ni me gusta ni me disgusta" a "Me disgusta ligeramente". Los tratamientos T4 (2.91) y T3 (2.50) fueron percibidos con un mayor desagrado, cercano a "Me disgusta".

4.1.4.6. Aceptabilidad

La Tabla 38 presenta los resultados de la evaluación de aceptabilidad general obtenida para los diferentes tratamientos del extruido.

Tabla 38. Resultados de aceptabilidad en los extruidos

Tratamiento	n	Media	Mediana	Grupo
T1	70	6.43	6	A

T2	70	6.34	6	A
T3	70	4.04	4	B
T4	70	3.73	4	B

La aceptabilidad general indicó que los tratamientos T1 y T2 obtuvieron las puntuaciones más elevadas (6.43 y 6.34, respectivamente), ubicándose en el nivel de "Me gusta". En contraste, los tratamientos T3 y T4 registraron valores más bajos (4.04 y 3.73), situándose en el rango de aceptabilidad neutral. La formulación T1, procesada a 135 °C con 15 % de arracacha 10 % de mashua y 75 % gritz de maíz , fue sensorialmente la mejor evaluada.

La Tabla 39 sintetiza los resultados de la evaluación sensorial mediante la presentación de las medianas de las puntuaciones hedónicas para todos los atributos evaluados en cada tratamiento.

Tabla 39. Resumen global de la evaluación sensorial de los extruidos

Tratamientos	Color	Olor	Sabor	Crocancia	Dureza	Aceptabilidad
T1	6^{A}	6^{A}	6^{A}	7^{A}	4^{A}	6^{A}
T2	6^{A}	6^{A}	6^{A}	7^{A}	4^{A}	6^{A}
T3	4^{B}	3^{B}	3^{B}	4.5^{B}	2^{C}	4^{B}
T4	4^{B}	4^{B}	4^{B}	4^{C}	3^{B}	4^{B}

Los tratamientos T1 y T2 demostraron un desempeño sensorial consistentemente superior en todos los atributos evaluados, con medianas de 6 en color, olor, sabor y aceptabilidad, y 7 en crocancia. Estas formulaciones mostraron una clara preferencia por parte de los evaluadores, ubicándose en el nivel de "me gusta" para la mayoría de las características. Por el contrario, los tratamientos T3 y T4 presentaron valores notablemente inferiores en todos los parámetros, especialmente en dureza donde alcanzaron solo 2 y 3 respectivamente, indicando un rechazo sensorial significativo. Considerando estos resultados, los tratamientos T1 y T2 fueron seleccionados como las formulaciones óptimas para los análisis posteriores del estudio.

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. Análisis fisicoquimico del extruido

El análisis fisicoquímico de los chips elaborados a partir de arracacha, mashua y maíz permitió determinar el efecto de las condiciones de extrusión y formulación sobre la composición proximal de los tratamientos T1 (135 °C; 11 % de humedad; 15 % arracacha + 10 % mashua + 75 % maíz) y T2 (130 °C; 11 % de humedad; 10 %

arracacha + 15 % mashua + 75 % maíz). Los contenidos de grasa y proteína mostraron diferencias significativas, mientras que la humedad y la ceniza no presentaron variaciones estadísticamente significativas. Estos resultados indican que el efecto de la temperatura de extrusión y la proporción de materias primas influyó principalmente en la composición lipídica y proteica de los extruidos, manteniendo una estabilidad general en los otros parámetros.

En cuanto al contenido de ceniza, los valores obtenidos fueron 0.96 % para T1 y 0.77 para T2, sin diferencia significativa. Estos resultados reflejan una concentración mineral estable en ambos tratamientos, asociada a la composición propia de las harinas de arracacha, mashua y maíz. Valores similares fueron reportados por Morales (2019) en extruidos de maíz y arracacha (1.36 %), y por Campos y Tocto (2019) en mezclas extrusionadas de quinua, zapallo y arracacha (3.72 %), aunque en este último caso el mayor contenido de quinua y zapallo elevó la fracción mineral. La similitud de valores entre T1 y T2 sugiere que la variación de temperatura entre 130–135 °C no afecta la retención mineral, lo que demuestra una adecuada estabilidad térmica de los micronutrientes presentes. Desde un punto de vista nutricional, el contenido de cenizas cercano al 1 % confirma la presencia de elementos como calcio, fósforo y hierro, característicos de la arracacha y la mashua (Arteaga et al., 2022), los cuales contribuyen al valor funcional del snack.

Respecto al contenido de humedad, los valores obtenidos fueron de 4.44 % en T1 y 4.21 % en T2, sin diferencias significativas. Estos porcentajes son característicos de productos extruidos bien deshidratados y se encuentran dentro del máximo permisible por la NTE INEN 2 561 (2010) de 5 % para bocaditos de productos vegetales. La ligera diferencia entre tratamientos puede atribuirse a la menor temperatura de T2 (130 °C), que genera una evaporación marginalmente inferior. Sin embargo, ambos valores indican una eficiente eliminación de humedad durante la extrusión, promovida por la fricción mecánica y la presión de un solo tornillo a 240 rpm, que favorecen la expansión del producto y la formación de una estructura porosa. Resultados similares fueron reportados por Ipiales (2024), quien obtuvo humedades finales de 5.4–8.6 % en extruidos de maíz, lenteja y yuca, y por Puma (2019) en mezclas de maíz y mashua con valores de 5.39 %. En este contexto, los resultados de la presente investigación muestran un mejor control de secado, lo que confiere ventajas en términos de vida útil y textura crujiente, atributos esenciales en la calidad sensorial de los snacks.

En el caso del contenido graso, se observó una diferencia significativa entre los tratamientos, con valores de 0.30 % para T1 y 0.10 % para T2. Esta variación puede explicarse por el efecto de la temperatura más alta (135 °C) en T1, que incrementa la fricción interna y provoca una ligera descomposición de las membranas lipídicas naturales de las harinas, aumentando la liberación de compuestos grasos superficiales retenidos en la matriz del producto. Por el contrario, la menor temperatura de T2 redujo la migración de lípidos, obteniéndose un producto más seco y con menor contenido graso. Este comportamiento coincide con los resultados de Puma (2019), quien reportó valores de grasa cercanos a 0.48 % en snacks extruidos de maíz y mashua, destacando que una temperatura superior a 130 °C tiende a aumentar la liberación lipídica. Desde el punto de vista nutricional y tecnológico, ambos tratamientos presentan bajo contenido de grasa, constituyendo una alternativa saludable frente a los chips tradicionales obtenidos por fritura, donde la baja proporción lipídica contribuye a prolongar la vida útil del producto al disminuir la probabilidad de rancidez oxidativa. Además, cumplen con lo reportado por la NTE INEN 2 561 (2010) que establecen un máximo de 40 % de grasa.

En cuanto al contenido proteico, se observaron diferencias significativas con valores de 5.90 % para T1 y 6.10 % para T2. El mayor contenido de proteína en T2 puede atribuirse a su mayor proporción de maíz (80 %) y a la menor temperatura de extrusión (130 °C), que favorece la retención de nitrógeno total al reducir la desnaturalización proteica. Este resultado concuerda con lo reportado por Ipiales (2024), quien determinó que temperaturas más bajas y humedades moderadas preservan mejor las proteínas en extruidos de cereales y leguminosas. Asimismo, Campos y Tocto (2019) obtuvieron un valor de 11.13 % con mayor contenido proteico a razón de la mezcla de arracacha, zapallo y quinua, mientras que Morales (2019) obtuvo valores cercanos a 7.28 % en mezclas de maíz y arracacha. En este sentido, el resultado de T2 se considera adecuado para un snack funcional, ya que la extrusión no solo conserva, sino que también mejora la digestibilidad de las proteínas al desnaturalizar parcialmente sus estructuras sin degradarlas completamente (Morillo, 2020).

Los resultados fisicoquímicos demuestran que los tratamientos T1 y T2 presentan perfiles composicionales óptimos, caracterizados por una baja humedad (< 5 %), bajo contenido graso (< 0.3 %), proteínas (≈ 6 %) y buena estabilidad mineral. Esto

confirma que las condiciones aplicadas, en especial la combinación de 11 % de humedad en la mezcla y temperaturas moderadas de 130–135 °C, fueron apropiadas para obtener un producto estable, nutritivo y tecnológicamente viable. La ligera ventaja de T2 en proteína y menor grasa lo posiciona como el tratamiento más equilibrado nutricionalmente, mientras que T1 ofrece un color y sabor más agradables desde el punto de vista sensorial. Estos hallazgos aportan evidencia sobre el potencial de la extrusión como técnica de valorización de tubérculos andinos, permitiendo conservar sus propiedades nutritivas y transformarlas en productos de alto valor agregado.

4.2.2. Análisis microbiológico del extruido

El análisis microbiológico tuvo como propósito evaluar la inocuidad y la calidad sanitaria de los extruidos elaborados a partir de arracacha, mashua y maíz, para los tratamientos T1 y T2. Los resultados obtenidos mostraron ausencia de crecimiento microbiano en los parámetros evaluados (aerobios mesófilos, mohos y levaduras y coliformes totales), encontrándose dentro de los límites permitidos por la NTE INEN 2561 (2010) para productos extruidos listos para consumo. Este comportamiento confirma que el proceso de extrusión empleado fue efectivo para la eliminación o inactivación microbiana, garantizando la inocuidad del producto final.

La ausencia de aerobios mesófilos en ambos tratamientos evidencia que las altas temperaturas durante la extrusión (130–135 °C) fueron suficientes para destruir las formas bacterianas. Resultados similares fueron reportados por Campos y Tocto (2019) en extruidos de arracacha, quinua y zapallo, y por Puma (2019) en snacks de maíz y mashua, quienes informaron conteos nulos de mesófilos y mohos tras el proceso, confirmando el efecto letal de la extrusión sobre la flora contaminante inicial.

En cuanto a la ausencia de mohos y levaduras, estos revelan, la cual limita la actividad metabólica de hongos y evita el deterioro del producto durante su almacenamiento. Según Arqueros (2020), el crecimiento de mohos requiere valores de aw superiores a 0.7, mientras que los productos extruidos bien deshidratados presentan valores inferiores a 0.4, garantizando estabilidad microbiológica prolongada. En este sentido, los resultados fisicoquímicos y microbiológicos son coherentes entre sí, evidenciando que la baja humedad alcanzada tras la extrusión contribuyó a prevenir la proliferación fúngica. Este aspecto es particularmente

relevante en formulaciones con tubérculos como la mashua, que podrían contener esporas en su harina base si el proceso de secado previo no fuera adecuado. El tratamiento térmico intenso y continuo de la extrusión actúa así como una etapa de pasteurización térmica, que asegura la eliminación de microorganismos resistentes y esporulados.

Respecto a los coliformes totales y fecales, su ausencia en ambos tratamientos confirma que las materias primas y las condiciones de procesamiento fueron higiénicamente adecuadas. La extrusión, combinada con temperaturas superiores a 120 °C, inactiva bacterias como *Escherichia coli* o *Enterobacter spp.*, que constituyen indicadores de contaminación fecal (Ipiales, 2024). De esta manera, los datos obtenidos confirman que el producto final cumple con los estándares microbiológicos establecidos para alimentos listos para consumo humano.

La evaluación microbiológica demuestra que el proceso de extrusión utilizado en los tratamientos T1 y T2 generó snacks microbiológicamente inocuos, libres de contaminación microbiana y con estabilidad sanitaria adecuada. Esto se debe al efecto sinérgico entre la temperatura elevada, la baja humedad inicial y final, y el rápido tiempo de residencia en el extrusor, condiciones que reducen la carga microbiana inicial y eliminan posibles contaminantes presentes en las harinas de arracacha y mashua. Además, la baja actividad de agua del producto final asegura su vida útil prolongada sin necesidad de conservantes químicos, aportando una ventaja tecnológica y comercial significativa.

El cumplimiento de los límites microbiológicos exigidos por la normativa ecuatoriana garantiza la inocuidad y aceptación regulatoria del producto, lo que constituye un paso clave para su escalamiento industrial, donde la incorporación de arracacha y mashua en productos extruidos no compromete su inocuidad microbiológica, siempre que el proceso se optimice adecuadamente, contribuyendo a la valorización y potencial incorporación de estas materias primas.

4.2.3. Análisis reologicos del extruido

El análisis reológico permitió determinar el efecto de la temperatura de extrusión y la formulación sobre las propiedades mecánicas del extruido, expresadas en términos de dureza, fracturabilidad y masticabilidad, donde todos los parámetros presentaron diferencias significativas entre tratamientos, lo cual evidencia que las condiciones de proceso influyen directamente en la estructura interna y la textura

de los chips elaborados con arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*) y gritz de maíz (*Zea mays*).

En el caso de la dureza, el tratamiento T1 (135 °C; 11 % humedad; 15 % arracacha + 10 % mashua + 75 % maíz) presentó un valor promedio de 1508.67 g, valor menor al reportado por el T2 de 1945.00 g. Este resultado indica que el producto obtenido a menor temperatura (T2) desarrolló una estructura más densa y rígida, lo cual requiere mayor fuerza para ser fracturada. Este comportamiento puede explicarse por la menor expansión del extruido y la mayor proporción de maíz (80 %) en T2, que aporta un mayor contenido de almidón, favoreciendo una matriz más compacta y cohesiva (Morales, 2019). A su vez, la arracacha presente en mayor proporción en T1 contiene almidones más ramificados y pectinas que tienden a formar estructuras más porosas, reduciendo la dureza del producto. Resultados similares fueron reportados por Campos y Tocto (2019) al trabajar con mezclas extrusionadas de arracacha, quinua y zapallo, donde formulaciones con mayor contenido de tubérculos produjeron texturas más blandas. La dureza observada en T2 puede ser favorable para productos que buscan una crocancia prolongada y una textura firme, mientras que la menor dureza de T1 puede resultar más atractiva para consumidores que prefieren snacks más ligeros y fáciles de masticar.

En cuanto a la fracturabilidad, se observó un valor de 2.43 mm para T1 y 4.49 mm para T2. Este parámetro refleja la distancia que el material puede deformarse antes de romperse y, por tanto, su resistencia a la fractura. La mayor fracturabilidad observada en T2 indica que el extruido fue más resistente a la ruptura, lo cual está asociado a una menor expansión y mayor compactación de la estructura interna, producto de la extrusión a menor temperatura (130 °C). El tratamiento T1, al extruirse a una temperatura mayor, generó una mayor expansión, resultando en una estructura más aireada y frágil. Según Puma (2019), la expansión excesiva debilita la red matricial del producto, disminuyendo su capacidad de soportar deformaciones y reduciendo su fracturabilidad, tal como se observó en este estudio. Pérez et al. (2017), en su bocadito extruido con alto contenido proteico a partir de una mezcla de quinua, tarwi y camote, en formulaciones con mayor contenido de tarwi (35 %) presentaron valores de fuerza de ruptura entre 1.25 y 2.83 N.

Respecto a la masticabilidad, los resultados fueron de 30.44 para T1 y 40.78 g para T2, evidenciando una diferencia significativa. Este parámetro representa la energía total requerida para desintegrar el alimento hasta un estado apto para la deglución

y depende tanto de la dureza como de la cohesión interna del producto. El valor más alto en T2 se relaciona con su mayor dureza y resistencia estructural, lo que exige mayor esfuerzo mecánico durante la masticación. Según Arqueros (2020), productos extrusionados con baja expansión y alta densidad presentan una masticabilidad elevada debido a su estructura compacta. Aunque valores altos de esta pueden asociarse con una textura firme, deben mantenerse dentro de un rango que garantice una sensación crocante y agradable, evitando la percepción de dureza excesiva. En este sentido, los valores registrados en T2 continúan dentro del rango aceptable para snacks extruidos y se correlacionan positivamente con la percepción sensorial de crocancia reportada en el análisis sensorial.

La tendencia observada demuestra que la reducción de la temperatura de extrusión (de 135 °C a 130 °C) y el aumento de la proporción de maíz favorecen la formación de un extruido con mayor resistencia mecánica (mayor dureza, fracturabilidad y masticabilidad). Este efecto se debe al menor grado de expansión y al aumento de la densidad aparente del producto, factores que influyen directamente en la textura percibida. Morales (2019) y Campos y Tocto (2019) coinciden en que la dureza y la masticabilidad de los extruidos son inversamente proporcionales al índice de expansión, y que pequeñas variaciones en la temperatura o en la composición de la mezcla pueden modificar significativamente su estructura interna.

El tratamiento T2 genera un snack con mayor consistencia y resistencia al quiebre, lo cual puede ser deseable para mejorar su manipulación, empaque y transporte, garantizando una textura estable durante el almacenamiento. Por otro lado, T1, con menor dureza y masticabilidad, puede ofrecer una sensación más ligera y crocante, orientada a consumidores que prefieren texturas más aireadas.

El presente estudio amplía el conocimiento sobre la relación entre las variables reológicas y las condiciones de extrusión en matrices mixtas de cereales y tubérculos, demostrando que la combinación controlada de tubérculos andinos (arracacha y mashua) con maíz, bajo condiciones específicas de extrusión, permite obtener snacks con texturas diferenciadas y estables, confirmando el potencial de estos cultivos en el desarrollo de productos funcionales e innovadores dentro de la industria alimentaria.

4.2.4. Análisis sensorial

El análisis sensorial permitió identificar diferencias significativas ($p < 0.05$) en todos los atributos evaluados (color, olor, sabor, crocancia, dureza y aceptabilidad) entre los cuatro tratamientos, demostrando que la temperatura de extrusión, la humedad de la mezcla y la formulación influyeron de manera directa en la percepción sensorial de los chips elaborados con arracacha y mashua. Los tratamientos T1 (135 °C; 11 % humedad; 15 % arracacha + 10 % mashua + 75 % maíz) y T2 (130 °C; 11 % humedad; 10 % arracacha + 15 % mashua + 75 % maíz) fueron los mejor valorados en todos los atributos, alcanzando puntuaciones hedónicas entre 6 ("Me gusta") y 7 ("Me gusta mucho"), mientras que T3 y T4, elaborados con mayor humedad (13 %), obtuvieron puntuaciones más bajas, cercanas a la neutralidad o ligera insatisfacción sensorial.

Respecto al color, el T1 y T2 obtuvieron calificaciones más superiores a los de T3 y T4. Este resultado se asocia a que una menor humedad (11 %) favorece la expansión y caramelización superficial del extruido, generando tonalidades doradas y uniformes que son percibidas como más atractivas visualmente (Morales, 2019). Asimismo, la temperatura de 135 °C empleada en T1 promovió reacciones de Maillard controladas, responsables de la coloración típica de los productos extruidos sin llegar a tonalidades oscuras indeseables, como lo reportaron Campos y Tocto (2019) al trabajar con mezclas extruidas de quinua, zapallo y arracacha a 140 °C. En contraste, la mayor humedad de T3 y T4 (13 %) redujo la fricción y el efecto de corte durante la extrusión, limitando la expansión del producto y provocando un color más pálido, coincidiendo con lo descrito por Ipiales (2024), quien observó una disminución en la coloración visual de snacks de maíz y yuca con mezclas más húmedas.

La mayor aceptación aromática en los dos primeros tratamientos podría atribuirse a una óptima deshidratación durante la extrusión, que reduce los compuestos volátiles indeseables provenientes de la mashua (como los glucosinolatos) y potencia las notas tostadas del maíz. Morales (2019) y Puma (2019) coincidieron en que una adecuada temperatura de extrusión favorece el desarrollo de aromas agradables por caramelización y degradación parcial de azúcares y proteínas, mientras que excesos de humedad pueden impedir esta evolución, generando olores neutros o terrosos menos agradables.

En cuanto al sabor, la superioridad de T1 y T2 refleja que el equilibrio entre arracacha, mashua y maíz, junto con la temperatura moderada y baja humedad, permitió conservar compuestos aromáticos naturales de los tubérculos y desarrollar sabores ligeramente dulces asociados a la arracacha. Puma (2019) reportó un efecto similar en extruidos de maíz y mashua, donde las formulaciones con menor humedad y mayor contenido de maíz ofrecieron sabores más agradables al reducir la sensación amarga característica de la mashua. En el presente estudio, la proporción del 15 % de arracacha en T1 contribuyó además a una percepción sensorial más dulce, mientras que la disminución a 10 % (T2) mantuvo una buena aceptación sin generar sabores intensos.

La crocancia está estrechamente relacionada con la expansión del extruido y el contenido de humedad final, donde valores más bajos de humedad favorecen una textura más ligera y aireada (Arqueros, 2020). Los tratamientos con 11 % de humedad favorecieron la gelatinización y expansión del almidón de maíz, generando una estructura porosa que incrementó la percepción de crujencia. En cambio, los tratamientos con 13 % de humedad mostraron una textura más densa y menos expansiva, coherente con lo indicado por Ipiales (2024), quien encontró que la humedad superior al 25 % reduce la crocancia en extruidos a base de cereales y leguminosas.

El análisis de dureza sensorial reflejó valores moderados en T1 y T2 (4), mientras que T3 y T4 fueron percibidos como más duros o gomosos. Esto se asocia a la mayor humedad de la mezcla y menor expansión, que reducen la fragilidad de la estructura y aumentan la resistencia a la mordida. La temperatura de 135 °C permitió en T1 una expansión controlada que equilibró la crocancia con una dureza aceptable, resultado congruente con el estudio de Morales (2019), quien observó que extruidos de maíz y zanahoria blanca con bajo contenido de humedad presentaron menor fuerza de fractura y mejor aceptación textural.

La aceptabilidad global evidenció que T1 y T2 fueron los más preferidos por los jueces, con puntuaciones de "Me gusta", mientras que T3 y T4 alcanzaron valores por debajo de 4. Este resultado confirma que las condiciones de baja humedad y temperaturas moderadas favorecen una percepción integral positiva en todos los atributos sensoriales, demostrando que la formulación con 15 % de arracacha 10 % de mashua y 75 % gritz de maíz (T1) fue la óptima. Este valor coincide con Campos y Tocto (2019), quienes destacaron que la proporción de harinas ricas en almidón y

compuestos antioxidantes incide directamente en la aceptabilidad final del producto.

En conjunto, los resultados del análisis sensorial reflejan que las condiciones de extrusión controladas (130-135 °C y 11-13 % de humedad) permitieron conservar características organolépticas deseables, evidenciando la viabilidad tecnológica del uso de arracacha y mashua en formulaciones de snacks saludables. La incorporación de tubérculos andinos poco utilizados puede mejorar la calidad sensorial y funcional de productos extruidos, diversificando la matriz alimentaria y revalorizando cultivos tradicionales.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se aceptó la hipótesis alternativa, ya que el proceso de extrusión (temperatura y formulación) afectó significativamente los parámetros de calidad fisicoquímicos, texturales y sensoriales de los extruidos elaborados a partir de arracacha y mashua. Al evaluar la influencia de las variables, el tratamiento T1 (135 °C extrusor, 11 % humedad de la mezcla, y 15 % arracacha + 10 % mashua + 75 % maíz) resultó ser la formulación óptima, alcanzando la mayor aceptabilidad sensorial general con una puntuación de "Me gusta".
- El tratamiento T1 demostró ventajas fisicoquímicas clave, particularmente en contenido de grasa (0.30 %) y cenizas (0.96 %), factores críticos para la palatabilidad de snacks extruidos. Aunque los tratamientos cumplieron con los estándares de humedad para snacks (< 5 %) de acuerdo con la normativa NTE INEN 2561, T1 presentó el perfil más balanceado, recomendándose como la mejor opción tecnológica.
- La combinación de parámetros en T1 (mayor temperatura de extrusión + mayor proporción de arracacha) generó un perfil fisicoquímico balanceado, con énfasis en el contenido lipídico que contribuye a las propiedades sensoriales. Estos resultados sugieren que T1 representa la mejor opción tecnológica para la producción de chips extruidos, equilibrando composición nutricional y características finales del producto.
- Las propiedades texturales (dureza, fracturabilidad y masticabilidad) mostraron diferencias significativas. El tratamiento T1 (135 °C) resultó en una textura más ligera y menos resistente (menor dureza 1508.67 g y menor masticabilidad 30.44) en comparación con T2, que mostró mayor dureza (1945 g), fracturabilidad (4.49 mm) y masticabilidad (40.78), lo cual se asocia con una estructura más compacta y resistente, lo cual se correlaciona con la preferencia sensorial. El aumento de la temperatura y el porcentaje de

arracacha en T1 favoreció una estructura más porosa y menos densa, siendo la mejor preferida por el consumidor.

- Las características microbiológicas de los tratamientos demostraron la inocuidad del producto final. Los resultados mostraron la ausencia de coliformes totales y mohos/levaduras, además de recuentos muy bajos de aerobios mesófilos. Confirmando que las altas temperaturas de extrusión y la baja humedad final inactivaron la flora microbiana, garantizando el cumplimiento de la NTE INEN 2561 para alimentos listos para el consumo.
- La evaluación sensorial evidenció diferencias significativas en todos los atributos entre los tratamientos. La humedad (11 %) en T1 y T2 fue fundamental, logrando una crocancia superior (medianas de 7, equivalente a "Me gusta mucho") y un mejor color, olor y sabor, lo que demostró que la condición de extrusión controlada es vital para la aceptabilidad del producto final.
- La incorporación de tubérculos andinos poco aprovechados como arracacha y mashua en formulaciones extruidas demostró ser tecnológicamente viable, contribuyendo al desarrollo de snacks saludables y funcionales con buena aceptación sensorial, revalorizando así cultivos tradicionales y fomentando su aprovechamiento agroindustrial.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios complementarios sobre propiedades funcionales (fibra dietética, capacidad antioxidante y perfil de compuestos bioactivos) para fortalecer el posicionamiento del producto como snack saludable.
- Evaluar el efecto de otros niveles de temperatura, humedad y proporciones de tubérculos a fin de optimizar aún más la textura y valor nutricional del producto.
- Analizar la vida útil del extruido bajo distintas condiciones de empaque y almacenamiento, garantizando la conservación de sus características sensoriales y microbiológicas.
- Promover el uso de arracacha y mashua en el desarrollo de alimentos procesados, fomentando la diversificación de productos derivados de cultivos andinos.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abraham, D. (2022). Extrusion Technology and its Application in Food Processing -An Overview. *Trop. J. Eng., Sci. & Techn. 2022. 1(2):25 - 53*. https://www.academia.edu/98529644/Extrusion_Technology_and_its_Application_in_Food_Processing_An_Overview

Agro Perú. (2022). *Mashua, rica fuente de nutrientes.* Agro Perú. https://www.agroperu.pe/mashua-rica-fuente-de-nutrientes/

Andrade, C. (2024). *Comportamiento del Consumidor en Ecuador 2023*. dichter & neira. https://dichter-neira.com/es_es/comportamiento-del-consumidor-en-ecuador-2023/

Arqueros, S. (2020). *Desarrollo de un snack extrusionado de harina de lenteja y maíz dirigido a la población con intolerancia al gluten* [Universidad de Valladolid]. https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/42513/TFG-M-N2044.pdf?sequence=1

Arteaga, D., Chacón, L., Samamé, V., Valverde, D., & Paucar, L. (2022). Mashua (tropaeolum tuberosum): Composición nutricional, características químicas, compuestos bioactivos y propiedadesbeneficiosas para la salud. *Agroindustrial Science*, *12*(1), 95-101.

Atencio, L., Garnica, J., Vargas, A., Villamil, J., & Cañar, D. (2019). *Manual técnico para la producción de colinos de arracacha bajo condiciones agroecológicas del municipio de Cajamarca, Tolima.* https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual-19

Bausano. (2018). *Proceso de Extrusión de los Alimentos*. Bausano. https://www.bausano.com/es/tecnologia/extrusion-alimentos

Benítez, L., Pagán, M., Martínez, J., & García, S. (2016). Propiedades funcionales de tubérculos nativos de la región andina de Chimborazo (Ecuador): Una revisión. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, *22*(4), 28-33.

Calderón, T. (2019). *Estudio del efecto de la deshidratación osmótica sobre la absorción de grasa en hojuelas fritas de zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhizaBancroft)* [Repositorio Universidad Técnica del Norte]. http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8960/1/03%20EIA%20474%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf

Campos, E., & Tocto, D. (2019). *Efecto de la formulación en la aceptabilidad de una mezcla alimenticia a base de arracacha (Arracacia xanthorrhiza), zapallo (Cucurbita máxima duch) y quinua (Chenopodium quinoa Willd)* [Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/11473

Doncel, A. (2015). *Evaluación del efecto del almidón de arracacha amarilla xanthorriza) como estabilizante en helados de crema*. Ciencia Unisalle. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1254&context=ing_alimentos

Espinosa, J. (2007). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. Editorial Universitaria.

Espinosa, P. (2014). *Algunos aspectos de la producción, consumo y mercado de la arracacha en el Ecuador*. Cipotato. https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/09/23_Algu_aspec_produc_consu_mercad.pdf

FAO. (1993). *El maiz en la nutrición humana*. FAO. https://www.fao.org/4/t0395s/T0395S00.htm

Inostroza, L., Castro, A., Hernández, E., Carhuapoma, M., Yuli, R., Collado, A., & Córdova, J. (2015). Actividad antioxidante de Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón (mashua) y su aplicación como colorante para yogur. *Ciencia e investigación*, *18*(2), 83-89.

Ipiales, I. (2024). *Evaluación de las Condiciones de Extrusión en las Características del Producto Extruido a Base de Maíz Zea Mays, Lenteja Lens Culinaris y Yuca Manihot Esculenta Crantz.* [Repositorio Universidad Técnica del Norte]. https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/15759/2/03%20EIA%20634%20TRABAJO%20GRADO.pdf

Lazo, M., Caroca, R., Rosales, M., & Cornejo, F. (2018). *Avances en Ciencias e Ingeniería de Alimentos*. Universidad del Azuay Casa Editora. https://doi.org/10.33324/ceuazuay.152

Lim, T. (2020). *Tropaeolum tuberosum. Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants: Volume 12 Modified Stems, Roots, Bulbs*. *12*, 94-102. https://doi.org/10.1007/978-3-319-26065-5_3

Ministerio de Salud Pública. (2019). *El consumo de comida chatarra cuesta miles de vidas, gran sufrimiento y millones de dólares*. salud.gob.ec. https://www.salud.gob.ec/el-consumo-de-comida-chatarra-cuesta-miles-de-vidas-gran-sufrimiento-y-millones-de-dolares-2/

Molina, T. (2021). *Extrusión en alimentos* [Universidad Nacional Autónoma de México]. https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000820179/3/0820179.pdf

Morales, J. (2019). *Evaluación del efecto de la mezcla entre gritz de maíz (Zea mays), gritz de zanahoria (Arracacia xanthorrhiza) y el diámetro de salida de la boquilla en el producto extruido* [Repositorio Universidad Técnica del Norte]. https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9786/3/03%20EIA%20491%20TRABAJO%20GRADO.pdf

Morillo, R. (2020). *Aplicación de la tecnología de extrusión en productos con alto contenido en proteína* [Repositorio Institucional UPV]. https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/150018/Murillo%20-%20Aplicaci%C3%B3n%20de%20la%20tecnolog%C3%ADa%20de%20extrusi%C3%B3n%20en%20productos%20con%20alto%20contenido%20en%20prote%C3%ADna.pdf?sequence=1&isAllowed=y

NTE INEN 2 561. (2010). *Bocaditos de productos vegetales. Requisitos*. Scribd. https://es.scribd.com/document/464130507/2561

Ocas, B. (2019). *Grado de aceptabilidad de la arracacha al vapor en estudiantes de secundaria de la Institución Educativa 6064 Francisco Bolognesi, Villa el Salvador, 2019* [Repositorio Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/38175/OCAS_PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=En%20general%20100%20g%20de,%2C%20tiamina%200%2C35%20mg.

Ortega, I. (2014). Maíz I (Zea mays). *Reduca (Biología). Serie Botánica*, *7*(2), 151-171.

Penna, S. (2016). *Formulación y elaboración de un" snack" frito con incorporación de un ingrediente funcional* [Repositorio Académico de la Universidad de Chile]. https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/148228/Penna-%20Formulaci%c3%b3n%20y%20elaboraci%c3%b3n%20%282016%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Puma, G. (2019). *Evaluación del efecto de la mezcla gritz de maíz (Zea mays), gritz de mashua (Tropaeolum tuberosum) y el diámetro de la boquilla del extrusor en el proceso de extrusión* [Repositorio Universidad Técnica del Norte]. https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9784/3/03%20EIA%20489%20TRABAJO%20GRADO.pdf

Quintana, D. (2024). *Las provincias líderes en la producción de maíz en Ecuador*. Forbes Ecuador. https://www.forbes.com.ec/rankings/las-provincias-lideres-produccion-maiz-ecuador-n60447

Salazar, D., Arancibia, M., Ocaña, I., Rodríguez-Maecker, R., Bedón, M., López-Caballero, M. E., Montero, M. P., Salazar, D., Arancibia, M., Ocaña, I., Rodríguez-Maecker, R., Bedón, M., López-Caballero, M. E., & Montero, M. P. (2021). Characterization and Technological Potential of Underutilized Ancestral Andean Crop Flours from Ecuador. *Agronomy*, *11*(9). https://doi.org/10.3390/agronomy11091693

Sisú, M. (2021). *Influencia de las publicidades televisivas de alimentos y bebidas no saludables en los hábitos alimentarios de niños y niñas de 6 a 11 años* [Repositorio Institucional de la UNLP]. http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/120196

Sule, S., Ifeanyi, G., Clement, O., Terpase, S., & Onyinyechi. (2024). Applications of food extrusion technology. *MOJ Food Processing & Technology*, *Volume 12*(Issue 1). https://doi.org/10.15406/mojfpt.2024.12.00301

Torres, S. (2020). *El cubbio (mashua): Producción, transformación y beneficios*. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1008&context=edunisalle_agrociencias

Tovar, T. (2008). *Caracterización morfolóica y térmica del almidón de maíz (Zea mays L) obtenido por diferentes métodos de aislamiento* [Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo]. http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/508/Caracterizacion%20morfologica%20y%20termica%20almidon%20de%20maiz.pdf;jsessionid=286A47AACD5FEDEDDBA78AC963DC7DB2?sequence=1

Vélez, C. (2021). *Análisis del consumo alimentario de la mashua para innovar y fomentar la revalorización del patrimonio gastronómico del Ecuador, en base a la dieta andina* [Universidad Técnica Particular de Loja]. https://dspace.utpl.edu.ec/visorHub/?handle=20.500.11962_28605

Villacres, C., Tanquina, I., Yánez, C., Quelal, M., Alvarez, M., & Ramos, M. (2019). Impacto del procesamiento sobre los compuestos con propiedades antioxidantes de dos variedades de maíz (Zea mays L.). *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, *11*(1), 104-115. https://doi.org/10.18272/aci.v11i1.1099

Yapias, R., Adama, J., Cajachagua, Y., & Rosales, M. (2022). Características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos en tres variedades de Mashua (Tropaeolum tuberosum Ruiz y Pavón): Una revisión. *Revista Tecnológica ESPOL*, *34*(2), 41-51.

Zanin, T. (2023). *Arracacha (apio criollo): Qué es, beneficios y cómo utilizarla*. Tua Saúde. https://www.tuasaude.com/es/arracacha/

VII. ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

0001193

FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

ESTUDIANTE:	González Albarracín Angélica María	**CÉDULA DE IDENTIDAD:**	1758416562
PERIODO ACADÉMICO:	2025B		
PRESIDENTE TRIBUNAL	PhD. Gualberto Gerardo Leon Revelo	**DOCENTE TUTOR:**	Msc. Carlos Alberto Rivas Rosero
DOCENTE:	PhD. Francisco Javier Domínguez Rodríguez		
TEMA DEL TIC:	"Influencia del tiempo y temperatura de extrusión en los parámetros de calidad de chips elaborados a partir de arracacha (Arracacia xanthorrhiza) y mashua (Tropaeolum tuberosum)"		

No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	9,00	
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	9,00	
3	METODOLOGÍA	7,00	Revisión y análisis del diseño experimental , objetivos y operalización de variables
4	RESULTADOS	7,00	Revisión de las unidades de los parámetros analizados y organización de los resultados
5	DISCUSIÓN	7,00	Destacar la parte estadística para encontrar la mejor formulación
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	7,00	Revisar las conclusiones en función de los objetivos
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	7,00	Utilizar vocabulario técnico y mayor argumentación en las respuestas a las preguntas del tribunal
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	7,00	Revisión de ortografía y redacción

Obteniendo una nota de: 7,40 Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el viernes, 19 de diciembre de 2025

PhD. Gualberto Gerardo Leon Revelo
PRESIDENTE TRIBUNAL

Msc. Carlos Alberto Rivas Rosero
DOCENTE TUTOR

PhD. Francisco Javier Domínguez Rodríguez
DOCENTE

Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET

NAME: **GONZÁLEZ ALBARRACÍN ANGÉLICA MARÍA**
DATE: Miércoles, 11 de febrero de 2026
Topic: "Influencia de temperatura y humedad de la mezcla de extrusión en los parámetros de calidad de chips elaborados a partir de arracacha (Arracacia xanthorrhiza) y mashua (Tropaeolum tuberosum)"

MARKS AWARDED **QUANTITATIVE AND QUALITATIVE**

VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new ocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ■	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
De	EXCELLENT: 2 ■	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 ■	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events ■	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 ■	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED	TOTAL 9		

1

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES CENTER

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

Autor: GONZÁLEZ ALBARRACÍN ANGÉLICA MARÍA
Fecha de recepción del abstract: 21 de enero de 2026
Fecha de entrega del informe: Miércoles, 11 de febrero de 2026

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según la rúbrica de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9; por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente

Firmado electrónicamente por: MARTHA ARACELLY VIVEROS ALMEIDA
Validar únicamente con FirmaEC

MA. Martha Viveros
RESPONSABLE CIDEN

Anexo 3. Elaboración de los extruidos y resultados fisicoquímicos

Figura 6. Limpieza y corte de materia prima

Figura 7. Secado de mashua

Figura 8. Secado de arracacha

Figura 9. Molienda para obtener gritz

Figura 10. Almacenamiento del gritz

Figura 11. Mezcla de los gritzs

Figura 12. Acondicionamiento del gritz

Figura 13. Preparación con el extrusor

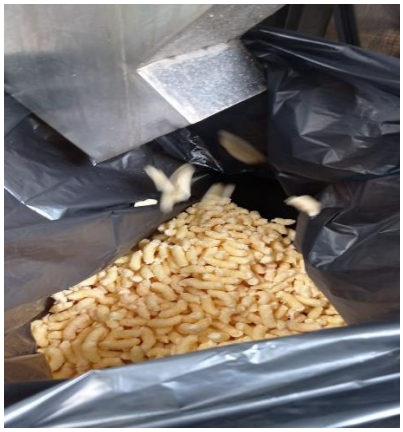


Figura 14. Elaboración del extruido

Figura 15. Extruido para cada tratamiento

Figura 16. Peso del extruido para determinar cenizas

Figura 17. Mufla

Figura 18. Desecador de las muestras

Figura 19. Cenizas para cada tratamiento

Figura 20. Peso de la muestra para humedad

Figura 21. Preparación del equipo

Figura 22. Análisis de humedad

Figura 23. Humedad de los tratamientos

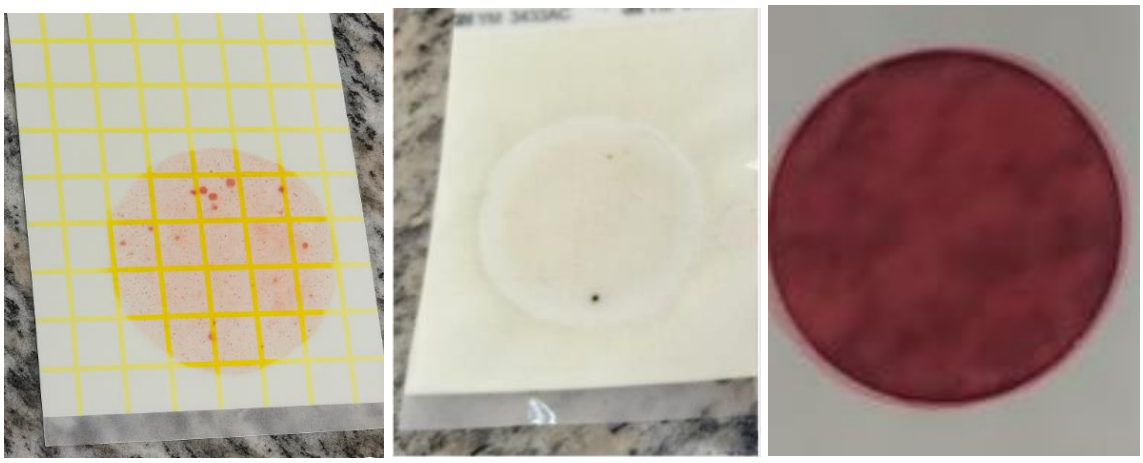


Figura 24. Recuento microbiológico aerobios mesófilos, mohos y levaduras, *E. coli*

Figura 25. Preparación de las muestras

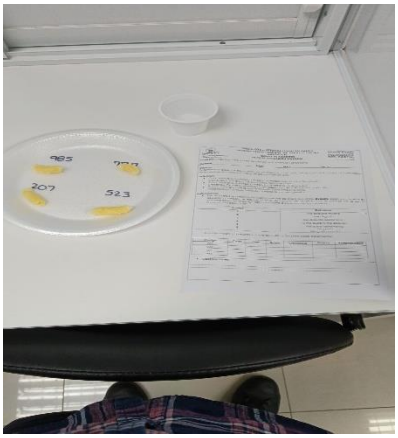


Figura 26. Prueba sensorial

Figura 27. Panelistas 1

Figura 28. Panelistas 2

Anexo 4. Análisis de proteína

F-EC-001 REVISION 09 FECHA DE ACTUALIZACION 2024-05-08	INFORME DE ANALISIS	Biotrends LABORATORIOS · ONAC ACREDITADO ISO/IEC 17025:2017 15-LAB-050

INFORME DE ANALISIS No. F-25-119578-0

INFORMACION DEL CLIENTE

CLIENTE: ANGELICA GONZALEZ NIT/CC: 1085948732-2
DIRECCION: GUALCALA 2 CASA 56
TELEFONO: 3186972627
MAIL: potoka.98@hotmail.com
CIUDAD: PASTO
CONTACTO: SRA. ANGELIZA GONZALEZ
CARGO:

INFORMACION DE TOMA DE ITEM DE ENSAYO

LUGAR DE TOMA DE ITEM: N.E.
RESPONSABLE DE TOMA DE ITEM: ANGELICA GONZALEZ
FECHA DE TOMA DE ITEM: 2025-08-25 HORA: N.E
FECHA DE RECEPCION: 2025-09-08 HORA: 14:25:00
FECHA DE INGRESO A ANALISIS: 2025-09-09
FECHA DE EMISION DE INFORME: 2025-09-15
LUGAR DE ANALISIS: Bogotá - Av. Boyacá 64F-68

IDENTIFICACION DEL ITEM DE ENSAYO

ITEM DE ENSAYO NO.	IDENTIFICACION (+)		FABRICANTE Y/O PROVEEDOR (+)			
25-119578	PRODUCTO TERMINADO: CHIPS TIPO CHITO T°1 135 °C		N.E.			
PRESENTACION DURANTE LA RECEPCION	**CANT.ENTREG.(UN)**	**FECHA DE PROD (+)**	**FECHA VENC (+)**	**LOTE (+)**	**T° ÍTEM DE ENSAYO**	**T. RECEPCION**
BOLSA PLASTICA X 511 g	1	2025/08/25	N.E	777	N.E.	18.25°C

OBSERVACIONES

TABLA DE RESULTADOS

PARAMETRO	METODO UTILIZADO	RESULTADOS	U	REGLA	UNIDADES	ESPECIFICACION	CUMPLIMIENTO
Proteína Total	P-LF-100 Método de análisis para la determinación de proteína por el método Kjeldahl en alimentos para consumo humano y alimentos para consumo animal según ISO 1871:2009, versión 04 Fecha de actualización 2023-02-02. Acreditado.	5,9	NO APLICA	NO APLICA	g/100g	*	NO APLICA

INTERPRETACION DE RESULTADO

"PARA LOS PARAMETROS SOLICITADOS NO EXISTE NORMA DE COMPARACION"

Observaciones
-En Biotrends Laboratorios S.A.S contamos con acreditación ONAC, vigente a la fecha, con código de acreditación 15-LAB-050, bajo la norma ISO/IEC 17025:2017
-Los resultados son validos unicamente para el item analizado.

BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S.

REVISO: DIRECTOR TECNICO	*APROBO: GERENTE*

Bogota - Av Boyaca No 64F-68. Tels: (571) 4758383 - 7022799 - 2527231 - 2516237. Web. www.biotrendslab.com

F-EC-001 REVISION 09 FECHA DE ACTUALIZACION 2024-05-08	INFORME DE ANALISIS	Biotrends LABORATORIOS · ONAC ACREDITADO ISO/IEC 17025:2017 15-LAB-050

-Los resultados descritos en el presente documento se aplican al ítem tal como se recibió.
-El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, la cual corresponde a la reportada en las respectivas remisiones de ítems de ensayo debidamente firmado y se encuentra identificada en el presente informe de resultados en la sección "IDENTIFICACIÓN DEL ÍTEM DE ENSAYO" mediante el símbolo (+).
-Este certificado de análisis solo puede ser reproducido íntegramente y con autorización escrita de BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S. Las copias impresas del informe de análisis, se consideran copias no controladas por el Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio.
-Los informes emitidos por Biotrends Laboratorios S.A.S. no implican la aprobación, aceptación, admisión, aval o cualquier afirmación similar por parte del ICA (Instituto Colombiano Agropecuario), ONAC (Organismo Nacional de Acreditación de Colombia, IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) u otros entes regulatorios.
-Cualquier interpretación o conclusión basada en dichos resultados debe hacerse bajo la responsabilidad exclusiva del usuario del informe
- U = incertidumbre expandida al valor reportado con un factor de cobertura de k=2, para un intervalo de confianza de aproximadamente el 95%.
-Regla de decisión 1= El resultado obtenido frente a los límites de especificación para dar cumplimiento, NO está influenciado por la incertidumbre del ensayo.
-Regla de decisión 2= El resultado obtenido frente a los límites de especificación para dar cumplimiento, está influenciado por la incertidumbre del ensayos.
-* Parametro no requerido en especificacion
-** Parametro no solicitado por el cliente
-Los métodos de ensayo marcados con ^ no se encuentran dentro del alcance de acreditación con ONAC.
Autorizan:

BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S

ORLANDO BERNAL CHÍA
Jefe de Laboratorio de Fisicoquímica

FERNANDO MURCIA
Director Técnico

FIN DEL INFORME

BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S.

REVISO: DIRECTOR TECNICO	*APROBO: GERENTE*

Bogota - Av Boyaca No 64F-68. Tels: (571) 4758383 - 7022799 - 2527231 - 2516237. Web. www.biotrendslab.com

F-EC-001 REVISION 09 FECHA DE ACTUALIZACION 2024-05-08	**INFORME DE ANALISIS**	Biotrends LABORATORIOS · ONAC ACREDITADO ISO/IEC 17025:2017 15-LAB-050

INFORME DE ANALISIS No. F-25-119580-0

INFORMACION DEL CLIENTE

CLIENTE: ANGELICA GONZALEZ NIT/CC: 1085948732-2
DIRECCION: GUALCALA 2 CASA 56
TELEFONO: 3186972627
MAIL: potoka.98@hotmail.com
CIUDAD: PASTO
CONTACTO: SRA. ANGELIZA GONZALEZ
CARGO:

INFORMACION DE TOMA DE ITEM DE ENSAYO

LUGAR DE TOMA DE ITEM: N.E.
RESPONSABLE DE TOMA DE ITEM: ANGELICA GONZALEZ
FECHA DE TOMA DE ITEM: 2025-08-25 HORA: N.E
FECHA DE RECEPCION: 2025-09-08 HORA: 14:25:00
FECHA DE INGRESO A ANALISIS: 2025-09-09
FECHA DE EMISION DE INFORME: 2025-09-15
LUGAR DE ANALISIS: Bogotá - Av. Boyacá 64F-68

IDENTIFICACION DEL ITEM DE ENSAYO

ITEM DE ENSAYO NO.	IDENTIFICACION (+)	FABRICANTE Y/O PROVEEDOR (+)
25-119580	PRODUCTO TERMINADO: CHIPS TIPO CHITO T°2 130 °C	N.E.

PRESENTACION DURANTE LA RECEPCION	CANT.ENTREG.(UN)	FECHA DE PROD (+)	FECHA VENC (+)	LOTE (+)	T° ÍTEM DE ENSAYO	T. RECEPCION
BOLSA PLASTICA X 513 g	1	2025/08/25	N.E.	523	N.E.	18.25°C

OBSERVACIONES

TABLA DE RESULTADOS

PARAMETRO	METODO UTILIZADO	RESULTADOS	U	REGLA	UNIDADES	ESPECIFICACION	CUMPLIMIENTO
Proteína Total	P-LF-100 Método de análisis para la determinación de proteína por el método Kjeldahl en alimentos para consumo humano y alimentos para consumo animal según ISO 1871:2009, versión 04 Fecha de actualización 2023-02-02. Acreditado.	6,1	NO APLICA	NO APLICA	g/100g	*	NO APLICA

INTERPRETACION DE RESULTADO

"PARA LOS PARAMETROS SOLICITADOS NO EXISTE NORMA DE COMPARACION"

Observaciones

-En Biotrends Laboratorios S.A.S contamos con acreditación ONAC, vigente a la fecha, con código de acreditación 15-LAB-050, bajo la norma ISO/IEC 17025:2017

-Los resultados son validos unicamente para el item analizado.

BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S.

REVISO: DIRECTOR TECNICO	*APROBO: GERENTE*

Bogota - Av Boyaca No 64F-68. Tels: (571) 4758383 - 7022799 - 2527231 - 2516237. Web. www.biotrendslab.com

F-EC-001 REVISION 09 FECHA DE ACTUALIZACION 2024-05-08	**INFORME DE ANALISIS**	Biotrends LABORATORIOS · ONAC ACREDITADO ISO/IEC 17025:2017 15-LAB-050

-Los resultados descritos en el presente documento se aplican al ítem tal como se recibió.

-El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, la cual corresponde a la reportada en las respectivas remisiones de ítems de ensayo debidamente firmado y se encuentra identificada en el presente informe de resultados en la sección "IDENTIFICACIÓN DEL ÍTEM DE ENSAYO" mediante el símbolo (+).

-Este certificado de análisis solo puede ser reproducido íntegramente y con autorización escrita de BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S. Las copias impresas del informe de análisis, se consideran copias no controladas por el Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio.

-Los informes emitidos por Biotrends Laboratorios S.A.S. no implican la aprobación, aceptación, admisión, aval o cualquier afirmación similar por parte del ICA (Instituto Colombiano Agropecuario), ONAC (Organismo Nacional de Acreditación de Colombia, IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) u otros entes regulatorios.

-Cualquier interpretación o conclusión basada en dichos resultados debe hacerse bajo la responsabilidad exclusiva del usuario del informe

- U = incertidumbre expandida al valor reportado con un factor de cobertura de k=2, para un intervalo de confianza de aproximadamente el 95%.

-Regla de decisión 1= El resultado obtenido frente a los límites de especificación para dar cumplimiento, NO está influenciado por la incertidumbre del ensayo.

-Regla de decisión 2= El resultado obtenido frente a los límites de especificación para dar cumplimiento, está influenciado por la incertidumbre del ensayos.

-* Parametro no requerido en especificacion

-** Parametro no solicitado por el cliente

-Los métodos de ensayo marcados con ^ no se encuentran dentro del alcance de acreditación con ONAC.

Autorizan:

BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S

Orlando Bernal Chía

ORLANDO BERNAL CHÍA
Jefe de Laboratorio de Fisicoquímica

FERNANDO MURCIA
Director Técnico

FIN DEL INFORME

BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S.

REVISO: DIRECTOR TECNICO	*APROBO: GERENTE*

Bogota - Av Boyaca No 64F-68. Tels: (571) 4758383 - 7022799 - 2527231 - 2516237. Web. www.biotrendslab.com

Anexo 5. Análisis de grasa

F-EC-001 REVISION 09 FECHA DE ACTUALIZACION 2024-05-08	INFORME DE ANALISIS	Biotrends LABORATORIOS

INFORME DE ANALISIS No. F-25-119577-0

INFORMACION DEL CLIENTE

CLIENTE: ANGELICA GONZALEZ NIT/CC: 1085948732-2
DIRECCION: GUALCALA 2 CASA 56
TELEFONO: 3186972627
MAIL: potoka.98@hotmail.com
CIUDAD: PASTO
CONTACTO: SRA. ANGELIZA GONZALEZ
CARGO:

INFORMACION DE TOMA DE ITEM DE ENSAYO

LUGAR DE TOMA DE ITEM: N.E.
RESPONSABLE DE TOMA DE ITEM: ANGELICA GONZALEZ
FECHA DE TOMA DE ITEM: 2025-08-25 HORA: N.E
FECHA DE RECEPCION: 2025-09-08 HORA: 14:25:00
FECHA DE INGRESO A ANALISIS: 2025-09-09
FECHA DE EMISION DE INFORME: 2025-09-18
LUGAR DE ANALISIS: Bogotá - Av. Boyacá 64F-68

IDENTIFICACION DEL ITEM DE ENSAYO

ITEM DE ENSAYO NO.	IDENTIFICACION (+)			FABRICANTE Y/O PROVEEDOR (+)		
25-119577	PRODUCTO TERMINADO: CHIPS TIPO CHITO T°1 135 °C			N.E.		
PRESENTACION DURANTE LA RECEPCION	**CANT.ENTREG.(UN)**	**FECHA DE PROD (+)**	**FECHA VENC (+)**	**LOTE (+)**	**T° ÍTEM DE ENSAYO**	**T. RECEPCION**
BOLSA PLASTICA X 511 g	1	2025/08/25	N.E	777	N.E.	18.25°C

OBSERVACIONES

TABLA DE RESULTADOS

PARAMETRO	METODO UTILIZADO	RESULTADOS	U	REGLA	UNIDADES	ESPECIFICACION	CUMPLIMIENTO
Grasa total	AOAC 952.06 Ed 22:2023 (Extracto Etéreo Soxhlet) ^	0,3	NO APLICA	NO APLICA	g/100g	*	NO APLICA

INTERPRETACION DE RESULTADO

"PARA LOS PARAMETROS SOLICITADOS NO EXISTE NORMA DE COMPARACION"

Observaciones

-En Biotrends Laboratorios S.A.S contamos con acreditación ONAC, vigente a la fecha, con código de acreditación 15-LAB-050, bajo la norma ISO/IEC 17025:2017

-Los resultados son validos unicamente para el ítem analizado.

-Los resultados descritos en el presente documento se aplican al ítem tal como se recibió.

-El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, la cual corresponde a la reportada en las respectivas remisiones de ítems de ensayo debidamente firmado y se encuentra identificada en el presente informe de resultados en la sección "IDENTIFICACIÓN DEL ÍTEM DE ENSAYO" mediante el símbolo (+).

-Este certificado de análisis solo puede ser reproducido íntegramente y con autorización escrita de BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S. Las copias impresas del informe de análisis, se consideran copias no controladas por el Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio.

BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S.

REVISO: DIRECTOR TECNICO	*APROBO: GERENTE*

Bogota - Av Boyaca No 64F-68. Tels: (571) 4758383 - 7022799 - 2527231 - 2516237. Web. www.biotrendslab.com

F-EC-001 REVISION 09 FECHA DE ACTUALIZACION 2024-05-08	INFORME DE ANALISIS	Biotrends LABORATORIOS

-Los informes emitidos por Biotrends Laboratorios S.A.S. no implican la aprobación, aceptación, admisión, aval o cualquier afirmación similar por parte del ICA (Instituto Colombiano Agropecuario), ONAC (Organismo Nacional de Acreditación de Colombia, IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) u otros entes regulatorios.

-Cualquier interpretación o conclusión basada en dichos resultados debe hacerse bajo la responsabilidad exclusiva del usuario del informe

- U = incertidumbre expandida al valor reportado con un factor de cobertura de k=2, para un intervalo de confianza de aproximadamente el 95%.

-Regla de decisión 1= El resultado obtenido frente a los límites de especificación para dar cumplimiento, NO está influenciado por la incertidumbre del ensayo.

-Regla de decisión 2= El resultado obtenido frente a los límites de especificación para dar cumplimiento, está influenciado por la incertidumbre del ensayos.

-* Parametro no requerido en especificacion

-** Parametro no solicitado por el cliente

-Los métodos de ensayo marcados con ^ no se encuentran dentro del alcance de acreditación con ONAC.

Autorizan:

BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S

Orlando Bernal Chía

ORLANDO BERNAL CHÍA
Jefe de Laboratorio de Fisicoquímica

FERNANDO MURCIA
Director Técnico

FIN DEL INFORME

BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S.

REVISO: DIRECTOR TECNICO	*APROBO: GERENTE*

Bogota - Av Boyaca No 64F-68. Tels: (571) 4758383 - 7022799 - 2527231 - 2516237. Web. www.biotrendslab.com

Anexo 6. Análisis de textura

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	**DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB)** Ladrón de Guevara E11-253, Edificio 19 - segundo piso Telf: 2976300 ext4236, email: decab@epn.edu.ec PO Box 17-01-2759 - Quito-Ecuador	**CÓDIGO:** F-PT-7.7-01-04 **FECHA DE VIGENCIA:** 2023/06/26	DECAB
	ISO/IEC 17025	**VERSIÓN:** 04	

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO O TRABAJO

CLIENTE/EMPRESA: González Angélica
Persona de contacto: Angélica González
Dirección cliente: Tulcán
Correo electrónico: potoka.98@hotmail.com
Fecha de muestreo: No aplica
Referencia al plan y método de muestreo: No aplica
Fecha de recepción muestra en SC: 2025-09-22
Fecha de realización análisis: 2025-09-25
Fecha de emisión informe: 2025-10-01
Condiciones ambientales (T, HR): No aplica

INFORME No: IE-LEV-25-004
Teléfono: 3186972627
Tipo de muestra: Sólida

ORDEN DE TRABAJO: DC-OT0102-2025

IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS:

No. muestra	ID Muestra	Descripción muestra	Servicio/Analito	Laboratorio
1	DC-MU11699	SNACK TIPO CHITO T1 TO 135 RF: 777	• Dureza • Masticabilidad • Fracturabilidad	Extractos Vegetales

No. muestra	ID Muestra	Descripción muestra	Servicio/Analito	Laboratorio
2	DC-MU11702	SNACK TIPO CHITO T2 T0 130 RF: 523	• Dureza • Masticabilidad • Fracturabilidad	Extractos Vegetales

AJUSTE DE PARÁMETRO: 06-03.02

Fracturabilidad Compresión	
Altura de la muestra [mm]	10,0
Distancia inicial de la muestra [mm]	5,0
Velocidad inicial [mm/s]	1,0
Velocidad de ensayo [mm/s]	3,0
Fuerza de disparo [g]	50
Velocidad de datos [pps]	333

AJUSTE DE PARÁMETRO: 06-02-01

Compresión de ciclo múltiple (2 ciclos)	
Altura de la muestra [mm]	12,00
Distancia inicial de la muestra [mm]	5,0
Compresión [mm]	2,00
Velocidad inicial [mm/s]	1
Velocidad de ensayo [mm/s]	0,5
Velocidad de retracción [mm/s]	10,0
Fuerza de disparo [g]	5
Velocidad de datos [pps]	333

RESULTADOS:

ID Muestra	Servicio/Analito	Resultado	Unidades	Método
DC-MU11699	Dureza	1456,0	fuerza (g)	Texturómetro (06-03.02 Dureza y fracturabilidad de galletas y bizcochos: flexión en tres puntos)
		1453,0		
		1617,0		
	Fracturabilidad	2,54	milímetros (mm)	
		2,34		
		2,41		
	Altura	8,01	milímetros (mm)	
		8,04		
		7,57		
	Peso	0,52	gramos (g)	
		0,49		
		0,4		

ID Muestra	Servicio/Analito	Resultado	Unidades	Método
DC-MU11699	Masticabilidad	33,34	Adimensional	Texturómetro (06-02-01 Dureza y fracturabilidad de galletas y bizcochos: penetración)
		29,33		
		28,66		
	Altura	12,05	milímetros (mm)	
		12,67		
		12,01		
	Peso	0,37	gramos (g)	
		0,41		
		0,36		

ID Muestra	Servicio/Analito	Resultado	Unidades	Método
DC-MU11702	Dureza	2001,0	fuerza (g)	Texturómetro (06-03.02 Dureza y fracturabilidad de galletas y bizcochos: flexión en tres puntos)
		1907,0		
		1927,0		
	Fracturabilidad	4,43	milímetros (mm)	
		5,38		
		3,66		
	Altura	13,59	milímetros (mm)	
		10,27		
		11,24		
	Peso	0,62	gramos (g)	
		0,62		
		0,59		

ID Muestra	Servicio/Analito	Resultado	Unidades	Método
DC-MU11702	Masticabilidad	40,5	Adimensional	Texturómetro (06-02-01 Dureza y fracturabilidad de galletas y bizcochos: penetración
		40,71		
		41,13		
	Altura	13,74	milímetros (mm)	
		14,41		
		11,9		
	Peso	0,7	gramos (g)	
		0,58		
		0,62		

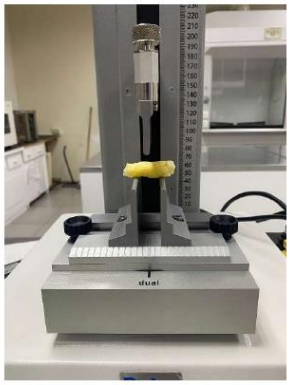


Figura 1. Muestra ensayada (06-03.02)

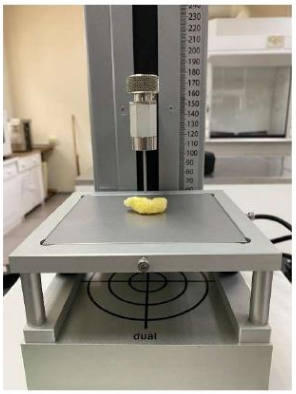


Figura 2. Muestra ensayada (06-02-01)

COMENTARIOS:

El acondicionamiento de la muestra se realizó con las condiciones entregadas por el cliente.

Realizo por: Ing. Mauricio Criollo MBA

Firmado electrónicamente por: MAURICIO JULIO CRIOLLO APOLO
Validar únicamente con FirmaEC

Analista DECAB

Aprobado por: PhD Edwin Vera

Firmado digitalmente por EDWIN RAFAEL VERA CALLE
Razón: Estoy aprobando este documento

Responsable de Calidad DECAB

CONFIDENCIALIDAD DE LA INFORMACIÓN Y DESCARGO DE RESPONSABILIDAD

- Toda la información obtenida o creada durante la ejecución de las actividades del laboratorio es confidencial, excepto por información que el cliente haya puesto al alcance del público o cuando haya sido acordado entre el laboratorio y el cliente (ej. gestión de quejas, encuestas).
- El laboratorio declara que la información completa relativa a los ensayos solicitados está a disposición del cliente, cuando así lo requiera.
- Cuando la ley exija al laboratorio revelar información confidencial o cuando el laboratorio esté autorizado por acuerdos contractuales para revelar información confidencial, el cliente o persona involucrada, a menos que lo prohíba la ley, será notificado sobre la información suministrada.
- Cuando el cliente solicite una declaratoria de conformidad, se definirá la especificación o la norma y la regla de decisión. La regla de decisión seleccionada se comunicará y acordará con el cliente, a menos que esta sea inherente a la especificación o a la norma solicitada.
- El cliente puede canalizar las quejas sobre los resultados de los análisis, sobre el tiempo de entrega del informe, u otro aspecto, a través del Jefe del DECAB, o de la persona Encargada de Recepción de Muestra y Atención al Cliente, ya sea en forma verbal o en forma escrita hasta 8 días después de la entrega del informe. En el DECAB se mantiene un registro de quejas y sugerencias con el fin de mejorar el Servicio al Cliente.
- El laboratorio no se responsabiliza por el muestreo realizado antes de la entrega de las muestras al DECAB, pero sí se responsabiliza de las muestras, tal como se las recibe.
- El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados.
- Los resultados reportados en este informe son únicamente referentes al ítem ensayado.

Anexo 7. Hoja de cata de la evaluación sensorial

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARREA DE ALIMENTOS
FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Universidad Politécnica Estatal del Carchi

POLITÉCNICA DEL CARCHI
EDUCAMOS PARA TRANSFORMAR EL MUNDO

Producto: Chips tipo chito a base de gritz de maíz, mashua y arracacha

Nombre : **Edad:** **Sexo:** **Fecha:**

Objetivo:
Determinar el grado de aceptación en los atributos, color, olor, sabor, crocancia, dureza y aceptación de 4 muestras de chitos con diferentes porcentajes de gritz.

Definición:
- Color: Evaluar la intensidad de color, homogeneidad y atractivo visual.
- Olor: Evaluar si el aroma es agradable, típico de chips.
- Sabor: Evaluar la salinidad y presencia de sabores no deseados.
- Crocancia: Evaluar la sensación quebradiza que percibe al masticar el chito.
- Dureza: Evaluar la fuerza que se necesita para romper el chito.
- Aceptabilidad: Evaluar todos los aspectos de manera general.

Instrucciones:
- Frente a usted se presenta (4) cuatro muestras de snack tipo chito. **Deguste** cada una de ellas de izquierda a derecha e indique su nivel de agrado de acuerdo con el puntaje de la escala indicada abajo, en el código correspondiente a cada una de las muestras.
- El rango para calificar es:

Puntaje	Categoría
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta
3	Me disgusta ligeramente
4	Ni me gusta ni me disgusta
5	Me gusta ligeramente
6	Me gusta
7	Me gusta mucho

A continuación, se presenta la tabla de calificación para cada tratamiento:

Código	Color	Olor	Sabor	Crocancia	Dureza	Aceptabilidad
777						
523						
207						
985						

- **Observaciones:**

……
……

Anexo 8. Resultados estadísticos

- **Análisis sensorial**

Supuesto de Normalidad (Shapiro-Wilks)

Shapiro-Wilks (modificado)

	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO	Color	280	0.00	0.91	0.92	<0.0001
RDUO	Olor	280	0.00	0.96	0.94	<0.0001
RDUO	Sabor	280	0.00	0.97	0.94	<0.0001
RDUO	Crocancia	280	0.00	1.09	0.92	<0.0001
RDUO	Dureza	280	0.00	0.96	0.96	<0.0001
RDUO	Aceptabilidad	280	0.00	0.93	0.96	<0.0001

Color

Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	p
Color	T1	70	6.01	0.89	6.00	<0.0001
Color	T2	70	5.77	0.85	6.00	
Color	T3	70	3.89	0.89	4.00	
Color	T4	70	3.99	1.03	4.00	

Trat.	Medias	Ranks	
T3	3.89	77.96	A
T4	3.99	85.29	A
T2	5.77	192.29	B
T1	6.01	206.46	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Olor

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	p
Olor	T1	70	5.94	0.83	6.00	<0.0001
Olor	T2	70	5.91	0.81	6.00	
Olor	T3	70	3.71	1.31	3.00	
Olor	T4	70	3.69	0.83	4.00	

Trat.	Medias	Ranks	
T4	3.69	76.53	A
T3	3.71	81.99	A
T2	5.91	201.04	B
T1	5.94	202.44	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Sabor

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	p
Sabor	T1	70	5.63	0.95	6.00	<0.0001
Sabor	T2	70	5.76	0.95	6.00	
Sabor	T3	70	3.41	1.00	3.00	
Sabor	T4	70	3.63	0.98	4.00	

Trat.	Medias	Ranks	
T3	3.41	74.73	A
T4	3.63	85.41	A
T1	5.63	197.26	B
T2	5.76	204.61	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Crocancia

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	p
Crocancia	T1	70	6.33	0.83	7.00	<0.0001
Crocancia	T2	70	6.29	0.85	7.00	
Crocancia	T3	70	4.39	1.03	4.50	
Crocancia	T4	70	3.46	1.52	4.00	

Trat.	Medias	Ranks		
T4	3.46	66.02	A	
T3	4.39	94.60	B	
T2	6.29	199.40		C
T1	6.33	201.98		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Dureza

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	p
Dureza	T1	70	3.59	0.77	4.00	<0.0001
Dureza	T2	70	3.51	1.00	4.00	
Dureza	T3	70	2.50	0.76	2.00	
Dureza	T4	70	2.91	1.24	3.00	

Trat.	Medias	Ranks		
T3	2.50	89.42	A	
T4	2.91	127.81		B
T2	3.51	168.79		C
T1	3.59	175.98		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Aceptabilidad

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	p
Aceptabilidad	T1	70	6.43	0.65	6.00	<0.0001
Aceptabilidad	T2	70	6.34	0.70	6.00	
Aceptabilidad	T3	70	4.04	1.12	4.00	
Aceptabilidad	T4	70	3.73	1.15	4.00	

Trat.	Medias	Ranks		
T4	3.73	68.09	A	
T3	4.04	80.96	A	
T2	6.34	204.09		B
T1	6.43	208.86		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

- **Análisis fisicoquímicos del extruido**

Supuesto de Normalidad (Shapiro-Wilks)

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Ceniza	6	0.00	0.09	0.85	0.1795
RDUO Humedad	6	0.00	0.40	0.91	0.5118
RDUO Grasa	6	0.00	0.02	0.82	0.1134
RDUO Proteína	6	0.00	0.01	0.98	0.9443

Ceniza

Ceniza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Ceniza	6	0.55	0.44	12.17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.05	1	0.05	4.93	0.0905
Tratamientos	0.05	1	0.05	4.93	0.0905
Error	0.04	4	0.01		
Total	0.10	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.23733

Error: 0.0110 gl: 4

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T2	0.96	3	0.06	A
T1	0.77	3	0.06	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Humedad

Humedad

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Humedad	6	0.09	0.00	10.42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.08	1	0.08	0.38	0.5689
Tratamientos	0.08	1	0.08	0.38	0.5689
Error	0.81	4	0.20		
Total	0.89	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.02109

Error: 0.2029 gl: 4

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T1	4.44	3	0.26	A
T2	4.21	3	0.26	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Proteína

Proteína

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Proteína	6	0.98	0.98	0.26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.06	1	0.06	240.00	0.0001
Tratamientos	0.06	1	0.06	240.00	0.0001
Error	1.0E-03	4	2.5E-04		
Total	0.06	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.03584

Error: 0.0003 gl: 4

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
T2	6.10	3	0.01	A	
T1	5.90	3	0.01		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Grasa

Grasa

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Grasa	6	0.97	0.97	10.00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.06	1	0.06	150.00	0.0003
Tratamientos	0.06	1	0.06	150.00	0.0003
Error	1.6E-03	4	4.0E-04		
Total	0.06	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.04534

Error: 0.0004 gl: 4

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
T1	0.30	3	0.01	A	
T2	0.10	3	0.01		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

- **Análisis reológicos del extruido**

  Dureza

Dureza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Dureza	6	0.93	0.91	4.34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	285580.17	1	285580.17	50.74	0.0021
Tratamientos	285580.17	1	285580.17	50.74	0.0021
Error	22512.67	4	5628.17		
Total	308092.83	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=170.07043

Error: 5628.1667 gl: 4

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
T2	1945.00	3	43.31	A	
T1	1508.67	3	43.31		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Masticabilidad

Masticabilidad

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Masticabilidad	6	0.92	0.91	5.07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	160.27	1	160.27	49.25	0.0022
Tratamientos	160.27	1	160.27	49.25	0.0022
Error	13.02	4	3.25		
Total	173.29	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.08939

Error: 3.2541 gl: 4

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
T2	40.78	3	1.04	A	
T1	30.44	3	1.04		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Fracturabilidad

Fracturabilidad

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Fracturabilidad	6	0.81	0.76	17.73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6.37	1	6.37	16.92	0.0147
Tratamientos	6.37	1	6.37	16.92	0.0147
Error	1.51	4	0.38		
Total	7.87	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.39063

Error: 0.3763 gl: 4

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
T2	4.49	3	0.35	A	
T1	2.43	3	0.35		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Supuesto de Normalidad (Shapiro-Wilks)

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Dureza	6	0.00	67.10	0.83	0.1227
RDUO Fracturabilidad	6	0.00	0.55	0.93	0.6404
RDUO Masticabilidad	6	0.00	1.61	0.92	0.5581