



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

PREGELATINIZACIÓN HIDROTÉRMICA DEL GRANO DE
AMARANTO *Amaranthus caudatus L.*

Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero (a) Agroindustrial

Autor: ANDREA ESTEFANÍA PUENTE CUYAGO

Director: Ing. Marcelo Vacas

Ibarra-Ecuador

2016

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS

AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

PREGELATINIZACIÓN HIDROTÉRMICA DEL GRANO DE AMARANTO *Amaranthus caudatus L.*

Tesis revisada por los miembros del tribunal, por lo cual se autoriza su presentación como
requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO/A AGROINDUSTRIAL

APROBADA:

Ing. Marcelo Vacas, MSc

DIRECTOR DE TESIS

Dra. Lucía Cumandá Yépez, MSc

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Milton Jimmy Cuarán, MgI

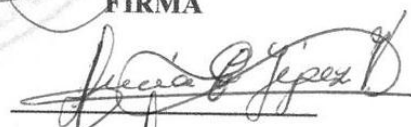
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Jimmy Núñez, MSc

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



FIRMA



FIRMA



FIRMA



FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO

CÉDULA DE IDENTIDAD:	171687207-0		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Puente Cuyago Andrea Estefanía		
DIRECCIÓN:	Ibarra, Pugacho calle 10 de agosto y 4 de junio		
EMAIL:	tefa_pacha@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	2 630-541	TELÉFONO MÓVIL:	0997452703

DATOS DE LA OBRA

TÍTULO:	Pregelatinización hidrotérmica del grano de amaranto (<i>Amarantho caudatus L.</i>)
AUTOR:	Puente Cuyago Andrea Estefanía
FECHA:	

SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO

PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO	<input type="checkbox"/> POSTGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agroindustrial	
ASESOR / DIRECTOR:	Ing. Marcelo Vacas	

1. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, **ANDREA ESTEFANÍA PUENTE CUYAGO**, con cédula de identidad número **171687207-0**, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 13 días del mes de Junio de 2016

EL AUTOR:

Andrea Estefanía Puente

ACEPTACION:

ING. BETHY CHAVEZ

JEFE DE BIBLIOTECA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Andrea Estefanía Puentes Cuyago, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Marcelo Vacas", is written over a solid horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Ing. Marcelo Vacas

DIRECTOR DE TESIS

DECLARACIÓN

Manifiesto que la presente obra es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto es original, y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 13 días del mes de Junio de 2016




Srta. Andrea Estefanía Puente

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Andrea Estefanía Puente Cuyago, con cédula de identidad Nro. 171687207-0, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **PREGELATINIZACIÓN HIDROTÉRMICA DEL GRANO DE AMARANTO *Amaranthus caudatus L.***, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERO AGROINDUSTRIAL** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 13 días del mes Junio de 2016



Sra. Andrea Estefanía Puente Cuyago

Dedico este trabajo a Dios porque me ha regalado una hermosa vida.

A mi mamá Esperanza Puente quien me ha brindado su amor y apoyo incondicional en todo momento, de quien aprendí que rendirse no es una opción, quien a pesar de toda adversidad jamás desistió en su lucha por forjarme un futuro mejor, quien con todo su esfuerzo me heredó lo esencial de la vida, la educación; a quien le debo absolutamente todo lo que soy, porque pudiendo brindarme algo bueno, me da siempre lo mejor.

A mi hermano Bryan, por siempre ser y estar, porque para él y por él es por quien deseo triunfar.

A mi hermana Silvia por su compañía.

Estefanía Puente

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte por brindar ciencia y tecnología al servicio del Pueblo, brindándome así la oportunidad de haber concluido con los estudios de tercer nivel.

A la FICAYA en especial a la Escuela de Ingeniería Agroindustrial y sus catedráticos, que pusieron todos sus conocimientos, para que mediante la investigación y desarrollo e distintas actividades, llegue a culminar con éxito la carrera, consiguiendo con esfuerzo y mérito propio, alcanzar una de mis metas más importante.

Por su virtuosa colaboración como director de tesis, agradezco al Ingeniero Marcelo Vacas.

A la Dra. Lucia Yépez, Ing. Jimmy Núñez e Ing. Jimmy Cuarán que en forma oportuna y desinteresada me ayudaron y colaboraron cuando fue necesario; expreso mi más sinceros agradecimientos.

Reconozco la colaboración del Dr. José Luis Moreno, técnico del Laboratorio de análisis físicos, químicos y microbiológicos de la Universidad Técnica del Norte por contribuir y colaborar en el desarrollo de mi investigación.

La Autora

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xvii
RESUMEN	xix
SUMARY	xx

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN	1
3.4 Problema	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos de la investigación	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Hipótesis de la investigación	3
1.4.1 Hipótesis alternativa	3
1.4.2 Hipótesis nula	3

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO	4
2.1 Amaranto	4
2.1.1 Historia	4
2.1.2 Descripción	5
2.1.3 Composición	7
2.1.4 Importancia y usos del amaranto	11
2.1.5 Procesamiento del grano	13
2.1.6 Beneficios del amaranto	15
2.2 Almidón	16
2.2.1 Amilosa	19
2.2.2 Amilopectina	19

2.3	Modificación del almidón.....	21
2.3.1	Cambios en el almidón a causa de la modificación.....	22
2.3.1.1	Gelatinización.....	22
2.3.1.2	Retrogradación.....	25
2.3.1.3	Sinéresis.....	26
2.3.2	Modificación por métodos físicos.....	26
2.3.2.1	Método hidrotérmico.....	26
2.3.2.1.1	Hidratación.....	27
2.3.2.1.2	Tratamiento en autoclave.....	28
2.3.2.1.3	Secado.....	28
2.3.3	Métodos de evaluación del grado de gelatinización.....	28
2.3.4	Importancia de la pregelatinización.....	30

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS.....	31	
3.1	Caracterización del área de estudio.....	31
3.1.1	Ubicación del experimento.....	31
3.2	Materiales.....	32
3.2.1	Materia prima e insumos.....	32
3.2.2	Materiales y equipos.....	32
3.3	Métodos.....	33
3.3.1	Método experimental para la obtención de grano pregelatinizado de amaranto.....	33
3.3.1.1	Factores en estudio.....	33
3.3.1.2	Tratamientos.....	34
3.3.1.3	Diseño experimental.....	35
3.3.1.4	Características del experimento.....	36
3.3.1.5	Esquema del análisis de la varianza.....	36
3.3.1.	Análisis funcional.....	36
3.4	Manejo específico del experimento.....	37
3.4.1	Diagrama de bloques.....	37
3.4.2	Diagrama de proceso.....	38
3.4.3	Descripción del proceso.....	39
3.4.3.1	Experimentación para la humedad requerida del grano.....	39

3.4.3.2	Recepción de la materia prima.....	39
3.4.3.3	Limpieza y clasificación.....	39
3.4.3.4	Lavado.....	40
3.4.3.5	Pesaje I.....	41
3.4.3.6	Hidratado.....	41
3.4.3.7	Escurreido.....	42
3.4.3.8	Pesaje II.....	42
3.4.3.9	Autoclavado.....	43
3.4.3.10	Empaquetado.....	43
3.4.3.11	Pesado III.....	44
3.4.3.12	Almacenado.....	44
3.5	Variables evaluadas	45
3.5.1	Variables cuantitativas.....	45
3.5.1.1	Características de la materia prima.....	45
3.5.1.2	En el grano durante la hidratación.....	45
3.5.1.3	Variables a evaluarse en el producto terminado.....	45
3.5.1.4	Variables a evaluarse en los mejores tratamientos.....	46
3.5.2	Variables cualitativas.....	47
3.6	Métodos de evaluación para las variables evaluadas.....	47
3.6.1	Métodos para las variables cuantitativas	47
3.6.1.1	Humedad.....	47
3.6.1.2	Peso.....	47
3.6.1.3	Rendimiento.....	48
3.6.1.4	IAA, ISA, PH.....	48
3.6.1.5	Azúcares reductores.....	49
3.6.1.6	Digestibilidad in vitro.....	50
3.6.1.7	Análisis microbiológico.....	50
3.6.2	Métodos para las variables cualitativas	51
3.6.2.1	Color.....	51
3.6.2.2	Olor.....	52
3.6.2.3	Sabor.....	52
3.6.2.4	Textura.....	52
3.6.2.5	Aceptabilidad.....	53

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
4.1 Curva de absorción de agua	55
4.2 Variable peso después de proceso.....	57
4.3 Variable índice de absorción de agua	61
4.4 Variable índice de solubilidad en agua	67
4.5 Variable poder de hinchamiento	73
4.6 Variable densidad aparente	79
4.7 Variable rendimiento	83
4.8 Variable azúcares reductores	87
4.9 Análisis sensorial	90
4.10 Análisis microbiológico para los mejores tratamientos	100
4.11 Análisis nutricional.....	101
4.12 Análisis de digestibilidad del grano.....	104
4.13 Balance de materiales	106

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	107
5.1 Conclusiones	107
5.2 Recomendaciones	109
BIBLIOGRAFÍA	110
ANEXOS	
ANEXO 1 Resultados de la variable PESO.....	114
ANEXO 2 Resultados de la variable IAA.....	115
ANEXO 3 Resultados de la variable ISA.....	116
ANEXO 4 Resultados de la variable PH.....	117
ANEXO 5 Resultados de la variable RENDIMIENTO.....	118
ANEXO 6 Norma técnica ecuatoriana: Granos y cereales. Grano de amaranto, requisitos e inspección.....	119
ANEXO 7 Determinación de humedad	132
ANEXO 8 Determinación de proteína.....	133
ANEXO 9 Determinación de IAA, ISA Y PH	135
ANEXO 10 Test de escala hedónica	137
ANEXO 11 Resultados del análisis de laboratorio (humedad)	140

ANEXO 12 Resultados del análisis de laboratorio (peso)	141
ANEXO 13 Resultados del análisis de laboratorio (IAA).....	142
ANEXO 14 Resultados del análisis de laboratorio (ISA)	143
ANEXO 15 Resultados del análisis de laboratorio (Azúcares reductores)	144
ANEXO 16 Resultados del análisis de laboratorio (nutricional)	145
ANEXO 17 Resultados del análisis de laboratorio (microbiológico)	146
ANEXO 18 Resultados del análisis de laboratorio (Digestibilidad)	147
ANEXO 19 Resultados del análisis de laboratorio (Digestibilidad)	148
ANEXO 20 Resultados del análisis de laboratorio (Digestibilidad)	149
ANEXO 21 Resultados del análisis de laboratorio (Digestibilidad)	150
ANEXO 22 Glosario de términos.....	149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación y datos meteorológicos del área de experimentación.....	31
Tabla 2. Factor A: Temperatura de pregelatinización.....	34
Tabla 3. Factor B: Tiempo de proceso.....	34
Tabla 4. Factor C: Humedad de acondicionamiento.....	34
Tabla 5. Tratamientos.....	35
Tabla 6. Características del experimento	36
Tabla 7. Análisis de la varianza.....	36
Tabla 8. Variables cuantitativas para la materia prima.....	45
Tabla 9. Variables cuantitativas para el producto terminado.....	46
Tabla 10. Variables cuantitativas para los mejores tratamientos.....	46
Tabla 11. Variables cualitativas.....	47
Tabla 12. Análisis microbiológico.....	51
Tabla 13. Porcentaje de humedad y tiempos requeridos de humectación.....	55
Tabla 16. Prueba de Tukey para la variable Peso.....	57
Tabla 17. Prueba DMS para el factor A en la variable Peso.....	58
Tabla 18. Prueba DMS para el factor B en la variable Peso.....	58
Tabla 19. Prueba DMS para el factor C en la variable Peso.....	59

Tabla 22. Prueba de Tukey para la variable IAA.....	61
Tabla 23. Prueba DMS para el factor A en la variable IAA.....	62
Tabla 24. Prueba DMS para el factor B en la variable IAA.....	62
Tabla 25. Prueba DMS para el factor C en la variable IAA.....	63
Tabla 28. Prueba de Tuckey para la variable ISA.....	67
Tabla 29. Prueba DMS para el factor A para la variable ISA.....	68
Tabla 30. Prueba DMS para el factor B para la variable ISA.....	68
Tabla 31. Prueba DMS para el factor C para la variable ISA.....	69
Tabla 34. Prueba de Tuckey para la variable Poder de Hinchamiento.....	73
Tabla 35. Prueba DMS para el factor A para la variable PH.....	74
Tabla 36. Prueba DMS para el factor B para la variable PH.....	74
Tabla 37. Prueba DMS para el factor C para la variable PH.....	75
Tabla 38. Resultados de la variable Densidad Aparente.....	79
Tabla 39. ADEVA de la variable Densidad Aparente.....	79
Tabla 40. Prueba de Tuckey para la variable Densidad Aparente.....	80
Tabla 41. Prueba DMS para el factor C para la variable densidad aparente.....	81
Tabla 44. Prueba de Tuckey para la variable Rendimiento.....	83
Tabla 45. Prueba DMS para el factor A para la variable rendimiento.....	84
Tabla 46. Prueba DMS para el factor B para la variable rendimiento.....	84
Tabla 47. Prueba DMS para el factor C para la variable rendimiento.....	85
Tabla 48. Resultados de la variable Azúcares Reductores.....	87
Tabla 49. Prueba de Friedman para la variable color.....	90
Tabla 50: Resultados del cálculo de la variable color.....	90
Tabla 51. Prueba de Friedman para la variable olor.....	92
Tabla 52: Resultados del cálculo de la variable olor.....	92
Tabla 53. Prueba de Friedman para la variable sabor.....	94
Tabla 54: Resultados del cálculo de la variable sabor.....	94
Tabla 55. Prueba de Friedman para la variable textura.....	96
Tabla 56: Resultados del cálculo de la variable textura.....	96
Tabla 57. Prueba de Friedman para la variable aceptabilidad.....	98
Tabla 58: Resultados del cálculo de la variable aceptabilidad.....	98
Tabla 59. Resultados del análisis microbiológico.....	100
Tabla 60. Resultados del análisis nutricional de la materia prima.....	101
Tabla 61. Resultados del análisis nutricional de los mejores tratamientos.....	102

Tabla 62. Resultados del análisis fisicoquímico del amaranto cocido..... 103

Tabla 63. Resultados de la digestibilidad de la proteína del amaranto.....104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. *Amaranthus caudatus*.....5

Figura 2. Clasificación taxonómica.....7

Figura 3. Estructura del grano.....7

Figura 4. Composición química de tres variedades de amaranto.....12

Figura 5. Almidón de maíz.....17

Figura 6. Almidón de arroz en su evolución de gelatinización.....24

Figura 7. Grano de amaranto pregelatinizado visto con un microscopio óptico.....88

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Curva de absorción de agua del grano de amaranto.....56

Gráfico 2. Comportamiento de medias de la variable peso.....59

Gráfico 3. Interacción AxB de la variable IAA.....63

Gráfico 4. Interacción AxC de la variable IAA.....64

Gráfico 5. Interacción BxC de la variable IAA.....64

Gráfico 6. Comportamiento de medias de la variable IAA.....65

Gráfico 7. Interacción AxB de la variable ISA.....69

Gráfico 8. Interacción AxC de la variable ISA.....70

Gráfico 9. Interacción BxC de la variable ISA.....70

Gráfico 10. Comportamiento de medias de la variable ISA.....71

Gráfico 11. Interacción AxB de la variable Poder de Hinchamiento.....75

Gráfico 12. Interacción AxC de la variable Poder de Hinchamiento.....76

Gráfico 13. Interacción BxC de la variable Poder de Hinchamiento.....76

Gráfico 14. Comportamiento de medias de la variable Poder de hinchamiento.....77

Gráfico 15. Comportamiento de medias de la variable Densidad aparente.....	81
Gráfico 16. Comportamiento de medias de la variable Rendimiento.....	85
Gráfico 17. Comportamiento de medias de la variable Color.....	91
Gráfico 18. Comportamiento de medias de la variable Olor.....	93
Gráfico 19. Comportamiento de medias de la variable Sabor.....	95
Gráfico 20. Comportamiento de medias de la variable Textura.....	97
Gráfico 21. Comportamiento de medias de la variable Aceptabilidad.....	99

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Recepción de la materia prima.....	39
Fotografía 2 Limpieza y clasificación.....	40
Fotografía 3 Lavado.....	40
Fotografía 4 Pesaje I.....	41
Fotografía 7 Hidratado.....	41
Fotografía 8 Ecurrido.....	42
Fotografía 9 Pesaje II.....	42
Fotografía 10 Autoclavado.....	43
Fotografía 11 Empaquetado.....	43
Fotografía 12 Pesado III.....	44
Fotografía 13 Almacenamiento.....	44

RESUMEN

Esta investigación se llevó a cabo en los laboratorios de la FICAYA de la Universidad Técnica del Norte, ubicados en la ciudad de Ibarra-Ecuador. El objetivo fue desarrollar un método de pregelatinización en la semilla de amaranto, (*Amaranthus Caudatus L.*) buscando obtener un alimento de consumo inmediato (precocido). Para el desarrollo de este producto se tomó en cuenta los siguientes tres factores de estudio con sus respectivos niveles: Humedad de acondicionamiento (30% y 40%), temperatura de autoclavado (80 °C, 100 °C y 120 °C) y tiempo de autoclavado (4 y 8 minutos).

Se aplicó un Diseño Completamente al Azar (D.C.A.) con arreglo factorial A x B x C con tres repeticiones, obteniéndose así 12 tratamientos y 36 unidades experimentales con un peso de 300 gramos cada una. Como análisis funcional se empleó la prueba de Tukey al 5% para tratamientos y DMS al 5% para factores y los respectivos gráficos de interacción.

Las variables cuantitativas evaluadas al producto final fueron: peso, densidad aparente, índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua, poder de hinchamiento, rendimiento y azúcares reductores. Las variables cualitativas que se evaluaron fueron: color, olor, sabor, textura y aceptabilidad.

Una vez finalizado los ensayos se logró obtener un producto precocido de buenas características nutricionales; se determinó que el método de precocción para obtener un grano de fácil consumo influye en el contenido nutricional del grano, dando como tratamientos sobresalientes el T12 (40% humedad, temperatura de autoclave de 120 °C y tiempo de proceso de 8 minutos), así como el T11 (30% humedad, temperatura de autoclave de 120 °C y tiempo de proceso de 8 minutos) que fueron los de mejor pregelatinización aunque como efecto adverso la digestibilidad de la proteína disminuyó.

SUMMARY

This research was conducted in the laboratories of FICAYA in Universidad Técnica del Norte from Ibarra-Ecuador, its aim was to develop a method of “pregelatinization” in the seed of amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) looking to get food for immediate consumption (parboiled). For the development of this product, it was taken into account the following three factors study with their respective levels: Humidity conditioning (30% and 40%), temperature autoclaving (80 oC, 100 oC to 120 oC) and time autoclaving (4 and 8 min).

Was applied a Design Completely Random (D.C.A.) factorial arrangement A x B x C with three replications, thus obtaining 12 treatments and 36 experimental units weighing 300 grams each. As functional analysis Tukey test was used at 5% for DMS treatments and 5% for the respective factors and interaction graphs.

Quantitative variables were assessed at the end product: weight, bulk density, water absorption rate, water solubility index, swelling power, performance and reducing sugars. The qualitative variables were evaluated: color, smell, taste, texture and acceptability.

Upon completion of the respective assays it was possible to obtain a baked product of good nutritional characteristics; It was determined that the method of precooking for a grain of easy consumption influences the nutritional content of the grain, leading to outstanding treatments T12 (40% moisture, autoclave temperature 120 ° C and processing time of 8 minutes), and T11 (30% humidity, temperature of 120 0C and autoclave processing time 8 minutes) those had better pregelatinization although the adverse effect of protein digestibility decreased.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PROBLEMA

En la actualidad los niños y jóvenes son los principales afectados por la desnutrición, esto debido a un inadecuado consumo de alimentos para la dieta diaria; lo que les provoca principalmente decaimiento. A pesar de que en estos últimos años se ha venido difundiendo la cultura de una alimentación saludable, en el mercado existe una baja disponibilidad de productos de consumo rápido que contengan un elevado valor nutricional y fácil digestibilidad; en su mayoría muchos de los productos que dicen ser saludables no lo son, de hecho, contienen en sus ingredientes un elevado contenido de conservantes, colorantes y saborizantes que nada bien le hacen a la salud de los consumidores.

Ecuador al ser un país tan diverso, posee gran cantidad de alimentos ricos en nutrientes y en variedad de sabores, los cuales pueden contribuir a combatir la desnutrición al mismo tiempo que pueden ser procesados para la producción de alimentos saludables innovadores que incrementen las opciones de consumo en el mercado; tal es el caso del amaranto. Este cultivo andino es un producto alimenticio en auge de explotación, debido a su aporte nutricional muy elevado, por ello es muy necesario buscar nuevas alternativas sencillas de procesos para ser aplicados en amaranto, que permitan obtener alimentos tanto saludables como atractivos al paladar de los más jóvenes. Es ineludible realizar una investigación acerca de un posible procesamiento de materias primas (amaranto) para la obtención de grano pregelatinizado de delicioso sabor, una textura apetitosa, que no disminuya la calidad nutricional del grano tras ser procesado, para de este modo obtener un producto rico nutricionalmente y así poder combatir con la desnutrición que presentan principalmente nuestros niños y jóvenes.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad las personas, desde los más pequeños hasta los más grandes tienen cada vez un ritmo de vida más acelerado, por lo que ahorran parte de su tiempo en la hora de las comidas, consumiendo alimentos que sean fáciles y rápidos de servirse. Por la cantidad de energía que se necesita para desempeñar adecuadamente las actividades diarias, los alimentos de consumo rápido que existen en el mercado deberían tener un contenido nutricional importante, sin embargo, en la mayoría de los casos esto no se cumple. Por este motivo se llevó a cabo la presente investigación con el objetivo de buscar solución al inconveniente mencionado.

Los cultivos andinos se postulan como una opción bastante viable para la nutrición de personas con requerimientos nutricionales elevados. En el año 1975 la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos declaró al amaranto como el cultivo andino considerado como “El mejor alimento de origen vegetal para consumo humano”. Este súper alimento entre sus atributos principales cuenta con una gran cantidad de proteínas, aminoácidos esenciales, vitaminas, minerales, fibra y además goza de la ausencia de gluten en su composición, por lo que se convierte en un alimento apto para celíacos. Este pseudocereal al contener una importante cantidad de almidón nos brinda la oportunidad de transformarlo para la obtención de diversos productos procesados.

Existe la posibilidad de procesar el grano de amaranto por una variedad de métodos, no obstante, el método propuesto en esta investigación cuenta con la ventaja de ser sencillo, ya que requiere de equipo que está al alcance de la pequeña industria, además de ocasionar cambios en la estructura interna del grano sin alterar esencialmente su forma. Los almidones pregelatinizados provocan una mejor calidad en el producto, porque mediante la pregelatinización se lleva a cabo un hinchamiento del mismo a causa de la temperatura, la cual realza la apariencia, textura, sabor y digestibilidad de los alimentos al mismo tiempo que fortalece su contenido nutricional; por lo que al aplicar al amaranto la pregelatinización propuesta en esta investigación, se esperó obtener un producto precocido de ideales características para el consumidor.

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Pregelatinizar hidrotérmicamente al grano de amaranto *Amaranthus caudatus L.*

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el índice de absorción de agua para determinar tiempos y humedades para el proceso hidrotérmico de pregelatinización del amaranto.
- Evaluar la solubilidad en agua, densidad aparente, azúcares reductores, peso y rendimiento del grano de amaranto pregelatinizado para la determinación del mejor proceso.
- Evaluar la aceptabilidad del producto mediante análisis sensorial.
- Valorar la calidad nutricional y digestibilidad del grano pregelatinizado de los mejores tratamientos.

1.4 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 HIPÓTESIS ALTERNATIVA

El método hidrotérmico de pregelatinización del amaranto incide en las características físicas y nutricionales de este grano.

1.4.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA

El método hidrotérmico de pregelatinización del amaranto no incide en las características físicas y nutricionales de este grano.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 AMARANTO

2.1.1 HISTORIA

Históricamente según Rodas y Bressani (2009), el grano de amaranto, es probablemente junto al maíz, el grano que tiene su presencia en América cuatro mil años antes de Cristo. Los primeros en utilizarlo fueron los Mayas y los Aztecas en sus ceremonias religiosas que fueron abolidas por los conquistadores, logrando con eso una caída sustancial de la producción y disponibilidad a pesar de sus grandes bondades nutricionales.

En nuestro país el amaranto se ha cultivado principalmente en la región sierra, los agricultores han mirado a este producto como un alimento ancestral el cual resulta atractivo debido a las bondades que este brinda.

Peralta (2012) afirma que la palabra “amaranto” se empieza a escribir y pronunciar en el quehacer de la agricultura del país, a partir de 1982; cuando en el INIAP se inició la formación del banco de germoplasma (genético) de los cultivos andinos e introdujo en la zona andina y otros países del mundo diferentes especies de este cultivo. El amaranto blanco comenzó a introducirse en el país a partir del año 1986, este grano provenía de Perú, de la región de Cusco, pertenecientes a la variedad de *Amaranthus caudatus L.*; seleccionándose la semilla más prometedora, la cual fue designada como INIAP Alegría.

Después de varios años de investigación con respecto a la adaptabilidad, manejo agronómico, procesamiento y calidad del grano en nuestro país, se introdujo en 1992 la variedad Iniap Alegría; misma que es una variedad mejorada obtenida por los investigadores del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Tras un lapso de estancamiento en las investigaciones, en 2002 fueron retomadas, promocionando el cultivo y uso del grano de amaranto blanco tanto como del ataco o sangorache.

Actualmente en el Ecuador no existen cultivos comerciales de estas especies; se los encuentra en pequeñas extensiones como plantas nativas formando parte de bordes de otros cultivos comerciales, y en parcelas experimentales. Las zonas en donde se encuentran estas especies en la región Sierra son: Pichincha, Imbabura, Cotopaxi, Tungurahua, Cañar, Azuay, Loja (Gómez, 2013).

2.1.2 DESCRIPCIÓN

Como lo menciona en su investigación Herrera (2015), la palabra “amaranto” significa inmarcesible, es decir, “no se marchita” y viene del griego Amarantón, de a (sin) y maraninein (marchitar,, palidecer) debido a que crece en tierra poco fértil y con una mínima cantidad de agua”



Figura 1. Amaranthus Caudatus
(Peralta, 2012)

Según afirma Cárdenas (2012), desde la perspectiva botánica, el amaranto no puede considerarse un cereal, ya que es una planta dicotiledónea a diferencia de cereales como el trigo, arroz o maíz, que son plantas monocotiledóneas, es por ello que suele emplearse el término pseudocereal para referirnos al hecho de que sus semillas se parecen en función y composición a las de los verdaderos cereales.

El amaranto es alimento de origen andino conocido tradicionalmente como Sangorache o ataco en nuestro país. La planta es de un color rojo con tonalidades moradas, en la cual se dan semillas de color blanco, pudiendo encontrarse también variedades en las que las semillas son de color negro.

El amaranto tiene un sin número de nombres con los cuales es conocido en los distintos países, los más comunes de ellos son: Amaranth (inglés), Kiwicha (Cusco, Perú), Achita (Ayacucho, Perú), Coyo (Cajamarca, Perú), Achis (Huaraz, Perú), Coimi, Millmi e Inca pachaqui o grano inca (Bolivia), Sangorache, Ataco, Quínoa de Castilla, amaranto (Ecuador), Alegría y Huanthi (México), Rejgira, Ramdana, Eerai (India).

El amaranto contiene importantes cantidades de almidón, similar a la de los cereales, lo que lo diferencia de estos es que el amaranto almacena su almidón en el embrión así como en el perisperma; partes del grano donde también se reserva importantes proporciones de las proteínas y lípidos de este alimento. El almidón del grano de amaranto se encuentra envuelto por el germen, cuya separación es difícil de realizar, por lo que se obtendrá harina integral de este grano en el proceso de molienda.

En su investigación Soto (2014) menciona que el amaranto pertenece a la familia Amaranthacea y que contiene más de 60 géneros con más de 800 especies de plantas herbáceas anuales o perennes, de las cuales tres son las principales productoras del grano: *A. hypochondriacus* y *A. cruentus* cultivados en México y Guatemala y *A. caudatus* cultivado en Perú. En nuestro país el grano mejorado INIAP Alegría se obtiene de la variedad de *Amaranthus caudatus*. Entre las especies más utilizadas y conocidas en el continente

americano tenemos: *Amaranthus caudatus* L., *Amaranthus cruentus* L., *Amaranthus hypocondriacus* L.

Reino	Vegetal
División	Fanerógama
Tipo	<i>Embryophyta Siphonogama</i>
Subtipo	Angiosperma
Clase	<i>Dicotyledoneae</i>
Subclase	<i>Archyclamidaeae</i>
Orden	<i>Centrospermales</i>
Familia	<i>Amaranthaceae</i>
Género	<i>Amaranthus</i>
Sección	<i>Amaranthus</i>
Especie	<i>A. caudatus</i>

Figura 2. Clasificación taxonómica
(Gómez, 2013)

2.1.3 COMPOSICIÓN

Su principal componente es el almidón, que representa entre el 50 % y el 66 % de su peso; con características especiales. El diámetro del granulo oscila entre 0,8 a 2,5 μm con forma esférica ò poligonal y con una baja proporción de amilosa lo que lo hace un almidón waxy, de baja o nula retrogradación. (Castle, 2010)

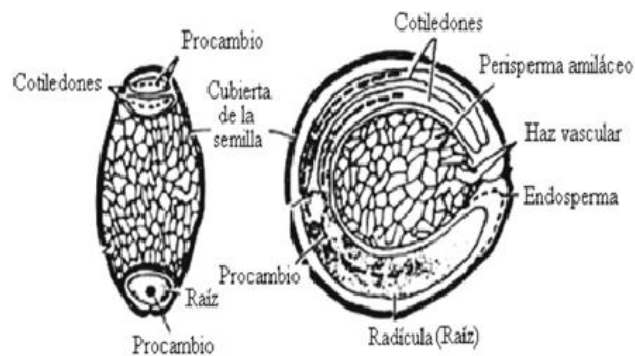


Figura 3. Estructura del grano de amaranto
(Castel, 2010)

El contenido de proteínas en los granos de amaranto y sangorache es alto, puede decirse que incluso superior a la de la mayoría de los cereales debido a sus valores de entre 12 y 19%. Al igual que los granos, las hojas de amaranto y de sangorache presentan altos contenidos de proteína, los cuales fluctúan de entre 14 y 33%. Al presentar valores altos de proteínas, el amaranto se convierte en un excelente complemento proteínico a cereales como trigo, maíz, sorgo, frijol, y también para otros alimentos como la leche, soya y avena.

Gómez (2013) afirma que: Las proteínas presentan un balance adecuado de aminoácidos esenciales tanto en semillas como en hojas, principalmente lisina, metionina y triptófano. El contenido de extracto etéreo de estos granos andinos, es superior al encontrado en los cereales, con valores de 4 a 7%. El aceite de estas especies vegetales posee un alto contenido de escualeno, aproximadamente un 6%, y contiene principales ácidos grasos al ácido oleico y ácido linoleico.

La calidad proteínica del amaranto es sobresaliente debido a la excelente cantidad de aminoácidos esenciales que proporciona, entre ellos la lisina que se encuentra presente en este grano en cantidades superiores a la de algunos cereales de consumo masivo, como por ejemplo el trigo y el maíz, cereales de los cuales el amaranto posee el doble y el triple de lisina. El amaranto puede satisfacer la ración recomendada de proteína para los niños debido a que es una alta fuente de las mismas, además de que puede proveer un 70% de energía mediante su ingesta.

La disponibilidad de los aminoácidos puede ser determinada mediante un análisis de digestibilidad. Varios estudios aseguran que la biodisponibilidad de este pseudocereal es cercana a los valores de proteínas animales por ser alta en comparación con los cereales comunes. La digestibilidad verdadera de la proteína de *A. caudatus* varía de 79,2 a 88,5% en grano crudo y de 68,1 a 89,5 en grano procesado.

Con respecto a otros atributos del grano de amaranto Tavitas *et al.* (2011) señala que el grano de amaranto es una fuente para el desarrollo de materias primas con actividad biológica

llamadas nutraceuticos, a partir del almidón, proteínas, grasas y fibra; estos componentes pueden utilizarse como nutrimento y como ingrediente funcional para su incorporación en fórmulas alimentarias. Las nuevas tendencias alimentarias están volcadas a la producción de alimentos funcionales, es decir alimentos que contribuyan a prevenir distintas enfermedades con su ingesta, así los compuestos nutraceuticos del amaranto juegan un papel muy importante en el diseño de este tipo de alimentos. Al contener compuestos bioactivos, su principal actividad funcional es la de antioxidantes, hipocolesterolémicos e hipoglicemiantes.

Actualmente los aceites esenciales del amaranto han cobrado gran interés por los usuarios, debido a sus descubrimientos sobre los beneficios a la salud y en contra de algunos problemas cardiovasculares. En su investigación, Bressani *et al.* (2009) en su investigación certifican que “el amaranto contiene entre 5-8% de aceite con un atractivo balance de ácidos grasos saturados, seminsaturados y poliinsaturados, considerado además como fuente vegetal rica en escualeno”.

La proporción de este aceite representa entre un 6 a 10% del contenido de la semilla. El grano de amaranto posee también una importante cantidad de escualeno, alrededor del 5-6% del total del aceite, cantidad que varía con respecto a cada tipo de amaranto. Este es el ácido graso sobresaliente de entre una gran cantidad de los mismos que contiene el amaranto, tales como los saturados, monoinsaturados y poliinsaturados; sustancias que son importante de consumir.

El escualeno, localizado en la fracción oleosa del grano, genera también efectos hipocoloesterolémicos, es decir, que puede reducir los niveles de colesterol en los consumidores. Investigaciones realizadas en ratas diabéticas en cuanto a los beneficios del grano han demostrado que el amaranto provoca una reducción de los niveles de glucosa e incremento de la insulina. De igual manera mediante otros estudios se ha recopilado evidencia de que la semilla así como sus concentrados proteicos y el aceite, tienen la capacidad de disminuir los niveles de colesterol sérico, hepático y el porcentaje de triglicéridos.

El amaranto también es rico en fibra dietética, vitaminas (A, K, B6, C, E y B) y minerales como calcio, magnesio, fósforo, hierro, potasio, zinc, cobre y manganeso. Por este motivo en las últimas décadas, el amaranto ha logrado captar un creciente interés como ingrediente funcional, en especial en procesos de panificación, puesto que es muy versátil para la transformación e industrialización. (Ponce, s.f.)

El consumo de fibra dietaria promueve el bienestar digestivo de los consumidores, de entre los efectos positivos que ejerce se encuentra la prevención de enfermedades cardiovasculares y de diabetes tipo II, así como de algunos tipos de cáncer como el de colon, y la ganancia de peso. Al contener alrededor de 20% de fibra dietaria en su composición, el amaranto es considerado una buena fuente de este componente.

Cárdenas (2012) en su trabajo afirma que la semilla de amaranto posee, además de los nutrientes, cantidad importante de polifenoles, metabolitos secundarios que promueven la salud al participar en la prevención de enfermedades crónico degenerativas como obesidad, diabetes, padecimientos cardiovasculares y cáncer. Los principales compuestos fenólicos presentes en el amaranto son ácido caféico, ácido p-hidroxibenzoico y ácido ferúlico.

La composición química del amaranto es muy diversa, así pues, además de tener una rica composición nutricional, este grano presenta también una cantidad considerable de compuestos antinutricionales; la toxicidad de este alimento depende mucho de estos compuestos, y de los porcentajes en los que estén presentes en su estructura, influyendo también en la estabilidad de los nutrientes ante los diferentes procesos alimentarios”.

Al respecto, Gómez (2013) señala que el amaranto y el sangorache presentan factores antinutricionales entre los cuales se encuentran: ácido fítico, ácido oxálico, nitratos, saponinas, inhibidores de tripsina, taninos, fibra alimentaria o dietética, tanto en el grano como en las hojas.

2.1.4 IMPORTANCIA Y USOS

Hoy en día el amaranto está ganando aceptación y está siendo revalorado debido a su valor nutricional, potencial nutraceutico y la necesidad de fuentes alternativas de alimentación. La calidad nutricional del grano de amaranto según Ponce (s.f.) se considera superior a la de los cereales, tales como el trigo, cebada o arroz. Posee un alto contenido proteínico y equilibrada composición en aminoácidos esenciales, por este motivo es considerado una fuente de proteínas de alta calidad para la dieta.

La planta de amaranto tiene de un 50 al 80% de partes comestibles, este porcentaje está conformado de las hojas, cuando están jóvenes principalmente, el grano y el follaje, todas empleadas en alimentación humana y animal. Así puede decirse que la capacidad de aprovechamiento de la planta es elevada, lo que incrementa su ventaja ante otros cereales.

Según Bresanni (2006) “el amaranto es el producto de origen vegetal más completo que existe debido a que contiene ácido fólico, niacina, calcio, hierro y fósforo. Es uno de los alimentos con altísima presencia de aminoácidos como la lisina”.

Los datos de composición química proximal de las tres variedades de mayor uso en América se presentan en la figura 4, llama la atención en primer lugar el relativo contenido de proteína que varía del 14 al 17% aunque se han informado valores de hasta un 22%.

La importancia en el contenido proteínico del amaranto radica en que este alimento está constituido principalmente por un 49 a 65% de albúminas, un 22,4 a 42,3% de globulinas y un 3,2% de prolaminas. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) estas proteínas presentan un balance atractivo de aminoácidos como: lisina, triptófano y de aminoácidos azufrados que son esenciales en la alimentación humana, los cuales son limitados en otros granos. (Soto, 2014)

Composición química del grano de amaranto			
	<i>A. cruentus</i>	<i>A. caudatus</i>	<i>A. hipocondryacus</i>
Humedad	9.7	10.7	10.8
Proteína	17	14,9	15,5
Cenizas	8.1	9.1	5.4
Extracto Etéreo	3.5	2.9	3.6
Fibra cruda	3.4	2.8	2.6
Carbohidratos	67.4	70.3	72.1

Figura 4. Composición química de tres variedades de amaranto
Adaptación Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP Santa Catalina

Bressani (2006), afirma que “algunas variedades son utilizadas como ingrediente alimentario ya que son ricas en amilopectina la cual le confiere un comportamiento especial a los alimentos”. El amaranto puede ser transformado y utilizado de la misma manera que cualquier cereal, aunque lo que lo diferencia de estos es la ausencia de gluten en su composición, por lo que debe mezclarse con harina de trigo cuando va a utilizarse fundamentalmente en productos de panadería.

Recientemente con el grano de amaranto se ha iniciado la elaboración de alimentos dietéticos libres de gluten, yogur y alimentos orgánicos, todos estos con altos contenidos de proteínas, incluso se están formulando nuevos alimentos con calidad funcional y nutricional (Tavitas *et al.* 2011).

Reportes científicos sobre amaranto sugieren la potencialidad de este alimento como un alimento nutraceútico y funcional, debido a que sus agentes provocan beneficios en la salud. Esta característica lo hace alejarse de ser tan solo un simple seudocereal; considerando así al amaranto como un alimento con valor agregado. A pesar de las investigaciones ya realizadas en este alimento, todavía no se conoce con claridad todos los beneficios que aporta

ni el porqué de los mismos, motivo por el cual las investigaciones en cuanto al amaranto aún están en desarrollo.

2.1.5 PROCESADO DEL GRANO

En nuestro país el amaranto se consume principalmente como harina, para la preparación de coladas o productos panificables, una de las presentaciones más conocidas es el reventado de amaranto, que funciona como un snack, similar a las palomitas de maíz, el cual en ocasiones se mezcla con mieles, jarabes o aderezos dulces. En sí, tradicionalmente, el amaranto se consume en diversas presentaciones, solo o como complemento alimenticio y en mezcla con otros ingredientes.

En su investigación Bressani (2006) afirma que: Al grano de amaranto se lo puede aplicar diferentes procesos de cocción, a saber cocción húmeda, nixtamalización (cocción alcalina), expansión, laminación, malteado, fermentación sumergida y combinación de procesos de los cuales el más utilizado es el proceso de expansión mediante el cual que se puede consumir como tal o con miel, o puede convertirse en harina para la preparación de otros alimentos.

La textura y sabor del amaranto dependen esencialmente del procesamiento que haya sufrido este grano. Según varias investigaciones cuando el grano ha sufrido algún tipo de procesamiento, en especial térmico, su índice de eficiencia proteínica mejora. Por el contrario la capacidad nutricional del grano puede verse seriamente afectada si los procesos aplicados no llevan un control adecuado de tiempo, temperatura y algunos otros factores. Con lo anteriormente mencionado se debe tener en claro que debe controlarse rigurosamente los parámetros del proceso para de este modo poder aprovechar el máximo de nutrientes que el amaranto puede ofrecer.

Según Rodas *et al.* (2009) el grano se ha estudiado procesado en agua a presión atmosférica, bajo 15lbs de presión, y por nixtamalización obteniéndose datos de calidad de proteína altos

y comparables entre sí. El tiempo de cocción no excede de 15 minutos, cocción a tiempos más elevados reduce la calidad de la proteína.

La expansión del grano es el método más utilizado para procesarlo, como Bressani (2006) afirma en su investigación, “aquí se aplican altas temperaturas por tiempos cortos, con este método el grano se expande de 5 a 6 veces en volumen”.

Aguilar et al. (s.f.) mencionan en su investigación que la semilla de amaranto presenta una elevada digestibilidad in vitro de sus proteínas, lo cual se ve aun mejorada cuando la semilla es sometida a un tratamiento térmico, lo cual implica que las proteínas pueden ser mayormente aprovechadas por los consumidores cuando estas han sido sometidas a un tratamiento térmico.

Por sus propiedades nutracéuticas, funcionales y sensoriales, el grano de amaranto ha sido agregado en varios platillos y recetas industriales debido a su versatilidad para incorporarse en las mismas, lo que ha conllevado al desarrollo de numerosas investigaciones en diversas partes del mundo, esto con el objetivo primordial de rescatar y revalorar este cultivo andino e introducirlo en la dieta de los consumidores.

Otro método que se ha investigado y aplicado al amaranto dando resultados atractivos y que además no reduce su valor nutritivo, es el laminado del grano húmedo o cocido, según asegura Lara (s.f.) en su investigación. La extrusión cocción le da al amaranto interesantes características funcionales por lo que es también un proceso de interés. El grano también se ha procesado por germinación, que reduce la calidad nutritiva del producto al ser cocinado. Y finalmente la fermentación del grano que brinda resultados interesantes desde el punto de vista funcional y nutricional.

Varias de las investigaciones realizadas han servido de apoyo para la industria alimenticia, ya que mediante los resultados obtenidos se ha podido incluir al grano de amaranto combinado con otros cereales como el maíz y el arroz en la elaboración de alimentos aptos

para ser consumidos por comensales con necesidades especiales. Encabezando este grupo están las personas que padecen de la enfermedad celíaca, individuos que al ser alérgicos al gluten, durante años debieron privarse del consumo de varios alimentos de la industria de panificación, debido a que este componente anteriormente mencionado altera la salud de este segmento de la población. Es así que se ha conseguido elaborar productos como panes, galletas, pasta, harinas, entre otros, que los celíacos puedan agregar a su dieta sin inconvenientes posteriores.

De este modo, recopilando la información de varias investigaciones, casi se puede asegurar de que el amaranto potencializa sus propiedades al ser procesado; sin embargo, se debe tener un especial cuidado en su manejo para no afectar notablemente la composición nutricional del mismo. Se ha comprobado y documentado que la calidad nutricional de las proteínas disminuye tras la aplicación de temperaturas altas por tiempos prolongados, esto debido principalmente a una reducción de la lisina disponible. Por el contrario la aplicación controlada de altas temperaturas puede destruir factores antifisiológicos, que son los causantes de la destrucción de los aminoácidos esenciales, y de este modo contribuir a mejorar la eficiencia nutricional del alimento. (Bressani *et al.* 2006)

2.1.6 BENEFICIOS DEL AMARANTO

Los beneficios del amaranto son realizados por Gonzales, Franco, Martínez, & Martínez (2013) en su investigación en la que recalcan que se ha demostrado que las proteínas presentes en el grano de amaranto poseen encriptadas la secuencia de péptidos que muestran una actividad biológica benéfica para la salud. Estos péptidos pueden ser liberados de las proteínas por acción de enzimas digestivas o de origen microbiano durante la digestión. Entre los beneficios demostrados se han observado: efectos antimicrobianos en hongos y bacterias gram positivas, actividad antihipertensiva y efectos cáncer preventivos.

En las últimas décadas las investigaciones en cuanto a alimentos han enfocado sus esfuerzos a la identificación de compuestos con actividad biológica que pudieran ejercer efectos beneficiosos para los consumidores. La semilla de amaranto al poseer un importante balance

de nutrientes así como importantes cantidades de polifenoles, que son metabolitos que promueven la conservación de la salud al realizar funciones de prevención de enfermedades crónicas como la diabetes, la obesidad, padecimientos cardiovasculares y cáncer; así como por gozar del resto de sus otros componentes sobresalientes, lo han convertido en un atractivo para los investigadores.

Así, según Gonzales *et al.* (2013), entre los diversos beneficios que han destacado en recientes investigaciones resaltan la prevención de algunas enfermedades como el cáncer y la hipertensión, la disminución de niveles de colesterol y triglicéridos, así como un auxiliar en el combate de la diabetes mellitus, entre otros. Estos beneficios son atribuidos a las proteínas integradas en el grano.

Por las propiedades nutritivas y los componentes del amaranto, la Asociación Mexicana del Amaranto, investigadores de la Universidad Autónoma de México y otros investigadores, están recomendando el uso del amaranto para “prevenir y ayudar a curar afecciones como la osteoporosis, obesidad, hipertensión arterial, estreñimiento, diverticulosis, insuficiencia renal crónica, insuficiencia hepática, encefalopatía hepática”, alimentos aptos para celíacos y dieta para personas con autismo (Peralta, 2012).

Inclusive existen diversas publicaciones en las que se recomienda la ingesta de amaranto a pacientes que padecen de problemas bucodentomaxilares, geriátricos, desnutridos y oncológicos, en dietas hiperenergéticas e hiperproteicas, el contenido de fibra del amaranto les es de gran utilidad a las personas que deban bajar sus niveles de colesterol.

2.2 ALMIDÓN

El almidón es el resultado de la fijación fotosintética del CO₂ atmosférico que se acumula como reserva energética y alimenticia en las plantas. Se encuentra en forma de gránulos insolubles en granos de polen, hojas, tallos, tejidos leñosos, raíces, tubérculos, bulbos, rizomas, frutos, semillas. (Narváez, 2015)

Se encuentra en los cereales así como también en algunas frutas cumpliendo la función de polisacárido de reserva energética. Es probablemente el polisacárido vegetal más abundante e importante después de la celulosa, esto desde un punto de vista comercial. Para su uso industrial se obtiene principalmente de cereales como el maíz, maíz céreo, maíz rico en amilosa, trigo, varios tipos de arroz y de algunas raíces y tubérculos como la papa y la yuca.

Como afirma Badui (2013), el tamaño y la forma del gránulo son característicos de cada especie botánica, como se comprueba con el microscopio. En un mismo cereal se distinguen varios tipos de gránulos; en general, los que se encuentran en la zona más exterior del endospermo son poliédricos, mientras que los del interior son redondos.

Las propiedades funcionales así como la susceptibilidad del almidón al ataque enzimático se verán afectadas por la variedad morfológica de los gránulos de almidón así como por la composición química de los mismos. El almidón puede definirse también como un glucano organizado en forma de gránulos insolubles, en el cual se encuentran altamente ordenadas y empaquetadas densamente las cadenas de glucosa.

Manrique (2006) afirma también que los gránulos de almidón son anillos concéntricos donde se encuentran regiones cristalinas y amorfas. La región cristalina está formada por cadenas de racimos de la amilopectina mientras que la región amorfa está formada por puntos ramificados de la amilopectina y la amilasa. La relación entre las estructuras cristalinas y amorfas es un factor muy importante que determina las propiedades funcionales de los almidones.

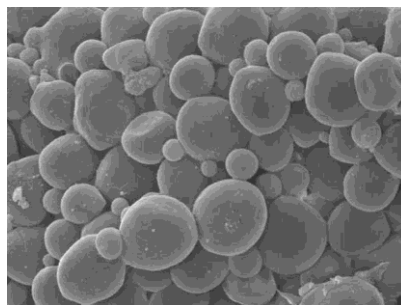


Figura 5. Almidón de maíz
(Pineda, 2010)

La estructura del almidón está conformada por regiones cristalinas y no cristalinas, de las cuales el ordenamiento de las cadenas de amilopectinas son las responsables de la cristalinidad del grano. Por lo general todos los gránulos de almidón están constituidos de una o ambas de estas regiones (amilosa y amilopectina); sin embargo, la relación existente entre una y otra molécula varía de acuerdo a la especie.

En sus estudios Palma, Agama, Gonzales & Bello (2010) aseguran que “la morfología, el tamaño y la distribución de los gránulos de almidón dependen del origen botánico. La morfología del gránulo de almidón es genéticamente controlada”. De este modo se pueden encontrar una variedad de formas en cuanto a los distintos gránulos de almidón, así por ejemplo: poliédricas, ovales, esféricas, redondas. Existen también gránulos de forma irregular y en otros casos incluso presentan protuberancias. Por lo general el tamaño de los gránulos de almidón fluctúa de 1 μm a 100 μm y de acuerdo a esto se han clasificado en gránulos grandes ($>25 \mu\text{m}$), medianos (10-25 μm), pequeños (5-10 μm) y muy pequeños ($< 5 \mu\text{m}$).

García (2009) afirma que “estos gránulos son muy pequeños y no se pueden ver a simple vista, pero son claramente visibles al microscopio, los gránulos de un tipo de planta en particular no necesariamente son del mismo tamaño”.

Las investigaciones aseveran que el tamaño de los gránulos de almidón está directamente relacionado con algunas de las propiedades fisicoquímicas y funcionales del mismo. La temperatura, entalpía de gelatinización, características físicas y químicas del producto, susceptibilidad enzimática, cristalinidad, solubilidad e hinchamiento, son las principales características que se ven influenciadas. Un menor tamaño en el gránulo de almidón provoca una mayor solubilidad y una alta capacidad de absorción de agua, según se ha reportado en proyectos de investigación.

2.2.1 AMILOSA

Es considerada como un polímero esencialmente lineal, compuesta casi por completo por uniones α -1,4 de D-glucopiranososa, aunque se ha sugerido que la amilosa presenta algunas ramificaciones. En la mayoría de los casos el polímero de amilosa está presente entre el 17 al 30 %, salvo en el maíz en el que está con el 75 % y algunos almidones waxy o céreos contienen muy pequeñas cantidades < 1% (Álvarez 2014).

La amilosa es generalmente el menor componente presente en el almidón nativo. En 2009, García mencionó que el arreglo de la amilosa se presenta en forma helicoidal en cuyo interior se encuentran ubicados sólo átomos de hidrógeno lo que le confiere propiedades hidrofóbicas, este sitio permite que ahí se puedan formar complejos con sustancias de carácter hidrofóbico tales como ácidos grasos libres, componentes de glicéridos, yodo y alcoholes.

La formación de estos complejos está en función de varios factores como pH, temperatura, tiempo de contacto entre los elementos, así como la naturaleza de la molécula en donde se va a hospedar el complejo.

2.2.2 AMILOPECTINA

La amilopeptina es una molécula predominante en la mayoría de los almidones, es ramificada, posee porciones cortas y largas lo cual le permite un arreglo único que le imparte propiedades cristalinas y propicia su acomodo dentro de los gránulos de almidón, las ramificaciones tienen un arreglo helicoidal similar al que presenta en la amilosa, sin embargo, no se favorece la formación de complejos con otras sustancias. Además, las ramificaciones no permiten una retrogradación acelerada de esta fracción y no favorecen la formación de geles (García, 2009).

La molécula de amilopeptina es un polisacrárido que se encuentra en una proporción del 70 al 80% en la composición del gránulo de almidón; por otro lado, en almidones tipo ceroso o

waxy esta molécula alcanza niveles de hasta un 98-99% lo cual depende directamente de la fuente botánica del almidón. Según estudios la amilopectina está constituida por unidades de D-glucosa unidas entre sí por enlaces α (1 \rightarrow 6).

Por otra parte la relación cuantitativa entre amilosa y amilopectina influenciará en las propiedades sensoriales y reológicas de los alimentos, esto principalmente mediante su capacidad de hidratación y gelatinización. En este sentido se han presentado casos en los que el exceso de alguna de estas fracciones del almidón trae consigo algunos inconvenientes al momento del procesado de la materia prima. Como ejemplo de lo anteriormente mencionado se puede citar al arroz cocido, el cual resulta de mejor calidad cuando se reduce el contenido de amilosa.

En su investigación Capriles, Coehlo, Guerra y Areas (2008) mencionan que el amaranto tiene un contenido de almidón relativamente alto a pesar del pequeño tamaño del gránulo (1 a 3 micras), y en él una baja concentración de amilosa (1%), es de gran interés la investigación de las propiedades funcionales de los almidones nativos y modificados del amaranto. Se ha encontrado que el almidón de amaranto tiene baja viscosidad, alta solubilidad y temperatura baja de gelatinización.

La utilización del almidón como componente alimenticio se basa en sus propiedades de interacción con el agua, especialmente en la capacidad de formación de geles. También por la interacción con otros componentes de los alimentos como las proteínas.

Para la industria alimentaria, los almidones en su estado nativo tienen un uso limitado en la industria alimentaria, esto debido a que los productos que son resultado de almidones nativos presentan cuerpos débiles, cohesivos y gomosos, además de geles indeseables cuando se enfrían. Por ello en la actualidad y tras una serie de investigaciones, los fabricantes de alimentos por lo general optan por utilizar almidones cuyas características de comportamiento sean mejores. Esto se consigue mediante diversas modificaciones del almidón. (Abbas, Khalil y Hussin, 2010)

2.2.3 MODIFICACIÓN DEL ALMIDÓN

Según García (2009) durante el procesamiento de los alimentos, el almidón experimenta cambios que involucran la aplicación de humedad y de altas temperaturas. Estos procesos destruyen los gránulos modificando las zonas cristalinas. El efecto del procesado de alimentos en la estructura del almidón puede variar considerablemente, afectando la digestibilidad y el valor nutritivo de este.

La estructura del almidón es altamente organizada en gránulos de almidón nativo, lo que le confiere una gran estabilidad por las múltiples interacciones que existen entre la amilosa y la amilopectinca; por lo que hace que su solubilidad en agua fría sea casi nula. Mientras tanto, cuando el almidón es calentado empieza un lento proceso de absorción de agua en las zonas intermicelares amorfas, debido a que estas son las zonas menos organizadas, siendo así las más accesibles.

“Por su tamaño y complejidad, el gránulo de almidón crudo no es digerible por el organismo humano debido a su estructura semicristalina, por lo cual se deben utilizar procesos calor-humedad para transformarlo”. (García, 2009)

En su estudio Coral y Arciniegas (2010) afirman que la modificación “es una transición de orden-desorden que sufren los polímeros de almidón sometidos a procesos de calentamiento, lo cual tiene gran impacto en el procesamiento, calidad y estabilidad de los productos basados en almidón”.-

Tras años de trabajo, los investigadores han desarrollado métodos de modificación del almidón, procesos que requieren el uso de temperaturas, fuerza mecánica, productos químicos y enzimáticos. De esta manera se degrada parcial o totalmente al almidón, consiguiendo así la modificación de este polisacárido lo que lo convierte en un mejor aditivo alimentario.

La modificación del almidón puede conducirnos a efectos deseables como por ejemplo propiedades para mejorar particularmente aplicaciones específicas como son: la sinéresis minimizada del almidón, el comportamiento resistente al calor, mejorar la capacidad de retención de agua, entre otras cosas.

De acuerdo con Alvarado (2009), las razones para modificar los almidones son las siguientes:

- Para modificar sus características de cocimiento.
- Para disminuir la retrogradación.
- Para disminuir la tendencia de las pastas a gelatinizar.
- Para incrementar la estabilidad de las pastas a procesos de congelación/descongelación
- Para mejorar la textura de sus pastas y geles.
- Para mejorar la formación de películas.
- Para mejorar las características de adhesión.
- Para mejorar sus propiedades como estabilizantes de emulsiones.

La modificación del almidón nativo puede llevarse a cabo por métodos físicos con la finalidad de convertirlo en almidón pregelatinizado. Tras la modificación estos almidones son denominados pregeles o almidones instantáneos, los cuales en la actualidad son muy usados en las diferentes industrias debido a las propiedades que pueden proveerles a los productos alimenticios de los cuales son base; mejorando las características de viscosidad y textura.

2.2.4 CAMBIOS EN EL ALMIDÓN A CAUSA DE LA MODIFICACIÓN

2.2.4.1 Gelatinización

Según Badui (2013) los gránulos de almidón son insolubles en agua fría, debido a que su estructura está altamente organizada ya que presentan una gran estabilidad debido a las múltiples interacciones que existen con sus dos polisacáridos constituyentes; sin embargo,

cuando se calientan comienza un proceso lento de absorción de agua en las zonas intermoleculares amorfas que son las menos organizadas y las más accesibles, ya que los puentes de hidrógeno no son tan numerosos ni rígidos como en las áreas cristalinas.

En agua fría los gránulos de almidón pueden embeber pequeñas cantidades de agua en forma reversible, lo que provoca en ellos un ligero hinchamiento, sin embargo, esto no les produce solubilidad ya que los gránulos conservan intacta su estructura. Una vez los gránulos son calentados en presencia de agua, sufren un proceso denominado gelatinización. Los efectos de este proceso en el gránulo son básicamente la destrucción del orden molecular del interior del almidón. Estos cambios se pueden evidenciar debido a que el gránulo tiene un hinchamiento irreversible, pierde su birrefringencia, así como también su cristalinidad.

Comentan en su investigación Pineda, Coral, Arciniegas, Rosales & Rodríguez (2010) que los cambios que ocurren en la transición están influenciados por factores intrínsecos como tipo de almidón, tamaño de los gránulos, etcétera, y por factores extrínsecos, como la velocidad de calentamiento, el contenido de humedad, el daño mecánico de los gránulos, la historia térmica de la muestra y las condiciones de extracción del almidón, entre otras. Para la transición se requiere un porcentaje de agua mayor al 30% y una temperatura entre 60 y 75 °C, valor que depende de la fuente de origen del almidón.

Pese a que la temperatura de gelatinización es relativamente fácil de determinar experimentalmente, hay que tener en cuenta que el proceso de gelatinización ocurre sobre un estrecho rango de temperatura para un simple gránulo y un rango algo más amplio para el conjunto de gránulos, siendo los gránulos más grandes los que primero gelatinizan. (Álvarez, 2014)

La temperatura de gelatinización es aquella en la cual se comienza a perder la birrefringencia, el patrón de difracción de rayos X y la viscosidad del almidón alcanza el máximo. Se puede afirmar que esta temperatura en si está comprendida por un intervalo, a razón de que no todos los gránulos comienzan a sufrir estos cambios a la misma temperatura,

llegándose a presentar una diferencia de 8 a 12°C entre la temperatura de gelatinización de los primeros gránulos y de los últimos. Esta situación se presenta debido a que no todos los gránulos tienen la misma composición y grado de cristalinidad a pesar de que provengan de la misma fuente botánica, ocasionándose así mayor resistencia a la temperatura en unos gránulos que en otros.

Este parámetro se ve afectado por la presencia de diversos compuestos químicos que favorecen o inhiben los puentes de hidrógeno. La zona amorfa comienza, lentamente a absorber cada vez más agua. En esta hidratación inicial, el hilo avanza rápidamente a la zona periférica. La sección amorfa a diferencia de la cristalina, es la primera en ser atacada por poseer uniones más frágiles. (Ruiz, 2013)

Puede estimarse que tras la gelatinización el almidón ha perdido tanto orden a nivel molecular (a corto alcance) como su cristalinidad (a largo alcance). De este modo el almidón pierde casi en su totalidad su birrefringencia. La birrefringencia puede conceptualizarse como la cruz de malta, es decir, la orientación regular de las regiones amorfas y cristalinas del almidón. Cuando esta se pierde, la amilopectina queda en el interior del gránulo, mientras que la amilosa se difunde en el agua, acto seguido esta última forma una malla fuera del gránulo y se produce un gel.

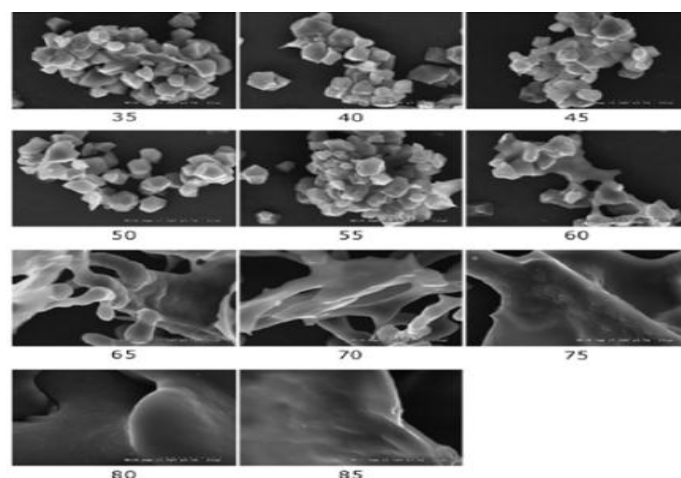


Figura 6. Almidón de arroz en su evolución de gelatinización a distintas temperaturas

(Bello, 2009)

Según lo afirmado en la investigación de Manrique (2006), la gelatinización del almidón es un proceso obligado para que pueda ser consumido, pues la mayoría de los alimentos mejoran con la cocción, la cual realza la apariencia, sabor, textura y digestibilidad de los alimentos.

El grado de gelatinización de los alimentos puede ser evaluado por diversos métodos, por ejemplo con una técnica cuyo fundamento se basa en la formación del complejo azul con la adicción de yodo, que reacciona con la amilosa liberada durante la gelatinización. El almidón gelatinizado se solubiliza en agua más fácilmente y capta más yodo que los almidones sin gelatinizar

2.2.4.2 Retrogradación

Este fenómeno se define como la insolubilización y la precipitación espontánea, principalmente de las moléculas de amilosa, debido a que sus cadenas lineales se orientan de forma paralela y reaccionan entre sí por puentes de hidrógeno a través de sus múltiples hidroxilos; esto se lleva a cabo por diversas rutas, según la concentración y la temperatura del sistema. (Badui, 2013)

Al enfriarse lentamente la pasta de almidón, se da lugar al proceso de retrogradación, de este modo las moléculas de almidón tiene tiempo suficiente para alinearse, formado así los puentes de hidrógeno necesarios entre cadenas adyacentes. Alcanzada la temperatura ambiente, la mitad o más de amilosa se insolubiliza tras la recristalización, produciéndose un endurecimiento progresivo de los alimentos en un tiempo promedio de 2 a 10 días; este proceso es más lento cuando el contenido de humedad es mayor.

Puede explicarse también como un proceso complejo que produce una precipitación espontánea e insolubilización de las moléculas de amilosa, el cual depende de varios factores como el tipo de almidón y la concentración del mismo, pH, presencia de solutos como lípidos, sales, azúcar y por los regímenes de enfriamiento.

2.2.4.3 Sinéresis

Gonzales *et al.* (2007) expone que en condiciones de bajas temperaturas y una vez que el almidón haya sufrido los fenómenos anteriormente descritos, el gel pierde agua mediante la formación de capas superficiales sobre el mismo, ocasionado por la asociación efectuada entre las moléculas de amilosa y amilopectina; lo que provoca el desplazamiento del agua contenida en el gel. Este fenómeno es conocido como sinéresis y con el tiempo se acentúa.

2.2.5 MODIFICACIÓN POR MÉTODOS FÍSICOS

En su estudio Manrique (2006) asevera que tras la gran importancia que han tomado los almidones pregelatinizados en la industria en la actualidad se cuenta con diversos métodos para llevar a cabo su producción, como lo son: el secado por tambor, calentamiento por microondas, procesos dieléctricos (calentamiento óhmico) e hidrotérmicos y autoclave.

Se ha utilizado el proceso de autoclave para obtener almidón pregelatinizado, principalmente del maíz, de igual manera se ha utilizado a la yuca como materia prima para la obtención de estos almidones pero utilizando el proceso por tambor y calentamiento por microondas, la finalidad de la aplicación de estos procesos es la de mejorar las características físicas, químicas y funcionales del producto.

Como lo mencionan Vargas y Hernández (2012) una forma de obtener almidones pregelatinizados consiste en someter al almidón a un proceso de gelificación, seguida por un secado, obteniéndose un gránulo firme, cuyo tamaño finalmente se reduce mediante una especie de molienda que no deje el grano demasiado fino.

2.2.5.1 Método hidrotérmico

“El procesamiento hidrotérmico de cereales consiste de una serie de etapas o procesos tendientes a modificar la estructura físico-química de los mismos, ya sea para el consumo de grano entero u obtención de sus principales constituyentes por molienda húmeda” (Bello, 2009)

Este proceso busca provocar cambios químicos, físicos y organolépticos en el cereal a ser tratado, es decir, su objetivo fundamental es que en base a una gelatinización parcial o total del almidón, se desea modificar las características del producto a tratarse; generando así una gama de productos con ventajas nutricionales, tecnológicas y económicas. Se puede simplificar el concepto de este proceso hidrotérmico recalcando que no es más que un parbolizado.

El objetivo esencial del tratamiento hidrotérmico es el de provocar cambios en la estructura interna del grano, sin alterar substancialmente la forma del mismo, para de este modo poder ser consumido como tal. Para conseguir este efecto, este proceso está constituido básicamente de tres pasos fundamentales: acondicionamiento del cereal en agua hasta la humedad deseada, cocimiento con vapor a presiones superiores a la atmosférica, y secado del producto. Puede ser considerado como un proceso bastante sencillo debido a que el equipo necesario para su ejecución no es complicado de conseguir ni costoso, además de que en si cada actividad del procedimiento es sencilla, por lo que constituye una tecnología al alcance de la pequeña y mediana industria, típicas de América Latina.

2.2.5.1.1 Hidratación

Es la primera etapa del proceso hidrotérmico de gelatinización, esta se realiza en agua que se encuentra a temperaturas por debajo de la temperatura de gelatinización. Es importante un adecuado control de la temperatura del agua y el tiempo de hidratación debido a que se corre el riesgo de fermentación en la materia prima durante este proceso.

En 2009, Bello recalca en su investigación que si se realiza a temperatura ambiente el proceso es muy lento y existe el riesgo de contaminación por microorganismos, con el consiguiente deterioro de la calidad final del producto. Temperaturas mayores permiten reducir el tiempo de hidratación siempre que las mismas no sean lo suficientemente elevadas como para provocar la ruptura no deseada de la cáscara (“splitting”) y la deformación del grano.

Es importante recordar que el grado de gelatinización se ve directamente afectado por el contenido y la uniformidad del agua presente en el interior del grano, la consecuencia de esto se verá reflejada en la eficiencia del proceso. Esta primera etapa del proceso, la absorción de agua, tiene una importancia crucial, la cual está enmarcada en que con ella se pretende lograr condiciones favorables de hidratación del grano para conseguir una buena gelatinización del almidón durante la etapa de cocción.

2.2.5.1.2 Tratamiento en autoclave

La etapa de tratamiento térmico se realiza usualmente mediante vapor para generar la completa gelatinización del almidón contenido en el endosperma, debiéndose evitar la sobrecocción ya que puede provocar la deformación del grano.

En la investigación de Bello (2009) se menciona también que es sabido que una vez que el grano alcanza un nivel de saturación adecuado, cualquiera sea el proceso hidrotérmico adoptado, este tendrá como objetivo la gelatinización parcial o total del producto. La combinación de temperatura, presión y tiempo de hidrotatamiento serán los factores que determinen el grado de gelatinización alcanzado y las características físicas y organolépticas del producto

2.2.5.1.3 Secado

Según nos indica Benites *et al.* (1987) “en esta etapa los métodos habituales son el secado al sol, con corriente de aire con múltiples etapas y el secado al vacío. Esta etapa es crítica por lo que requiere un adecuado control de las variables de proceso”.

2.2.6 MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL GRADO DE GELATINIZACIÓN

Tradicionalmente utilizadas se tiene a las técnicas calorimétricas para estudiar y entender la estructura del almidón y su transición al ser modificado, tanto puro como en sistemas alimenticios. Se puede evaluar las propiedades térmicas del almidón gracias a un estudio

denominado calorimetría diferencial de barrido (DSC), este análisis proporciona medidas que contiene información respecto a las temperaturas de transición y entalpía con la cual se obtiene el grado de gelatinización.

La presencia en el gránulo de almidón de las regiones molecularmente ordenadas, su carácter metaestable (de no equilibrio) y sus interacciones con los constituyentes alimenticios pueden comprobarse por DSC a través de cambios en el flujo de calor durante el calentamiento de una muestra en un rango de temperatura (García, 2015)

Sin embargo las técnicas anteriormente mencionadas tienen elevados costos. Por ello existen también métodos indirectos de determinación del grado de gelatinización los cuales se efectúan con pruebas sencillas de laboratorio y que determinados juntos nos proporcionan una idea de la degradación que ha sufrido el almidón tras el tratamiento térmico.

Según Ruiz (2013) estas pruebas pueden ser:

- La Birrefringencia: que se fundamenta en la pérdida de la cruz de malta, que se puede evidenciar cuando los gránulos de almidón han gelatinizado.
- Métodos enzimáticos: el almidón gelatinizado es susceptible al ataque de enzimas, por lo que es una forma indirecta de medir el grado de gelatinización.
- Reológicos: el incremento de la viscosidad en una suspensión de almidón por efecto de la gelatinización se detecta en un amilógrafo o viscosímetro.

Las siguientes son las principales variables de medición del efecto de la gelatinización por lo que también puede tomarse como una medida indirecta del grado de modificación del almidón.

- Poder de Hinchamiento (PH)

Este proceso provoca la ruptura de las uniones intermoleculares amilosa/amilopectina, y la capacidad de formación de enlaces, que se satisface mediante la captación de agua del medio,

que en el interior del grano provoca la distensión de las cadenas, aumentando el volumen del sólido. (García, 2015)

Esta prueba sirve como parámetro para conocer el grado de ordenamiento presente en el interior del gránulo, ya que dependiendo de la naturaleza de cada almidón, manifestará una superficie interna mayor o menor y esto se hace evidente mediante esta prueba.

- Índice de Solubilidad y absorción de agua

En su investigación Valencia (2009) asegura que el índice de solubilidad y absorción de agua se pueden usar como un indicativo del grado de modificación de los almidones por tratamientos térmicos.

2.2.7 IMPORTANCIA DE LA PREGELATINIZACIÓN

El almidón nativo puede ser modificado mediante procesos físicos con la finalidad de obtener almidones pregelatinizados. Estos almidones a nivel industrial son llamados pregeles o almidones instantáneos. Actualmente estos almidones son muy utilizados en las industrias por las propiedades que estos pueden proveer a productos alimenticios y farmacéuticos, mejorando las características de viscosidad y textura. En el desarrollo de distintos productos a base de cereales existe la tendencia de presentarlos en estado pregelatinizado o precocado para su consumo directo o de fácil preparación. (Benítez y Ramírez, 1984).

En el caso de la pregelatinización aplicada para la precocción de los granos, la importancia radicaría en que este funcionaría como método alternativo mediante el cual se desea obtener un alimento de gelatinización parcial, cuyas características físicas y nutricionales se conserven de la mejor manera, así como principalmente su forma permanezca intacta tras el proceso térmico

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La investigación se realizó en la ciudad de Ibarra. Las pruebas preliminares y la parte experimental se efectuaron en los laboratorios de análisis físico-químicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte. Los análisis físico-químicos y microbiológicos se realizaron en los Laboratorios de Control de Calidad de la Universidad Técnica del Norte y en Seidlaboratory.

3.1.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

Tabla 1. Ubicación y datos meteorológicos del área de experimentación

Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Parroquia	El Sagrario
Sitio	Laboratorios de uso múltiple la FICAYA
Latitud geográfica	00° 19' 47" N
Longitud geográfica	78° 07' 56" W
Temperatura media	18 °C
Altitud	2250 m.s.n.m.
HR. Promedio	62%
Pluviosidad	503 – 1000 mm. Año

Fuente: (INAHMI, 2015)

3.3 MATERIALES

3.2.1 MATERIA PRIMA E INSUMOS

Materias prima	Insumos
Grano de amaranto blanco	Hipoclorito de sodio
Agua	

3.2.2 MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales	Equipos de laboratorio
Gavetas	Baño maría con control automático de temperatura
Cucharas	Estufa 220 ^o C – 50L
Guantes	Balanza gramera
Mandil	Balanza analítica 0,1 mg de precisión
Mascarillas	Centrifuga 3000 rpm
Libretas	Autoclave 50L
Balones aforados	Refrigerador
Papel filtro	Vortex
Fundas zipper	Digestor de proteína, capacidad 6 tubos de 100ml
Frascos de vidrio	Soxtest, capacidad 6 conos de 50ml
Mesa de trabajo	Espectrofotómetro de absorción atómica
Vasos de precipitación	Mufla, 1100 ^o C
Matraz Erlenmeyer	Fiberest. capacidad 6 conos de 50 ml
Probetas	Desecador de diámetro de 20 cm y 30 cm
Buretas	Incubadora semiautomática
Cajas Petri	Balanza infrarroja capacidad una muestra
Virios reloj	Destilador de agua 18L
Crisoles	Potenciómetro
Pinzas	Microscopio óptico
Cronómetro	
Termómetro	
Mechero Bunsen	
Gradillas	
Soporte universal	
Pinzas	
Recipientes	

3.3 MÉTODOS

3.3.1 MÉTODO EXPERIMENTAL PARA LA OBTENCIÓN DE GRANO PREGELATINIZADO DE AMARANTO

El amaranto es un producto ancestral que puede ser consumido de múltiples formas, con esta investigación se obtuvo un método alternativo de precocción distinto a la tradicional cocción por inmersión en agua, con esto se buscó obtener un producto a base de amaranto listo para ser consumido de forma inmediata luego de un breve calentamiento, el cual cuenta con características beneficiosas para el consumidor.

Para obtener amaranto pregelatinizado se utilizó un procedimiento hidrotérmico que consiste en dos pasos fundamentales: Acondicionamiento (humidificación) y tratamiento en autoclave. Para seleccionar los parámetros óptimos involucrados en este método se realizó previamente el siguiente diseño experimental para conseguir seleccionar el producto final que presente las mejores características físicas y nutricionales.

3.3.1.1 Factores en estudio

El diseño que se utilizó en el proceso de pregelatinización hidrotérmica del grano de amaranto tuvo como finalidad la experimentación de parámetros de operación como lo son: la humedad, la temperatura y el tiempo. Por lo tanto los factores en estudio que fueron seleccionados para esta investigación son: factor A (temperatura de autoclavado) factor B (tiempo de autoclavado) y factor C (humedad de acondicionamiento). Se considera estos factores para determinar el grano precocado de amaranto por el método hidrotérmico de pregelatinización que tenga las mejores características físicoquímicas para ser seleccionado como mejor tratamiento.

A continuación se muestran los factores y los niveles que se utilizaron para elaborar el proceso de pregelatinización hidrotérmica al grano de amaranto:

- **Factor A:** temperatura del autoclavado

Se estudió tres temperaturas para el proceso de pregelatinización:

Tabla 2. Factor A (temperatura de autoclavado)

Nivel	T, °C
A1	80
A2	100
A3	120

- **Factor B:** tiempo de autoclavado

Se estudió dos tiempos de proceso para la pregelatinización

Tabla 3. Factor B (tiempo de autoclavado)

Nivel	t, minutos
B1	4
B2	8

- **Factor C:** Humedad del grano

Se estudió dos humedades de acondicionamiento del grano para el proceso:

Tabla 4. Factor C (humedad de acondicionamiento)

Nivel	Porcentaje (%)
C1	30
C2	40

3.3.1.2 Tratamientos

Se realizó la combinación de los factores en estudio de A, B y C (temperatura de autoclavado, tiempo de autoclavado y humedad de acondicionamiento) para poder realizar el proceso de pregelatinización, evaluando la incidencia de cada uno de estos así como de la combinación de los mismos en las características del producto final.

Se obtuvo los siguientes tratamientos:

Tabla 5. Tratamientos

Tratamiento	Nomenclatura	Descripción
T1	A1B1C1	80 ⁰ C, 4 min, 30%
T2	A1B1C2	80 ⁰ C, 4 min, 40%
T3	A1B2C1	80 ⁰ C, 8 min, 30%
T4	A1B2C2	80 ⁰ C, 8 min, 40%
T5	A2B1C1	100 ⁰ C, 4 min, 30%
T6	A2B1C2	100 ⁰ C, 4 min, 40%
T7	A2B2C1	100 ⁰ C, 8 min, 30%
T8	A2B2C2	100 ⁰ C, 8 min, 40%
T9	A3B1C1	120 ⁰ C, 4 min, 30%
T10	A3B1C2	120 ⁰ C, 4 min, 40%
T11	A3B2C1	120 ⁰ C, 8 min, 30%
T12	A3B2C2	120 ⁰ C, 8 min, 40%

3.3.1.3 Diseño experimental

Para llevar a cabo el proceso de pregelatinización hidrotérmica se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial $A \times B \times C$, donde: A es la temperatura de autoclavado, B es el tiempo de autoclavado y C es la humedad de acondicionamiento.

El diseño utilizado fue necesario debido a que la experimentación se ha convertido en la base fundamental para la comprobación de postulados, hipótesis, teorías científicas y recolección de datos e información confiable en la ingeniería. El diseño experimental garantiza la importancia del procedimiento experimental seleccionado debido a que mediante este se recolectaron datos experimentales de naturaleza significativa con el menor margen de error para la toma de decisiones y fundamentación de conclusiones.

3.3.1.4 Características del experimento

Tabla 6. Características del experimento

Tratamientos	12
Repeticiones	3
Unidades experimentales	36

Cada unidad experimental estará formada por 300 gramos de grano de amaranto húmedo.

3.3.1.5 Esquema del análisis de varianza

Tabla 7. Análisis de la varianza

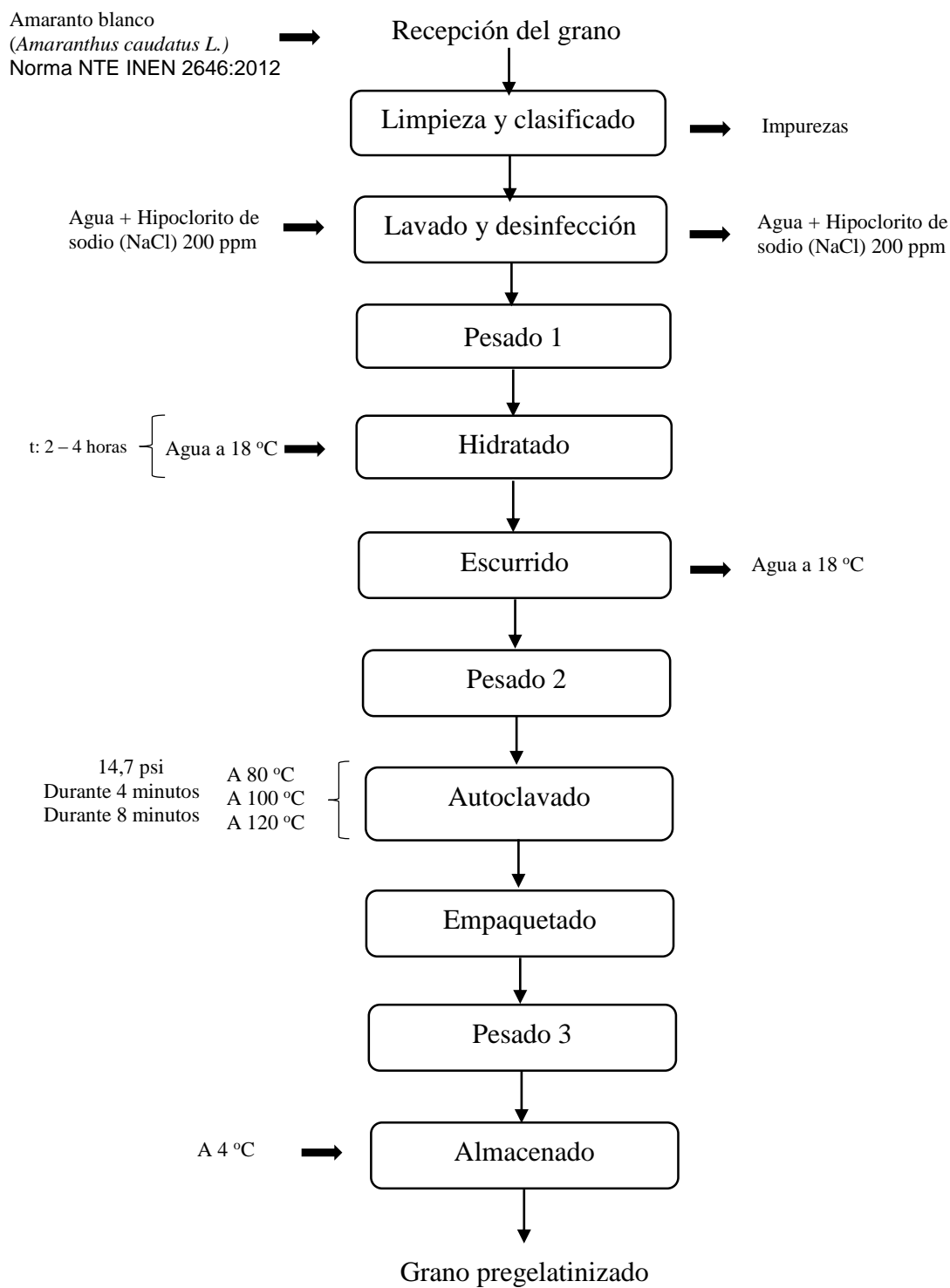
Análisis de la Varianza	
Fuentes de variación	Grados de libertad
Total	35
Tratamientos	11
Factor A	2
Factor B	1
Factor C	1
A x B	2
B x C	1
A x C	2
A x B x C	2
Error Experimental	24

3.3.1.6 Análisis funcional

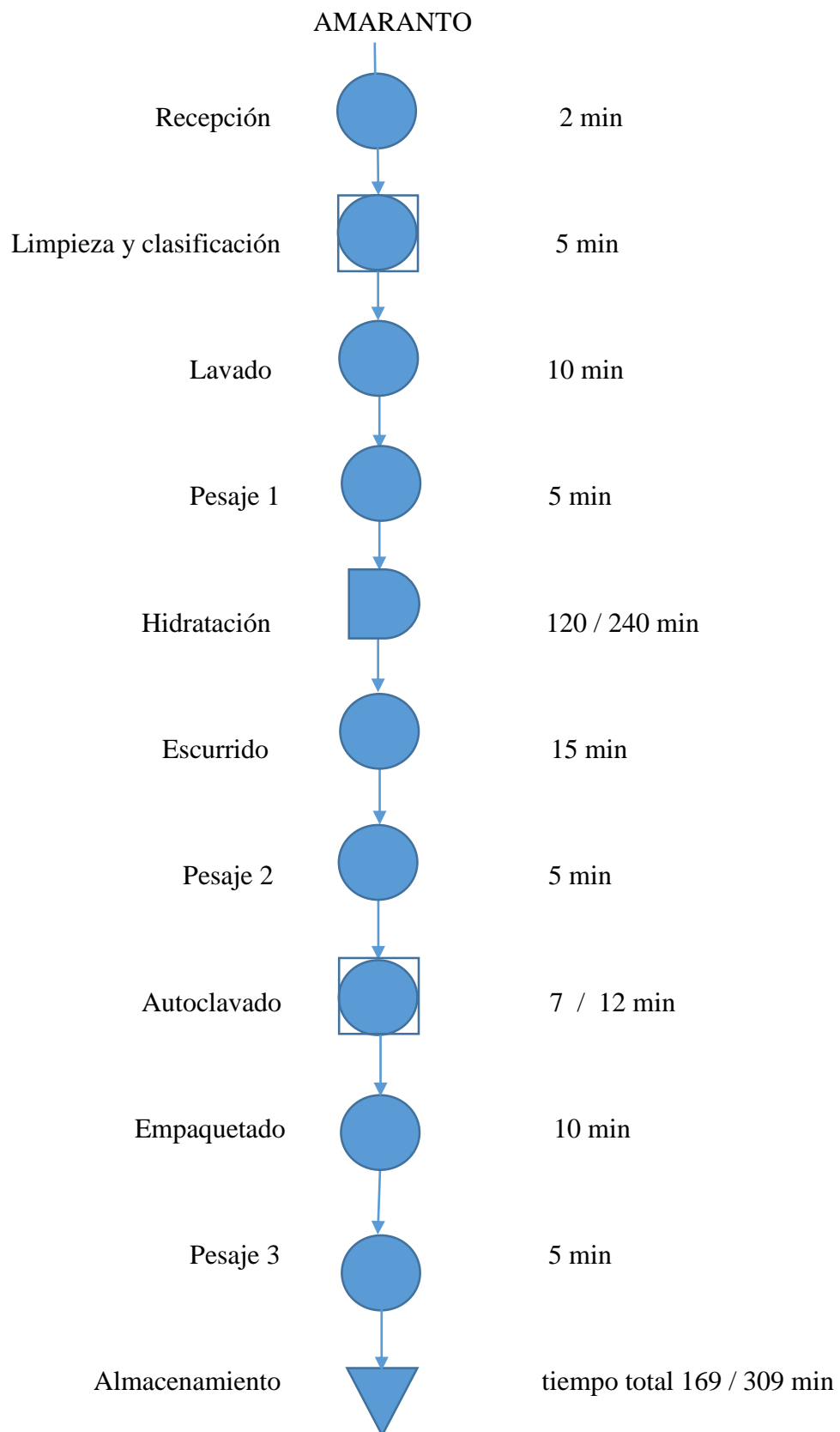
- Tratamientos: Tuckey al 5%
- Factores: DMS (Diferencia Mínima Significativa) al 5%
- Coeficiente de variación.
- Pruebas de Friedman para la Aceptabilidad.

3.4 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

3.4.1 DIAGRAMA DE BLOQUES



3.4.2 DIAGRAMA DE PROCESO



3.4.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Para la elaboración del grano pregelatinizado de amaranto se utilizó la metodología descrita por Benítez & Ramírez (1987) y la de Bello (2009), métodos a los que se aplicó algunas modificaciones, adaptándolos para obtener el producto deseado

3.4.3.1 Experimentación para la humedad requerida del grano

Previo a la pregelatinización se realizó una experimentación con el grano de amaranto para encontrar los tiempos necesarios de remojo para obtener las humedades requeridas para el proceso. Se sometió al amaranto a una hidratación durante quince horas, donde se fue extrayendo periódicamente una muestra cada hora para analizar su humedad, constatando así el porcentaje de agua absorbido conforme avanzaba la hidratación. Los resultados se registraron en una curva de porcentaje de humedad vs tiempo.

3.4.3.2 Recepción de la materia prima

Se procedió a adquirir grano de amaranto blanco nativo. La materia prima fue sometida a caracterización para verificar si cumplía con los requisitos básicos de la norma NTE INEN 2646:2012.



Fotografía 1. Materia prima

3.3.4.3 Limpieza y clasificación

Se realizó una limpieza superficial previa para retirar la mayor cantidad de impurezas de gran tamaño, antes de proceder a un lavado general. Se extendió el amaranto sobre una

bandeja y manualmente se removió la materia prima de un lado a otro en busca de basuras, piedras, tierra, panoja, etc., retirando la mayor cantidad posible.



Fotografía 2. Limpieza

3.4.3.4 Lavado

Se realizó un lavado de la materia prima seleccionada con la finalidad de remover y eliminar suciedad, restos de tierra o cualquier contaminante físico que pueda influir negativamente en la carga microbiana y la apariencia del producto. En un recipiente se colocó el grano y se lavó bajo el chorro de agua de la llave y se escurrió de inmediato. Posteriormente se realizó un segundo lavado con agua que contenía 200 ppm de hipoclorito de sodio. Nuevamente se escurrió el exceso de agua.



Fotografía 2. Limpieza

3.4.3.5 Pesaje 1

Una vez el grano limpio, en una balanza gramera se pesó la cantidad necesaria (300 g) de amaranto húmedo para cada unidad experimental a utilizar en el proceso de pregelatinización hidrotérmica.



Fotografía 4. Pesaje 1 del amaranto

3.4.3.6 Hidratado

En un recipiente se recogió agua a temperatura ambiente (18 °C) y se dejó reposar por un momento, posteriormente se colocó el grano de amaranto. Se prolongó el tiempo de hidratación, el primero a 2 horas y el segundo a 4, hasta obtener las dos humedades necesarias (30% y 40%) para la pregelatinización.



Fotografía 5. Acondicionado del amaranto

3.4.3.7 Ecurrido

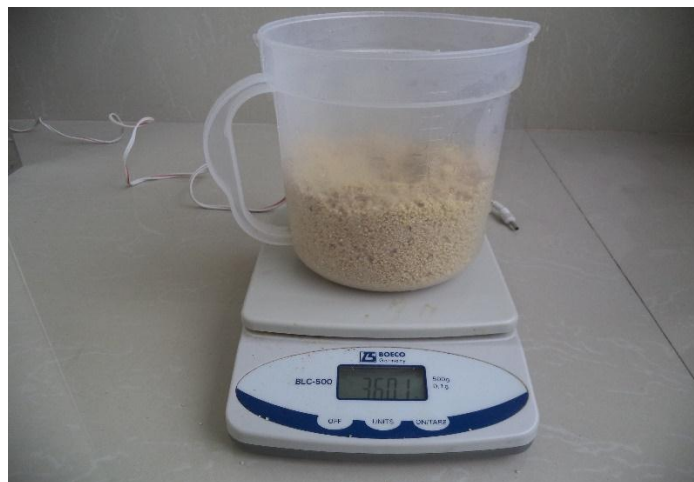
Se escurrió el agua de remojo con la ayuda de tamices, para eliminar la mayor cantidad posible. Se tuvo mucho cuidado al escurrir y además el proceso se repitió 2 veces para asegurar el completo despojo de agua excedente.



Fotografía 6. Ecurrido del agua excedente

3.4.3.8 Pesaje 2

Se pesó nuevamente la cantidad necesaria para cada unidad experimental, la cual incrementó debido al proceso de hidratación, luego se depositó en frascos de vidrio sin tapa, debidamente etiquetados con el nombre de cada tratamiento.



Fotografía 7. Pesaje 2 del grano húmedo

3.4.3.9 Autoclavado

El tratamiento en autoclave y la hidratación son los procedimientos esenciales de este proceso hidrotérmico de pregelatinización, debido a que mediante un tratamiento térmico en exceso de agua se obtiene la precocción del grano. Una vez listos, se acomodó los frascos en las canastillas del autoclave para someterlos a un proceso de pregelatinización con vapor a 14,7 psi y tres diferentes temperaturas (80 °C, 100 °C y 120 °C) durante dos períodos de tiempo: 4 y 8 minutos, para obtener granos de amaranto precocidos. Finalizado el tratamiento térmico, el grano fue extraído de la autoclave y se dejó reposar por un par de minutos para disminuir su temperatura.



Fotografía 8. Tratamiento térmico

3.4.3.10 Empaquetado

El amaranto pregelatinizado se empacó en bolsas con cierre (zipper)



Fotografía 9. Grano pregelatinizado empacado

3.4.3.11 Pesado 3

Una vez el grano pregelatinizado fue empacado, se pesó una balanza gramera para registrar los efectos de la pregelatinización en el grano de amaranto.



Fotografía 10. Limpieza

3.4.3.12 Almacenamiento.

El grano pregelatinizado se almacenó en un refrigerador a una temperatura de 4 °C con la finalidad de conservar el producto.



Fotografía 2. Grano apilado para almacenarse

3.5 VARIABLES EVALUADAS

3.5.1 VARIABLES CUANTITATIVAS

3.5.1.1 Caracterización de la materia prima

Con la finalidad de conocer los componentes químicos de la materia prima, se realizó una caracterización la cual se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 8. Variables cuantitativas a la materia prima

Variables	Método
Grasa	AOAC 920.85
Carbohidratos totales	Cálculo
Ceniza	AOAC 923.03
Fibra	AOAC 978.10
Minerales (Ca, Fe, K, Mg)	Espectrofotometría
Proteína	AOAC 920.87
Humedad	AOAC 925.10

3.5.1.2 En el grano durante la hidratación

Se evaluó el porcentaje de humedad durante el proceso de experimentación para obtener las humedades deseadas en el grano.

3.5.1.3 Variables a evaluarse en el producto terminado

Las variables evaluadas en el producto terminado sirvieron para valorar la severidad de los efectos que el tratamiento de pregelatinización hidrotérmica causó en el grano de amaranto.

Tabla 9. Variables cuantitativas al producto terminado

Variables	Método
Peso	Balanza
Rendimiento	Cálculos
Índice de absorción de agua	Anderson <i>et al.</i> 1969
Índice de solubilidad en agua	Anderson <i>et al.</i> 1969
Poder de hinchamiento	Anderson <i>et al.</i> 1969
Azúcares Reductores	Lane-Eynon
Densidad aparente	Cálculos

3.5.1.4 Variables a evaluar en los mejores tratamientos

Se realizó un análisis nutricional y de digestibilidad en los mejores tratamientos para verificar la incidencia positiva o negativa que produjo el tratamiento térmico en los componentes más importantes del amaranto, así como también se evaluó su calidad microbiológica para analizar si el producto posee condiciones sanitarias de consumo.

Tabla 10. Variables cuantitativas a los mejores tratamientos

Variables	Método
Grasa	AOAC 920.85
Carbohidratos totales	Cálculo
Ceniza	AOAC 923.03
Fibra	AOAC 978.10
Proteína	AOAC 920.87
Humedad	AOAC 925.10
Minerales (Ca, Fe, K, Mg)	Espectrofotometría
Recuento total	AOAC 989.10
Recuento <i>E. coli</i>	AOAC 991.14
Recuento de mohos y levaduras	AOAC 997.02
Digestibilidad	AOAC 907..25

3.5.2 VARIABLES CUALITATIVAS

Se evaluó la aceptabilidad del producto terminado mediante la prueba no paramétrica de Friedman, para conocer que tan apetecible resultó el producto luego de sufrir el proceso de pregelatinización hidrotérmica

Tabla 11. Variables cualitativas

Variable	Método
Color	Evaluación sensorial
Olor	Evaluación sensorial
Sabor	Evaluación sensorial
Textura	Evaluación sensorial
Aceptabilidad	Evaluación sensorial

3.6 MÉTODOS DE EVALUACIÓN PARA LAS VARIABLES EVALUADAS

3.6.1 MÉTODOS PARA LAS VARIABLES CUANTITATIVAS

3.6.1.1 Humedad

En una balanza infrarroja se determinó la humedad a 15 muestras de amaranto humidificado durante tiempos de 1 a 15 horas, para conocer la cantidad en porcentaje de agua absorbida durante su hidratación. Experimentación necesaria para encontrar los tiempos exactos en que para tener un grano a humedades de 30% y 40%, indispensables para el proceso de pregelatinización hidrotérmica propuesto en esta investigación.

3.6.1.2 Peso

Esta variable se evaluó en una balanza digital para conocer el efecto del tratamiento térmico en el amaranto, debido que al someter al grano a un incremento de temperatura y tiempo de proceso, se consiguió la precocción del mismo y por ende existieron pérdidas por cocción,

es decir, cantidades de agua contenida en el interior de este alimento se evaporaron lo que produjo la disminución de su peso. De este modo se registraron los siguientes pesos:

- Peso de la materia prima (grano de amaranto nativo) antes del proceso de pregelatinización.
- Peso del grano de amaranto luego del acondicionamiento.
- Peso de grano de amaranto luego del proceso en Autoclavado.

3.6.1.3 Rendimiento

Para obtener el rendimiento del producto se elaboró un balance de materiales en el cual se tomó en cuenta desde la materia prima que fueron 300 g de amaranto húmedo por muestra, para sacar el rendimiento en grano pregelatinizado.

El cálculo de esta variable se realizó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$R = \frac{\textit{peso del grano pregelatinizado}}{\textit{peso del grano nativo}} * 100$$

3.6.1.4 Índice de absorción de agua (IAA), Índice de solubilidad en agua (ISA) y poder de hinchamiento (PH)

En vista de la inaccesibilidad a una prueba directa del grado de gelatinización de este producto, debido a su naturaleza, se llevó a cabo una medida indirecta. El IAA, ISA y PH son parámetros que reflejan el grado de cocción que tiene un alimento que contiene altos porcentajes de almidón, así como también pueden utilizarse para determinar de forma indirecta el grado de gelatinización. Es por eso que estas variables fueron determinadas en el producto final, para evaluar la severidad del proceso de pregelatinización hidrotérmica del grano de amaranto mediante los resultados obtenidos, para compararlos con resultados obtenidos en otras investigaciones así como en el grano nativo, para así tener un estimado del efecto provocado en la estructura interna del producto.

Para su determinación se utilizó el método (Anderson et al 1969) con algunas modificaciones, en el cual se pesó en forma exacta 2,5 g de cada tratamiento de grano de amaranto pregelatinizado, se trituro la muestra en un mortero hasta tener una granulometría lo más parecida a la harina. En un tubo de centrifuga de 50ml se suspendió la muestra en 30 ml de agua destilada a 30°C, el cual fue introducido en un baño maría para mantener la temperatura mencionada; se agitó continuamente por 30 min y luego se centrifugó por 15 min a 3000 rpm. Se pesó el sobrenadante cuidadosamente y se determinó el peso del residuo sólido. El sobrenadante es secado en una estufa a 105°C hasta peso constante:

- Índice de absorción de agua (IAA): Se expresó como la relación entre el peso del residuo de centrifugación y el peso seco de la muestra, así:

$$IAA = \frac{\textit{peso del residuo de centrifugación}}{\textit{peso seco de la muestra}}$$

- Índice de solubilidad de agua (ISA). Se expresó como la relación entre el peso del residuo de evaporación y el peso seco de la muestra.

$$ISA = \frac{\textit{peso del residuo de vaporación}}{\textit{peso seco de la muestra}} * 100$$

- Poder de Hinchamiento (PH): Se expresó como la relación entre el peso del residuo de centrifugación y la diferencia entre el peso seco de la muestra y el residuo de evaporación:

$$PH = \frac{\textit{peso del residuo de centrifugación}}{\textit{peso seco de la muestra} - \textit{peso del residuo de evaporación}}$$

3.6.1.5 Azúcares reductores

Los azúcares reductores son todos los monosacáridos, entre ellos la glucosa, la cual es también un producto de la degradación del almidón tras la ruptura de su cadena, al someter

al amaranto a un proceso térmico en exceso de agua, el almidón sufre cambios en su estructura dependiendo de la severidad del tratamiento. Por este motivo se evaluó la variable azúcares reductores para verificar si existió o no presencia de valores cuantificables de esta variable, la cual evidencia la modificación del almidón contenido en el grano.

Esta variable se evaluó a los diferentes tratamientos, utilizando el método Lane and Eynon por reducción del licor de Fehling hasta color ladrillo, valor que indica la cantidad de invertidos de sacarosa (glucosa y fructosa). Esta variable se midió a los 12 tratamientos. Los azúcares reductores se obtuvieron aplicando la siguiente fórmula:

$$\%AR = \frac{\text{vol. aforo} * \text{factor de corrección de glucosa}}{\text{vol. gastado} * \text{vol. muestra}} * 100$$

3.6.1.6 Digestibilidad in vitro

Esta variable es un importante indicativo de la eficacia del proceso de pregelatinización hidrotérmica del grano de amaranto, debido a que evidencia si la severidad del tratamiento fue la apropiada o no para mejorar la biodisponibilidad de la proteína que es uno de los intereses principales en el consumo de alimentos procesados, es por este motivo que fue evaluada en los mejores tratamientos.

Se determinó mediante el método AOAC 907. 25 descrito en el anexo de determinación de digestibilidad in vitro de la proteína.

3.6.1.7 Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se realizó a las mejores tratamientos después de 5 días, de haber sido elaborado el grano pregelatinizado, los análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Microbiología de la Universidad Técnica del Norte, utilizando la siguiente metodología:

Tabla 12. Análisis microbiológico

Parámetro analizado	Metodología Utilizada
Recuento total (ufc)	AOAC 989.10
Recuento de <i>E. coli</i> (ufc)	AOAC 991.14
Recuento de mohos y levaduras (ufc)	AOAC 997.01/ 02

Los resultados sirvieron para determinar si el producto fue elaborado en condiciones asépticas de procesamiento así como también para saber si el producto es inocuo.

3.6.2 MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES CUALITATIVAS

Las variables cualitativas analizadas a todos los tratamientos fueron: olor, color, sabor, textura y aceptabilidad, con un panel de 15 degustadores, utilizando fichas de evaluación organoléptica para conocer el grado de aceptación del producto.

Para la evaluación de los datos registrados, se aplicó la prueba no paramétrica de Friedman, donde:

$$x^2 = \frac{12}{rxt(t+1)} \sum R^2 - 3r(t+1)$$

r = Numero de degustadores.

t = Tratamientos.

ΣR^2 = Sumatoria de rangos al cuadrado.

3.6.2.1 Color

Hernández (2005) indica que la evaluación sensorial del color que es un atributo externo se realiza a través del sentido de la vista, para que un producto sea de calidad debe presentar un

color uniforme y atractivo, esto determinará su aceptabilidad. Se elaboró una ficha en la que se asignó rangos y sus respectivos valores, donde se calificó del 1 al 5 la percepción del color desde el menos hasta el más agradable; siendo 1 la calificación más baja y 5 la más alta.

3.6.2.2 Olor

Según Morales (1994) “el olor es la percepción por medio de la nariz de sustancias volátiles de objetos o productos”. Se elaboró una ficha en la que se asignó rangos y sus respectivos valores, donde se calificó del 1 al 5 la percepción del olor desde el menos hasta el más agradable; siendo 1 la calificación más baja y 5 la más alta.

3.6.2.3 Sabor

El sentido del gusto hace referencia a los sabores en los alimentos. Este atributo hace referencia a la combinación de tres propiedades: olor, aroma y gusto. Se debe tener en cuenta que la lengua del panelista no solo esté en perfectas condiciones sino además que no tenga problemas con la nariz y con la garganta. (Hernandez, 2005) Se elaboró una ficha en la que se asignó rangos y sus respectivos valores, donde se calificó del 1 al 5 la percepción del sabor desde el menos hasta el más agradable; siendo 1 la calificación más baja y 5 la más alta.

3.6.2.4 Textura (Dureza).

La dureza sensorial es la fuerza requerida para comprimir una sustancia entre las muelas (sólidos) o entre la lengua y el paladar (semisólidos). La textura se ha clasificado de acuerdo a tres fases: Fase inicial: las calidades texturales se perciben con el primer bocado, antes de que la saliva disuelva o modifique la forma o disposición de las partículas. Fase de masticación: se percibe durante la masticación Fase residual: cambios texturales que se llevan a cabo durante la masticación y efectos que producen recubrimiento del paladar por lo general, después de haberse deglutido la muestra del alimento. La dureza define la frescura del producto (Hernandez, 2005). Se elaboró una ficha en la que se asignó rangos y sus respectivos valores, donde se calificó del 1 al 5 la percepción de la textura desde la menos hasta la más agradable; siendo 1 la calificación más baja y 5 la más alta.

3.6.2.5 Aceptabilidad

Las pruebas de aceptabilidad se emplean para determinar el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores. Para determinar la aceptabilidad de un producto se pueden usar escalas categorizadas, pruebas de ordenamiento y pruebas de comparación pareada. La aceptabilidad de un producto generalmente indica el uso real del producto (compra y consumo). Se elaboró una ficha en la que se asignó rangos y sus respectivos valores, donde se calificó del 1 al 5 la aceptación del producto por parte del degustador, desde el menos hasta el más agradable; siendo 1 la calificación más baja y 5 la más alta.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se presentan los resultados de la investigación “Pregelatinización hidrotérmica del grano de amaranto *Amaranthus caudatus L.*”, con la finalidad de comprobar si existió incidencia en las características físicas y nutricionales del grano tras el proceso ejecutado.

La nomenclatura empleada para el análisis estadístico fue la que a continuación se especifica:

* = SIGNIFICACIÓN ESTADÍSTICA (1%)

** = ALTA SIGNIFICACIÓN ESTADÍSTICA (5%)

NS = NO SIGNIFICATIVO

4.1 CURVA DE ABSORCIÓN DE AGUA

Con el fin de determinar el tiempo de humidificación en agua a temperatura ambiente (18 °C) necesario para alcanzar las humedades de 30% y 40% en el grano de amaranto, se tomó muestras del grano y se las sometió a diferentes períodos de remojo en un lapso de 15 horas, tiempo en el cual se extrajo periódicamente una muestra cada hora para determinar su humedad y así verificar las etapas del proceso de absorción de agua.

Se construyó la curva de absorción de agua con los datos obtenidos de la humedad vs el tiempo, identificándose así tres etapas de absorción de agua durante el proceso de humidificación.

Inicialmente la absorción de agua fue muy rápida, incrementando el contenido de humedad del grano desde un 10% hasta un 27,28%, en las siguientes cinco horas de acondicionamiento la absorción disminuyó un poco pero todavía era rápida. Un segundo estado fue caracterizado por la reducción progresiva de la velocidad de absorción de agua, la cual se produjo de la hora 7 hasta la hora 9. Finalmente el proceso alcanzó un punto de estancamiento en donde el grano absorbía el agua muy lentamente. Esto ocurrió a partir de la décima hora hasta el final del remojo.

En base de la curva de absorción de agua obtenida se fijó un tiempo de humidificación específico para cada porcentaje, en la tabla 13 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 13. Porcentaje de humedad y tiempos requeridos

% de Humedad requerido	Tiempo (h)
30	2
40	4

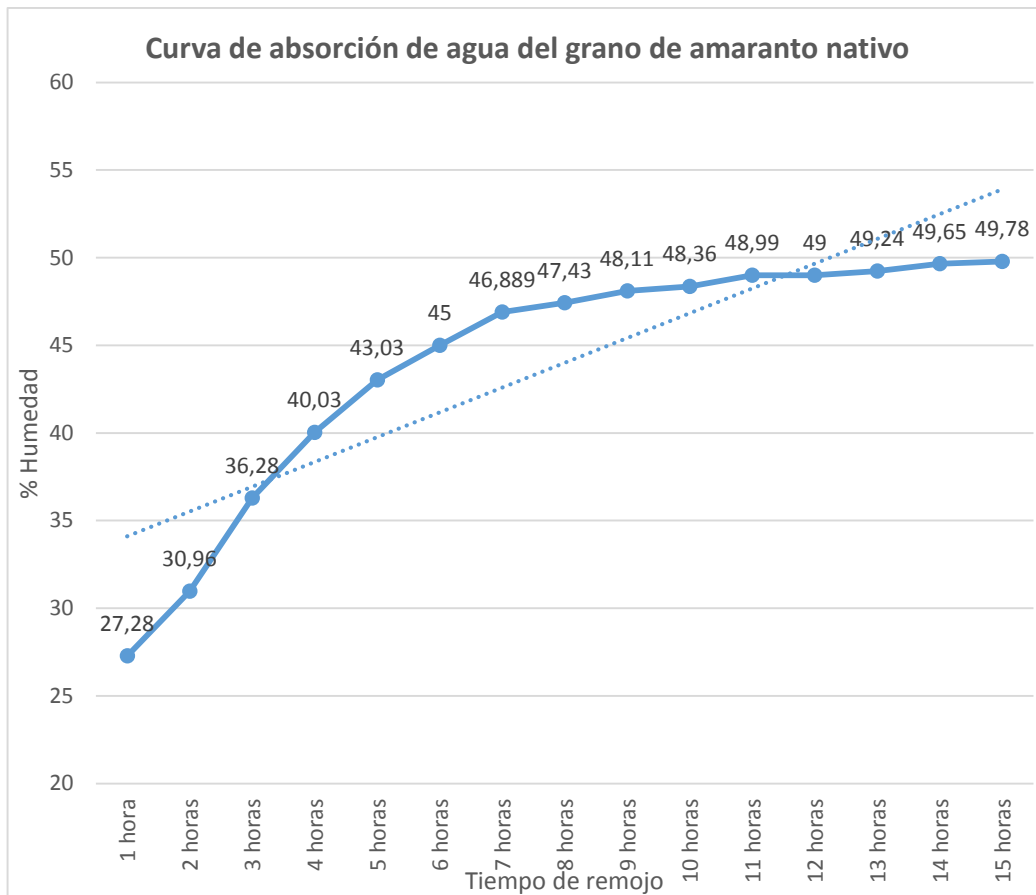


Gráfico 1. Curva de absorción de agua del grano de amaranto

En el gráfico 1 se puede observar el comportamiento del grano de amaranto al encontrarse sumergido en agua a temperatura ambiente (18 °C), puede apreciarse al inicio una curva bien marcada que posteriormente va disminuyendo su curvatura, esto debido a las etapas de absorción mencionadas anteriormente. Como lo señala Bello (2009) en su investigación de aplicación de un proceso hidrotérmico al grano de arroz, cabe destacar la aparición de cierto estancamiento o pequeño “plateau” en las curvas de absorción, particularmente aquellas obtenidas a temperaturas más bajas. Este efecto se debería al espacio intersticial existente entre la cáscara y el endospermo que actuaría como cámara de almacenamiento para el agua absorbida.

Se optó por la temperatura ambiente para el agua en el que se sometió a remojo a la materia prima, debido a que Benítez *et al.* (1986) en su investigación relacionada a la pregelatinización afirman que la temperatura del agua de hidratación no influyó

significativamente en el grado de gelatinización del grano de sorgo, por lo que con estos resultados y por razones económicas se seleccionó también para esta investigación en grano de amaranto, al agua a temperatura ambiente (18 °C).

4.2 VARIABLE PESO DESPUÉS DE PROCESO (g)

Una vez obtenido el producto final y posterior a su enfriamiento se procedió a pesar el grano pregelatinizado. Los resultados se encuentran en el capítulo de anexos.

Realizado el ADEVA (**ver anexo 1**) para la variable peso después de proceso se observó una alta significancia para tratamientos tanto como para los factores A, B y C, indicando así que estos influyeron directamente en la variabilidad de peso luego de proceso, pero que las combinaciones de los factores no influyeron de forma significativa en esta variable. El coeficiente de Variación calculado es de 0,31 % un valor aceptable dentro de este tipo de ensayos, puesto que se ejecutan en condiciones controladas (Laboratorio). Al existir diferencia significativa, se realizó las pruebas de Tukey para tratamientos y DMS para factores.

Tabla 16. Prueba de Tukey para tratamientos

Tratamientos	Medias	DMS
A1B1C2	431,00	A
A1B2C2	429,33	B
A2B1C2	427,33	C
A2B2C2	425,33	C
A3B1C2	420,67	D
A3B2C2	418,33	D
A1B1C1	390,67	E
A1B2C1	389,67	E
A2B1C1	389,00	F
A2B2C1	386,33	G
A3B1C1	384,00	G
A3B2C1	379,00	H

Una vez analizados los resultados de la prueba de Tukey en esta variable, se encontró significación estadística, observándose ocho rangos con un comportamiento diferente, de los cuales el tratamiento en el rango H fue el que tuvo la mejor media de peso luego del proceso, siendo el T11 el más destacado, ya que es el que tuvo el menor valor, lo que demuestra que es el tratamiento que mejor respondió al tratamiento térmico por haber alcanzado una mejor precocción, evidenciada en su pérdida de peso luego de proceso tras la evaporación del agua contenida en el grano a causa de ruptura de los enlaces de los componentes internos del grano.

Tabla 17. Prueba DMS para el facto A (temperatura del autoclave 80 °C, 100 °C y 120 °C) para la variable peso después de proceso

Tratamientos	Medias	DMS
A1	410,17	A
A2	407,00	B
A3	400,50	C

Una vez realizada la prueba de DMS para el factor A se observó significación estadística, encontrándose 3 rangos. El nivel A3 representa el mejor nivel debido a que tuvo la menor media, lo que indicó que a la temperatura de 120 °C se produjo una mayor precocción y consecuentemente una mayor pérdida de peso por cocción.

Tabla 18. Prueba DMS para el factor B (tiempo de proceso 4 minutos y 8 minutos) para la variable peso después de proceso

Tratamientos	Medias	DMS
B1	407,11	A
B2	404,67	B

Una vez realizada la prueba de DMS para el factor B se observó significación estadística, encontrándose 2 rangos. El nivel B2 tuvo la mejor media, debido a su menor valor, que

indica que a un tiempo de proceso de 8 minutos se perdió más peso luego del proceso, evidenciando el mayor grado de precocción.

Tabla 19. Prueba DMS para el factor C (humedad de acondicionamiento 30% y 40%) para la variable peso después de proceso

Tratamientos	Medias	DMS
C2	425,33	A
C1	386,44	B

Una vez realizada la prueba de DMS para el factor C se observó significación estadística, encontrándose 2 rangos. El nivel C1 tuvo la mejor media debido a su valor más alto, lo que quiere decir que la humedad acondicionamiento de 30% influyó directamente en la variabilidad del peso después del proceso.

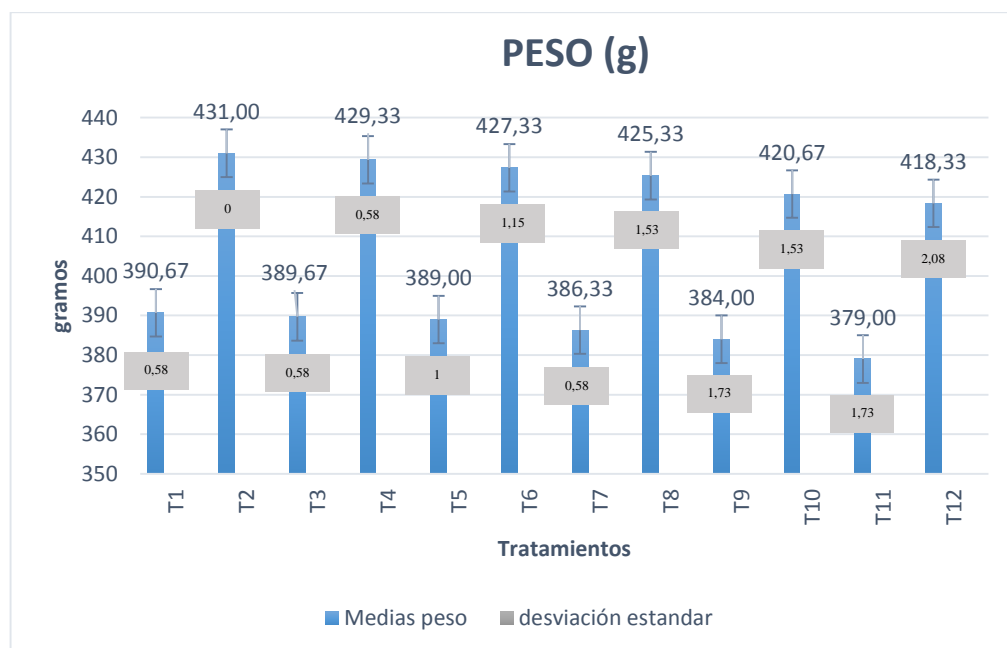


Gráfico 2. Comportamiento de las medias para la variable peso después del proceso de pregelatinización hidrotérmica del grano de Amaranto.

En la gráfica se puede distinguir que las medidas para peso después del proceso difieren unas de otras, sin embargo entre tratamientos cuyo porcentaje de humedad empleado es del 30% así como en el grupo en que se empleó una humedad de acondicionamiento de 40%, las

diferencias no fueron significativas. Se tomó como mejores al T11 y T12 por tener las medias de menor valor dentro de su respectivo porcentaje de humedad empleado, evidenciándose una mayor pregelatinización tras la pequeña pérdida de peso por la precocción.

Como lo menciona Peñas (2007), “la pérdida de peso es un parámetro importante como indicador de la pérdida de agua del alimento durante el tratamiento térmico, que influye de forma definitiva en la textura final de este así como en la pérdida de nutrientes solubles”.

Por lo tanto cabe esperar que a mayor tiempo y mayor temperatura de autoclavado, la pérdida de peso sea mayor, lo que refleja una disminución de nutrientes solubles y un máximo efecto en la textura final del producto, sin embargo, al evaluar los resultados se observó que la pérdida de peso en el grano tras la pregelatinización hidrotérmica fue mínima, por lo que se infiere que el cambio en su textura y nutrientes no se manifestó de forma extrema.

4.3 VARIABLE ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA (IAA)

Unidad de medida: adimensional

Una vez finalizado el proceso, el grano pregelatinizado empacado fue almacenado a 4 °C. En días posteriores se realizó la determinación del índice de absorción de agua. Los resultados obtenidos se muestran en el capítulo de anexos.

Realizado el ADEVA para la variable índice de absorción de agua (**ver anexo 2**) se pudo observar que existió una alta significancia para tratamientos, y para los factores A, B y C lo que quiere decir que todos influyeron de forma diferente en esta variable. De igual forma se observó alta significancia para todas las interacciones (Ax_C, Ax_B, Bx_C y Ax_Bx_C) indicando así que la combinación de estos factores influyó significativamente. Se realizó las pruebas correspondientes de Tukey para tratamientos, DMS para factores y los respectivos gráficos de interacción. El coeficiente de Variación es de 1,745 %, que es un valor aceptable dentro de este tipo de ensayos, puesto que se realizan en condiciones controladas (Laboratorio).

Tabla 22. Prueba de TUKEY para la variable IAA

Tratamientos	Medias	Tukey
A3B2C2	2,30	A
A3B1C2	2,11	B
A3B2C1	2,02	C
A2B2C2	1,94	D
A3B1C1	1,93	D
A2B1C2	1,81	E
A2B2C1	1,73	F
A2B1C1	1,70	F
A1B2C2	1,60	G
A1B2C1	1,55	H
A1B1C2	1,55	H
A1B1C1	1,51	H

Una vez analizada la prueba de Tukey se encontró significación estadística, observándose ocho rangos con un comportamiento diferente, de los cuales el tratamiento en el rango A es el que tuvo la mejor media, siendo el T12 el destacado debido a su valor más alta, demostrando así que tuvo una mayor pregelatinización del almidón. El IAA es una de las variables de medida indirecta del grado de gelatinización del almidón tras el proceso térmico.

Tabla 23. Prueba DMS para el factor A (temperatura de autoclavado 80 °C, 100 °C y 120 °C) en la variable IAA

Tratamientos	Medias	DMS
A3	2,09	A
A2	1,80	B
A1	1,55	C

Una vez realizada la prueba de DMS para el factor A se observó significación estadística, encontrándose 3 rangos. El nivel A3 tuvo la mejor media debido a su valor más alto. Lo que quiere decir que a una mayor temperatura de Autoclavado de 120 °C se obtuvo valores más altos de IAA y por ende una mayor precocción del grano.

Tabla 24. Prueba DMS para el factor B (tiempo de autoclavado 4 minutos y 8 minutos)

Tratamientos	Medias	DMS
B2	1,86	A
B1	1,77	B

Una vez realizada la prueba de DMS para el factor B se observó significación estadística, encontrándose 2 rangos. El nivel B2 tuvo la mejor media debido a su valor más alto. Lo que quiere decir que a un tiempo de Autoclavado de 8 minutos se consiguieron valores más altos de IAA y por ende una mayor precocción.

Tabla 25. Prueba DMS para el factor C (Humedad de autoclavado 30% y 40%)

Tratamientos	Medias	DMS
C2	1,88	A
C1	1,74	B

Una vez realizada la prueba de DMS para el factor C se observó significación estadística, encontrándose 2 rangos. El nivel C2 tuvo la mejor media debido a su valor más alto. Lo que quiere decir que una humedad de acondicionamiento del grano de 40% ayudó a obtener valores más altos de IAA y por ende una mejor precocción.

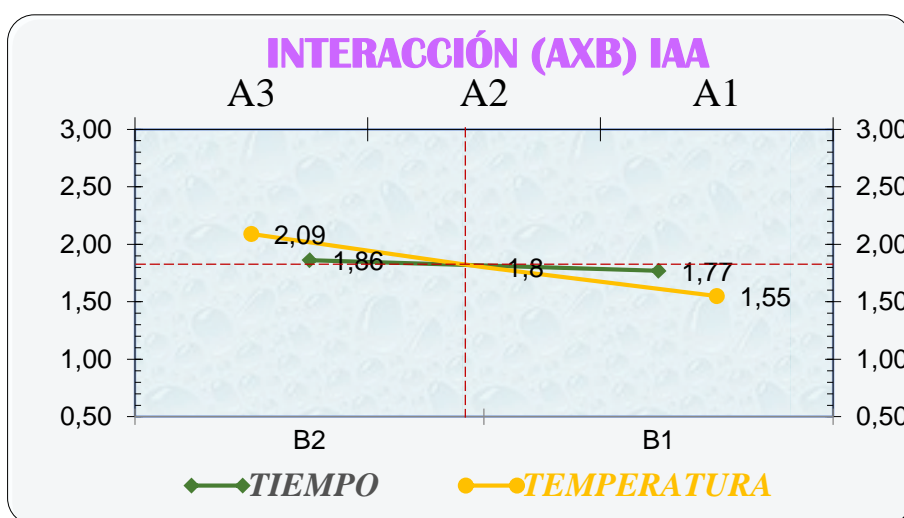


Gráfico 3. Interacción AxB para la variable IAA

En el gráfico 3 se puede apreciar el punto crítico en la interacción de los factores A y B en la variable índice de absorción de agua. La interacción de estos factores dio como resultado un valor 1,81. Esta gráfica revela que la combinación de la temperatura y el tiempo de autoclavado influyeron en el índice de absorción de agua del grano pregelatinizado de amaranto. De igual manera indica que fueron necesarios un tiempo de 8 minutos y una temperatura mínima de 100 °C para obtener valores significativos de IAA que son los que demuestran una mayor precocción en el grano.

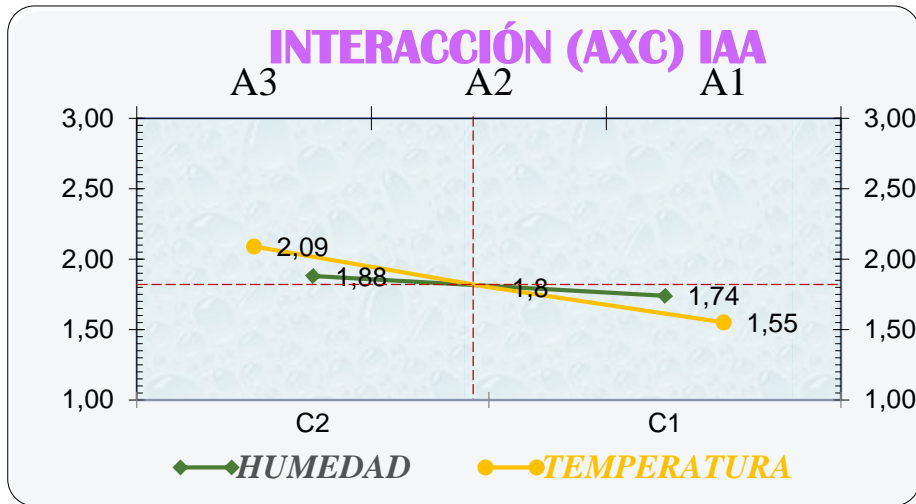


Gráfico 4. Interacción AxC para la variable IAA

En el gráfico 4 se puede apreciar el punto crítico en la interacción de los factores A y C en la variable índice de absorción de agua. La interacción de estos factores dio como resultado un valor de 1,8. Esta gráfica revela que la combinación de la temperatura y la humedad de acondicionamiento influyeron en los resultados obtenidos de esta variable. La interacción es directamente proporcional reiterando así que fueron necesarias una humedad de 40% y una temperatura mínima 100 °C de para conseguir valores de IAA más altos, que son los que evidencian la precocción del grano.

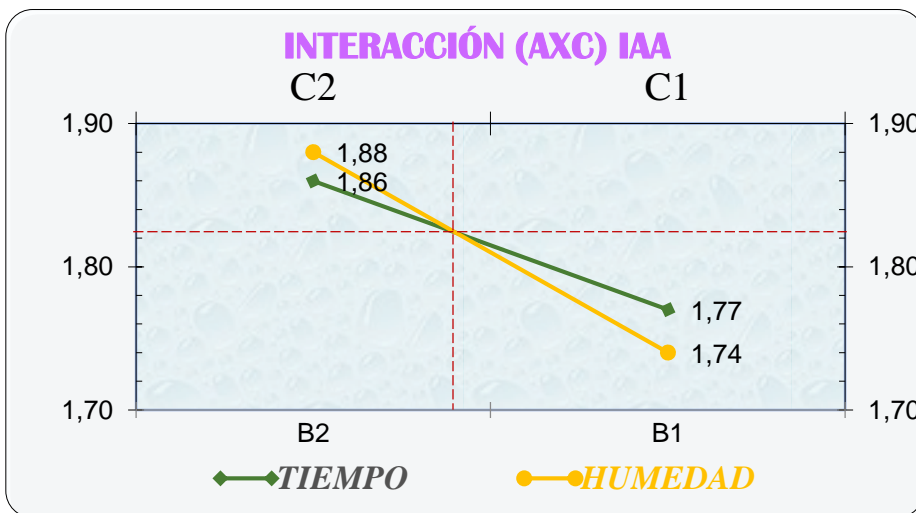


Gráfico 5. Interacción BxC para la variable IAA

En el gráfico 5 se puede apreciar el punto crítico en la interacción de los factores B y C en la variable índice de absorción de agua. La interacción de estos factores dio como resultado un valor de 1,82. Esta gráfica revela que la combinación del tiempo de autoclavado y la humedad de acondicionamiento influyeron en el índice de absorción de agua que presentó el grano pregelatinizado de amaranto. La interacción fue directamente proporcional, reiterando así que fueron necesarios un tiempo de autoclavado 8 minutos y una humedad de 40% para obtener valores de más altos de esta variable, los cuales demuestran la precocción del grano.

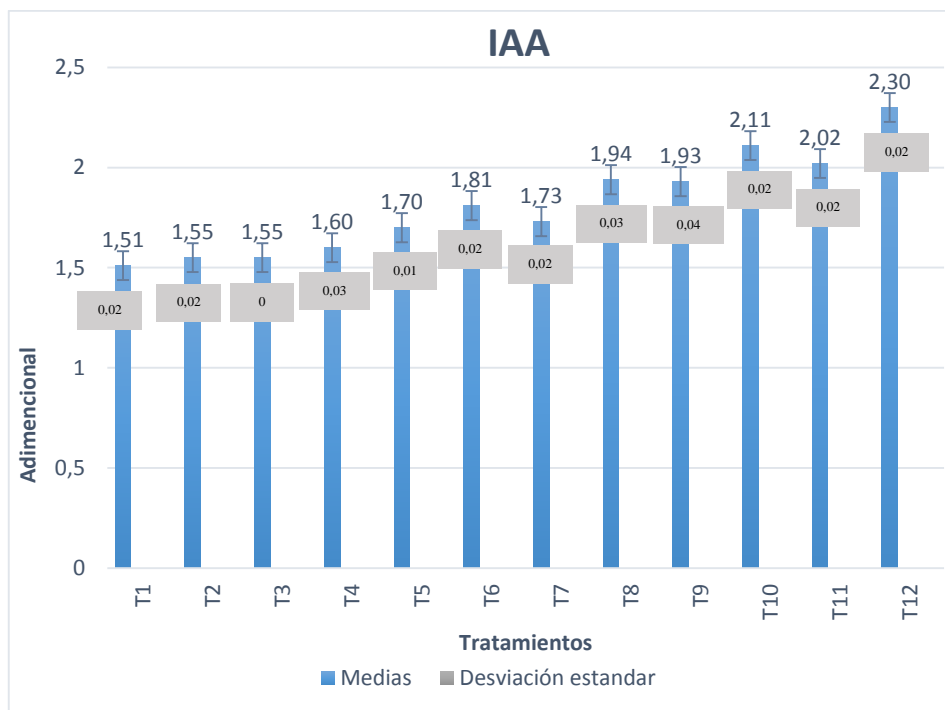


Gráfico 6. Comportamiento de las medias de IAA en el grano pregelatinizado

En la gráfica se puede distinguir que los mejores tratamientos son: el T12 y el T10, debido a que estos obtuvieron las medias más altas, diferenciándose significativamente del resto de los tratamientos, corroborándose así que entre mayor severidad tuvo el tratamiento, mayores fueron los valores de IAA en el grano de amaranto y por ende su grado de pregelatinización.

Es importante recordar la relación existente entre la temperatura de cocimiento y esta variable, una temperatura mayor de tratamiento producirá una mayor gelatinización del

almidón, aumentando su capacidad de absorción de agua, como lo indica Contreras (2009) en su investigación, afirmación que concuerda con los resultados obtenidos, debido a los valores más altos obtenidos a la temperatura de 120 °C.

Los resultados de IAA obtenidos en esta investigación concuerdan y son menores en baja medida con resultados obtenidos en otras investigaciones, como ejemplo se cita la investigación de Manrique (2006), donde se describe que en el caso de almidones pregelatinizados elaborados a partir de almidones de yuca y jícama utilizando calentamiento óhmico se obtuvieron valores bajos (1.7-7.1 y 1.1-2.6 respectivamente). La investigadora menciona que esos bajos IAA se deben a que el calentamiento óhmico no produce una alteración severa del gránulo de almidón como lo provocan otros procesos como la extrusión, caso que es bastante similar al de esta investigación en cuanto a severidad del tratamiento.

Por otro lado comparando los valores obtenidos de IAA en el grano pregelatinizado (1,51 – 2,3) con los valores del grano crudo (1,50) se puede constatar que el efecto del proceso en la modificación de la estructura del almidón del amaranto ha sido moderado, por lo que se estima que el proceso precoció al grano debido a que la gelatinización fue parcial.

De este modo se dedujo que el tratamiento hidrotérmico de pregelatinización que se propone en esta investigación no es lo suficientemente severo como para dar resultados más altos en los valores del IAA. Esto debido a que en otros procesos como el de extrusión o nixtamalización en los que el tratamiento es más severo, se emplea fuerza de corte al grano o interacción del almidón del cereal con químicos como la Cal, el efecto en su estructura interna y externa es mucho más eficaz, sin embargo estos procesos son utilizados para obtener productos con fines distintos a los esperados en esta investigación.

4.4 VARIABLE ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA (ISA)

Unidad de medida: porcentaje (%).

Una vez finalizado el proceso, el grano pregelatinizado empacado fue almacenado en a 4⁰ C, En días posteriores se realizó la determinación de esta variable. Los resultados obtenidos se muestran en el capítulo de anexos.

Realizado el ADEVA de la variable ISA (**ver anexo 3**) se observó una alta significancia para tratamientos, así como también para los factores A, B y C lo que quiere decir que cada uno influyó de forma diferente en esta variable. De igual manera se observó una alta significancia estadística para las interacciones Ax C, Ax B, Bx C y Ax Bx C lo que significa que la combinación de todos los factores influyó directamente en el valor de la variable medida.

El coeficiente de Variación es de 3,352% que es un valor aceptable dentro de este tipo de ensayos, puesto que se ejecutan en condiciones controladas (Laboratorio). Se realizó las pruebas correspondientes de Tukey para tratamientos, DMS para factores y las correspondientes gráficas de interacción.

Tabla 28. Prueba de TUKEY para la variable ISA

Tratamientos	Medias	Tukey
A3B2C2	9	A
A3B2C1	8,66	A
A3B1C2	7,32	B
A3B1C1	7,18	B
A2B2C1	5,25	C
A2B2C2	5,06	C
A2B1C2	4,32	D
A2B1C1	3,34	E
A1B2C2	3,18	E F
A1B1C2	2,9	G
A1B2C1	2,66	G
A1B1C1	2,1	H

Al analizar los resultados de la prueba de Tukey se encontró significación estadística, observándose ocho rangos con un comportamiento diferente, de los cuales los tratamientos en el rango A son los que tienen la mejor media, siendo así el T12 y el T11 los más destacados debido a sus valores más altos, demostrando así que tuvieron una mayor pregelatinización del almidón. El ISA es una de las variables de medida indirecta del grado de gelatinización del almidón tras el proceso térmico.

Tabla 29. Prueba DMS para el factor A (temperatura de autoclavado 80 °C, 100 °C y 120 °C) para la variable ISA

Tratamientos	Medias	DMS
A3	8,04	A
A2	4,49	B
A1	2,71	C

Una vez realizada la prueba de DMS para el factor A se observó significación estadística, encontrándose 3 rangos. El nivel A3 tuvo la media más alta en la variable IAA, por lo que se considera el mejor. Esto indica que a una temperatura de autoclavado de 120 °C los valores de esta variable fueron mayores y por ende existió una mayor precocción.

Tabla 30. Prueba DMS para el factor B (tiempo de proceso) para la variable ISA

Tratamientos	Medias	DMS
B2	5,64	A
B1	4,53	B

Una vez realizada la prueba de DMS para el factor B se observó significación estadística, encontrándose 2 rangos. El nivel B2 tuvo la mejor media para la variable ISA, debido a su valor más alto. Lo que indica que fue necesario un tiempo de autoclavado de 8 minutos para tener valores más altos de esta variable y por ende una mayor precocción.

Tabla 31. Prueba DMS para el factor C (humedad de acondicionamiento) para la variable ISA

Tratamientos	Medias	DMS
C2	5,3	A
C1	4,86	B

Una vez realizada la prueba de DMS para el factor C se observó significación estadística, encontrándose 2 rangos. El nivel C2 tuvo la mejor media para esta variable, debido a su valor más alto, indicando así que fue necesaria una humedad de 40% para que el índice de solubilidad del amaranto pregelatinizado sea más alto y por ende presente una mayor precocción.

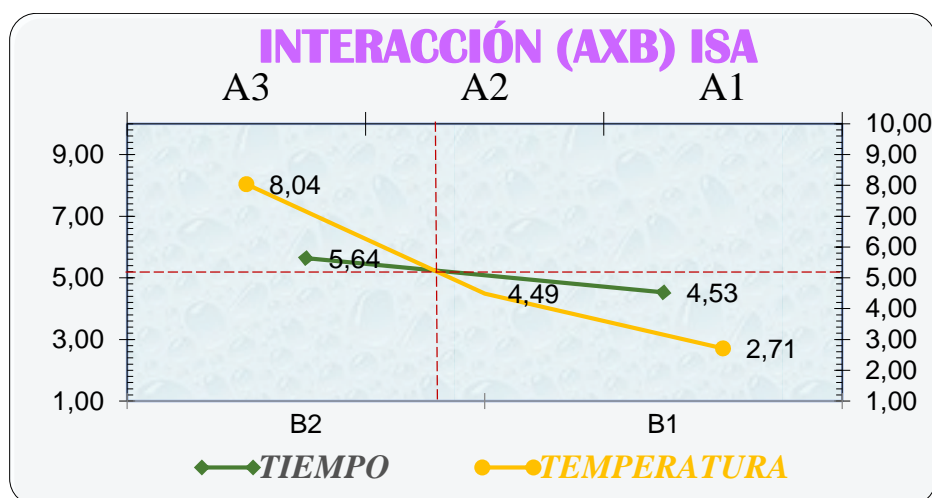


Gráfico 7. Interacción AxB para la variable ISA

En el gráfico 7 se puede apreciar el punto crítico en la interacción de los factores A y B en la variable índice de solubilidad en agua. La interacción de estos factores dio como resultado un valor de 5,25. Esta gráfica revela que la combinación de la temperatura y el tiempo de autoclavado influyeron en el índice de absorción de agua que presentó el grano pregelatinizado de amaranto. La interacción fue directamente proporcional, demostrando así que fueron necesarios una temperatura de autoclavado mínima de 100 °C y un tiempo de autoclavado de 8 minutos para obtener niveles de ISA más altos que demuestran una mayor precocción del grano.

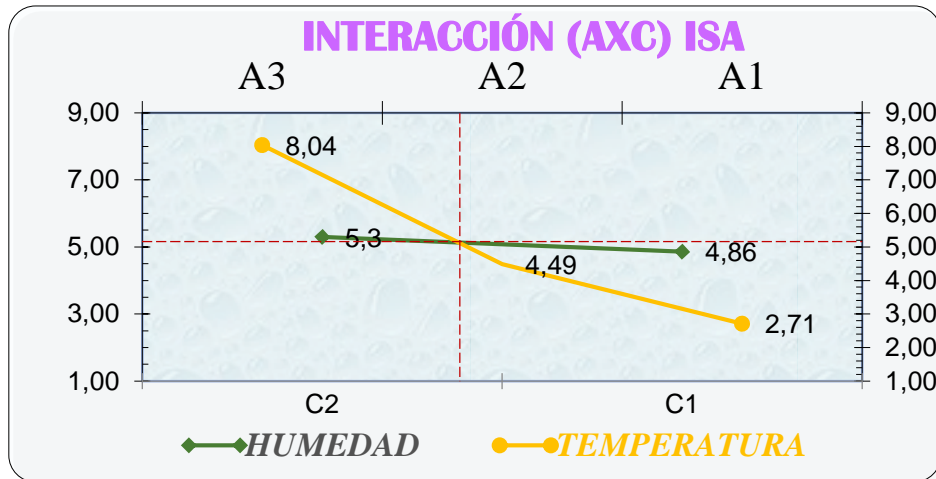


Gráfico 8. Interacción AxC para la variable ISA

En el gráfico 8 se puede apreciar el punto crítico en la interacción de los factores A y C en la variable índice de solubilidad en agua. La interacción de estos factores dio como resultado un valor de 5,20. Esta gráfica revela que la combinación de la temperatura de autoclavado y la humedad de acondicionamiento influyeron en el índice de absorción de agua que presentó el grano pregelatinizado de amaranto. La interacción fue directamente proporcional demostrando así que fueron necesarias una temperatura de autoclavado mínima de 100 °C y una humedad de 40% para obtener niveles de ISA más elevados, que demuestran una mayor precocción del grano.

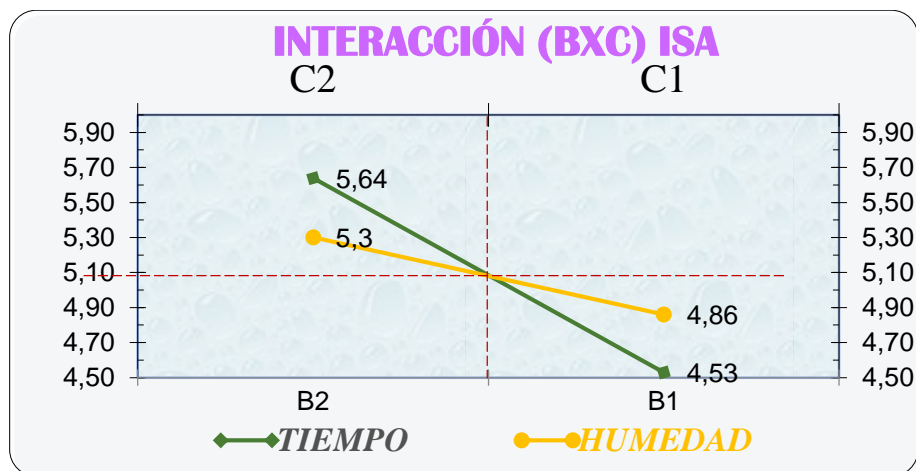


Gráfico 9. Interacción BxC para la variable ISA

En el gráfico 9 se puede apreciar el punto crítico en la interacción de los factores B y C en la variable índice de solubilidad en agua. La interacción de estos factores dio como resultado un valor de 5,09. Esta gráfica revela que la combinación del tiempo de autoclavado y la humedad de acondicionamiento influyeron en el índice de solubilidad en agua que presentó el grano pregelatinizado de amaranto. La interacción fue directamente proporcional demostrando que fueron necesarios un tiempo de autoclavado de 8 minutos y una humedad de acondicionamiento de 40% para obtener niveles de ISA más altos, los que demuestran una mayor precocción del grano.

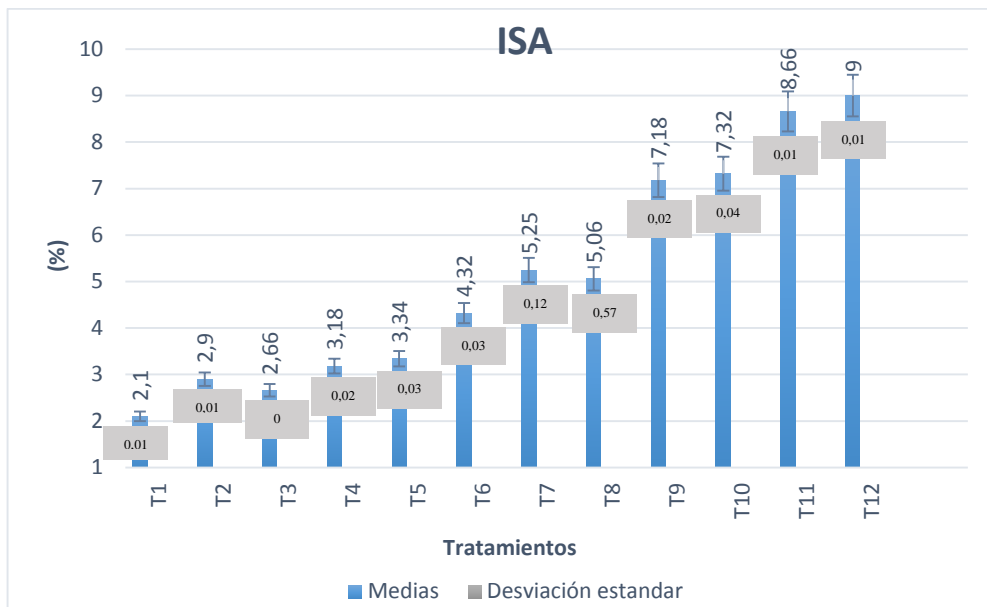


Gráfico 10. Comportamiento de las medias para la variable Índice de solubilidad en agua del grano pregelatinizado de Amaranto.

En la gráfica se puede distinguir que las medias para el índice de solubilidad en agua difieren unas de otras, mostrando como mejores tratamiento al T12 y al T11 por tener las medias más altas. Esto significa que esta variable estuvo influenciada por todos los factores estudiados en este proceso. Lo que indica que a mayor severidad de las condiciones del proceso de pregelatinización hidrotérmica, mayor fue el incremento en el ISA del grano de amaranto y por ende mayor su grado de pregelatinización.

Una baja solubilidad puede deberse al tamaño del gránulo y la organización supra molecular de los componentes del almidón (Granados et al. 2014). En su investigación Manrique (2006) menciona que en almidones pregelatinizados donde no se aplica una fuerza de corte a los gránulos hinchados, ocurre apenas una lixiviación parcial de la amilosa, llevando a cabo una absorción de agua y una limitada solubilidad. Lo que permitió comprender la existencia de los bajos valores obtenidos en esta investigación.

Como lo señala Ruiz (2013), un incremento significativo del índice de absorción de agua refleja la alteración de la estructura cristalina del almidón, provocada por el incremento de la temperatura. El ISA aumenta con la severidad del tratamiento térmico y mecánico y se ha reportado que esta variable incrementa cuando el contenido de humedad en la muestra disminuye. Por el contrario, los resultados obtenidos en el proceso propuesto en esta investigación demostraron que la humedad de acondicionamiento de 40% produjo los mayores valores, por lo que en esta investigación este enunciado no se cumple ya que este es el nivel planteado más alto de este factor.

Por otro lado comparando los valores obtenidos de ISA en el grano pregelatinizado (2,10% - 9%) con los valores del grano crudo (1,76) se pudo constatar que el efecto del tratamiento en la modificación de la estructura del almidón del amaranto ha sido moderado, por lo que se estima que el proceso ha precocido el grano debido a que la gelatinización fue parcial.

Sin embargo, existen rangos bastante diferenciados entre uno y otro tratamiento en cuanto a los valores obtenidos para el ISA, situación que pudo deberse a que la variable medida es empleada en el estudio de harinas, extruidos o en general productos derivados del almidón que contienen un bajo contenido de humedad, es decir de diferente naturaleza al grano pregelatinizado. Ahora bien, dicho análisis al ser una medida indirecta el grado de cocción de los almidones, fue adaptado a esta investigación para poder conseguir resultados que evidencien la alteración a la cadena de almidón del amaranto provocado por el proceso aplicado.

4.5 VARIABLE PODER DE HINCHAMIENTO (PH)

Unidad de medida: adimensional.

Una vez finalizado el proceso, el grano pregelatinizado empacado fue almacenado en a 4⁰ C. En días posteriores se realizó la determinación del PH. Los resultados se muestran en el capítulo de anexos.

Realizado el ADEVA de la variable Poder de hinchamiento (**ver anexo 4**) se observó una alta significancia para tratamientos, así como también para los factores A, B y C lo que quiere decir que cada uno de ellos influyó de forma significativa en esta variable. También existió alta significancia para todas las interacciones AxB, AxC, BxC y AxBxC indicándose así que la combinación entre los factores influyó en esta variable.

El coeficiente de Variación es de 1,983 % que es un valor muy aceptable dentro de este tipo de ensayos, pues los ensayos se ejecutan en condiciones controladas (Laboratorio). Se realizó las pruebas correspondientes de Tukey para tratamientos, DMS para factores y las correspondientes gráficas de interacción.

Tabla 34. Prueba de TUKEY para la variable PH

Tratamientos	Medias	Tukey
A3B2C2	2,18	A
A3B1C2	1,90	B
A3B2C1	1,82	C
A3B1C1	1,75	C
A2B2C2	1,65	D
A2B1C2	1,58	D
A2B2C1	1,50	E
A2B1C1	1,48	E
A1B1C2	1,36	F
A1B2C2	1,34	G
A1B2C1	1,31	G
A1B1C1	1,28	G

Al analizar los resultados de la prueba de Tukey se encontró significación estadística observándose siete rangos con un comportamiento diferente de los cuales el tratamiento en el rango A es el que tuvo la mejor media, siendo el T12 el más destacado, debido su valor más alto, demostrando así que sufrió una mayor pregelatinización del almidón debido a su valor más alto de poder de hinchamiento. El PH es una de las variables de medida indirecta del grado de gelatinización del almidón tras el proceso térmico.

Tabla 35. Prueba DMS para el facto A (temperatura de autoclavado 80 °C, 100 °C y 120 °C) para la variable poder de hinchamiento.

Tratamientos	Medias	DMS
A3	1,91	A
A2	1,55	B
A1	1,32	C

Una vez realizada la prueba de DMS para el factor A se observó significación estadística, encontrándose 3 rangos. El nivel A3 tuvo la mejor media debido a su valor más alto. Lo que evidencia que fue necesaria una temperatura de 120 °C para obtener un mejor poder de hinchamiento en el grano y por ende una mayor precocción.

Tabla 36. Prueba DMS para el factor B (tiempo de proceso) para la variable poder de hinchamiento

Tratamientos	Medias	DMS
B2	1,63	A
B1	1,56	B

Una vez realizada la prueba de DMS para el factor B se observó significación estadística, encontrándose 2 rangos. El nivel B2 tuvo la mejor media debido a su valor más alto. Indicando así que fue necesario un tiempo de 8 minutos de autoclavado para provocar en el grano un mejor valor de poder de hinchamiento y por ende una mayor precocción.

Tabla 37. Prueba DMS para el factor C (humedad de acondicionamiento) para la variable poder de hinchamiento

Tratamientos	Medias	DMS
C2	1,67	A
C1	1,52	B

Una vez realizada la prueba de DMS para el factor C se observó significación estadística, encontrándose 2 rangos. El nivel C2 tuvo la mejor media debido a su valor más alto. Lo que indica que fue necesario una humedad de 40% para provocar un mayor poder de hinchamiento en el grano de amaranto y por ende una mayor precocción.

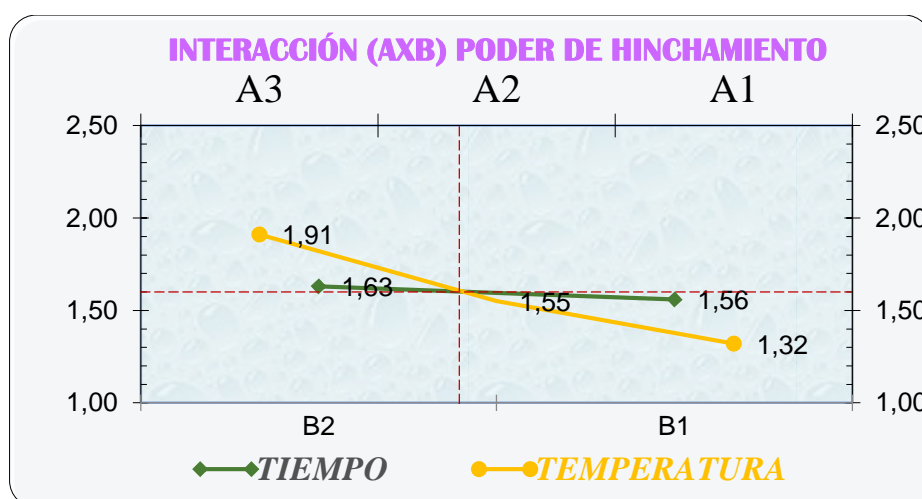


Gráfico 11. Interacción AxB de la variable Poder de Hinchamiento

En el gráfico 11 se puede apreciar el punto crítico en la interacción de los factores A y B en la variable poder de hinchamiento. La interacción de estos factores dio como resultado un valor de 1,60. Esta gráfica revela que la combinación del tiempo de autoclavado y la temperatura de autoclavado influyeron en el poder de hinchamiento que presentó el grano pregelatinizado de amaranto. La interacción es directamente proporcional demostrando que fueron necesarias una temperatura de 100 °C y un tiempo de 8 minutos de para obtener valores de poder de hinchamiento más altos, evidenciado así una mayor pregelatinización del grano.

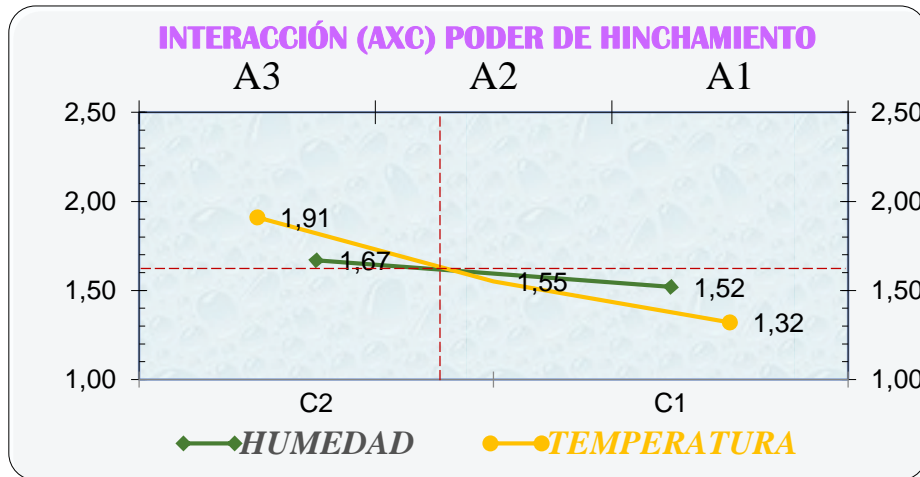


Gráfico 12. Interacción AxC de la variable Poder de Hinchamiento

En el gráfico 12 se puede apreciar el punto crítico en la interacción de los factores A y C en poder de hinchamiento. La interacción de estos factores dio como resultado un valor de 1,61. Esta gráfica revela que la combinación de la temperatura de autoclavado y la humedad de acondicionamiento influyeron en el poder de hinchamiento que presentó el grano pregelatinizado de amaranto. La interacción es directamente proporcional demostrando que fueron necesarias una temperatura mínima de 100 °C y de una humedad de 40% para obtener valores de poder de hinchamiento más altos, evidenciando así una mayor pregelatinización del grano.

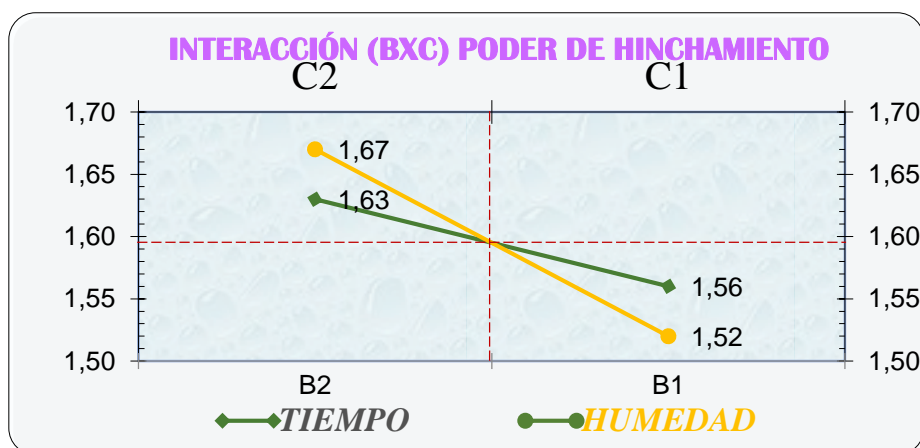


Gráfico 13. Interacción BxC de la variable Poder de Hinchamiento

En el gráfico 13 se puede apreciar el punto crítico en la interacción de los factores B y C en la variable poder de hinchamiento. La interacción de estos factores dio como resultado un valor de 1,59. La gráfica revela que la combinación del tiempo de autoclavado y la humedad de acondicionamiento influyeron en el poder de hinchamiento que presenta el grano pregelatinizado de amaranto. La interacción es directamente proporcional demostrando que fueron necesarios un tiempo de 8 minutos y de una humedad de 40% para obtener valores más elevados de PH, evidenciando así una mayor pregelatinización del grano.

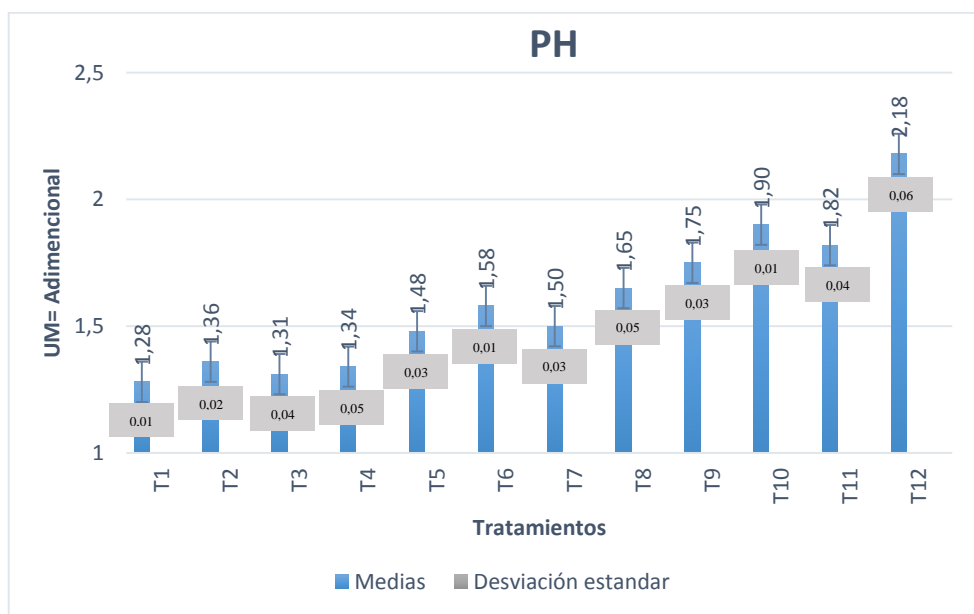


Gráfico 14. Comportamiento de las medias para la variable Poder de hinchamiento del grano pregelatinizado de amaranto.

En la gráfica se puede distinguir que las medias para el poder de hinchamiento en agua difieren unas de otras, esto significa que esta variable estuvo influenciada muy directamente por los diferentes factores estudiados en esta investigación. Lo que evidencia que a mayor severidad en las condiciones de proceso, mayor fue el PH que presentó el grano de amaranto y por ende mayor fue su grado de pregelatinización.

El poder de hinchamiento se relaciona con la capacidad de absorción de agua de cada almidón. Esta es una propiedad de su contenido de amilopectina, siendo la amilosa un

diluyente e inhibidor del hinchamiento (Granados, Guzmán, Acevedo, Días y Herrera, 2014). Debido a lo anteriormente mencionado se deduce que el poder de hinchamiento del grano de amaranto es elevado, ya que al ser un grano de almidón céreo (bajo o nulo contenido de amilosa) no se inhibe el hinchamiento.

En la investigación de Ruiz (2013) se elaboró extracto sólido de camote, evaluándose también IAA, ISA y PH, en donde obtuvieron valores promedio de PH ($4,11 \text{ g(g)}^{-1}$). Estos valores registrados son mayores a los obtenidos en el grano pregelatinizado de amaranto, se aduce que la causa es por una severidad intermedia del tratamiento térmico propuesto en esta investigación, esto debido al descarte de la fase de secado en el procedimiento de pregelatinización propuesto.

Por otro lado comparando los valores obtenidos de PH en el grano pregelatinizado (1,23 % - 2,13 %) con los valores del grano crudo (1,19) se puede constatar que el efecto del tratamiento en la modificación de la estructura del almidón del amaranto ha sido moderado, por lo que se estima que el proceso ha precocido el grano debido a que la gelatinización ha sido parcial.

Otro motivo por los que estos valores son bajos puede deberse en gran medida a que la eficacia del análisis empleado no es totalmente confiable en este caso, debido a lo ya mencionado acerca de la aplicabilidad del análisis de esta variable, es decir que el IAA, el ISA y el PH son variables que generalmente se estudian a productos de distinta naturaleza a los obtenidos en esta investigación. Sin embargo, en virtud de lo mencionado en la investigación de Valencia (2009), en la cual señala que los índices de solubilidad y absorción de agua se pueden usar como un indicativo del grado de modificación de los almidones por tratamientos térmicos, es que se empleó esta variable para el análisis de resultados tras el proceso aplicado. Es importante recordar que no existe una disponibilidad de otro análisis de mayor precisión para la determinación del grado de gelatinización, que se ajuste a la naturaleza del producto final obtenido.

4.6 VARIABLE DENSIDAD APARENTE

Unidad de medida: (kg/m³)

Una vez finalizado el proceso, el grano pregelatinizado fue almacenado a 4 °C. Posteriormente se evaluó la densidad aparente del grano. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 38. Densidad aparente del grano pregelatinizado de amaranto

Tratamientos	Repeticiones			Sumatoria	Media
	R1	R2	R3		
A1B1C1	700	720	720	2140	713,33
A1B1C2	740	760	740	2240	746,67
A1B2C1	720	740	720	2180	726,67
A1B2C2	740	760	760	2260	753,33
A2B1C1	740	720	720	2180	726,67
A2B1C2	760	760	760	2280	760,00
A2B2C1	740	720	720	2180	726,67
A2B2C2	780	760	780	2320	773,33
A3B1C1	760	720	760	2240	746,67
A3B1C2	720	760	760	2240	746,67
A3B2C1	740	740	720	2200	733,33
A3B2C2	740	780	760	2280	760,00

Tabla 39. ADEVA de la variable Densidad aparente del grano pregelatinizado de amaranto

F.V	SC	GL	ADEVA			
			CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	15322,22	35				
Trat.	10255,56	11	932,32	4,42 **	2,30	3,29
FA	1088,89	2	544,44	2,58 ns	3,49	5,85
FB	277,78	1	277,78	1,32 ns	4,35	8,10
FC	6944,44	1	6944,45	32,89 **	4,35	8,10
IAB	155,55	2	77,78	0,37 ns	3,49	5,85
IAC	1088,89	2	544,45	2,58 ns	3,49	5,85
IBC	277,78	1	277,78	1,32 ns	4,35	8,10
IABC	422,23	2	211,11	1,00 ns	3,49	5,85
Error	5066,67	24	211,11			

Realizado el ADEVA de la variable densidad aparente se observó una alta significancia para tratamientos, así para el factor C, lo que quiere decir que tan solo este factor influye de forma diferente en la densidad aparente del grano pregelatinizado. No existió significancia para ninguna de las interacciones (AxB, AxC, BxC y AxBxC).

El coeficiente de Variación es de 1,904 % que es un valor aceptable dentro de este tipo de ensayos, puesto que se ejecutan en condiciones controladas (Laboratorio). Se realizó las pruebas correspondientes de Tukey para tratamientos, y DMS para el factor C.

Tabla 40. Prueba de TUKEY para la variable Densidad aparente

Tratamientos	Medias	DMS
A2B2C2	773,33	A
A2B1C2	760,00	B
A3B2C2	760,00	C
A1B2C2	753,33	C
A3B1C1	746,67	D
A3B1C2	746,67	D
A1B1C2	746,67	E
A3B2C1	733,33	E
A2B2C1	726,67	F
A2B1C1	726,67	G
A1B2C1	726,67	G
A1B1C1	713,33	G

Al analizar los resultados de la prueba de Tukey se encontró la significación estadística, observándose siete rangos con un comportamiento diferente de los cuales el tratamiento en el rango A es el que tuvo la mejor media, siendo el más destacado el T8, debido a su valor más alto. La densidad aparente muestra un incremento en el tamaño del grano tras la precocción lo que se traduce en una dilatación del grano.

Tabla 41. Prueba DMS para el factor C (humedad de acondicionamiento 30% y 40%) para la variable densidad aparente

Tratamientos	Medias	DMS
C2	756,67	A
C1	728,89	B

Una vez realizada la prueba de DMS para el factor C se observó significación estadística, encontrándose 2 rangos. El nivel C2 tuvo la mejor media, debido a su valor más alto. Evidenciando así que una humedad de 40% provoca una mayor densidad aparente en el amaranto, es decir que el grano ha incrementado su tamaño a causa de la imbibición de agua lo que produce una dilatación en la estructura del producto y por ende su mayor pregelatinización y apariencia más vistosa.

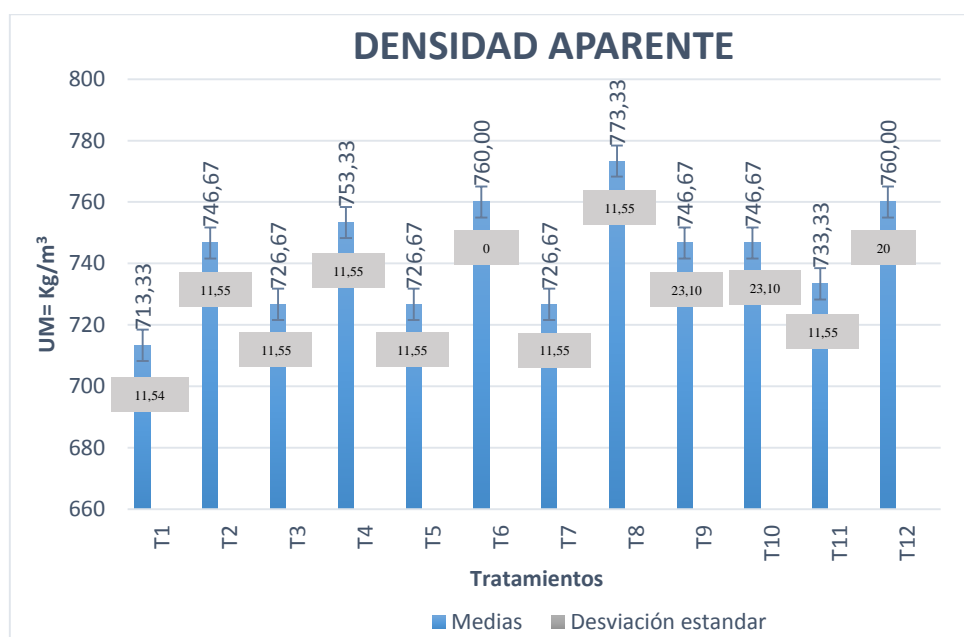


Gráfico 15. Comportamiento de las medias para Densidad aparente del grano pregelatinizado de amaranto.

En gráfica se puede distinguir que los mejores tratamientos son: T8 y el T12 debido a que estos tuvieron las medias más altas. Este resultado nos demuestra que los tratamientos en los que se aplicó una humedad de 40% son los que registran los valores más altos de densidad

aparente, constatando así la influencia del porcentaje de humedad en esta variable que evidencia una dilatación del grano a causa de la absorción de agua lo que presume su mayor pregelatinización. La densidad aparente es la propiedad tecno-funcional que relaciona la masa con el volumen ocupado, incluyendo el volumen de las partículas y los espacios disponibles entre las mismas. (Aguilera, 2009)

En su investigación Egas, Villacrés, Peralta y Ruilova (2010) en la elaboración de un cereal para el desayuno a base de quinua obtuvieron valores de densidad aparente de 743 kg/m³ para la variedad Tunkahuan y 715 kg/m³ para la variedad Pata de venado, valores que se asemejan a los obtenidos en esta investigación, no obstante evidentemente la naturaleza del producto así como del proceso por la cual se obtuvieron estos valores son distintos, sin embargo arrojaron resultados muy parecidos.

Los valores de densidad aparente dependen de la humedad y de la morfología del grano, los que presentan mayor densidad poseen normalmente, mayor cantidad de sustancias de reserva (nutrientes), siendo esta condición la más deseable (Egas et al 2010). Los valores obtenidos en el amaranto pregelatinizado incrementaron luego del proceso con relación al grano sin procesar, incremento que fue atribuido a la capacidad del grano para hincharse, consiguiendo así expandir su forma, efecto que provocó una vistosa apariencia en el producto final.

4.7 VARIABLE RENDIMIENTO

Unidad de medida: porcentaje (%).

Una vez finalizado el proceso, el grano pregelatinizado y posterior a su enfriamiento, se procedió a efectuar la medición de la variable rendimiento del grano. Los resultados se muestran en el capítulo de anexos.

Realizado el ADEVA de la variable rendimiento (**ver anexo 5**) se observó una alta significancia tanto para tratamientos como para los factores A, B y C, esto que quiere decir que cada factor influyó significativamente en esta variable. No existió significancia para ninguna de las interacciones (AxB, AxC, BxC y AxBxC) lo que quiere decir que la combinación de estos factores no influyeron significativamente..

El coeficiente de Variación es de 0,30 % que es un valor muy aceptable dentro de este tipo de ensayos, puesto que se realizan en condiciones controladas (Laboratorio). Se realizó las respectivas pruebas de Tuckey para tratamientos, y DMS para factores

Tabla 44. Prueba de TUKEY para la variable Rendimiento

Tratamientos	Medias	Tukey
A1B1C2	143,67	A
A1B2C2	143,11	B
A2B1C2	142,45	C
A2B2C2	141,78	C
A3B1C2	140,22	D
A3B2C2	139,45	D
A1B1C1	130,22	E
A1B2C1	129,89	E
A2B1C1	129,67	F
A2B2C1	128,78	G
A3B1C1	128,00	G
A3B2C1	126,34	H

Al analizar los resultados de la prueba de Tukey se encontró significación estadística, observándose ocho rangos con un comportamiento diferente de los cuales el tratamiento en el rango H es el que representan la mejor media, siendo el T11 el más destacado, debido a su media más baja, lo que quiere decir que fue el que mejor pregelatinizó a causa de la pérdida de peso por la evaporación de agua en la precocción lo que ocasionó el menor rendimiento.

Tabla 45. Prueba DMS para el facto A (temperatura de autoclavado 80 °C, 100 °C y 120 °C) para la variable rendimiento

Tratamientos	Medias	DMS
A1	136,72	A
A2	135,67	B
A3	133,50	C

Una vez realizada la prueba de DMS para el factor A se observó significación estadística, encontrándose 3 rangos. El nivel A3 tuvo la mejor media debido a su menor valor, lo que indica que a una temperatura de 120 °C el grano tuvo mejor pregelatinización, evidenciándose esto en la pérdida de peso luego del proceso lo que ocasiona un rendimiento menor.

Tabla 46. Prueba DMS para el factor B (tiempo de autoclavado) para la variable rendimiento

Tratamientos	Medias	DMS
B1	135,70	A
B2	134,89	B

Una vez realizada la prueba de DMS para el factor B se observó significación estadística, encontrándose 2 rangos. El nivel B2 tuvo la mejor media, debido a su menor valor, lo que indica que a un tiempo de 8 minutos el grano pregelatinizó mejor, evidenciándose esto en la pérdida de peso luego del proceso, lo que ocasionó un rendimiento menor.

Tabla 47. Prueba DMS para el factor C (humedad de acondicionamiento 30% y 40%) para la variable Rendimiento.

Tratamientos	Medias	DMS
C2	141,78	A
C1	128,82	B

Una vez realizada la prueba de DMS para el factor C se observó significación estadística, encontrándose 2 rangos. El nivel C1 tuvo la mejor media debido a su menor valor, lo que indica que a una humedad de 30% el grano pregelatinizó mejor, evidenciándose esto en la pérdida de peso luego del proceso, lo que ocasionó un rendimiento menor.

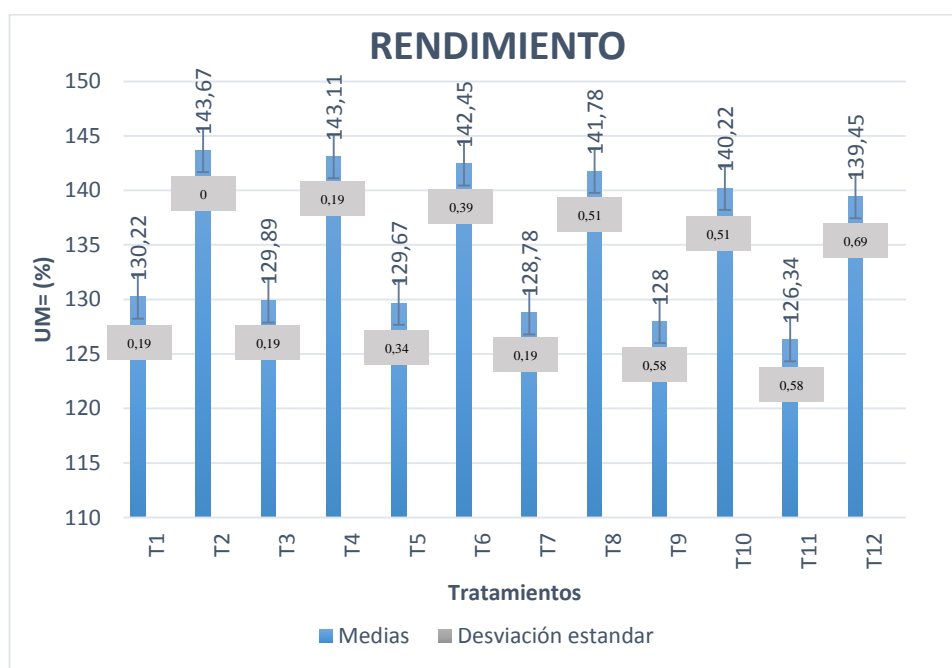


Gráfico 16. Comportamiento de las medias para la variable rendimiento después del proceso de pregelatinización hidrotérmica del grano de Amaranto.

La gráfica muestra el comportamiento de las medias para el rendimiento las cuales presentaron una diferencias entre los tratamientos que tuvieron una humedad de 40% y los que tuvieron una humedad de 30%, sin embargo entre los 6 tratamientos de cada porcentaje

mencionado no existió una marcada diferencia significativa. Lo que indica que el porcentaje de humedad influyó en el rendimiento del grano pregelatinizado.

Las diferencias existentes en cuanto al rendimiento obtenido para cada uno de los diferentes tratamientos, se atribuyeron a los diferentes niveles de cada factor empleado en el proceso de pregelatinización hidrotérmica, en vista de que en algunos tratamientos la intensidad del procesado fue mayor que en otros, lo que se traduce en mayor pérdida del contenido acuoso y de la estructura del almidón provocando así diferencias en el rendimiento obtenido.

Es importante recordar que el rendimiento es un parámetro importante desde el punto de vista económico, debido a que a mayor rendimiento, mayores ganancias económicas deja el producto.

4.8 VARIABLE AZÚCARES REDUCTORES

Unidad de medida: porcentaje (%)

Una vez finalizado el proceso el grano pregelatinizado fue almacenado a 4°C. Posteriormente se evaluó la variable de azúcares reductores. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 48. Resultados de la variable azúcares reductores

Tratamientos	Repeticiones			Sumatoria	Media
	R1	R2	R3		
A1B1C1	0	0	0	0	0
A1B1C2	0	0	0	0	0
A1B2C1	0	0	0	0	0
A1B2C2	0	0	0	0	0
A2B1C1	0	0	0	0	0
A2B1C2	0	0	0	0	0
A2B2C1	0	0	0	0	0
A2B2C2	0	0	0	0	0
A3B1C1	0	0	0	0	0
A3B1C2	0	0	0	0	0
A3B2C1	0	0	0	0	0
A3B2C2	0	0	0	0	0

Según la norma NTE INEN 266:2012 la definición de azúcares reductores es la siguiente: los azúcares reductores son mono y oligosacáridos que contienen un grupo aldehídico o cetónico libre que presenta un efecto reductor sobre ciertos agentes oxidantes. Por lo tanto el almidón al ser un polisacárido al momento de ser hidrolizado se degradará a sus componentes más simples que son los monosacáridos, es decir azúcares reductores, el más común la glucosa.

Como se puede observar en la tabla 46, no se registraron valores cuantitativos en ninguno de los tratamientos, revelando así que el grano pregelatinizado presenta cantidades mínimas

de la variable evaluada, Esto se atribuyó al efecto moderado del tratamiento, el cual no degradó por completo la cadena de almidón.

Mediante una observación detallada en un microscopio óptico se constató el mediano efecto del tratamiento de pregelatinización hidrotérmica en la estructura del grano de amaranto. Se visualizó que la corteza del grano y sus alrededores permanecieron casi inalterados tras el tratamiento térmico efectuado, lo que nos asevera que la cocción fue parcial.

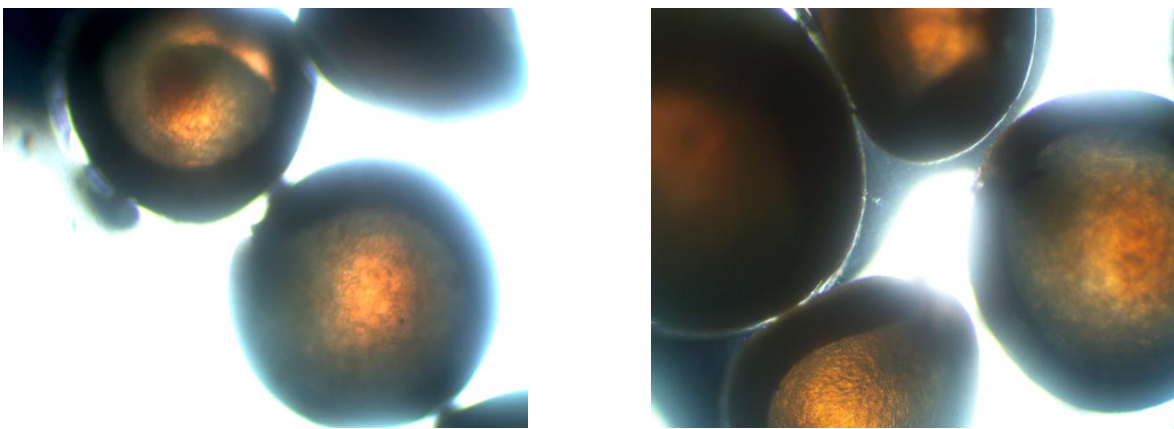


Figura 7. Grano de amaranto pregelatinizado observado en un microscopio óptico

La resistencia de la corteza (pericarpio) del grano así como también al recipiente empleado en el proceso en el cual se colocó la materia prima para ser autoclavada, que fueron frascos de vidrio, cuya conductividad de calor es menor que la de un recipiente de metal influenciaron en el efecto de este proceso en el grano.

Esta observación ayudó a comprender porque las variables estudiadas IAA, ISA, PH, peso, rendimiento, densidad aparente; de las cuales las tres primeras sirven para la determinación indirecta del grado de gelatinización del almidón, arrojaron valores bajos tras su medición. El amaranto si sufrió cambios internos, pero estos no fueron demasiado drásticos como cocerlo completamente y por ende la gelatinización del almidón fue parcial.

De hecho cabe considerar que el objetivo de esta investigación fue conseguir una pregelatinización, es decir tan solo una gelatinización parcial del almidón contenido en el grano de amaranto, y en efecto es lo que se obtuvo, no obstante, se esperaba que la severidad del tratamiento fuera un poco más pronunciada en cuanto a la alteración de la estructura interna del grano.

Comparando los efectos de la pregelatinización de esta investigación con almidones pregelatinizados obtenidos en otras investigaciones, puede distinguirse diferencias significativas en cuanto a valores obtenidos en las variables IAA, ISA y PH. Dentro de este marco hay que tomar en cuenta que en otras investigaciones la finalidad de aplicar determinados procesos térmicos es conseguir una completa gelatinización del almidón contenido en los productos procesados, debido a que estos son empleados como productos de distinta naturaleza al de esta investigación.

Por lo anteriormente mencionado es necesario recordar y recalcar que en este proceso propuesto se omite la operación de secado utilizada generalmente en procesos de pregelatinización, debido a que el objetivo de esta investigación no estuvo encaminado a obtener almidón, harina o un producto en polvo, sino más bien por el contrario se pretendía conseguir un alimento precocido mediante un método alternativo a la inmersión directa en agua debido a que se deseó poder aplicar un proceso al grano de amaranto en el que exista una menor pérdida nutricional, la cual en muchos casos se debe a la disolución de nutrientes en el líquido de calentamiento.

Se buscó también poder conservar la estructura externa del grano para que este sea más vistoso y por ende más apetecible para los consumidores, debido que el grano al ser cocido directamente en agua adquiere una consistencia pastosa causada por la libración de amilopectina fuera de la corteza del mismo, situación que no se presentó aplicando el proceso propuesto, que por el contrario brinda al producto un aspecto interesante.

4.9 ANÁLISIS SENSORIAL

4.9.1 COLOR

Tabla 49. Prueba de Friedman para el color

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
R1	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
R2	11	7,5	7,5	2	11	2	11	2	7,5	11	7,5	11
R3	11	6	6	11	6	1,5	6	6	6	1,5	11	6
R4	1	7	7	11	3	7	3	7	7	3	11	11
R5	11,5	7,5	2	2	1	7,5	7,5	3	11,5	7,5	7,5	7,5
R6	3,5	7,5	7,5	11	3,5	7,5	11	3,5	3,5	1	11	7,5
R7	12	8,5	8,5	8,5	2	2	2	2	8,5	2	8,5	8,5
R8	4	4	9,5	4	9,5	4	4	4	12	9,5	4	9,5
R9	8,5	1,5	1,5	8,5	4	8,5	4	8,5	8,5	12	8,5	4
R10	3	8,5	8,5	8,5	3	3	8,5	8,5	8,5	12	3	3
R11	5	5	1,5	8,5	5	1,5	11	11	5	5	8,5	11
R12	7	7	1,5	7	7	1,5	7	7	7	7	12	7
R13	9,5	5	9,5	5	12	1,5	5	1,5	5	9,5	9,5	5
R14	1	4,5	9,5	4,5	4,5	9,5	4,5	4,5	9,5	9,5	4,5	12
R15	4	4	4	4	10	10	4	4	4	10	10	10
	98,5	90	90,5	102	88	73,5	95	79	110	107	123	119,5
	6,57	6	6,03	6,8	5,87	4,9	6,33	5,27	7,33	7,13	8,2	7,97

Tabla 50. Resultados del cálculo en la variable Color

Variable	X ² Cal	X ² Taba	
cuantitativa		0,05	0,01
COLOR	18,93ns	19,675	24,725

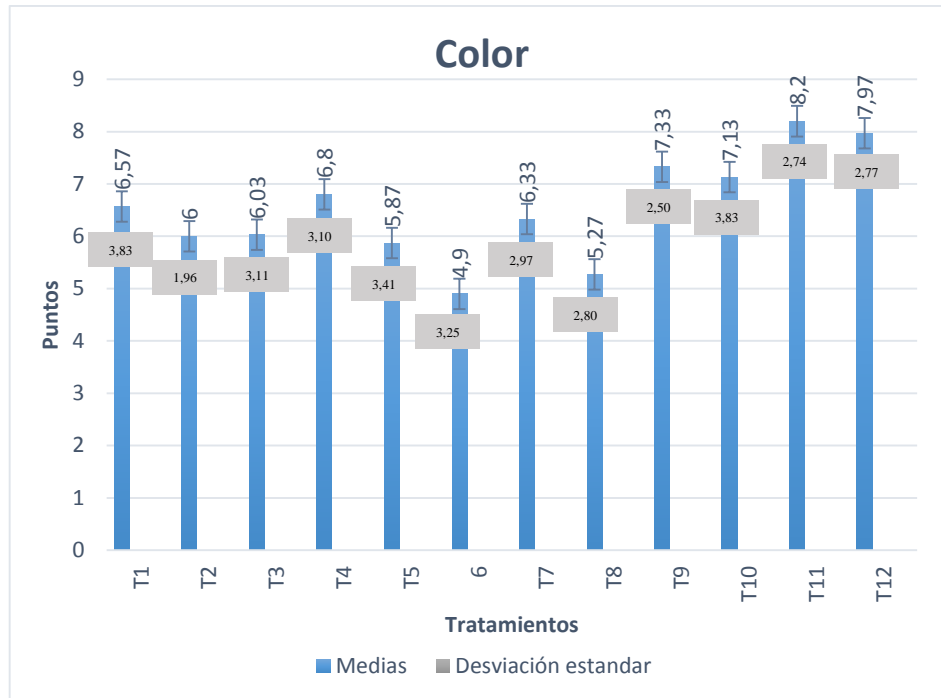


Gráfico 17. Comportamiento de las medias para la variable color

En los valores medios de la tabla 49, el color de los tratamientos T11 (30% de humedad, 120 °C y 8 minutos de autoclavado) y T12 (40% de humedad, 120 °C y 8 minutos de autoclavado) son los que tienen mayor puntaje, ubicándolos dentro de la escala de atractivo, que dentro de la variable color se puede decir que estos tratamientos son llamativos para la vista.

A pesar de esto, según los resultados del análisis sensorial, los catadores no encontraron diferencia significativa en los colores de los distintos tratamientos. Sin embargo, los que presentaron un mayor puntaje fueron aquellos en los que el producto presentó un color más acentuado (dorado). Lo vistoso de esta variable se vio influenciado por la temperatura y tiempo de proceso, los cuales realzaron cambios en las características organolépticas del producto final, a mayor temperatura y mayor tiempo de proceso, mayor fue el efecto en esta característica.

4.9.2 VARIABLE OLOR

Tabla 51. Prueba de Friedman para la variable olor

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
R1	8,5	3,5	8,5	3,5	1	8,5	3,5	8,5	8,5	8,5	3,5	12
R2	9,5	9,5	9,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	9,5	9,5	9,5
R3	4,5	9	9	9	1	2	4,5	4,5	9	9	4,5	12
R4	5	9,5	9,5	12	1	2	5	9,5	5	5	5	9,5
R5	5	5	5	5	5	10,5	5	5	5	10,5	5	12
R6	10	10	10	5,5	1,5	1,5	5,5	5,5	10	10	3	5,5
R7	5,5	9	9	4	2	5,5	9	9	2	12	2	9
R8	8,5	8,5	3,5	3,5	3,5	8,5	3,5	3,5	8,5	11,5	3,5	11,5
R9	8	6	6	1,5	8	6	10,5	6	8	12	1,5	10,5
R10	6,5	6,5	6,5	2,5	1	2,5	6,5	11	6,5	6,5	11	11
R11	7	10,5	3	3	3	3	10,5	10,5	3	10,5	7	7
R12	2	5,5	5,5	5,5	1	5,5	5,5	10,5	5,5	10,5	10,5	10,5
R13	5	9,5	5	9,5	1	9,5	5	5	9,5	5	2	12
R14	4	8,5	1	8,5	4	4	4	8,5	8,5	4	8,4	12
R15	3,5	7,5	1,5	7,5	7,5	7,5	1,5	3,5	7,5	11,5	11,5	7,5
	92,5	118	92,5	84	44	80	83	104	100	136	87,9	151,5
	6,17	7,87	6,17	5,6	2,93	5,33	5,53	6,93	6,67	9,07	5,86	10,1

Tabla 52. Resultados del cálculo en la variable olor

Variable	X ² Cal	X ² Taba	
		0,05	0,01
cuantitativa			
COLOR	47,35**	19,675	24,725

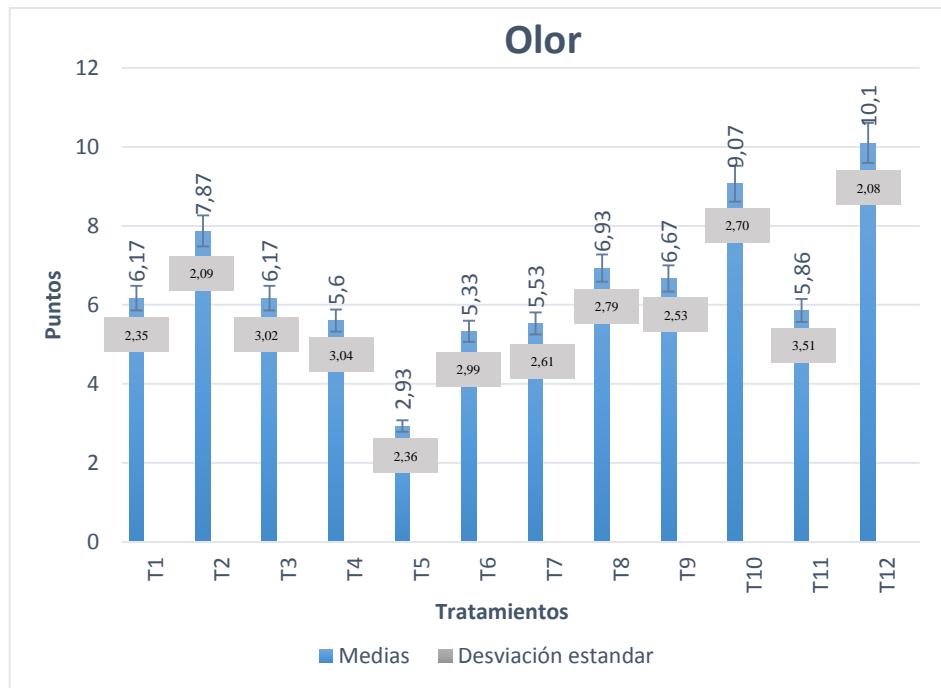


Gráfico 18. Comportamiento de las medias para la variable olor.

En la tabla 51 se observa que el tratamiento doce T12 (40% de humedad, 120 °C y 8 minutos de autoclavado) fue el más aceptada por los degustadores ya que obtuvo un mayor puntaje, seguido del segundo mejor puntuado el cual fue el tratamiento once T10 (40% de humedad, 120 °C y 8 minutos de autoclavado), lo cual los convierte en los más atractivos para la variable olor.

Según los resultados del análisis sensorial, los catadores se inclinaron por los olores del amaranto que tuvieron un mayor grado de pregelatinización. Esta variable se acentúa debido a la aplicación de una mayor temperatura y tiempo de proceso en esta investigación, siempre y cuando esta no sea excedente como para quemar los azúcares del producto.

4.9.3 VARIABLE SABOR

Tabla 53. Pruebas de Friedman para la variable sabor

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
R1	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	11,5	5,5	11,5
R2	1,5	5,5	1,5	5,5	5,5	5,5	10,5	5,5	10,5	5,5	10,5	10,5
R3	4,5	1	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	10	10	10	10	10
R4	3,5	9	9	9	9	3,5	3,5	9	9	1	3,5	9
R5	4	8,5	4	4	1	8,5	4	4	8,5	8,5	11,5	11,5
R6	3	3	3	9,5	3	9,5	3	6	9,5	9,5	9,5	9,5
R7	9,5	9,5	9,5	1	2,5	5	2,5	5	9,5	5	9,5	9,5
R8	7	2,5	7	2,5	2,5	2,5	7	7	11	7	11	11
R9	6	11	6	6	1,5	1,5	6	6	6	6	11	11
R10	6	6	6	6	1	11,5	6	6	6	11,5	6	6
R11	1,5	5	1,5	9,5	5	5	5	9,5	9,5	9,5	5	12
R12	7	7	7	7	2	11,5	2	7	7	7	2	11,5
R13	5,5	2	2	2	5,5	10	10	5,5	10	5,5	10	10
R14	10,5	7	3	10,5	3	3	7	3	10,5	3	10,5	7
R15	1,5	10,5	5,5	5,5	1,5	5,5	10,5	5,5	10,5	5,5	5,5	10,5
	76,5	93	75	88	53	92,5	87	94,5	133	106	121	150,5
	5,1	6,2	5	5,87	3,53	6,17	5,8	6,3	8,87	7,07	8,07	10,03

Tabla 54. Resultados del cálculo en la variable sabor

Variable	X ² Cal	X ² Taba	
		0,05	0,01
cuantitativa			
SABOR	40,39**	19,675	24,725

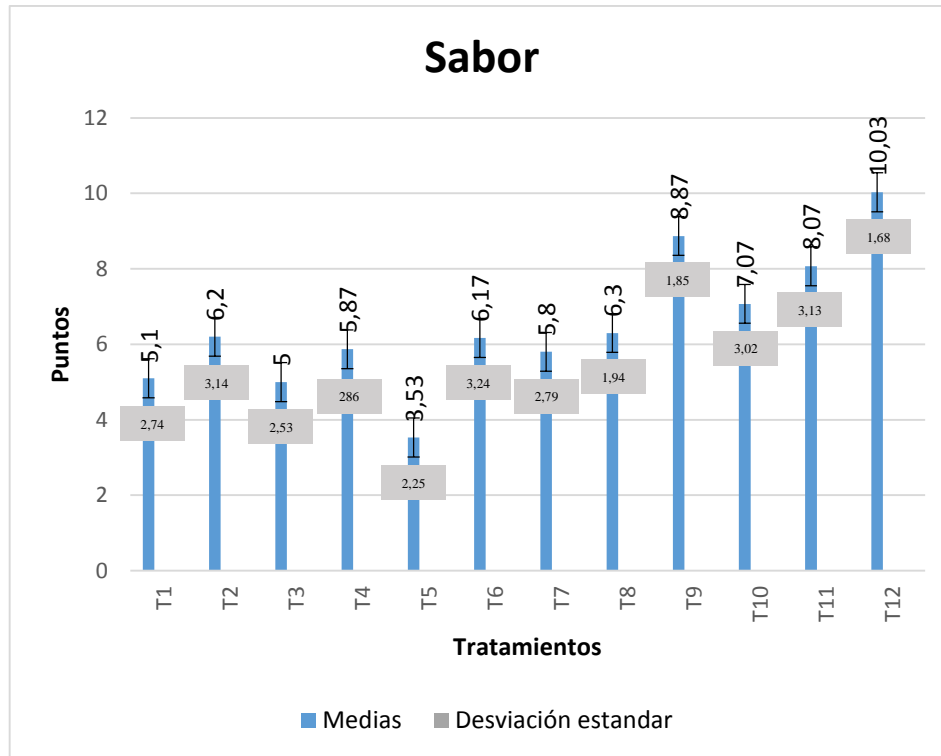


Gráfico 19. Comportamiento de las medias para la variable sabor

En la tabla 53 se puede apreciar que el tratamiento doce T12 (40% de humedad, 120 °C y 8 minutos de autoclavado) tiene el puntaje más alto; esto nos indica que fue el más aceptado por los degustadores, el segundo tratamiento mejor puntuado corresponde al tratamiento nueve T9 (30% de humedad, 120 °C y 4 minutos de autoclavado),

De acuerdo con los resultados del análisis sensorial, los catadores mostraron preferencia por el sabor del producto que sufrió un mayor proceso de pregelatinización. Esto se puede justificar debido a que a mayor temperatura y tiempo de proceso, los cambios en las propiedades organolépticas del producto se acentúan, en este caso el sabor que se genera tras la degradación moderada de los polisacáridos, es el que causó mayor preferencia.

4.9.4 VARIABLE TEXTURA

Tabla 55. Pruebas de Friedman para la variable textura

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
R1	4	4	4	12	9,5	4	9,5	4	4	4	9,5	9,5
R2	3	8,5	8,5	8,5	3	3	3	3	8,5	12	8,5	8,5
R3	4,5	4,5	4,5	10,5	4,5	10,5	4,5	4,5	4,5	4,5	10,5	10,5
R4	11,5	8	3,5	3,5	8	1	3,5	8	11,5	3,5	8	8
R5	5	10,5	5	10,5	5	5	1	5	10,5	5	5	10,5
R6	4	9	9	4	1	4	9	9	4	12	4	9
R7	3,5	9	9	9	3,5	9	1	9	9	3,5	5,5	9
R8	5,5	5,5	11	5,5	5,5	11	1	5,5	5,5	11	5,5	5,5
R9	2,5	2,5	6	10	6	10	2,5	2,5	10	6	10	10
R10	2	7,5	7,5	2	7,5	12	7,5	7,5	2	7,5	7,5	7,5
R11	7,5	7,5	7,5	2	7,5	2	7,5	7,5	12	2	7,5	7,5
R12	11	3	11	7	3	1	7	3	7	7	11	7
R13	10	6,5	2,5	2,5	10	2,5	2,5	6,5	6,5	6,5	10	12
R14	1,5	5	5	10	5	5	5	10	1,5	10	10	10
R15	5,5	10,5	1,5	1,5	5,5	5,5	10,5	5,5	5,5	10,5	5,5	10,5
	81	101,5	95,5	98,5	84,5	85,5	75	90,5	102	105	118	135
	5,4	6,77	6,37	6,57	5,63	5,7	5	6,03	6,8	7	7,87	9

Tabla 56. Resultados del cálculo en la variable textura

Variable	X² Cal	X² Taba	
		0,05	0,01
cuantitativa			
TEXTURA	17,72**	19,675	24,725

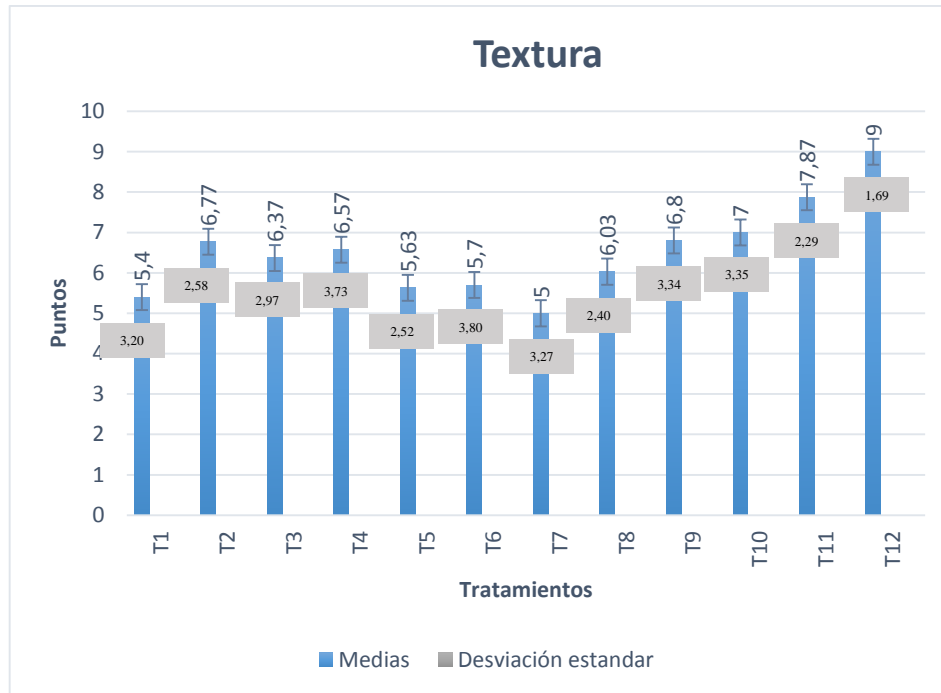


Gráfico 20. Comportamiento de las medias para la variable textura

En la tabla 55 se puede observar que el T12 (40% de humedad, 120 °C y 8 minutos de autoclavado) es el mejor puntuado, esto quiere decir que fue el más aceptado por los degustadores. El segundo mejor puntuado fue el T11 (30% de humedad, 120 °C y 8 minutos de autoclavado).

De igual manera es bien conocido que los alimentos al sufrir un proceso de cocción se ablandan, debido al rompimiento de los enlaces de los constituyentes internos del producto tras el tratamiento térmico. De tal manera que los catadores optaron por preferir una consistencia más blanda en el producto, textura tal que presentaron los granos que sufrieron mayores condiciones de proceso.

4.9.5 VARIABLE ACEPTABILIDAD

Tabla 57. Pruebas de Friedman para la variable aceptabilidad

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
R1	9,5	4	4	4	4	4	9,5	4	9,5	4	9,5	12
R2	9	9	3	9	9	3	3	3	3	9	9	9
R3	1	3	8,5	8,5	8,5	8,5	3	3	8,5	8,5	8,5	8,5
R4	5,5	5,5	10	10	2	10	2	10	10	5,5	2	5,5
R5	6,5	6,5	6,5	2,5	1	6,5	2,5	6,5	6,5	10,5	12	10,5
R6	1,5	1,5	5	10	5	5	5	10	10	10	5	10
R7	4,5	9	9	1,5	4,5	4,5	4,5	1,5	9	12	9	9
R8	4,5	4,5	4,5	2	1	4,5	9	9	9	12	9	9
R9	4	8,5	8,5	8,5	1,5	1,5	4	4	8,5	8,5	8,5	12
R10	11	4	4	8	1	11	8	4	4	4	8	11
R11	4,5	9,5	1,5	9,5	1,5	4,5	9,5	4,5	4,5	9,5	9,5	9,5
R12	3,5	8,5	8,5	8,5	1	3,5	8,5	3,5	3,5	8,5	8,5	12
R13	11	3,5	7,5	3,5	3,5	7,5	3,5	7,5	11	3,5	11	7,5
R14	5	5	1	5	5	5	10,5	10,5	5	5	10,5	10,5
R15	6	10,5	1,5	6	6	1,5	6	10,5	6	6	12	6
	87	92,5	83	96,5	54,5	80,5	88,5	91,5	108	116,5	132	142
	5,8	6,17	5,53	6,43	3,63	5,37	5,9	6,1	7,2	7,77	8,8	9,47

Tabla 58. Resultados del cálculo en la variable Aceptabilidad

Variable	X ² Cal	X ² Taba	
		0,05	0,01
ACEPTABILIDAD	34,52**	19,675	24,725

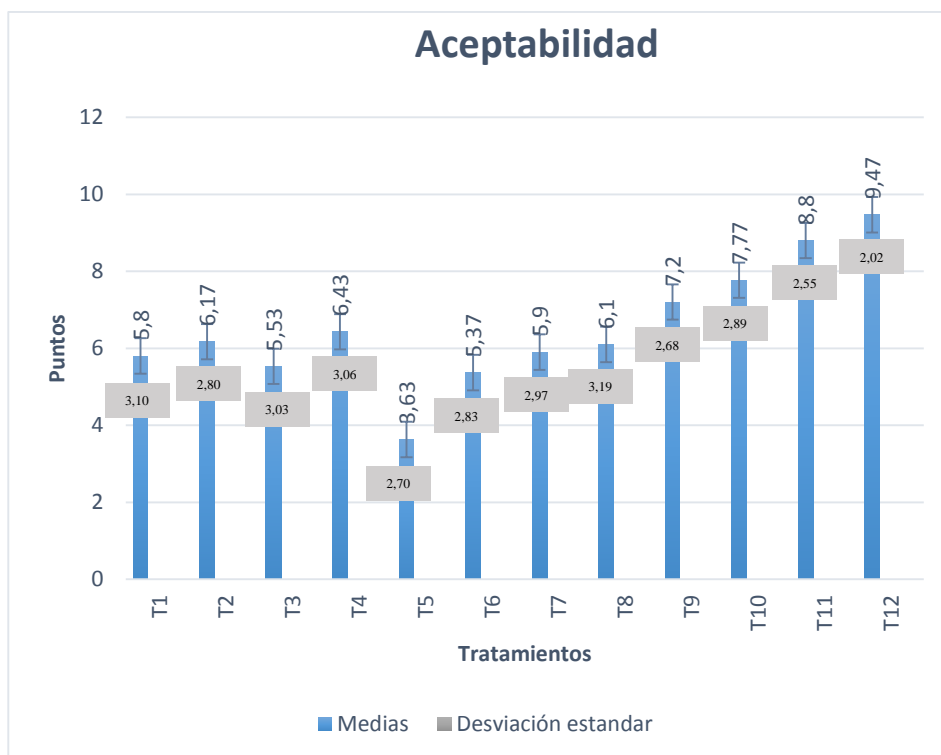


Gráfico 21. Comportamiento de las medias para la variable aceptabilidad

Una vez realizada la prueba de Friedman para la variable aceptabilidad, se puede evidenciar que el tratamiento más aceptado por el panel de degustadores fue el T12 (40% de humedad, 120 °C y 8 minutos de autoclavado) debido a que fue el más puntuado; esto quiere decir que gusta. Por otro lado el tratamiento once T11 (30% de humedad, 120 °C y 8 minutos de autoclavado) fue el segundo mejor puntuado.

Estos resultados muestran que los catadores se inclinaron por el amaranto que presentó una mayor pregelatinización. Esto se puede justificar debido a que una mayor temperatura y tiempo de proceso ejercen mayores efectos en las características organolépticas del producto, esto debido a una mayor gelatinización del almidón así como una mayor desnaturalización de las proteínas.

4.10 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO PARA LOS MEJORES TRATAMIENTOS

El análisis microbiológico se lo realizó a los dos mejores tratamientos, el T12 (humedad de acondicionamiento de 40%, una temperatura del autoclave de 120 °C y una tiempo de proceso de 8 minutos) y al T11 (humedad de acondicionamiento de 30%, una temperatura del autoclave de 120 °C y una tiempo de proceso de 8 minutos), seleccionados tras el análisis de sus variables evaluadas, especialmente IAA, ISA Y PH; transcurridos cinco días de su elaboración. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 59. Resultados microbiológicos.

Parámetros	Unidades	NORMA		
		T11	T12	AMARANTO
Recuento Total	Ufc/ml	120	200	10 ⁶
Mohos y Levaduras	Ufc/ml	300	50	10 ⁴
E. Coli	Ufc/ml	0	0	<10

En la tabla 59 se presentan los resultados para el recuento de mesófilos aerobios, mohos y levaduras, E. coli y coliformes totales, con valores bajos los cuales se encuentran dentro de los límites establecidos en la norma NTE INEN 2646 para el grano de amaranto, lo que nos muestra que el producto cuenta con buenas condiciones microbiológicas, y su consumo no presenta riesgo para el consumo humano. Resultados que fueron relacionados a esta norma debo a la ausencia de una norma para un producto precocido similar al de esta investigación. Por lo tanto esto contribuye de manera a la conservación del alimento y garantiza la inocuidad del mismo, adicionalmente, estos resultados indican que las condiciones durante la producción fueron adecuadas para el aseguramiento de una buena calidad microbiológica y para la preservación del producto.

4.11 ANÁLISIS NUTRICIONAL

Es uno de los aspectos principales en el aseguramiento de su calidad. Cumple un papel importante en la determinación del valor nutricional, en el control del cumplimiento de los parámetros exigidos por los organismos de salud pública y también para el estudio de las posibles irregularidades como adulteraciones y falsificaciones, tanto en alimentos terminados como en sus materias primas.

Estos análisis se realizaron en el laboratorio de usos múltiples de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 60. Resultados de la caracterización nutricional a la materia prima

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado	
		^s Materia prima	Método de ensayo
Contenido de Agua	%	12,60	AOAC 925.10
Cenizas	%	6,90	AOAC 923.03
Proteína	%	12,02	AOAC 920.87
Extracto etéreo	%	6,54	AOAC 920.85
Fibra	%	2,75	AOAC 978.10
Almidón	%	45,43	AOAC 906,03
Carbohidratos totales	%	61,93	Cálculo
Hierro	mg/100 g	2,84	Espectrofotometría
Calcio	mg/100 g	13,90	
Potasio	mg/100 g	516,00	
Magnesio	mg/100 g	2,84	

Al observar la tabla 60 se puede apreciar el contenido nutricional del grano de amaranto utilizado como materia prima, para el caso es muy importante mencionar que esta materia prima no cumplió estrictamente con los requerimientos especificados por la norma NTE INEN 2646, sin embargo fue aceptada y empleada como materia prima al presentar mejores

características que otras previamente adquiridas y evaluadas, lo que evidencia una que existió una escasa disponibilidad de materia prima calificada. Estos valores en su composición nutricional pueden deberse al manejo inadecuado del cultivo de este grano, en cuanto componentes de suelo, semilla certificada, proceso de secado, etc., entre otros factores que pudieron haber influenciado en su contenido nutricional.

Este contenido a su vez influyó en los resultados obtenidos en esta investigación tras el procesado del amaranto.

Tabla 61. Resultados del análisis nutricional a los mejores tratamientos de grano pregelatinizado de amaranto

Parámetro Analizado	Unidad	Mejor tratamiento T11	Mejor tratamiento T 12	Método de ensayo
Contenido de Agua	%	41,26	42,29	AOAC 925.10
Cenizas	%	1,63	1,63	AOAC 923.03
Proteína	%	9,65	9,35	AOAC 920.87
Extracto etéreo	%	2,18	2,33	AOAC 920.85
Fibra	%	3,11	3,2	AOAC 978.10
Almidón	%	28,94	29,00	AOAC 906,03
Carbohidratos totales	%	44,53	43,33	Cálculo
Hierro	mg/100 g	3,87	5,40	Espectrofotometría
Calcio	mg/100 g	5,20	6,03	
Potasio	mg/100 g	406,00	463,60	
Magnesio	mg/100 g	80,18	62,70	

Tabla 62. Resultados del análisis nutricional a la muestra de amaranto cocido de forma convencional

Parámetro Analizado	Unidad	Resultados	
		Materia prima	Método de ensayo
Contenido de Agua	%	65,87	AOAC 925.10
Cenizas	%	0,98	AOAC 923.03
Proteína	%	5,88	AOAC 920.87
Extracto etéreo	%	2,18	AOAC 920.85
Fibra	%	2,08	AOAC 978.10
Almidón	%	15,00	AOAC 906.03
Carbohidratos totales	%	25,09	Cálculo

En la tabla 61 se observa que el tratamiento T12 (40% de humedad de acondicionamiento, temperatura de autoclave de 120 °C y tiempo de proceso de 8 minutos) y el T11 (30% de humedad de acondicionamiento, temperatura de autoclave 120 °C, tiempo de proceso de 8 minutos), no difirieron significativamente en los resultados analizados debido a que los valores en el contenido de proteínas, grasa, cenizas, almidón, etc., fueron bastante similares.

Estos resultados revelan como el grano de amaranto disminuyó moderadamente los valores de sus componentes nutricionales tras el proceso de pregelatinización hidrotérmica, hecho que es completamente normal tras aplicarle un proceso térmico a un alimento. Así pues, al no existir una norma específica para este producto, se utilizó los resultados del análisis nutricional de una muestra de amaranto cocido por el método convencional para comparar valores, pudiendo evidenciarse así claramente que estos últimos son todavía más bajos en relación a los valores del amaranto pregelatinizado obtenido en esta investigación, resultados que permiten presumir que el proceso propuesto en esta investigación conserva de mejor forma los componentes nutricionales del grano de amaranto tras ser precocido.

4.12 DIGESTIBILIDAD DEL GRANO PREGELATINIZADO

La digestibilidad de un alimento se define como la proporción de nitrógeno del mismo que es absorbida tras su digestión. La digestibilidad de la proteínas se mide a partir del balance de nitrógeno, ya que las proteínas se degradan en péptidos y aminoácidos libres durante la digestión en el hombre, este valor se encuentra en un intervalo de 95 a 97% para el huevo, la leche y el queso; para la carne y las leguminosas entre un 94 y 78% respectivamente y para el maíz es de 85%. (Cerón 2006).

En su investigación Bressani (2009) hace mención de que en amaranto la digestibilidad de la proteína del grano fluctúa de entre 65 a 74% en el grano crudo y de 85 a 95% en el grano que ha sufrido algún tipo eficiente de procesamiento.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la digestibilidad estudiada en la materia prima, los mejores tratamientos y una muestra de amaranto cocida de manera tradicional.

Tabla 63. Digestibilidad de la proteína de los mejores tratamientos.

Tratamiento	Digestibilidad (%)
Amaranto crudo	85,35
Amaranto cocido	76,76
T11	50,65
T12	45,45

Se puede observar que el proceso de pregelatinización hidrotérmico propuesto en esta investigación y aplicado al grano de amaranto provocó cambios no favorables en la calidad proteínica de este grano, debido a que está descendió en un porcentaje muy elevado.

Según se menciona en la investigación de Cervilla, Mufari, Calandri y Guzman (2014) los métodos de cocción condicionan la biodisponibilidad de nutrientes y sus pérdidas durante el proceso. Mencionan también que la cocción por inmersión en agua a ebullición es la más habitual, pero que les generó las mayores pérdidas proteicas; mientras que, la cocción con

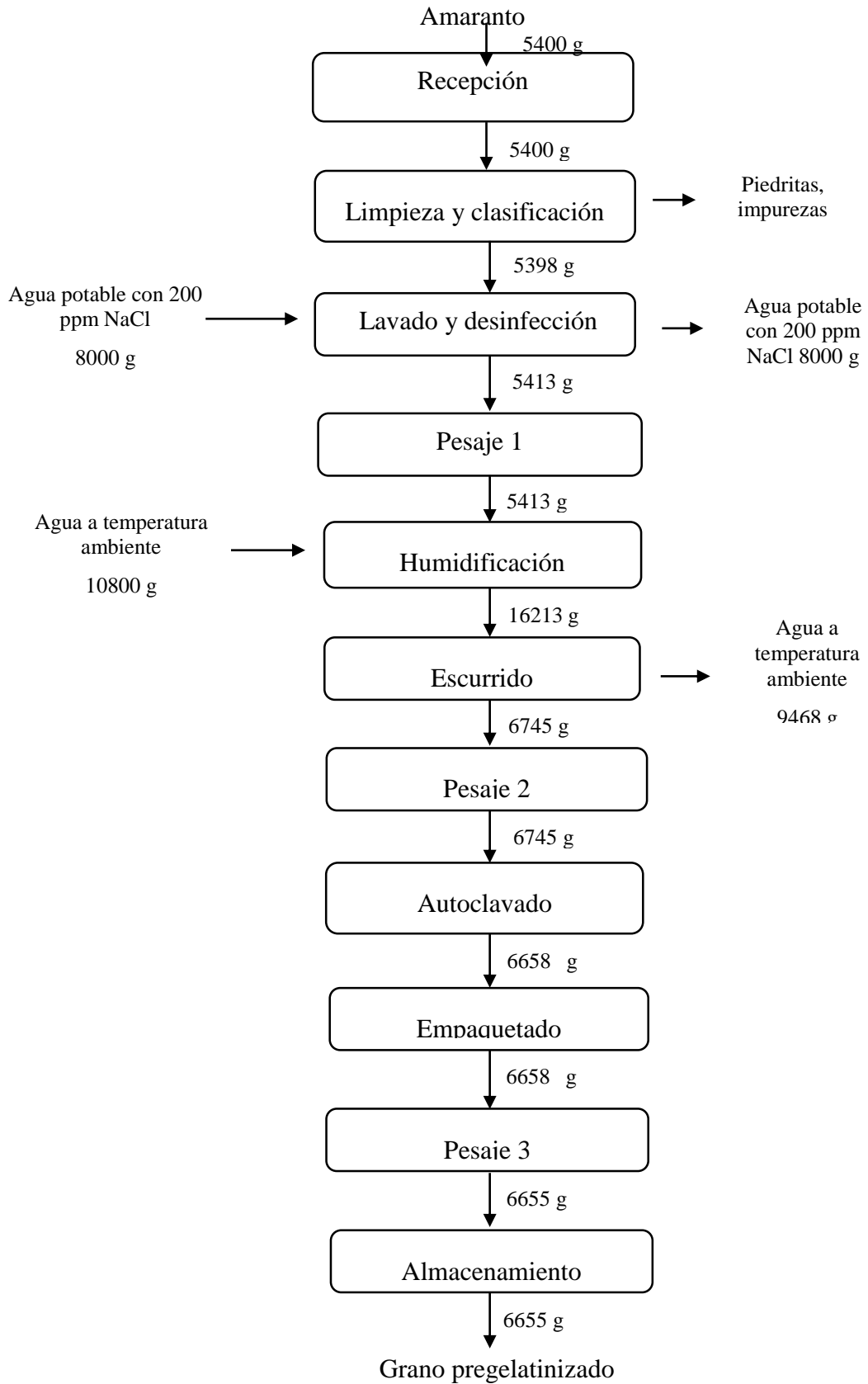
vapor a presión atmosférica, no garantizo la completa gelatinización de los granos. Por lo contrario, afirman que con la cocción con vapor a presión la quínoa gelatiniza por completo y con escasas perdida en proteínas. Los resultados citados difieren sustancialmente con los obtenidos en esta investigación, los cuales registraron una notable disminución en la digestibilidad de la proteína del grano de amaranto pregelatinizado a pesar de haberse aplicado un proceso similar a los citados por los investigadores mencionados.

En la investigación de Lupano (2013) se menciona que la cocción de ciertas proteínas vegetales o animales produce con frecuencia un aumento de digestibilidad por desenmascarar sitios de hidrólisis. Si hay interacciones hidrofóbicas proteína-proteína, lo que puede ocurrir si el grado de desplegamiento es elevado, se produce agregación, que puede ocasionar una disminución de la solubilidad y la precipitación de la proteína, lo que se traduciría en una disminución de la biodsponibilidad de la proteína.

Atendiendo a lo anteriormente mencionado se puede notar que existen varios factores que pueden ocasionar una baja biodisponibilidad de aminoácidos. Factores como la inaccesibilidad de la proteína a las proteasas debida a su conformación, la dificultad para digerir proteínas que fijan metales o celulosa, la presencia de factores antinutrimientales, así como el tamaño y el área superficial de la proteína y el procesamiento al que haya sido sometida previamente, son aspectos que influyen de forma decisiva (Badui, 2013).

Aún más importante en 2013, Badui afirma que igual que muchos productos de origen vegetal, el amaranto contiene compuestos indeseables que deben eliminarse para incrementar su calidad nutritiva; entre ellos los inhibidores de proteasas y las saponinas. Por este enunciado se puede deducir que la disminución en la digestibilidad de la proteína del grano pregelatinizado se vio afectada por la presencia de los factores antinutricionales que no fueron completamente eliminados tras el proceso, el cual se ha comprobado es de una intensidad moderada, pudiendo así no haber sido lo suficientemente fuerte como para eliminar estos agentes dañinos.

4.13 BALANCE DE MATERIALES



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Sobre la base de los resultados y considerando las variables en estudio se establecen las siguientes conclusiones:

- El amaranto presentó tres etapas en su proceso de absorción de agua: la primera fue de absorción acelerada, la segunda de absorción lenta y en la tercera se produjo un estancamiento. Fueron necesarias 2 y 4 horas de hidratado para alcanzar las humedades requeridas de 30% y 40%.

- El amaranto pregelatinizado tuvo leves pérdidas por cocción (de 1 a 4 gramos) lo que disminuyó su peso después de proceso, concluyéndose así que esta disminución se presentó a causa de la leve evaporación de agua una vez finalizada la precocción.

- Los valores obtenidos de índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento fueron bajos (2,03, 8,66% y 2,18 respectivamente), lo que indica la severidad media de la pregelatinización en esta investigación, ya que estas variables al ser una medida indirecta del grado de gelatinización, nos indican que la cadena de almidón del grano de amaranto no fue degradada drásticamente tras este proceso térmico.

- La densidad aparente del grano de amaranto pregelatinizado arrojó valores promedio de $733,33 \text{ kg/m}^3$ y 760 kg/m^3 , concluyéndose así que la pregelatinización hidrotérmica provoca una importante dilatación en el grano, lo que provoca en el producto una llamativa apariencia al consumidor.
- La medida de la variable azúcares reductores no presentó valores cuantificables, lo que indicó que el almidón del grano de amaranto no sufrió una gelatinización completa al ser procesado, debido a que la cadena de almidón no se degradó a sus componentes más simples (monosacáridos).
- Según los resultados de análisis organoléptico se determinó que los tratamientos con mayor aceptabilidad fueron: T12: (40% de humedad, 120°C de temperatura de autoclavado y 8 minutos de autoclavado), y T11: (30% de humedad, 120°C de temperatura de autoclavado y 8 minutos de autoclavado).
- Los valores de la digestibilidad (50, 65%) del grano pregelatinizado disminuyeron en comparación a los valores que presenta un grano nativo (85,35%) y el grano cocido convencionalmente (76,76%). Se concluye que el insuficiente efecto que ocasionaron las condiciones de este tratamiento térmico en la eliminación de los factores antinutricionales influyó en esta variable como lo refiere la bibliografía.
- Se confirma la hipótesis alternativa debido a que el proceso de pregelatinización hidrotérmica del grano de amaranto incidió en las características físicas y nutricionales del grano. Esta incidencia fue positiva en comparación al efecto causado en el grano de amaranto cocido convencionalmente en inmersión directa en agua, debido a que el contenido nutricional al igual que su aspecto se conservaron de mejor manera en el grano tras ser procesado.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una investigación de pregelatinización hidrotérmica del grano de amaranto reestableciendo los parámetros estudiados además de investigar la utilización de recipientes de otro material para el proceso de autoclavado, para de este modo obtener nuevos resultados a los obtenidos en esta investigación.
- Es importante que al adquirir la materia prima (amaranto) se evalúe sus características fisicoquímicas basándose en la norma NTE INEN 2646:2012, para con ello seleccionar la más apropiada; evitando así elaborar productos con materia prima de baja calidad.
- Se recomienda buscar otros métodos de precocción aplicables al grano de amaranto para poder ser consumido como tal, procesos cuyos parámetros no ocasionen pérdidas nutricionales significativas en el producto tras su procesamiento. El amaranto es un excelente alimento por lo que se recomienda introducir al mercado productos industrializados de amaranto para contribuir con la nutrición de la sociedad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abbas, K., Khalil, K., & Hussin, A. (2010). *Modified Starches and Their Usages in Selected Food Products*. Journal of Agricultural Science, Department of Food Technology.
2. Aguilar, M. C., Vega, M., & Cruz, M. C. (s.f.). *Identificación de compuestos antinutricionales en amaranto (íntegro y reventado) cultivado en algunas regiones del centro del país*. Universidad del Estado de Hidalgo, (págs. 306-307).
3. Alemán, S. (2009). *Propiedades químicas y funcionales del almidón de topocho (Musa Abb). uso en geles de mora (Rubus glaucus benth)*. Caracas: Universidad Central de Venezuela. Tesis de maestría.
4. Alvarado, L. (2009). *Obtención de harina de yuca para el desarrollo de productos*. Quito-Ecuador: Tesis de pregrado.
5. Álvarez, C. (2014). *Propiedades reológicas de frutos y masas de plátanos procesados por cocción y su relación con la modificación del almidón*. Universidad del Valle. Tesis doctoral.
6. Andalzua, A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. España: Acriba S.A Zaragoza -España. (págs. 11-27)
7. Arroyave, L., & Esguerra, C. (2006). *Utilización de harina de quínuva (Chenopodium quinua willd) en el proceso de panificación*. Colombia: Universidad de la salle.
8. Badui, S. (2013). *Química de los alimentos de Salvador Badui Dergal*. 5ta. Edición. Pearson. México. (págs. 68-77).
9. Bello, M. (2009). *Procesamiento hidrotérmico de arroz cáscara. Efecto de las condiciones de hidratación y cocción en el rendimiento, textura y propiedades térmicas del grano elaborado*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
10. Benítez, R., & Ramírez, F. (1984). *Elaboración de harinas pregelatinizadas de Sorgo (Sorghum bicolor L. Moench. Características y Usos*. México: Universidad Autónoma de Chapingo. Industrias Agrícolas.
11. Bressani, R. (2006). *Estudio Sobre la Industrialización Del Grano De Amaranto, Caracterización Química y Nutricional de Productos Intermedios y Finales del Procesamiento*. Guatemala: Proyecto Fodecyt No 23-2002.

12. Bressani, R., & Rodas, B. (2009). *Caracterización química y nutricional de variedades del grano de amaranto y algunas aplicaciones*. Revista 16 de la universidad de Guatemala, (págs. 42-60).
13. Calidad, I. B. (2009). *Palmito- Requisitos del palmito silvestre en conserva NB 317011*. In I. B. Calidad, *Palmito- Rquisitos del palmito silvestre en conserva* (págs. 1-10). Bolivia: Inorca.
14. Cárdenas, A. (2012). *Composición química, caracterpisticas de calidad y actividad antioxidante de pasta enriquecida con harina de amaranto y hoja de amaranto deshidratada*. . México: Universidad Autónoma de Querétaro. Tesis de maestría.
15. Castel, M. (2010). *“Estudio de las propiedades funcionales, tecnológicas y fisiológicas de las proteínas de amaranto”*. Perú: Tesis de doctorado.
16. Cervilla, N., Mufar, J., Clandri, E., & Guzmán, C. (2014). *Pérdidas nutricionales durante la cocción de semillas de Chenopodium quinua Willd bajo presión de vapor*. Nutrición clínica y dietética hospitalaria , (págs.72-76).
17. Egas, L., Villacrés, E., Salazar, D., Peralta, E., & Ruilova, M. (2010). *Elaboracion de un cereal para el desayuno con ase a quinua (Chenopodium quinoa Willd) expandida*. Revista Tecnológica ESPOL, Vol. 23, (págs.9-15).
18. García, J. (2015). *Efecto del tratamiento con altas presiones sobre la pregelatinización del arroz en grano y de harina de arroz*. Univerddidad Pública de Navarra. Tesis Doctoral. (págs. 43-46)
19. García, X., & Zaragoza, F. (2009). *Estudio comparativo del efecto de la adiccion de almidon modificado en un pan tipo muffin horneado en microondas y convencionalmente*. Mexico DF: Tesis de maestria.
20. Gonzales, J., Carrizales, R., & Martínez, J. (2013). *Perspectiva de nuevos productos a base de amaranto. Cerveza artesanal de amaranto*. Revista Académica de investigación, No. 14.
21. Gonzales, T., & Sánchez, I. (2007). *Propiedades Fisicoquímicas de Almidones Catiónicos Elaborados por Extrusion*. Mexico DF: Tesis de maestria.

22. Granados, C., Guzmán, L., Acevedo, D., Díaz, M., & Herrera, A. (2014). *Propiedades funcionales del almidón de Sagu (Marantha arundinacea)*. Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial, (págs.93-95).
23. Hernandez, E. (2005). *Evaluación sensorial*. Bogota: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
24. Herrea, H. (2015). *Evaluación de tensoactivos y fracciones de aislado de proteína de amaranto para la formación de fibras con la técnica de electroestirado*. Santiago de Querétaro. Universidad Autónoma de Querétaro. Tesis de maestría.
25. Lara, N. (n.d.). *A la hora del recreo, snack de amaranto*. Alimentos, INIAP.
26. Lupano, E. (2013). *Modificaciones de componentes de los alimentos: cambios químicos y bioquímicos por procesamiento y almacenamiento*. 1ra Edición. La Plata. Universidad de la Plata.
27. Manrique, N., & Quevedo, I. (2006). *Producción de alimentos pregelatinizados a partir de mezclas de almidones de fuentes no convencionales utilizando extrusor de doble tornillo*. Instituto Politecnico Nacional, Centro de desarrollo de productos bioticos.
28. Peñas, M. (2007). *Estudio del efecto de la temperatura de cocción en la calidad nutricional y la textura en un producto de V gama esterilizado a partir de judía verde*. Industrias Agrarias Alimentarias.
29. Peralta, E. (2012). *Amaranto y Ataco: preguntas y respuestas*. Programa nacional de leguminosas y granos andinos INIAP Santa Catalina, (págs.2-7).
30. Peralta, E., Murillo, A., Mazón, N., Villacrés, E., & Rivera, M. (2012). *Catálogo de variedades mejoradas de granos andinos: chocho, quinua y amaranto, para la sierra del Ecuador*. Quito-Ecuador: Puublicación miscelánea numero151.
31. Peralta, E. (2012). *El amaranto en el Ecuador "Estado del arte"*. Primera versión. Quito-Ecuador. (págs. 9-12)
32. Pineda, D., Coral, M., & Arciniegas, A. R. (2010). *Papel del agua en la gelatinización del almidón de maíz: estudio por calorimetría de barrido*. Artículo Científico. Ingeniería y Ciencia, ISSN 1794–9165., Volúmen 6. (págs. 131-133).

- 33.** Ponce, A. D. (2013). *Selección de un proceso de transformación para la disminución de compuestos antinutricionales en el grano y hojas de amaranto (Amaranthus caudatus L.) y Sangorache (Amaranthus hybridus L.)*. Quito-Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- 34.** Revelo, A. (2010). *Desarrollo de las tecnologías de un snack laminado a partir de quinua*. Quito- Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- 35.** Rodas, B., & Bressani, R. (2009). *Contenido de aceite, ácidos grasos y escualeno en variedades procesadas del grano de amaranto*. Guatemala: Centro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad del Valle de Guatemala. (págs. 83-84).
- 36.** Ruiz, A. (2013). *Caracterización del extracto sólido y seco de dos genotipos de camote (ipomoea batatas) gelatinizado y fortificado con residuo sólido de zanahoria amarilla (daucus carota)*. Quito - Ecuador: Escuela Politécnica Nacional .
- 37.** Soto, K. (2014). *Desarrolllo y caracterización de nanofibras electroestiradas de proteína de amaranto y pilulano cargadas con dos bacteriosinas: nicina A y pediocina PA-1*. Universidad Autónoma de Querétaro. Santiago de Querétaro. Tesis de maestría.
- 38.** Valencia, B. (2009). *Evaluación técnica financiera de la industrialización del garbanzo (Cicef arietnum) usando un proceso extrusión*. Quito-Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- 39.** Vargas, P., & Hernández, D. (2012). *Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y nampi: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria*. . Tecnología en marcha, Vol. 26 (págs.37-45).
- 40.** Villacrés, E., Salazar, D., Peralta, E., & Ruilvi, M. (2010). *Tecnología de elaboración de un cereal instantáneo a base de quinua (chenopodium quinoa willd) expandida*. Quito-Ecuador : Instituto Nacional Autonomo de Investigaciones Agropecuarias.

ANEXOS

ANEXO 1

Resultados obtenidos para la variable PESO

Tabla 18: Peso del grano pregelatinizado

Tratamientos	R1	R2	R3	Sumatoria	Media
A1B1C1	391	390	391	1172	390,67
A1B1C2	431	431	431	1293	431,00
A1B2C1	390	389	390	1169	389,67
A1B2C2	430	429	429	1288	429,33
A2B1C1	388	389	390	1167	389,00
A2B1C2	428	426	428	1282	427,33
A2B2C1	387	386	386	1159	386,33
A2B2C2	425	424	427	1276	425,33
A3B1C1	382	385	385	1152	384,00
A3B1C2	422	419	421	1262	420,67
A3B2C1	380	377	380	1137	379,00
A3B2C2	420	416	419	1255	418,33

Tabla 19: Análisis de la varianza para la variable Peso

F.V	SC	GL	ADEVA			
			CM	F. cal	F. 5%	Tab 1%
Total	14305,56	35				
Trat.	14268,23	11	1297,11	831,48 **	2,30	3,29
FA	582,89	2	291,45	186,83 **	3,49	5,85
FB	53,78	1	53,78	34,47 **	4,35	8,10
FC	13611,12	1	13611,12	8725,08 **	4,35	8,10
IAB	8,22	2	4,11	2,63 ns	3,49	5,85
IAC	6,22	2	3,11	1,99 ns	3,49	5,85
IBC	1,77	1	1,77	1,13 ns	4,35	8,10
IABC	4,23	2	2,12	1,36 ns	3,49	5,85
Error	37,33	24	1,56			

ANEXO 2

Resultados obtenidos para la variable IAA

Tabla 27. Índice de absorción de agua del grano pregelatinizado

Tratamientos	Repeticiones			Sumatoria	Media
	R1	R2	R3		
A1B1C1	1,52	1,52	1,48	4,52	1,51
A1B1C2	1,57	1,53	1,55	4,65	1,55
A1B2C1	1,55	1,55	1,55	4,65	1,55
A1B2C2	1,61	1,57	1,62	4,8	1,6
A2B1C1	1,7	1,69	1,7	5,09	1,7
A2B1C2	1,81	1,83	1,8	5,44	1,81
A2B2C1	1,75	1,74	1,71	5,2	1,73
A2B2C2	1,92	1,98	1,92	5,82	1,94
A3B1C1	1,96	1,93	1,89	5,78	1,93
A3B1C2	2,12	2,09	2,12	6,33	2,11
A3B2C1	2,04	2	2,01	6,05	2,02
A3B2C2	2,32	2,25	2,32	6,89	2,3

Tabla 28. ADEVA de la variable IAA del grano pregelatinizado de amaranto

F.V	ADEVA					F. Tab 1%
	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	
Total	2,084	35				
Trat.	2,07	11	0,188	188 **	2,3	3,29
FA	1,727	2	0,864	864 **	3,49	5,85
FB	0,071	1	0,071	71 **	4,35	8,1
FC	0,194	1	0,194	194 **	4,35	8,1
IAB	0,011	2	0,006	6 **	3,49	5,85
IAC	0,052	2	0,026	26 **	3,49	5,85
IBC	0,009	1	0,009	9 **	4,35	8,1
IABC	0,006	2	0,003	3 ns	3,49	5,85
Error	0,014	24	0,001			

ANEXO 3

Resultados obtenidos para la variable ISA

Tabla 32. Índice de solubilidad de agua del grano pregelatinizado

Tratamientos	Repeticiones			Sumatoria	Media
	R1	R2	R3		
A1B1C1	2,11	2,09	2,11	6,31	2,1
A1B1C2	2,90	2,88	2,91	8,69	2,9
A1B2C1	2,66	2,66	2,66	7,98	2,66
A1B2C2	3,20	3,17	3,17	9,54	3,18
A2B1C1	3,36	3,31	3,34	10,01	3,34
A2B1C2	4,34	4,29	4,34	12,97	4,32
A2B2C1	5,33	5,11	5,31	15,75	5,25
A2B2C2	5,40	4,40	5,38	15,18	5,06
A3B1C1	7,19	7,19	7,15	21,53	7,18
A3B1C2	7,35	7,33	7,27	21,95	7,32
A3B2C1	8,66	8,66	8,67	25,99	8,66
A3B2C2	9,01	8,99	9,01	27,01	9

Tabla 33. ADEVA de la variable ISA del grano pregelatinizado de amaranto

F.V	ADEVA					
	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	193,792	35				
Trat.	193,1	11	17,555	605,345 **	2,3	3,29
FA	176,684	2	88,342	3046,276 **	3,49	5,85
FB	11,1	1	11,1	382,759 **	4,35	8,1
FC	1,677	1	1,677	57,828 **	4,35	8,1
IAB	2,253	2	1,127	38,862 **	3,49	5,85
IAC	0,266	2	0,133	4,586 *	3,49	5,85
IBC	0,391	1	0,391	13,483 **	4,35	8,1
IABC	0,729	2	0,365	12,586 **	3,49	5,85
Error	0,692	24	0,029			

ANEXO 4

Resultados obtenidos para la variable PH

Tabla 38. Poder de hinchamiento del grano pregelatinizado

Tratamientos	Repeticiones			Sumatoria	Media
	R1	R2	R3		
A1B1C1	1,29	1,27	1,27	3,83	1,28
A1B1C2	1,35	1,38	1,35	4,08	1,36
A1B2C1	1,33	1,33	1,26	3,92	1,31
A1B2C2	1,39	1,30	1,32	4,01	1,34
A2B1C1	1,46	1,51	1,46	4,43	1,48
A2B1C2	1,58	1,58	1,59	4,75	1,58
A2B2C1	1,53	1,47	1,49	4,49	1,5
A2B2C2	1,70	1,66	1,60	4,96	1,65
A3B1C1	1,77	1,77	1,72	5,26	1,75
A3B1C2	1,91	1,90	1,90	5,71	1,9
A3B2C1	1,86	1,81	1,79	5,46	1,82
A3B2C2	2,12	2,23	2,18	6,53	2,18

Tabla 39. ADEVA de la variable Poder de hinchamiento del grano pregelatinizado de amaranto

F.V	ADEVA					
	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	2,556	35				
Trat.	2,528	11	0,23	230 **	2,3	3,29
FA	2,145	2	1,073	1073 **	3,49	5,85
FB	0,047	1	0,047	47 **	4,35	8,1
FC	0,195	1	0,195	195 **	4,35	8,1
IAB	0,048	2	0,024	24 **	3,49	5,85
IAC	0,059	2	0,03	30 **	3,49	5,85
IBC	0,011	1	0,011	11 **	4,35	8,1
IABC	0,023	2	0,012	12 **	3,49	5,85
Error	0,028	24	0,001			

ANEXO 5

Resultados obtenidos para la variable RENDIMIENTO

Tabla 50. Rendimiento del grano pregelatinizado de amaranto

Tratamientos	Repeticiones			Sumatoria	Media
	R1	R2	R3		
A1B1C1	130,33	130	130,33	390,66	130,22
A1B1C2	143,67	143,67	143,67	431,01	143,67
A1B2C1	130,00	129,67	130,00	389,67	129,89
A1B2C2	143,33	143,00	143,00	429,33	143,11
A2B1C1	129,33	129,67	130,00	389,00	129,67
A2B1C2	142,67	142,00	142,67	427,34	142,45
A2B2C1	129,00	128,67	128,67	386,34	128,78
A2B2C2	141,67	141,33	142,33	425,33	141,78
A3B1C1	127,33	128,33	128,33	383,99	128,00
A3B1C2	140,67	139,67	140,33	420,67	140,22
A3B2C1	126,67	125,67	126,67	379,01	126,34
A3B2C2	140,00	138,67	139,67	418,34	139,45

Tabla 51. ADEVA de la variable rendimiento

F.V	ADEVA					
	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	1589,67	35				
Trat.	1585,53	11	144,14	847,88 **	2,3	3,29
FA	64,75	2	32,38	190,47 **	3,49	5,85
FB	5,97	1	5,97	35,12 **	4,35	8,10
FC	1512,57	1	1512,57	8897,47 **	4,35	8,10
IAB	0,90	2	0,45	2,65 ns	3,49	5,85
IAC	0,68	2	0,34	2,00 ns	3,49	5,85
IBC	0,18	1	0,18	1,06 ns	4,35	8,10
IABC	0,48	2	0,24	1,41 ns	3,49	5,85
Error	4,14	24	0,17			

ANEXO 6



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2646:2012

GRANOS Y CERALES. GRANO DE AMARANTO. REQUISITOS E INSPECCIÓN

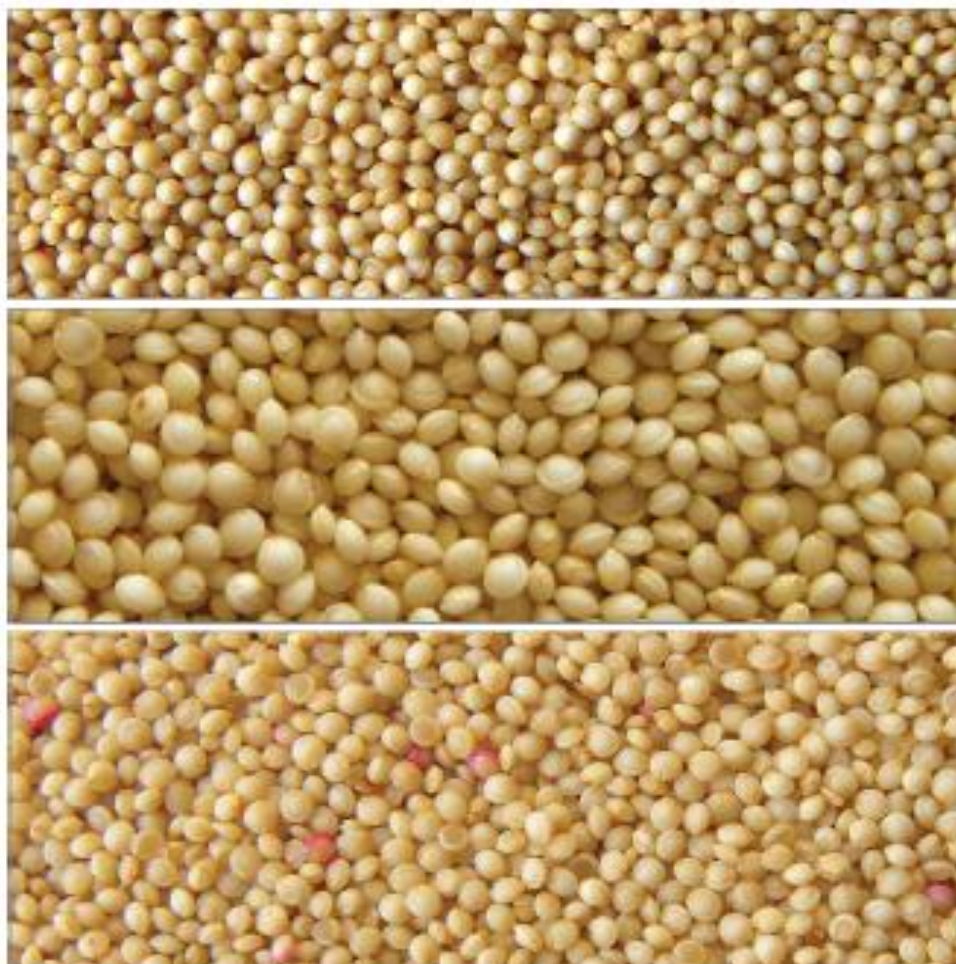
Primera Edición

GRAINS AND CEREALS. AMARANTH GRAIN. REQUIREMENTS AND INSPECTION.

First Edition

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, cereales, amaranth, requisitos, ensayos
AG 05.04-416
CDU: 633.1
CIIU: 1110
ICS: 67.060

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	GRANOS Y CEREALES. GRANO DE AMARANTO. REQUISITOS E INSPECCIÓN	NTE INEN 2646:2012 2012-07
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos de calidad que debe cumplir el grano de amaranto para su comercialización y los métodos de ensayo para la evaluación y verificación de estos requisitos.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica al grano de variedades y ecotipos de amaranto de origen orgánico, agroecológico y convencional, de producción nacional e importado, destinado a la alimentación humana.</p> <p>2.2 No se aplica al grano de amaranto destinado a la reproducción o siembra.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones:</p> <p>3.1.1 <i>Amaranto</i>. Conjunto de granos pertenecientes a los "granos andinos", de la especie <i>Amaranthus caudatus</i> L. y otras especies de color blanco, crema, rosado o anaranjado (ver figura 1).</p> <p>3.1.2 <i>Amaranto orgánico</i>. Es el grano de amaranto obtenido por un sistema de producción agrícola que tienen un nivel bajo de residuos de plaguicidas, no influye negativamente en el medio ambiente, tiene un uso restringido de fertilizantes y plaguicidas sintéticos y no provienen de organismos genéticamente modificados.</p> <p>3.1.3 <i>Amaranto agroecológico</i>. El grano de amaranto producido por un sistema amigable con el ambiente, centrado no solo en la producción sino en la sostenibilidad ecológica de los sistemas de producción. El proceso completo está regido por normas nacionales, respaldado por un organismo nacional legalmente acreditado.</p> <p>3.1.4 <i>Amaranto convencional</i>. El grano de amaranto que no cumple con los requisitos establecidos en las definiciones de grano orgánico o agroecológico.</p> <p>3.1.5 <i>Amaranto infestado</i>. Grano invadido por insectos dañinos o que presenten residuos de infestación tales como: filamentos, huevos o larvas.</p> <p>3.1.6 <i>Amaranto infectado</i>. Grano con presencia parcial o total de microorganismos vivos como hongos, virus y bacterias.</p> <p>3.1.7 <i>Amaranto limpio</i>. Aquel que contiene hasta el 5 % de impurezas.</p> <p>3.1.8 <i>Amaranto seco</i>. Aquel cuyo contenido de humedad no sea mayor al 12%.</p> <p>3.1.9 <i>Aflatoxinas</i>. Es el grupo de metabolitos tóxicos producidos por <i>Aspergillus flavus</i> y <i>Aspergillus parasiticus</i> y otros hongos, en granos y alimentos mal almacenados. Pueden ser carcinogénicas en animales e inclusive en el ser humano.</p> <p>3.1.10 <i>Grado muestra</i>. Grano de amaranto que no cumple con cualquiera de los grados de calidad establecidos y que se puede comercializar por acuerdo entre las partes.</p> <p>3.1.11 <i>Grano entero</i>. Grano de amaranto cuya parte constitutiva está completa.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, cereales, amaranto, requisitos, ensayos</p>		

FIGURA 1. Fotografías del grano de amaranto (*Amaranthus caudatus* L.)

3.1.12 *Grano quebrado o partido.* Grano de amaranto que se presenta dividido y separado a causa de golpes o accidentes durante el proceso de trillado.

3.1.13 *Grano imperfecto.* Grano inmaduro, vano, manchado, decolorado, delgado y toda fracción de grano cuyo tamaño sea igual o inferior a la mitad de su tamaño original.

3.1.14 *Grano dañado.* Grano que ha sufrido deterioro, debido a la acción de hongos, insectos, calor, humedad, germinación y otras causas.

3.1.14.1 *Grano dañado por hongos.* Grano alterado en su apariencia debido a la acción de organismos microscópicos dañinos, que ocasionan oscurecimiento, presencia de micelios y olor a moho.

3.1.14.2 *Granos dañados por el calor.* Granos con una coloración distinta a la normal, por autocalentamiento, debido a su excesiva humedad o por sobrecalentamiento en el proceso de secado.

3.1.14.3 *Granos dañados por insectos.* Granos que han sufrido deterioro en su estructura debido a la acción de insectos.

(Continúa)

3.1.15 *Grano vano*. Es el grano que carece de embrión.

3.1.16 *Impurezas*. Todo material diferente al grano de amaranto como: los residuos de materia vegetal, animal o mineral.

3.1.17 *Impurezas ligeras*. Son las partículas presentes en el grano de amaranto, que se pueden suspender de manera diferenciada en una columna de aire por su menor densidad.

3.1.18 *Índice de peróxido*. Es la magnitud que determina el grado de deterioro por oxidación que ha sufrido una grasa. El resultado se expresa como mEq/kg.

3.1.19 *Olores objetables*. Todos aquellos olores diferentes al característico del grano de amaranto y que pueden ser causados por deterioro, pesticidas y otras sustancias químicas.

3.1.20 *Pureza varietal*. Condición que determina la pertenencia a la variedad especificada en el lote.

3.1.21 *Residuo de plaguicidas*. Condición que se aplica a la presencia de una sustancia o mezcla de sustancias de origen natural o sintético destinada a prevenir, controlar o destruir cualquier plaga, incluyendo vectores (Insectos, roedores) que transmiten enfermedades a humanos y animales; así como especies botánicas no deseadas que causen perjuicio o interfieran con la producción, transporte, almacenamiento y comercialización de productos agropecuarios, forestales, etc.

3.1.22 *Semillas de amarantáceas silvestres*. Son las semillas de amaranto de forma y color distinto (negro, anaranjado o café), que pertenecen a las especies no domesticadas de *Amaranthus*.

3.1.23 *Semillas de amarantáceas cultivadas*. Son los granos de color blanco, crema, amarillo, rojo, rosado y anaranjado que pertenecen a la especie cultivada y variedades de amaranto.

4. CLASIFICACIÓN

4.1 El amaranto en grano se clasifica en los grados 1, 2 y 3, de acuerdo con los requisitos indicados en la Tabla 1.

TABLA 1. Requisitos físicos de los tres grados de calidad del amaranto

Requisito físico	Unidad	Grado 1	Grado 2	Grado 3
Masa hectolítrica (ver nota 1)	kg/hl	≥ 80	≤ 78	≤ 72
Tamaño del grano	mm	≥ 1,14	0,87 a 1,13	< 0,87
Masa de 1000 granos (ver nota 2)		≥ 1,43	≥ 0,94	≥ 0,55
Granos rojos/rosados	%	0,5 – 2	2,1 – 9	≥ 9,1
Granos negros de otras especies de amaranto	%	0 – 4	4,1 – 9	≥ 9,1
Color predominante del grano		Blanco/crema	Blanco/crema	mixtura
Forma del grano		ovoldea	ovoldea	ovoldea

5. DISPOSICIONES GENERALES

5.1 Designación

5.1.1 El grano de amaranto para la comercialización y consumo humano se designa por su nombre, grado de calidad y contenido de humedad, seguido de la norma de referencia.

Ejemplo: Grano de amaranto para comercialización. Grado 1. Humedad 12 %, NTE INEN 2646.

NOTA 1: Según NTC 852-1

NOTA 2: Según NTE INEN 1514

(Continúa)

6. REQUISITOS

6.1 Requisitos específicos

6.1.1 El grano de amaranto para la comercialización debe cumplir los requisitos indicados en las Tablas 2, 4 y 5 con base en producto seco y limpio.

TABLA 2. Requisitos de calidad del grano de amaranto para la comercialización

Requisito		Unidad	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Método de ensayo
Granos inmaduros		%	2	5	> 5	numeral 8
Materias extrañas		%	0,5	2,5	> 2,5	numeral 8
Granos dañados, en masa, máximo	Por calor	%	2,5	3,5	> 3,5	numeral 8
	Por hongos	%	—	0,5	0,5	numeral 8
	TOTAL	%	2,5	4,0	4,0	numeral 8

6.1.2 El olor debe ser característico del grano de amaranto y no se aceptarán granos que contengan cualquier olor extraño.

6.1.3 El grano de amaranto debe presentar un color natural y uniforme, característico de la variedad.

6.1.4 La pureza varietal para el grado 1 debe ser como mínimo 95%.

6.1.5 El grano de amaranto debe poseer un contenido menor a 5 ppb de aflatoxinas [Reglamento (EU) N° 165/2010 de la Comisión,] (ver tabla 5).

6.1.6 El grano de amaranto infestado por insectos causantes de daños primarios y secundarios, se determina ocularmente y los niveles de infestación se fijan de acuerdo con lo establecido en la Tabla 3.

TABLA 3. Niveles de infestación

Niveles de infestación	Número de insectos vivos en 1000 g de amaranto		Número total de insectos permitidos (Primarios, Secundarios)	Método de ensayo
	Primarios	Secundarios		
Libre	0	0	0	NTE INEN 1465
Ligeramente infestado	1 a 2	4	4	
Infestado	mayor de 2	mayor de 4	mayor de 4	

6.1.7 No se aceptará en ningún caso olores objetables o con residuos de materiales tóxicos, o que estén infectados o infestados.

6.1.8 Los requisitos microbiológicos que debe cumplir este grano, son los indicados en la Tabla 4.

6.1.9 Las variedades del grano de amaranto deben estar exentas de residuos o sustancias tóxicas.

6.1.10 La clasificación de insectos dañinos y ácaros será determinada de acuerdo a la NTE INEN 1465.

6.1.11 Hasta que se expidan las NTE INEN correspondientes para los residuos de plaguicidas y productos afines en alimentos, se adoptarán las normas del CODEX ALIMENTARIUS (CAC/MRL).

6.2 Requisitos complementarios

6.2.1 La temperatura del grano de amaranto durante su almacenamiento no debe exceder el rango de 12°C a 18°C.

6.2.2 El grano de amaranto para la comercialización destinada al procesamiento debe presentar el color propio de la variedad.

(Continúa)

TABLA 4. Requisitos microbiológicos del amaranto

Requisito	Unidad	Límite máximo	Método de ensayo
Mesofilos aerobio viables	ufc/g	10 ⁶	NTE INEN 1529-5
<i>Escherichia coli</i>	ufc/g	< 10	NTE INEN 1529-8
Mohos y levaduras	ufc/g	10 ⁴	NTE INEN 1529-11
<i>Salmonella</i> en 25 g		Ausencia	NTE INEN 1529-15

TABLA 5. Requisitos físico-químicos del grano de amaranto para la comercialización y procesamiento

Requisitos	Unidad	Valor			Método de ensayo
Humedad, (máxima)	%	12			NTE INEN 1235
Proteína, (mínima)	%	14			AOAC (1984)
Grasa, (máxima)	%	7			AOAC (1984)
Fibra, (máxima)	%	9			AOAC (1984)
Cenizas (mínima)		3			AOAC (1984)
ELN*, (máxima)	%	6,1			Por diferencia
Índice de peróxidos	mEq/kg	7			AOAC (2005)
Impurezas, (máxima)	%	5			numeral 8.2.7, literal a)
Aflatoxinas	µg/kg	≤ 5			AOAC (2005)
		Grado			
Comercialización		1	2	3	
Impurezas, (máxima)	%	0	5	> 5	numeral 8.2.7, literal a)
Impurezas ligeras	%	0 – 0,25	0,25 – 0,8	> 0,8	numeral 8.2.11

*ELN Extracto Libre de Nitrogeno.

7. INSPECCIÓN

7.1 Muestreo

7.1.1 El muestreo se efectuará de acuerdo a la NTE INEN 1233.

7.2 Aceptación y rechazo

7.2.1 Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos indicados en esta norma, se rechaza el lote.

7.2.2 Por discrepancia se vuelven a efectuar los ensayos con muestra testigo.

7.2.2.1 Si no cumple se rechaza el lote.

7.2.2.2 Si el incumplimiento no afecta la salud y la vida de las personas o animales, podría considerarse como Grado Muestra.

7.2.3 En caso de mezclas entre variedades pertinentes a diferentes grados, el grano de amaranto se considera no clasificado y será considerado como Grado Muestra.

7.2.4 Si la muestra ensayada se encuentra en nivel de infestada (ver tabla 3), se rechaza el lote.

(Continúa)

8. MÉTODOS DE ENSAYO

8.1 Aparatos

8.1.1 Balanza de precisión sensible al 1,0 g.

8.1.2 Cribas metálicas o zarandas (ver NTE INEN 1515).

8.1.3 Divisor de muestras.

8.1.4 Termómetro sonda.

8.2 *Preparación de la muestra para análisis.* De la muestra global (ver la NTE INEN 1233) separar, mediante el divisor de muestras o por cuarteo manual, una porción representativa de aproximadamente 1000 g de amaranto en grano y, de inmediato, se debe proceder a realizar los siguientes ensayos:

8.2.1 *Análisis preliminar.* Este análisis consiste en realizar el reconocimiento general del grano con la vista, el tacto y el olfato; se evalúa la apariencia general del grano, el olor, infestación, impurezas y humedad.

8.2.2 *Determinación de la temperatura.* La temperatura se debe determinar inicialmente por inspección manual; en caso de encontrar evidencia de calentamiento, se debe proceder a determinar la temperatura por medio de un termómetro sonda, hacer varias lecturas del conjunto y registrar el promedio de las temperaturas medidas.

8.2.3 *Determinación del olor.* Se debe determinar en forma organoléptica.

8.2.4 *Determinación del nivel de infestación*

a) Pesar 1000 g de la muestra global de amaranto. Tamizar manualmente con la criba de aberturas circulares de 1,31 mm y bandeja de fondo.

b) Luego de tamizar la muestra, clasificar los insectos cribados, más lo que permanezca sobre el tamiz.

c) El nivel de infestación por insectos en la muestra de amaranto se expresa como número de insectos vivos por kilogramo de la muestra, de acuerdo a lo indicado en la Tabla 3.

8.2.5 *Determinación de la humedad.* Se debe efectuar de acuerdo con la NTE INEN 1235.

8.2.6 *Determinación del grano infectado.* Se debe realizar por medio de la lámpara de luz ultravioleta o de acuerdo con la NTE INEN 1553.

8.2.7 *Determinación del grado.* De la muestra global se toma una porción cuarteada de aproximadamente 500 g de granos de amaranto y se coloca sobre el juego de cribas con perforaciones circulares de 1,15 mm y 1,12 mm de diámetro y bandeja de fondo; se somete a cribado en zaranda eléctrica o su equivalente a 68 valvenes por minuto, durante un minuto; determinar luego el porcentaje de amaranto limpio, retenido en cada una de las cribas, separar manualmente las impurezas que permanezcan sobre cada una de las cribas y colocarlas en la bandeja de fondo.

a) *Determinación de impurezas.* El material que permanezca en la bandeja de fondo, obtenido según numeral 8.2.7, más las impurezas retenidas manualmente en las cribas usadas, se pesan y se determina el porcentaje total en masa, de acuerdo a la ecuación siguiente:

$$I = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

(Continúa)

En donde:

I = contenido de impurezas, en porcentaje de masa
 m_1 = masa de la muestra original en g
 m_2 = masa de la muestra limpia en g

8.2.8 Determinación de los granos partidos o quebrados. De la muestra limpia, por cuarteo manual o mecánico, tomar una porción de aproximadamente 300 g del grano de amaranto, colocar sobre una criba de perforaciones triangulares de 1,19 mm de diámetro; luego de puesta la bandeja de fondo y la tapa correspondiente, se somete a cribado eléctrico o manual de 68 valvenes por minuto, durante un minuto. Luego determinar por pesada el porcentaje en masa de los granos partidos o quebrados.

8.2.9 Determinación de los granos imperfectos y dañados. De la muestra limpia, por cuarteo manual o mecánico extraer una porción de aproximadamente 25 g del grano de amaranto, separar manualmente de este todos los granos de amaranto enteros o partidos que hayan sufrido deterioro por la acción de insectos o agentes patógenos, que estén mohosos, germinados, dañados por el calor o cualquier otra causa. Luego se establecerán los porcentajes correspondientes en base a la masa de cada muestra.

8.2.10 Determinación del contenido de aflatoxina B1. Se efectuará por cromatografía líquida de alta resolución, HPLC, utilizando columnas de Inmuno afinidad (AOAC, 2005). Como método alternativo se puede efectuar de acuerdo a la NTE INEN 1563.

8.2.11 Determinación del contenido de impurezas ligeras

8.2.11.1 Fundamento. Separar por medio de una mesa gravimétrica las impurezas presentes en una muestra de amaranto (100 g), las mismas que se pueden suspender de manera diferenciada en una columna de aire por su menor densidad, obteniendo material extraño como semillas viejas, cubiertas del grano, flores, tallos, tierra, grano vano, entre otras impurezas de menor densidad que el grano de amaranto.

8.2.11.2 Materiales y equipo

- a) Mesa gravimétrica;
- b) Vaso de precipitación de 50 ml;
- c) Balanza digital, sensibilidad 0,001 g;
- d) Bolsas de plástico para guardar las muestras;
- e) Etiquetas.

8.2.11.3 Procedimiento

a) Colocar una muestra de 100 g de grano de amaranto dentro de la mesa gravimétrica; encender el motor para que este genere el aire regulando la velocidad del mismo para que el aire generado no logre expulsar el grano de amaranto en buen estado; de modo que salgan separadas únicamente impurezas, con el fin de obtener solamente el material extraño que es menos denso que el grano de amaranto.

b) El tiempo de alreado debe durar hasta haber captado la totalidad de partículas ligeras en la trampa de acumulación (ver nota 3.) Una vez concluido el proceso se apaga el motor y se quita el tubo para desprender el filtro y sacar las partículas ligeras, las cuales se colocan en un vaso de precipitación para inspeccionarlas y pesarlas. Si al inspeccionar la muestra captada en la trampa de acumulación se detecta la presencia de grano de amaranto en buen estado, indicará que se alreado con exceso de velocidad de aire y se tendrá que repetir el proceso de alreado para no tener una determinación incorrecta.

c) La muestra de grano que queda después de haberla alreado se pesa para la determinación del rendimiento.

NOTA 3: La trampa de acumulación debe ser de material permeable al aire (manta, filtro, etc.)

(Continúa)

d) Cada una de las muestras se debe colocar en una bolsa de plástico, la cual debe estar debidamente rotulada con los siguientes datos:

Nombre del proceso;
Nombre de la muestra;
Fecha de Inspección;
Número de lote de grano;
Proveedor;
Número de muestra evaluada;
Peso de la muestra.

e) Expresión de resultados. El porcentaje del material obtenido después del proceso de aireado del grano de amaranto (% IMLIG) se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ IMLIG} = \frac{\text{Masa total de las impurezas ligeras (g)}}{\text{Masa total de la muestra (g)}} \times 100 \quad (\text{Ec. 2})$$

En donde:

IMLIG = Porcentaje de Impurezas ligeras.

9. ROTULADO

9.1 Envasado. El grano de amaranto podrá ser comercializado a granel o envasado en sacos limpios de material apropiado y que permita su muestreo e inspección sin que la perforación ocasione pérdidas del producto.

9.2 Rotulado. Los envases y las guías de despacho al granel deben llevar rótulos con caracteres legibles e indelebles, redactados en español o en otro idioma, si las necesidades de comercialización así lo dispusieran, en tal forma que no desaparezcan bajo condiciones normales de almacenamiento y transporte, con la información siguiente:

- a) Nombre de la especie y la variedad;
- b) Designación;
- c) Procedencia;
- d) Masa neta en kilogramos;
- e) Indicaciones sobre tratamiento contra plagas efectuadas en el grano;
- f) Nro. de lote.

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1233	<i>Granos y cereales. Muestreo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1235	<i>Granos y cereales. Determinación del contenido de humedad (Método de rutina).</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1465	<i>Granos y cereales almacenados. Clasificación de insectos y ácaros.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1514	<i>Granos y cereales. Determinación de la masa de 1000 granos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1515	<i>Granos y cereales. Cribas metálicas o zarandas y tamices. Tamaño nominal de la abertura.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-5	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-8	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación de coliformes fecales y E.coli.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-11	<i>Control microbiológico de los alimentos mohos y levaduras viables. Detección.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-15	<i>Control microbiológico de los alimentos. Salmonella. Método de detección.</i>
Norma Técnica Colombiana NTC 1563	<i>Alimentos zootécnicos. Determinación del contenido de aflatoxina B1.</i>
Norma Técnica Colombiana NTC 852-1	<i>Cereales. Determinación de la densidad en masa, denominada "Masa por Hectolitro". Parte 1. Método de rutina.</i>
The Association of Official Analytical Chemist – AOAC: 1984/2005 Official Methods of Analysis.	
Reglamento (EU) No. 165/2010 de la Comisión del 26 de febrero de 2010.	
Norma del Codex Alimentarius CAC/MRL Lista de límites máximos para residuos de plaguicidas.	

Z.2 BASES DE ESTUDIO

- Norma Mexicana. NMX-FF-114-SCFI-2009. *Grano de Amarantho (Amaranthus spp.) para uso y consumo humano - Especificaciones y Métodos de Ensayo.* México D.F., 2009.
- Peralta, E. *Amaranto y Ataco: Preguntas y Respuestas.* Boletín divulgativo N° 359. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, 2009.
- Peralta, E. Mazón, N., Murillo, A., Rivera, M., Monar, C. *Manual Agrícola de Granos Andinos: Chocho, quinua, amaranto y ataco. Cultivos, variedades y costos de producción.* Manual N° 69. Segunda Edición. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Quito, 2009.
- Peralta, E. Mazón, N., Murillo, A., Villacrés, E., Rivera, M., Subla, C. *Catálogo de variedades mejoradas de granos andinos: Chocho, quinua y amaranto, para la sierra ecuatoriana.* Publicación miscelánea N° 151. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Quito, 2009.
- Peralta, E., E. Villacrés, N. Mazón, M. Rivera, C. Subla. *El Ataco sangorache o amaranto negro (Amaranthus hybridus L) en Ecuador.* Publicación miscelánea N° 143. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, 2008.
- Norma Boliviana NB 336004:2006 *Cereales, leguminosas y productos derivados - Amarantho-Clasificación y requisitos.* Instituto Boliviano de Normalización y Calidad, IBNORCA. La Paz, 2006.
- Norma Boliviana NB 336003:2005 *Cereales, leguminosas y productos derivados - Amarantho-Definiciones.* Instituto Boliviano de Normalización y Calidad, IBNORCA. La Paz, 2005.

(Continúa)

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 559(1R):2004 *Granos y cereales. Cebada. Requisitos*. Quito, 2004.

Mazón, N., Peralta, E., Rivera, M., Subla, C., Tapla C. 2003. *Catálogo del banco de germoplasma de Amarantho (Amaranthus spp) del INIAP*. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Departamento Nacional de Recursos Filogenéticos y Biotecnología. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, 2003.

Hecht, S. *Evolución del pensamiento agroecológico*. III Curso de Educación a Distancia: Agroecología y Desarrollo Rural. Consorcio Latinoamericano de Agroecología y Desarrollo. Lima. 1996.

Calcedo, C., Nieto, C., Monteros, C., Rivera, M., Vimos C. "INIAP-ALEGRÍA" Primera Variedad Mejorada de Amarantho para la Sierra Ecuatoriana. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito. 1994.

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 560:1987 *Granos y cereales. Lenteja en Grano. Requisitos*. Quito, 1987.

Peralta, E. *Situación del amarantho en Ecuador*. El Amarantho y su Potencial, Boletín No. 2. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. INCAP. Guatemala, 1985.

Sumar, L. *El Pequeño Gigante (Amaranthus caudatus)*. Programa de Investigación Amarantho. Reporte 84-2. Centro de Investigación de Cultivos Andinos. Universidad Nacional del Cusco. Cusco, 1982.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 2646	TÍTULO: GRANOS Y CEREALES. GRANO DE AMARANTO	Código: AG 96.04-416
-----------------------------	--	-------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2011-10-05	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Resolución No publicado en el Registro Oficial No. Fecha de iniciación del estudio:
---	--

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: **GRANOS Y CEREALES**

Fecha de iniciación: 2011-10-21

Fecha de aprobación: 2011-11-21

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Eduardo Paralta (Presidente)
 Ing. Nelly Moreno
 Ing. José López
 Ing. Patricio Vargas
 Ing. Elena Villacres
 Ing. Diego Maldonado
 Ing. Diana Maya
 Ing. Rosa Yepes (Secretaría Técnica)

INIAP
 GRAMOLINO
 MAGAP
 GRANJA "EL AMARANTO"
 INIAP
 MAGAP - ERAS
 FUNDACIÓN MOCH
 INEN

Otros trámites:

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria
 Registro Oficial No. 743 de 2012-07-11

Por Resolución No. 12133 de 2012-06-15

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno ES-29 y Av. 8 de Diciembre
Calle 17-01-3666 - Teléfono: (003 2) 2 801888 al 2 801891 - Fax: (003 2) 2 887818
Dirección General: E-Mail: direccion@inen.gov.ec
Área Técnica de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Certificación: E-Mail: certificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Verificación: E-Mail: verificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: inenlaboratorios@inen.gov.ec
Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@inen.gov.ec
Regional Azuay: E-Mail: inenazuay@inen.gov.ec
Regional Chimborazo: E-Mail: inenchimbamba@inen.gov.ec
URL: www.inen.gov.ec

ANEXO 7

Determinación de humedad

A 1.1. METODO DE DETERMINACION DE HUMEDAD

Método 925.09, A.O.A.C (1996). Adaptado en el departamento de nutrición y calidad del INIAP.

Fundamento

Se basa en la determinación de la cantidad de agua existente en la muestra. Se realiza para poder expresar los resultados en base seca. Por diferencia se obtiene el contenido de materia seca en la muestra.

Equipos y Materiales

- Estufa
- Balanza analítica
- Crisoles
- Pinza metálica
- Espátula
- Desecador

Procedimiento

- Lavar los crisoles con agua destilada, secar en una estufa a 105°C por 8 horas, secar en un desecador y una vez frío pesar.
- Se pesa de 1 a 2 gramos de muestra molida en los crisoles, se lleva a la estufa a 105°C por 12 horas (preferible una noche), se saca los crisoles con la muestra en un desecador hasta que estén fríos y se pesan.

Cálculos:

Se usa la ecuación:

$$\%H = \frac{Pcmh - Pcms}{Pcmh - Pc} \times 100$$

Donde,

%H: Porcentaje de humedad

Pc: Peso crisol.

Pcmh: Peso del recipiente mas muestra húmeda.

Pcms: Peso del recipiente más muestra seca

Anexo 8

Determinación de proteína

A 1.3. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA

Método 955.39. A.O.A.C. (1984). Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad del INIAP.

Principio

El nitrógeno de las proteínas y otros compuestos se transforman en sulfato de amonio al ser digeridas en ácido sulfúrico en ebullición, el residuo se enfría, se diluye con agua y se le agrega hidróxido de sodio y se procede a destilar. El amoniaco presente se desprende y se recibe en una solución de ácido bórico, que luego se titula con ácido clorhídrico estandarizado.

Reactivos

- Ácido sulfúrico concentrado (92%)
- Ácido clorhídrico 0.02 N
- Hidróxido de sodio al 50 %
- Ácido bórico al 4 %
- Indicador mixto: rojo de metilo al 0.1 % y verde de bromocresol al 0,2 % en alcohol al 95 %.
- Mezcla catalizadora: 800 g de sulfato de potasio o sodio, 50 g de sulfato cúprico penta hidratado, y 50 g de dióxido de selenio.
- Agua desmineralizada

Digestión

- Pesar exactamente alrededor de 0,04 g de la muestra, colocar dentro del balón de digestión y añadir 0,5 g de catalizador y 2 ml de ácido sulfúrico al 92 %.

- Colocar los balones en el digestor micro Kjeldahl en los calentadores a 500 °C hasta que la solución adquiera una coloración verde. Retirar los balones del digestor y enfriar.

Destilación

- Colocar la muestra en el destilador, añadir 10 ml de hidróxido de sodio al 50 %, destilar recogiendo el destilado en 6 ml de ácido bórico al 4 % hasta obtener 60 ml de volumen.

Titulación

- Al destilado se agrega 4 gotas del indicador mixto y se titula con ácido clorhídrico 0,02 N hasta que la solución cambie de color. Se realiza también una titulación con un blanco.

Cálculos:

Se utiliza la ecuación:

$$\%P = \frac{(Ma - Mb) \times N \times 0.014 \times 6.25}{Pm} \times 100$$

$$\% P = \frac{(Ma - Mb) \times F}{Pm} \times 100$$

Donde:

P = Contenido de proteína (%)

N = Normalidad del ácido titulante

Ma = ml de ácido gastados en la titulación de la muestra

Mb = ml de ácido gastados en la titulación del blanco

Pm = Peso de la muestra en gramos

6.25 = Factor de conversión de nitrógeno a proteína

ANEXO 9

Determinación del ÍAA, ISA y PH según el método Anderson et al 1969

ANEXO III

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABSORCIÓN, SOLUBILIDAD Y PODER DE HICHAMIENTO

Fundamento: La modificación que sufre el almidón por el efecto de los procesos, hace que parte de los gránulos de almidón se hinchen y absorban una cantidad de agua favoreciendo el incremento en el índice de absorción y poder de hinchamiento, mientras que otra parte de los gránulos se rompen permitiendo que los constituyentes del almidón y en particular la amilosa formen soluciones al colocar las harinas en contacto con agua e incrementando a la vez el índice de solubilidad.

Materiales y equipos:

- Cajas petri
- Tubos de centrífuga (50 ml) de vidrio o plástico
- Agitadores magnéticos
- Probeta de 50 ml
- Plancha de agitación
- Baño maría a 30°C
- Centrífuga
- Tubos de centrífuga graduados
- Papel filtro de poro delgado
- Embudos
- Vasos de precipitados
- Pipetas de 10 ml
- Desecador

Procedimiento:

1. Talar las cajas de petri a 90°C por 4 horas ó a 75°C por una noche.
2. Pesar 2,5 g de muestra en un tubo de centrífuga que contiene un agitador magnético. Realizar el análisis por duplicado.
3. Mientras se pesa las muestras, calentar 30 ml de agua destilada a 30°C y también tener el baño maría a temperatura controlada de 30°C.
4. Agregar 30 ml de agua a cada tubo y agitar bien en el equipo de agitación. En lo posible debe evitarse utilizar una varilla de vidrio.

5. Incubar en el baño con agitación durante 30 minutos.
6. Secar bien los tubos y colocarlos en la centrifuga.
7. Centrifugar a 5000 rpm durante 20 minutos.
8. Luego de centrifugar se deben tener separados el gel y el sobrenadante.
Si no es de esta manera, centrifugar por 10 minutos más a 6000 rpm.
9. Decantar el sobrenadante en un tubo de centrifuga graduado y medir el volumen. No descartar el gel del tubo.
10. Filtrar el sobrenadante
11. Descartar lo que queda en el papel filtro.
12. Tomar 10ml del filtrado y secar por 4 horas a 90°C en las cajas petri.
13. Pesar el gel que queda en el tubo
14. En el caso de que no se haya separado el sobrenadante, pesar todo lo que queda en el tubo.

Cálculos:

Índice de absorción de agua (IAA):

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

Índice de solubilidad en agua (ISA):

$$ISA = \frac{\text{Peso de solubles (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

Poder de hinchamiento (PI):

$$PI = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de la muestra(g)} - \text{peso de solubles(g)}}$$

ANEXO 10

Test de escala hedónica.

FICHA DE EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA

Producto: GRANO DE AMARANTO PREGELATINIZADO

NOMBRE:

FICHA:.....

FECHA:.....

HORA:

INSTRUCCIÓN:

En un rango de 1 a 5 se calificará la percepción organoléptica desde el menos aceptable hasta la más aceptable seleccionando el rango correspondiente para cada tratamiento analizado, siendo el rango 1 la calificación más baja y el rango 5 la más alta

Coloque una X en la opción que usted considere, de acuerdo a las características organolépticas que se especifican a continuación:

1. COLOR

ALTERNATIVA	MUESTRAS											
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Excelente (5)												
Muy buena (4)												
Buena (3)												
Regular (2)												
Mala (1)												

2. OLOR

ALTERNATIVA	MUESTRAS											
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Muy agradable (5)												
Agradable (4)												
Poco agradable (3)												
Regular (2)												
Desagradable (1)												

3. SABOR

ALTERNATIVA	MUESTRAS											
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Muy agradable (5)												
Agradable (4)												
Poco agradable (3)												
Regular (2)												
Desagradable (1)												

4. TEXTURA

ALTERNATIVA	MUESTRAS											
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Muy suave (5)												
Suave (4)												
Poco duro (3)												
Duro (2)												
Muy duro (1)												

5. ACEPTABILIDAD

ALTERNATIVA	MUESTRAS											
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Gusta mucho (5)												
gusta (4)												
Gusta poco (3)												
Disgusta un poco (2)												
No gusta (3)												

ANEXO 11

Resultado de los análisis de laboratorio



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.
Resolución No. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13

FICAYA

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°:	199 - 2014
Análisis solicitado por:	Srta. Estefanía Puento
Empresa:	No aplica
Muestreado:	No aplica
Fecha de recepción:	24 de noviembre de 2014
Fecha de entrega informe:	27 de noviembre de 2014
Ciudad:	Ibarra
Provincia:	Imbabura

#	Muestra	Codificación o # de Lote
1	Amaranto	No aplica

N°	Muestra	Unidad	Resultado	Método
1	1h de remojo	%	27,280	AOAC 925.10
2	2h de remojo	%	30,960	
3	3h de remojo	%	36,280	
4	4h de remojo	%	40,030	
5	5h de remojo	%	43,030	
6	6h de remojo	%	45,000	
7	7h de remojo	%	46,890	
8	8h de remojo	%	47,430	
9	9h de remojo	%	48,110	
10	10h de remojo	%	48,360	
11	11h de remojo	%	48,990	
12	12h de remojo	%	49,000	
13	13h de remojo	%	49,240	
14	14h de remojo	%	49,650	
15	15h de remojo	%	49,780	

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas atentamente:

Bioq. José Luis Moreno
Técnico de Laboratorio



Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María
Córdova. Barrio El Olivo.
Teléfono: (06)2997800
Fax: Ext: 7711.
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador

ANEXO 12

Resultados de los análisis de laboratorio



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.
Resolución No. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13

FICAYA


Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°:	200 - 2014
Análisis solicitado por:	Srta. Estefania Puente
Empresa:	No aplica
Muestreado:	No aplica
Fecha de recepción:	24 de noviembre de 2014
Fecha de entrega informe:	27 de noviembre de 2014
Ciudad:	Ibarra
Provincia:	Imbabura

#	Muestra	Codificación o # de Lote
1	Amaranto	No aplica

N°	Muestra	Unidad	Resultado			Método de ensayo
			R1	R2	R3	
1	A1B1C1	g	391	390	391	Gravimetría
2	A1B1C2	g	431	431	431	
3	A1B2C1	g	390	389	390	
4	A1B2C2	g	430	429	429	
5	A2B1C1	g	388	389	390	
6	A2B1C2	g	428	426	428	
7	A2B2C1	g	387	386	386	
8	A2B2C2	g	425	424	427	
9	A3B1C1	g	382	385	385	
10	A3B1C2	g	422	419	421	
11	A3B2C1	g	380	377	380	
12	A3B2C2	g	420	416	419	

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas
Atentamente:


BIOQ. José Luis Moreno
Técnico de Laboratorio



Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María
Córdova. Barrio El Olivo.
Teléfono: (06)2997800
Fax: Ext. 7711.
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador

ANEXO 13

Resultados de los análisis de laboratorio



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.
Resolución No. 001 – 073 – CEACES – 2013 – 13

FICAYA

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°:	073 - 2015
Análisis solicitado por:	Srta. Estefania Puente
Empresa:	No aplica
Muestreado:	No aplica
Fecha de recepción:	17 de junio de 2015
Fecha de entrega informe:	24 de junio de 2015
Ciudad:	Ibarra
Provincia:	Imbabura

#	Muestra	Codificación o # de Lote
1	Amaranto	No aplica

Índice de Absorción de Agua

N°	Muestra	Unidad	Resultado			Método de ensayo
			R1	R2	R3	
1	A1B1C1	adimens	1,52	1,52	1,48	Anderson et al; 1969
2	A1B1C2	adimens	1,57	1,53	1,55	
3	A1B2C1	adimens	1,55	1,55	1,55	
4	A1B2C2	adimens	1,61	1,57	1,62	
5	A2B1C1	adimens	1,7	1,69	1,7	
6	A2B1C2	adimens	1,81	1,83	1,8	
7	A2B2C1	adimens	1,75	1,74	1,71	
8	A2B2C2	adimens	1,92	1,98	1,92	
9	A3B1C1	adimens	1,96	1,93	1,89	
10	A3B1C2	adimens	2,12	2,09	2,12	
11	A3B2C1	adimens	2,04	2	2,01	
12	A3B2C2	adimens	2,32	2,25	2,32	

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:

Bioq. José Luis Moreno
Técnico de Laboratorio



Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María
Córdova. Barrio El Olivo.
Teléfono: (06)2997800
Fax: Ext. 7711.
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador

ANEXO 14

Resultados del análisis de laboratorio



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.
Resolución No. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13

FICAYA

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°:	074 - 2015
Análisis solicitado por:	Srta. Estefania Puento
Empresa:	No aplica
Muestreado:	No aplica
Fecha de recepción:	17 de junio de 2015
Fecha de entrega informe:	24 de junio de 2015
Ciudad:	Ibarra
Provincia:	Imbabura

#	Muestra	Codificación o # de Lote
1	Amaranto	No aplica

Índice de Absorción de Agua

N°	Muestra	Unidad	Resultado			Método de ensayo
			R1	R2	R3	
1	A1B1C1	%	2.11	2.09	2.11	Anderson et al; 1969
2	A1B1C2	%	2.90	2.88	2.91	
3	A1B2C1	%	2.66	2.66	2.66	
4	A1B2C2	%	3.20	3.17	3.17	
5	A2B1C1	%	3.36	3.31	3.34	
6	A2B1C2	%	4.34	4.29	4.34	
7	A2B2C1	%	5.33	5.11	5.31	
8	A2B2C2	%	5.40	4.40	5.38	
9	A3B1C1	%	7.19	7.19	7.15	
10	A3B1C2	%	7.35	7.33	7.27	
11	A3B2C1	%	8.66	8.66	8.67	
12	A3B2C2	%	9.01	8.99	9.01	

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:

Bioq. José Luis Moreno
Técnico de Laboratorio



Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María
Córdova. Barrio El Olivo.
Teléfono: (06)2997800
Fax: Ext: 7711.
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador

ANEXO 15

Resultados del análisis de laboratorio



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 - CONEA - 2010 - 129 - DC.
Resolución No. 001 - 073 - CEAACES - 2013 - 13

FICAYA

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°:	076 - 2015
Análisis solicitado por:	Srta. Estefania Puento
Empresa:	No aplica
Muestreado:	No aplica
Fecha de recepción:	17 de junio de 2015
Fecha de entrega informe:	24 de junio de 2015
Ciudad:	Ibarra
Provincia:	Imbabura

#	Muestra	Codificación o # de Lote
1	Amaranto	No aplica

Azúcares Reductores Libres

N°	Muestra	Unidad	Resultado			Método de ensayo
			R1	R2	R3	
1	A1B1C1	%	0	0	0	AOAC 906.03
2	A1B1C2	%	0	0	0	
3	A1B2C1	%	0	0	0	
4	A1B2C2	%	0	0	0	
5	A2B1C1	%	0	0	0	
6	A2B1C2	%	0	0	0	
7	A2B2C1	%	0	0	0	
8	A2B2C2	%	0	0	0	
9	A3B1C1	%	0	0	0	
10	A3B1C2	%	0	0	0	
11	A3B2C1	%	0	0	0	
12	A3B2C2	%	0	0	0	

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:


Blaq. José Luis Moreno
Técnico de Laboratorio



Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María
Córdova. Barrio El Olivo.
Teléfono: (06)2997800
Fax. Ext: 7711.
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador

ANEXO 16

Resultados del análisis de laboratorio



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.
Resolución No. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13

FICAYA

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°:	077 - 2015
Análisis solicitado por:	Srta. Estefania Puente
Empresa:	No aplica
Muestreado:	No aplica
Fecha de recepción:	17 de junio de 2015
Fecha de entrega informe:	24 de junio de 2015
Ciudad:	Ibarra
Provincia:	Imbabura

#	Muestra	Codificación o # de Lote
1	Amaranto	No aplica

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado		Método de ensayo
		T11	T12	
Contenido de Agua	%	41,26	42,29	AOAC 925.10
Cenizas	%	1,63	1,63	AOAC 923.03
Proteína	%	9,65	9,35	AOAC 920.87
Extracto etéreo	%	2,18	2,33	AOAC 920.85
Fibra	%	3,11	3,2	AOAC 978.10
Almidón	%	28,94	29	AOAC 906.03
Carbohidratos totales	%	44,53	43,33	Cálculo
Hierro	mg/100 g	3,87	5,4	Espectrofotometría
Calcio	mg/100 g	5,2	6,03	
Potasio	mg/100 g	406	463,6	
Magnesio	mg/100 g	80,18	62,7	

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas.

Atentamente:

Bioq. José Luis Moreno
Técnico de Laboratorio



Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María
Córdova. Barrio El Olivo.
Teléfono: (06)2997800
Fax: Ext. 7711.
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador

ANEXO 17

Resultados del análisis de laboratorio



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.
Resolución No. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13

FICAYA

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°:	006 - 2016
Análisis solicitado por:	Srta. Estefania Puente
Empresa:	No aplica
Muestreado:	No aplica
Fecha de recepción:	06 de enero de 2016
Fecha de entrega informe:	13 de enero de 2016
Ciudad:	Ibarra
Provincia:	Imbabura

#	Muestra	Codificación o # de Lote
1	Amaranto	No aplica

Parámetros analizado	Unidades	Resultado		Método de ensayo
		T11	T12	
Recuento Aerobios Totales	UFC/ g	<10	150	AOAC 989.10
Recuento de Mohos	UFC/ g	120	200	AOAC 997.02
Recuento de Levaduras	UFC/ g	300	50	
Recuento de <i>E. coli</i>	UFC/ g	0	0	AOAC 989.10
Recuento de Coliformes Totales	UFC/ g	0	0	

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas
Atentamente:


Bioq. José Luis Moreno
Técnico de Laboratorio



Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María
Córdova. Barrio El Olivo
Teléfono: (06)2997800
Fax: Ext. 7711.
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador

ANEXO 18

Resultados del análisis de laboratorio



SEIDLaboratory Cía. Ltda.
SERVICIO INTEGRAL DE LABORATORIO

Melchor Torza N61-63
entre Av. del Maestro y Nazareth
Telfs.: 245 3145 / 240 8849 / 247 6314
Telefax: 240 8825 • www.seidlaboratory.com
Quito - Ecuador

INFORME DE ENSAYO NR. 100863

TIPO MUESTRA: declarada por el cliente como:

AMARANTO PREGELATINIZADO 1

CODIGO LABORATORIO:

100863- 1

TIPO DE PRODUCTO:

AMARANTO PREGELATINIZADO 1

CLIENTE:

ESTEFANIA PUENTE

DIRECCION:

IBARRA

CONDICION LLEGADA Y TIPO DE ENVASE : EMPAQUE PLÁSTICO SELLADO

NUMERO DE LOTE:

ND

FECHA RECEPCION:

15/06/03

FECHA INICIO ENSAYO:

15/06/03

CONTENIDO DECLARADO:

ND

CONTENIDO ENCONTRADO:

256,1 g

FECHA DE ELABORACION:

ND

FECHA DE CADUCIDAD:

ND

CONDICIONES AMBIENTALES DE LLEGADA DE LA MUESTRA:

Temperatura 4 ° C

Humedad relativa 29,5 %

FORMA DE CONSERVACION:

REFRIGERACION

MUESTRO:

ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE

ENSAYOS FISICO QUIMICOS	METODOS	UNIDAD	RESULTADOS
Digestibilidad de pepsina	M. INTERNO (BASADO EN AOAC 971.05)	%	50,66

NS: No solicita el cliente / ND: No declara

Datos tomados del cuaderno FQ 86 Pág. 58A

Los resultados expresados arriba tienen validez solo para la muestra analizada en condiciones específicas no siendo extensivo a cualquier lote.

El laboratorio no se responsabiliza por la representatividad de la muestra respecto a su origen y sitio del cual fue tomada.

Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad con la aprobación del Director Técnico.

+ Tiempo de almacenamiento de informes: Cinco años a partir de la fecha de ingreso de la muestra.

Atentamente,

15/06/03
FECHA EMISION

Director de Calidad,
Director Técnico (E)

Página 1 de 1

Tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio
Muestras pesables: 8 días calendario. Muestras no pesables: 30 días calendario
Si desea repetición de algún parámetro, se debe generar una solicitud en el período estipulado

ANEXO 19

Resultados del análisis de laboratorio



SEIDLaboratory Cia. Ltda.
SERVICIO INTEGRAL DE LABORATORIO

Melchor Toaza N61-03
entre Av. del Maestro y Nazareth
Telfs.: 248 3145 / 280 8849 / 247 6314
Telefax: 280 8825 • www.seidlaboratory.com
Quito - Ecuador

INFORME DE ENSAYO NR. 100865

TIPO MUESTRA: declarada por el cliente como:	AMARANTO PREGELATINIZADO 2
CODIGO LABORATORIO:	100865- 1
TIPO DE PRODUCTO:	AMARANTO PREGELATINIZADO 2
CLIENTE:	ESTEFANIA PUENTE
DIRECCION:	BARSA
CONDICION LLEGADA Y TIPO DE ENVASE:	EMPAQUE PLÁSTICO SELLADO
NUMERO DE LOTE:	ND
FECHA RECEPCION:	15/08/16
FECHA INICIO ENSAYO:	15/08/16
CONTENIDO DECLARADO:	ND
CONTENIDO ENCONTRADO:	214,1 g
FECHA DE ELABORACION:	ND
FECHA DE CADUCIDAD:	ND
CONDICIONES AMBIENTALES DE LLEGADA DE LA MUESTRA:	Temperatura 4 °C Humedad relativa 23,5 %
FORMA DE CONSERVACION:	REFRIGERACION
MUESTREO:	ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE

ENSAYOS FISICO QUIMICOS	METODOS	UNIDAD	RESULTADOS
Digestibilidad de pepsina	M. INTERNO (BASADO EN AOAC 971.09)	%	45,45

NS: No solicita el cliente / ND: No declara

Datos tomados del cuaderno FQ 60 Pág. 184B

Los resultados expresados arriba tienen validez solo para la muestra analizada en condiciones específicas no siendo extensivos a cualquier lote.
El laboratorio no se responsabiliza por la representatividad de la muestra respecto a su origen y sitio del cual fue tomada.
Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad con la aprobación del Director Técnico.

• **Tiempo de almacenamiento de informes:** Cinco años a partir de la fecha de ingreso de la muestra.

Atentamente,

15/08/16
FECHA EMISION


Cia. Melchor Toaza
**Director de Calidad,
Director Técnico (E)**

Página 1 de 1

Tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio
Muestras perecibles: 8 días calendario. Muestras no perecibles: 30 días calendario
Si desea revisión de algún parámetro, se debe generar una solicitud en el periodo estipulado

ANEXO 20

Resultados del análisis de laboratorio



SEIDLaboratory Cia. Ltda.

SERVICIO INTEGRAL DE LABORATORIO

Melchor Touza N61-63
entre Av. del Maestro y Nazareth
Tells.: 248 3145 / 280 8849 / 247 6314
Telefax: 280 8825 • www.seidlaboratory.com
Quito - Ecuador

INFORME DE ENSAYO NR. 188793

TIPO MUESTRA: Declarada por el cliente
como: **AMARANTO COCIDO**

CODIGO LABORATORIO: 106792- 1
TIPO DE PRODUCTO: AMARANTO COCIDO
CLIENTE: ESTEFANIA PUENTE
DIRECCION: ISARRA

CONDICION LLEGADA Y TIPO DE ENVASE: FUNDA PLASTICA CERRADA
NUMERO DE LOTE: MD
FECHA RECEPCION: 16/03/28
FECHA INICIO ENSAYO: 16/03/28
CONTENIDO DECLARADO: ND
CONTENIDO ENCONTRADO: 444,7 g
FECHA DE ELABORACION: ND
FECHA DE CADUCIDAD: ND
CONDICIONES AMBIENTALES DE LLEGADA
DE LA MUESTRA: Temperatura -4° C
FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACION
MUESTREO: ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE

ENSAYOS FISICO QUIMICOS	METODO	UNIDAD	RESULTADO
Digestibilidad de pepsina	M. INTERNO (BASADO EN AOAC 971.08)	%	78,75

ND: No solicita el cliente/ MD: No declara.

Datos tomados del cuaderno de FQ 84 Pág. 198A.

Los resultados expresados arriba tienen validez solo para la muestra analizada en condiciones especificas ya siendo entendido e aceptado
ello.

El laboratorio no se responsabiliza por la representatividad de la muestra respecto a su origen y sitio del cual fue tomada.

Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad con la aprobación del Director Técnico.

• Tiempo de almacenamiento de informes: Cinco años a partir de la fecha de ingreso de la muestra.

Alertamiento:

16/03/28
FECHA EMISION

Dr. Mayra Viqueza
Director de Calidad
Director Técnico (E)

ANEXO 21

Resultados del análisis de laboratorio



SEIDLaboratory Cia. Ltda.
SERVICIO INTEGRAL DE LABORATORIO

Melchor Toaza N61-63
entre Av. del Maestro y Nazareth
Tels.: 248 3145 / 280 8849 / 247 6314
Telefax: 280 8825 • www.seidlaboratory.com
Quito - Ecuador

INFORME DE ENSAYO NR. 109793

TIPO MUESTRA: Declarada por el cliente
como: AMARANTO CRUDO

CODIGO LABORATORIO: 109793- 1
TIPO DE PRODUCTO: AMARANTO CRUDO
CLIENTE: ESTEFANIA PUENTE

DIRECCION: BARRA

CONDICION LLEGADA Y TIPO DE ENVASE: FUNDA PLASTICA CERRADA
NUMERO DE LOTE: ND
FECHA RECEPCION: 16/02/09
FECHA INICIO ENSAYO: 16/02/09
CONTENIDO DECLARADO: ND
CONTENIDO ENCONTRADO: 200,7 g
FECHA DE ELABORACION: ND
FECHA DE CADUCIDAD: ND
CONDICIONES AMBIENTALES DE LLEGADA DE LA MUESTRA: Temperatura 22° C
FORMA DE CONSERVACION: AMBIENTE
MUESTREO: ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE

ENSAYOS FISICO QUIMICOS	METODO	UNIDAD	RESULTADO
Digestibilidad de pepsina	M. INTERNO (BASADO EN AOAC 971.09)	%	85,35

NS: No solicita el cliente/ ND: No declara.

Datos tomados del cuaderno de FQ 91 Pág. 120 A-B

Los resultados expresados arriba tienen validez solo para la muestra analizada en condiciones especificas no siendo extensivo a cualquier lote.

El laboratorio no es responsable por la representatividad de la muestra respecto a su origen y sitio del cual fue tomado

Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad con la aprobación del Director Técnico

• Tiempo de almacenamiento de informes: Cinco años a partir de la fecha de ingreso de la muestra

Atentamente,

Dra. Nancy Proenza
Directora de Calidad
Directora Técnica (E)

950308
FECHA EMISIÓN

ANEXO 22

Glosario de términos

AUTOCLAVE: es un recipiente de presión metálico de paredes gruesas con un cierre hermético que permite trabajar a alta presión para realizar una reacción industrial, una cocción o una esterilización con vapor de agua.

CALENTAMIENTO OHMICO: El calentamiento óhmico es un procedimiento continuo y delicado para calentar productos. El calentamiento se realiza mediante corriente eléctrica.

DMS: Diferencia mínima significativa.

ESPECTROFOTÓMETRO: es un instrumento usado en el análisis químico que sirve para medir, en función de la longitud de onda, la relación entre valores de una misma magnitud fotométrica relativos a dos haces de radiaciones y la concentración o reacciones químicas que se miden en una muestra. También es utilizado en los laboratorios de química para la cuantificación de sustancias y microorganismos

HIDROTÉRMICO: perteneciente o relativo al agua y al calor. Es decir, un proceso hidrotérmico es aquel que involucra humedad y temperatura.

HIDRÓLISIS DEL ALMIDÓN: implica la ruptura de un enlace mediante la adición en medio del mismo de los elementos del agua.

IAA: Índice de absorción de agua

ISA: Índice de solubilidad en agua

LIXIVIACIÓN: es un proceso por el cual se extrae uno o varios solutos de un sólido, mediante la utilización de un disolvente líquido

PARBOLIZADO: es un proceso de cocción húmedo y secado

PH: Poder de hinchamiento

SOLUBILIDAD: es una medida de la capacidad de disolverse de una determinada sustancia (solute) en un determinado medio (disolvente).