



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería en alimentos

**Aplicación de un diseño experimental y métodos multicriterio para la
optimización de una bebida no alcohólica a base de pseudocereales
malteados**

Trabajo de grado previo a la obtención del título de:

Ingeniera en Alimentos

Autora:

Sandra Isabel Pérez Pérez

Director:

Dr. Diego Patricio Suárez Estrella, Ph. D.

Cuenca - Ecuador

2024

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación a Dios, por brindarme la fortaleza, inteligencia, sabiduría y oportunidades necesarias para culminar mi carrera. A mis padres, Ángel y Laura, cuyo amor, apoyo y sabios consejos me ayudaron a alcanzar esta meta. A mis hermanos, quienes son mi motor para superar cualquier obstáculo y mi mayor motivación para no rendirme, ya que mis logros también son los suyos. A Geo, quien ha sido un pilar fundamental en la culminación de este sueño; su apoyo constante y amor incondicional me motivaron a seguir adelante, siendo mi fuente de sabiduría, calma y consejo en todo momento. A mi abuelita, quien fue la primera persona en confiar en mí, y desde el cielo sigue apoyándome y brindándome su inmenso amor para no desfallecer en este gran proyecto de mi vida. Su recuerdo vive en cada paso que doy, y este logro la honra.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por cada una de las bendiciones recibidas, la salud, la fortaleza, y, sobre todo, la sabiduría para no perderme en el camino y llegar a la meta.

A mis padrinos y a sus hijos, por su invaluable guía y sabiduría, y por inspirarme a ser una mejor persona cada día. Con todo mi corazón, quiero agradecerles por acogerme y hacerme sentir como parte de su familia.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi Director de Tesis, Dr. Diego Suárez, por su invaluable apoyo y orientación durante el desarrollo de mi tesis. Su experiencia, paciencia y dedicación fueron fundamentales para que pudiera llevar a cabo este proyecto. Muchas gracias por las numerosas horas dedicadas a revisar mis borradores y a proporcionar comentarios detallados y constructivos.

A mis docentes, a quienes les debo mis conocimientos, valores y principios, impartidos de forma profesional, con mucha dedicación, perseverancia y tolerancia.

A todos mis amigos y compañeros, que de alguna manera contribuyeron a lograr mis objetivos, en especial a mis amigas Daniela Ortiz y Alicia Illescas, quienes han sido un pilar fundamental en mi experiencia universitaria. Juntas hemos compartido risas, lágrimas, éxitos y fracasos. Gracias por cada conversación motivadora, por las noches de estudio interminables y por las palabras de aliento cuando más las necesitaba.

A mis padres, ustedes han sido un espejo que, al despertar, me veo y me impulsan a superar cualquier dificultad. A mis hermanos, por quienes daría mi vida. Gracias por confiar en mí, por nunca dejarme sola y, sobre todo, por enseñarme que el amor siempre lo puede todo. A Geo, por no dejarme caer, por recordarme todos los días la mujer guerrera que soy, y por su amor y apoyo constante que han sido mi mayor fortaleza en los momentos difíciles. Hoy, en estos últimos días de mis estudios, les dedico mi sueño hecho realidad, queridos padres y familia.

Quiero agradecerme a mí misma por todo lo que he logrado y por el esfuerzo constante que pongo en cada aspecto de mi vida.

Agradezco a la Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería en Alimentos, por abrirme sus puertas y permitirme vivir la mejor experiencia de mi vida.

“Aplicación de un diseño experimental y métodos multicriterio para la optimización de una bebida no alcohólica a base de pseudocereales malteados”

RESUMEN

El amaranto y la quinua son pseudocereales de composición nutricional similar a los cereales, aunque superior en varios aspectos. La germinación de estas semillas mejora su perfil sensorial y su calidad nutricional ya que aumenta la biodisponibilidad de ciertos nutrientes, principalmente minerales. El objetivo de este estudio fue aplicar un diseño experimental para optimizar bebidas analcohólicas a partir de las maltas. Las semillas de amaranto y quinua (variedades Inti y Excelencia, respectivamente) fueron sometidas a un proceso de desinfección, hidratación y germinación, luego de lo cual fueron secadas, tostadas, trituradas y maceradas para extraer el mosto. Luego se dosificó la bebida, se pasteurizó, envasó, gasificó y selló herméticamente. Se aplicó un diseño experimental 2^3 , cuyas variables fueron el tiempo y temperatura de tostado y los porcentajes de saborizante y de azúcar agregados. Las respuestas analizadas fueron sensoriales y fisicoquímicas. Las cuatro variables analizadas fueron significativas para el amaranto, mientras que para la quinua lo fueron tiempo de tostado y las cantidades de saborizante y azúcar. Para la optimización de las bebidas se partió de la muestra con puntuación mayor en la función utilidad para ubicar una nueva coordenada, luego de aplicar la ecuación correspondiente en cada variable significativa. La bebida optimizada de amaranto tuvo mayor puntuación de utilidad (0.842) que la de quinua (0.704); pero ambas son aceptables para los consumidores.

Palabras claves: Amaranto, quinua, maceración, germinación, malta, diseño experimental

“Application of an experimental design and multicriteria methods for the optimization of a non-alcoholic beverage based on malted pseudocereals”

ABSTRACT

Amaranth and quinoa are pseudocereals with a nutritional composition similar to cereals, although superior in several aspects. The germination of these seeds improves their sensory profile and nutritional quality since it increases the bioavailability of certain nutrients, mainly minerals. The objective of this study was to apply an experimental design to optimize non-alcoholic beverages from malts. The amaranth and quinoa seeds (Inti and Excelencia varieties, respectively) were subjected to a disinfection, hydration and germination process, after which they were dried, toasted, crushed and macerated to extract the wort. The beverage was then dosed, pasteurized, bottled, carbonated, and hermetically sealed. An experimental design 2^3 was applied, whose variables were roasting time and temperature and the percentages of added flavoring and sugar. The responses analyzed were sensory and physicochemical. The four variables analyzed were significant for amaranth, while roasting time and the amounts of flavoring and sugar were significant for quinoa. For the optimization of the drinks, the sample with the highest score in the utility function was used to locate a new coordinate, after applying the corresponding equation to each significant variable. The optimized amaranth drink had a higher utility score (0.842) than the quinoa drink (0.704); but both were acceptable to consumers.

Keywords: Amaranth, quinoa, maceration, germination, malt, experimental design

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE FIGURA	viii
ÍNDICE DE IMÁGENES	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	1
1.1 Pseudocereales	1
1.2 Amaranto	2
1.2.1 Amaranto en América y Ecuador	3
1.2.2 Morfología de la semilla de amaranto	4
1.2.3 Composición química	4
1.2.3.1 Carbohidratos totales	5
1.2.3.2 Proteína	5
1.2.3.3 Fibra	6
1.2.3.4 Lípidos	6
1.2.3.5 Cenizas	6
1.2.4 Usos y Aplicaciones	7
1.3 Quinua	7
1.3.1 Historia de la Quinua en Ecuador	8
1.3.2 Morfología de la semilla de quinua	9
1.3.3 Composición química	10
1.3.3.1 Carbohidratos Totales	11
1.3.3.2 Proteína	11
1.3.3.3 Fibra	12
1.3.3.4 Lípidos o Grasa	12
1.3.3.5 Cenizas	12
1.3.4 Usos y Aplicaciones	12
1.4 Malta	13
1.5 Proceso de obtención de maltas de amaranto y quinua	15
1.5.1 Desinfección y Remojo	15
1.5.2 Germinación	15

1.5.3 Secado y Tostado	16
1.5.4 Molienda	17
1.5.5 Maceración.....	17
1.5.6 Extracción	17
1.6 Bebidas nutricionales y analcohólicas.....	18
CAPÍTULO II	19
MATERIALES Y MÉTODOS	19
2.1 Materiales.....	19
2.2 Métodos.....	19
2.2.1 Malteado	19
2.2.2 Aplicación de modelos factoriales y métodos multicriterio para la optimización de las bebidas no alcohólicas a partir de las maltas de amaranto y quinua	23
2.2.3 Elaboración de las bebidas a base de maltas de amaranto y quinua.....	24
2.2.4 Análisis físicoquímicos de las bebidas a base de malta	27
2.2.4.1 Determinación de sólidos solubles	28
2.2.4.2 Extracto total	28
2.2.4.3 Densidad	29
2.2.4.4 Colorimetría	29
2.2.5 Análisis sensorial de las bebidas a base de malta	29
2.2.6 Análisis estadístico	30
2.2.7 Optimización de las variables de proceso	31
CAPÍTULO III	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
3.1 Análisis físicoquímicos de la bebida a base de maltas	32
3.2 Análisis sensorial de la bebida a base de maltas	39
3.3 Aplicación de modelos factoriales y métodos multicriterio para la optimización de las bebidas no alcohólicas a base de amaranto y quinua malteados	42
3.4 Optimización de las variables del proceso	44
CONCLUSIONES	49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXOS	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Aspectos taxonómicos de la planta de amaranto	2
Tabla 1.2. Composición porcentual de las semillas de amaranto en base húmeda (bh)	5
Tabla 1.3. Aspectos taxonómicos de la planta de quinua	8
Tabla 1.4. Composición porcentual de las semillas de quinua (bh).....	11
Tabla 1.5. Composición porcentual de la malta de amaranto y quinua (bh).....	13
Tabla 2.1. Condiciones de germinado aplicado al amaranto y quinua.....	21
Tabla 2.2. Matriz del diseño experimental factorial para la optimización de las bebidas	23
Tabla 2.3. Valores experimentales	24
Tabla 2.4. Ponderación de cada parámetro para la optimización de las bebidas de amaranto y quinua.....	30
Tabla 3.1. Sólidos solubles de las bebidas de amaranto y quinua.....	32
Tabla 3.2. Extracto total de las bebidas de amaranto y quinua.....	34
Tabla 3.3. Densidad de las bebidas de amaranto y quinua	35
Tabla 3.4. Colorimetría de la bebida de amaranto	36
Tabla 3.5. Colorimetría de la bebida de quinua	38
Tabla 3.6. Matriz de las medianas calculadas a partir de las evaluaciones sensoriales de las bebidas de maltas a base de semillas de amaranto.....	40
Tabla 3.7. Matriz de las medianas calculadas a partir de las evaluaciones sensoriales de las bebidas de maltas a base de semillas de quinua.....	41
Tabla 3.8. Función de utilidad de las bebidas de amaranto y quinua	42
Tabla 3.9. Tabla de nivel de significancia para el amaranto (95%).....	43
Tabla 3.10. Tabla de nivel de significancia para la quinua (95%).....	44
Tabla 3.11. Optimización de la bebida de amaranto.....	44
Tabla 3.12. Optimización de la bebida de quinua.....	45
Tabla 3.13. Valores experimentales para el primer paso	45
Tabla 3.14. Resultado de los análisis fisicoquímicos de las bebidas optimizadas.....	46
Tabla 3.15. Colorimetría de las bebidas optimizadas	47
Tabla 3.16. Matriz de las medianas de las bebidas optimizadas.....	47
Tabla 3.17. Función utilidad de las bebidas optimizadas de amaranto y quinua.....	48

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Ilustración de <i>Amaranto cruentus</i> , (a) sección longitudinal, (b) sección frontal	4
Figura 2. Sección longitudinal media del grano de quinua	10
Figura 3. Escala de color EBC/SRM (Standar Reference Method) para las maltas	14

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Colores del Amaranto.....	3
Imagen 2. Panojas de la planta de quinua.....	9
Imagen 3. Germinador utilizado para las semillas de amaranto y quinua.....	20
Imagen 4. Germinación de las semillas.....	21
Imagen 5. Deshidratador utilizado para las semillas germinadas y almacenamiento en el cuarto frío.....	22
Imagen 6. Cámara de tostado de las semillas	22
Imagen 7. Molino para malta de 2 rodillos	24
Imagen 8. Maceración de las maltas	25
Imagen 9. Prueba con yodo.....	25
Imagen 10. Filtración del mosto.....	26
Imagen 11. Potenciómetro Oakton pH/mV/°C Meter pH 11 Series	27
Imagen 12. Llenadora de botellas contrapresión	27
Imagen 13. Refractómetro Milwaukee MA871	28

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Tabla de conversión de grados brix a grados plato	66
Anexo 2. Capacitación al panel sensorial	68
Anexo 3. Análisis sensorial de las bebidas malteadas	68
Anexo 4. Ficha de cata para las bebidas a base de maltas (amaranto y quinua)	69
Anexo 5. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2 302:2009. Bebida de Malta: Requisitos.....	70

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

1.1 Pseudocereales

El término pseudocereal, proviene de “pseudo”, que significa “falso o parecido” y “cereal” (Colcha, 2013), es decir, se trata de semillas parecidas a los cereales. Los pseudocereales más comunes son amaranto, quinua, cañihua y trigo sarraceno (Huamanchumo, 2020). Tienen elevados contenidos de fibra, proteínas (con cantidades importantes de aminoácidos limitantes de los cereales, como la lisina), almidones, lípidos, en los cuales predominan los ácidos grasos insaturados y poliinsaturados, como el linoleico y el oleico y, en baja cantidad, los saturados como el ácido palmítico. Además, son ricos en minerales como calcio, fósforo, hierro, magnesio y potasio y en vitaminas como E y las del grupo B, aunque su contenido de vitamina C es bajo (Chancahuaña, 2017). Los pseudocereales no contienen gluten debido a su carencia de prolaminas, como gliadina, hordeína, secalina y avenina (Bellanco, 2019). Estos factores han hecho que su consumo se haya incrementado en la dieta de personas celíacas y no celíacas (Mauro, 2019).

Botánicamente, son semillas dicotiledóneas, siendo esta, la diferencia con los cereales que son monocotiledóneas; por otro lado, los pseudocereales presentan características similares a las de los cereales como su textura, palatabilidad, cocción, capacidad de formar harinas, permitiendo su uso de forma similar en la elaboración de galletas, cerveza, pasta y pan, razones que explican su denominación como pseudocereales (Huamanchumo, 2020).

Los pseudocereales son propios de la región de América del Sur, siendo posible su cultivo en terrazas por lo que, pueden ser cultivados en terrenos con pendientes pronunciadas. Además, se adaptan a terrenos pobres en nutrientes y ambiente con bajas y altas temperaturas, lluvias, sequías, altas concentraciones de sales entre otras circunstancias adversas (Núñez, 2012).

En épocas prehispánicas, el amaranto y la quinua se cultivaban en el continente americano, donde eran consumidas y comercializadas. Su siembra se vio afectada por la conquista española, dando paso a cultivos desconocidos en la región, incluyendo cereales como el trigo

y la cebada. Actualmente, a los pseudocereales se les denomina como “granos de oro” por su alto valor nutritivo, funcional, social, ecológico y económico (Nieto, 1989; Chanchahuaña, 2017).

1.2 Amaranto

El amaranto pertenece a la familia *Amaranthaceae*, la cual está compuesta aproximadamente por 70 géneros, y al género *Amaranthus* que engloba más de 60 especies, distribuidas por todo el mundo (Das, 2016; Algara et al., 2021). Los aspectos taxonómicos del amaranto se presentan en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Aspectos taxonómicos de la planta de amaranto

Reino:	Vegetal
División:	Fanerógama
Clase:	Dicotyledoneae
Subclase:	Archyclamideae
Orden:	Centrospermales
Familia:	Amaranthaceae
Género:	Amaranthus
Especie:	A. Caudatus, A.Cruentus y A.Hypochondriacus
Nombre científico:	Amaranthus L.

Fuente: Sasintuña, (2022)

Aunque es muy difundida la idea de que el amaranto es autóctono del continente americano; existen estudios que proponen la posibilidad de que los amarantos se hayan desarrollado y domesticado en el sur de Asia, en el periodo prehistórico (Das, 2016).

Las plantas del género *Amaranthus* crecen en zonas tropicales, frías o templadas, siendo sembradas a poca profundidad en terrenos con un buen contenido de materia orgánica, aunque también es capaz de crecer en suelos arcillosos, salinos o húmedos (Council National Research, 1984). La planta de amaranto presenta hojas anchas, tallos y flores de colores brillantes: púrpura, naranja, rojo y dorado (Pineda, 1999) (Imagen 1).

Imagen 1. Colores del Amaranto



Fuente: Escobedo, (2019)

Dentro de las especies cultivadas, la más sobresaliente es *A. caudatus L.*, conocida vulgarmente como kiwicha en Perú y millmi en Bolivia. El segundo más relevante es *A. quitensis H.B.K* o *A. hybridus L.*, conocido como jataco o amaranto de grano negro en Ecuador. Finalmente, están las especies silvestres, entre las cuales tenemos *A. blitum L.*, conocido como bleto, además, ciertas especies son consideradas plantas invasoras o malas hierbas (Peralta, 2012). En Ecuador, al amaranto se lo conoce también como ataco, sangorache o quinua de castilla.

1.2.1 Amaranto en América y Ecuador

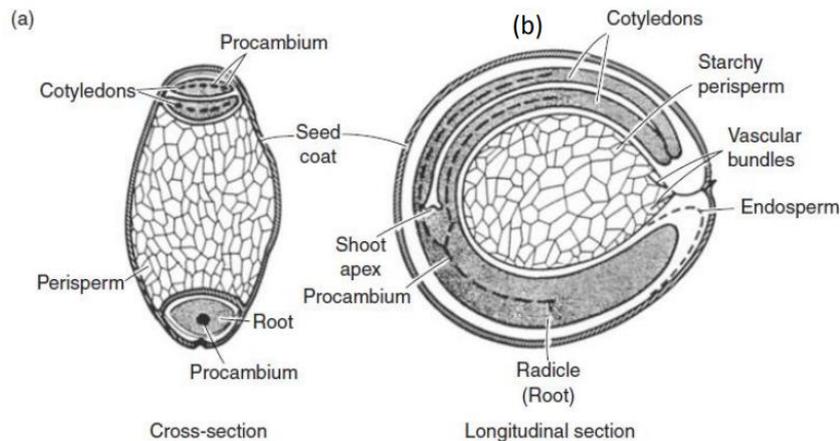
Se considera que el amaranto se encuentra en el continente americano desde hace 4000 años, aproximadamente (Nieto, 1989). Los principales granos encontrados por los españoles al llegar a este territorio fueron: maíz, fréjol, quinua y amaranto, este último, era ofrecido por los aztecas a sus dioses en actos religiosos; para frenar esa práctica, los españoles prohibieron el uso y cultivo del amaranto, el cual casi fue desaparecido (Peralta, 2012). Hoy en día, su cosecha se está retomando en los países latinos debido a un mayor conocimiento por parte de la población de su buena calidad nutritiva, gracias a su elevado contenido de fibra dietética, minerales como calcio, hierro, fósforo, potasio, magnesio y vitaminas como ácido ascórbico, niacina, vitamina A, B, C, D y E (Mapes, 2015).

Aunque no se conoce con certeza desde cuándo está presente en Ecuador, la especie *Amaranthus caudatus* se cultiva en los valles interandinos y es conocida por producir granos blancos y apetecibles, el rendimiento promedio a nivel de parcelas experimentales es de 2000kg/ha (44 qq por hectárea); pero desciende al ser cultivado en tierras agrícolas (Peralta & Mazón, 2014). El INIAP ha determinado que el periodo de cultivo de la variedad (INIAP Alegría) es de 4 a 6 meses, con una producción de 640 a 3750 kg/ha (Arroyo, 2017).

1.2.2 Morfología de la semilla de amaranto

Son pequeñas, de forma circular y ovalada, tiene colores dorado, rosa, café, rojo o negro. Está formada por tres partes importantes: primera capa (episperma), la segunda (endosperma), que está constituida por cotiledones que contiene proteína y la capa interna (perisperma) conformado por almidones (Nieto, 1989) (Figura 1).

Figura 1. Ilustración de *Amaranto cruentus*, (a) sección longitudinal, (b) sección frontal



Fuente: Prieto, (2009)

Tiene un período de crecimiento de 180 días aproximadamente, iniciando en la germinación y finalizando en su madurez. Posteriormente, la cosecha se lleva a cabo una vez que el amaranto se torne de color pardo amarillento, seguidamente, se debe dejar secar bajo el sol durante 2 a 3 días, para evitar su germinación descontrolada y otras formas de daño (Jiménez, 2017).

Después del secado, el grano es separado de las impurezas como tallos y hojas. Si se cosecha antes de que la planta se seque, el grano se adherirá al material húmedo y no se logrará almacenar, para esto, la humedad se debe encontrar entre 10 y 12% para evitar la presencia de mohos (Pineda, 1999).

1.2.3 Composición química

La composición química del amaranto puede llegar a variar según su especie, variedad, condiciones de crecimiento, suelo, clima, y otros factores ambientales (González, 2020). La composición química aproximada del amaranto es presentada en la tabla 1.2.

Tabla 1.2. Composición porcentual de las semillas de amaranto en base húmeda (bh)

	Componentes				
	Carbohidratos	Proteínas	Fibra	Lípidos	Cenizas
Amaranto	51.5 – 65.8	13.2 – 17.6	3.4 – 5.3	6.3 – 10.2	2.4 – 3.8

Fuente: Boucher & Muchnik, (1995)

1.2.3.1 Carbohidratos totales

El almidón es el componente mayoritario del amaranto (50 - 60 % del peso del grano). Se localiza principalmente en el perisperma (Soteras, 2011). El almidón del amaranto está constituido por una baja cantidad de amilosa formada por 500 a 2000 unidades de α -D-glucosa y por una fracción ramificada (amilopectina) integrada por cadenas lineales de 25 a 30 unidades de α -D-glucosa. Se diferencia de los almidones de trigo y maíz por su menor capacidad de hinchamiento y viscosidad, alta solubilidad y capacidad de absorción de agua. Los almidones del amaranto suelen gelatinizar a temperaturas superiores a 60°C (Pérez, 2017).

1.2.3.2 Proteína

La proteína del amaranto está constituida por 12 - 22% de aminoácidos esenciales, incluyendo la lisina, triptófanos y aminoácidos sulfurados (Soteras, 2011). Estas proteínas se localizan, principalmente, entre el embrión y la cáscara. Su distribución aproximada es: 20.7% albúminas, 19.2% globulinas, 2.2% prolaminas, 44% glutelinas y 13.4% residuos (Pérez, 2017).

La globulina es una proteína importante debido a sus niveles elevados de lisina, que es un aminoácido esencial que promueve el crecimiento, la producción de enzimas, anticuerpos, obtención de energía, síntesis de proteínas y compuestos antioxidantes; lo que le confiere una mayor importancia desde el punto de vista nutricional, al ser el principal aminoácido limitante de los cereales. Por otro lado, las albúminas se caracterizan por ser solubles en agua o en soluciones con baja presencia de iones, poseen entre 16 - 18 % de metionina, además de lisina, leucina, treonina, fenilalanina, valina y aminoácidos azufrados (Pérez, 2017). Es importante destacar que tanto las globulinas como las prolaminas pueden considerarse como opciones para aislar y caracterizar los péptidos funcionales (secuencia de aminoácidos inactivos). Estos péptidos podrían liberarse gracias a la acción de las enzimas proteolíticas mediante la digestión (Nardo, 2017). Además, el amaranto, contiene varios compuestos peptídicos antimicrobianos, inhibidores de proteasa (Jiménez, 2017).

1.2.3.3 Fibra

El amaranto proporciona una cantidad considerable de fibra dietética, la cual contribuye al adecuado funcionamiento del metabolismo, la digestión. La fibra genera una sensación de saciedad, que disminuye la incorporación de calorías a través de la dieta y, por lo tanto, evita el aumento de peso.

La fibra total está constituida por el 78% de fibra insoluble, que incluye: lignina, celulosa, hemicelulosa y almidón resistente; y por el 22% de fibra soluble, que comprende pectinas, gomas y otros carbohidratos no digeribles. La celulosa, es una cadena larga de hidratos de carbono, compuesta exclusivamente por moléculas de glucosa, unidas por enlaces β -1,4, mientras que la hemicelulosa es un polímero de cadena corta, constituida por varios tipos de azúcares como D-xilosa, D-manosa, D-glucosa y L-arabinosa (Pavón, 2021; Silva et al., 2013).

1.2.3.4 Lípidos

Los lípidos del amaranto están constituidos por una combinación de ácidos grasos saturados (21.9 – 26.4%) como palmítico, e insaturados (71.6 – 72.4%) como linoleico y oleico; que se ubican en la testa y el embrión, principalmente. Además, el aceite derivado de estas semillas es rico en tocoferoles y tocotrienoles (vitamina E y análogos insaturados), lo cual es beneficioso para la salud (Soteras, 2011).

La calidad nutricional de un aceite se define por el tipo de ácidos grasos que contiene, destacando especialmente la presencia de ácidos grasos poliinsaturados, entre ellos, el ácido linoleico siendo el más abundante con el 37 - 45% y el oleico con aproximadamente el 30%. Además, posee una baja proporción de ácidos grasos saturados, entre 21.9 - 26.4%, como el ácido palmítico (17%), que provee energía, reduce las enfermedades cardiovasculares e impide la formación de coágulos de sangre. Otro tipo de grasa presente en el amaranto está compuesto por el escualeno (terpénico) con el 3.6 a 6.1%, el cual ayuda a la disminución del colesterol y triglicéridos en el organismo (Huamanchumo, 2020).

1.2.3.5 Cenizas

El amaranto se destaca por ser una fuente rica en minerales como calcio, hierro, potasio, fósforo, sodio, zinc y magnesio. Esta característica lo convierte en una opción beneficiosa para personas que padecen de osteoporosis y anemia, para quienes se recomienda su consumo (Soteras, 2011). Además, el magnesio que contiene relaja las arterias y tiene efectos

antihipertensivos, anticancerígenos y ayuda a controlar los niveles de glucosa en la sangre (Mapes, 2015).

1.2.4 Usos y Aplicaciones

Este pseudocereal se utiliza en alimentos como granola; harinas integrales, aceites comestibles, papillas para bebés, concentrados proteicos, barras energéticas, semillas reventadas, hojuelas, alimentos nutricionales y funcionales, incluso, para la elaboración de bebidas (Mapes, 2015).

Las bebidas de amaranto se elaboran a partir de la trituración de las semillas, a las que se adiciona agua y productos que ayuden a mejorar el sabor y permitan el almacenamiento de la bebida por más tiempo. En el mercado existen bebidas que contienen amaranto, muchas de ellas logran incluir un porcentaje importante de sus nutrientes (Soteras, 2011).

Gracias a la ausencia de gluten y a la presencia de proteínas de alto valor, el amaranto puede constituir un ingrediente importante para la elaboración de productos destinados a personas con intolerancia o alergia al gluten, entre los que se incluyen panes, pastas y galletas. Estos productos horneados y/o secados se caracterizan por su formulación y elaboración sencilla. En la actualidad, se observa una tendencia en aumento hacia la inclusión de pseudocereales en estos tipos de alimentos, ya sea en forma de harina o como grano reventado, aprovechando sus beneficios nutricionales. En el caso específico de la pasta, se utiliza la harina para obtener un producto con alto contenido de proteínas, fibra cruda y ciertos minerales (Huamanchumo, 2020).

El valor nutricional del amaranto es similar al de la quinua; además poseen mayor concentración de aminoácidos esenciales en comparación con las gramíneas y leguminosas. Aunque no es tan resistente al frío como la quinua, sus semillas carecen de saponinas, eliminando así la necesidad de un proceso de desaponificación (Arroyo, 2017).

1.3 Quinua

La quinua (*Chenopodium quinoa*), es un pseudocereal perteneciente a la familia *Chenopodiaceae* y tiene su origen en el área andina. Proviene de una planta herbácea que alcanza una altura de 1 a 3 metros y tiene una amplia dispersión geográfica (Álvarez, 2022). Su período de crecimiento se encuentra entre 90 a 240 días. Es una planta que se adapta fácilmente a condiciones adversas, como suelos ácidos, por ejemplo (Cuadrado, 2012).

Los aspectos taxonómicos de la quinua se muestran en la tabla 1.3.

Tabla 1.3. Aspectos taxonómicos de la planta de quinua

Reino:	Plantae / Vegetal
División:	Magnoliophyta / Angiospermas
Clase:	Magnoliopsida / Dicotiledóneas
Subclase:	Arquiclamiidae
Orden:	Caryophyllales / Centrospermales
Familia:	Amaranthaceae / Chenopodiaceas
Género:	Chenopodium
Especie:	<i>Chenopodium quinoa</i>
Nombre científico:	Chenopodium quinoa Wild

Fuente: Aguilar, 2019; Cuadrado, 2012 y Álvarez, 2012

1.3.1 Historia de la Quinua en Ecuador

La cultura cañari cultivaba intensamente la quinua antes de la llegada de los españoles, empleando técnicas como: rotaciones de cultivos, construcciones de terrazas y riego. El grano era venerado por las poblaciones nativas, incorporándolo incluso en sus ceremonias religiosas, llegando a elaborar objetos de adoración conocidos como “quinua mamas”, destacando la importancia espiritual y cultural que atribuían a este valioso alimento (Cazar & Alava, 2004).

En 1549, el “*Mandamiento de Tambo*”, emitido por el Cabildo de Quito, fomenta la comercialización de la quinua entre los viajeros. Posteriormente, los habitantes de Ambato cultivaban productos populares como el maíz, frijoles, y quimián (quinua). Además, la quinua era apreciada y comparada con el arroz por sus destacadas propiedades alimenticias (Peralta, 2009).

En el siglo XVIII se registraron dos variedades de quinua: la primera, de color blanco, redonda y sin piel, que se cultivaba en tierras frías; la segunda, de tonalidad rojiza y redonda, que se consumía tostada. A medida que varias tribus iniciaron la cosecha de este producto, su presencia se expandió hacia Bogotá y al sur de Colombia (Peralta, 2009).

En Ecuador, se encontraron evidencias de su presencia desde, al menos 500 años a.C, en las provincias de Tungurahua, Pichincha, Chimborazo, Imbabura, Cotopaxi, Azuay, Loja, y Carchi (Cuadrado, 2012; Peralta, 2009).

Por otro lado, en 1982 el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) creó el “Programa de Cultivos Andinos”, donde se estudiaron y propiciaron cultivos autóctonos de alimentos olvidados de nuestra región, tales como quinua, melloco y oca y se formó el banco de germoplasma con 271 accesiones de quinua. Posteriormente, en 1988, el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN) estableció las normas ecuatorianas sobre la quinua. Estos factores contribuyeron al aumento de la producción y permitieron exportar la quinua a Estados Unidos, Europa y Japón (Peralta, 2009; Cazar & Alava, 2004).

1.3.2 Morfología de la semilla de quinua

Las semillas crecen en panojas pequeñas y muestran una variada gama de colores como: negro, amarillo, rojo, anaranjado, crema, café, translúcido o blanco (Imagen 2) (Cuadrado, 2012). El grano es un fruto seco, de forma lenticular, elipsoidal, cilíndrica y convexa, además, posee diámetros pequeños (1 a 1.7 mm), medianos (1.8 a 2.1 mm) y grandes (2.2 a 2.6 mm) (Arenas & Heredia, 2017; Rodríguez, 2005).

Imagen 2. Panojas de la planta de quinua



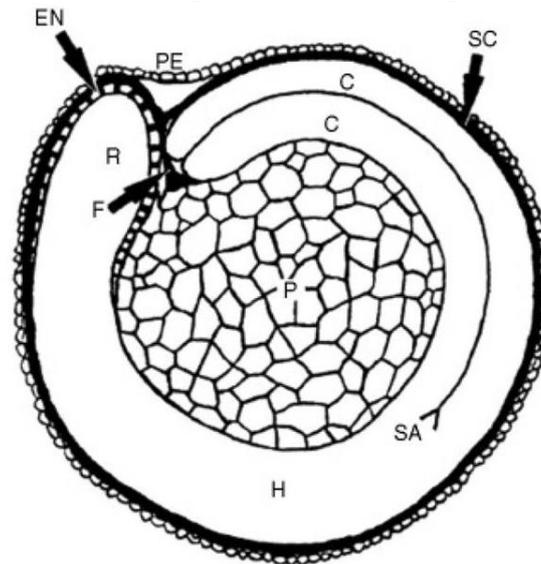
Fuente: Bernácer, (2023)

El grano de quinua está compuesto por tres partes fundamentales que son: epispermo, perispermo y embrión.

El epispermo, es la capa que cubre toda la semilla y está unida al pericarpio. El perispermo es el tejido de almacenamiento y está constituido por un alto porcentaje de almidón. El embrión envuelve al perispermo y está formado por dos cotiledones y la radícula (Figura 2) (Aguilar, 2019). Es importante mencionar que el perispermo es un tejido de reserva adicional formado por células de la nucela, que es una parte del rudimento seminal. Es el derivado de un nucelo diploide, a diferencia del endospermo este se forma fuera del saco embrionario. El endospermo

es un tejido nutritivo embrionario de las angiospermas (formado durante la doble fertilización por la fusión del espermatozoides con el núcleo polar); en cambio, en las gimnospermas es una reserva alimenticia derivada del megagametofito; también se considera como un material nutritivo en las plantas triploides ($3n$), como resultado de la unión de tres núcleos durante la doble fertilización) (Flores et al., 2010).

Figura 2. Sección longitudinal media del grano de quinua



Pericarpio (PE), cubierta de la semilla (SC), eje hipocótilo-radical (H), cotiledones (C), endospermo (EN), radícula (R), funículo (F), brote del apéndice (SA) y perisperma (P)

Fuente: Prego et al., (1998)

1.3.3 Composición química

El grano de quinua es rico en proteínas (aminoácidos esenciales), vitaminas, grasas insaturadas como omega 3, carbohidratos, fibra, minerales y otros nutrientes. Sin embargo, también contiene anti nutrientes como la saponina, un compuesto tóxico presente en las capas exteriores que confiere un sabor amargo, de acuerdo con su concentración se clasifican las variedades de quinua en dulces o amargas (saponinas $> 0.11\%$) (Ahumada et al., 2016). Por otro lado, sus hojas y flores, que pueden ser utilizadas en ensaladas, poseen una baja concentración de este compuesto. Es importante destacar que el embrión de la quinua alberga lípidos como los grasos poliinsaturados (linoleico y linolénico) y monoinsaturados como, el ácido oleico (Aguilar, 2019; Cuadrado, 2012).

Existen métodos favorables para potenciar y optimizar el aprovechamiento de los nutrientes presentes en los granos de la quinua, como el malteado y el macerado, al mejorar su biodisponibilidad (Álvarez, 2022).

En la tabla 1.4 se puede apreciar la composición química del grano de quinua.

Tabla 1.4. Composición porcentual de las semillas de quinua (bh)

	Componentes (%)				
	Carbohidratos	Proteínas	Fibra	Lípidos	Cenizas
Quinua	61.70 - 68.30	12.10 - 15.72	2.91- 9.15	5.01 -7.16	2.70 - 3.30

Fuente: (Aguilar, 2019; Álvarez, 2012; Valarezo & Procel, 2021)

1.3.3.1 Carbohidratos Totales

La mayor parte de carbohidratos del grano son almidones, que se ubican en el perispermo, principalmente. Además, contiene aproximadamente un 6.2% de azúcares libres. Este almidón se caracteriza por poseer un bajo contenido de amilosa, lo que resulta en una menor retrogradación. El almidón se presenta como unidades simples o en estructuras poligonales, que tienden a ser esféricas, con un diámetro alrededor de 2 μm (Romo et al., 2005).

El almidón es insoluble en agua fría, pero su gelatinización ocurre a temperaturas comprendidas entre 55-65°C (Romo et al., 2005). Gracias a esta capacidad como a su retrogradación, aporta propiedades funcionales a los alimentos, puesto que incrementa su viscosidad, estabilizador coloidal, entre otros, lo cual es deseable en algunos productos (Hevia et al., 2000).

1.3.3.2 Proteína

Las proteínas presentes en la quinua se encuentran en el germen, principalmente (alrededor del 10 al 17%), son ricas en aminoácidos esenciales como: fenilalanina, tirosina, histidina, isoleucina, treonina, valina, lisina y metionina, destacando estas dos últimas (5.1 – 6.4% y 0.4 – 1%, respectivamente) (Pauca, 2022). En efecto, dicha semilla exhibe una estructura equilibrada de aminoácidos esenciales, que se asemeja a la caseína de la leche (Aguilar, 2019).

Además de su perfil aminoacídico, la quinua contiene fracciones de albúminas y globulinas que oscilan entre el 44 y el 77%, siendo las globulinas las más predominantes (37%). Por otro lado, la prolamina se encuentra en concentraciones de 0.5% - 7%, (Padrón et al., 2015).

1.3.3.3 Fibra

La fibra bruta constituye alrededor del 5% del peso del grano, el cual se divide en fibra soluble (2.4%) e insoluble (2.6%), la cual facilita el paso en el intestino, además normaliza los niveles de colesterol, previene el cáncer de colon y es un depurador que elimina toxinas del cuerpo (Ramírez & Estefano, 2018; Bojanic, 2011).

1.3.3.4 Lípidos o Grasa

La grasa se encuentra ubicada en el embrión de la quinua, es rica en ácidos grasos poliinsaturados como el linolénico, linoleico y oleico (Aguilar, 2019). El contenido de grasa varía entre 2.05 y 10.88%, donde predominan ácidos grasos como omega 6 (50.24%), omega 3 (26.04%), palmítico (9.59%) y omega 9 (4.77%); otros ácidos grasos, como el esteárico y el eicosapentaenoico, están presentes en baja proporción. Estos ayudan a reducir el colesterol de baja densidad (LDL), por ende, se eleva la concentración del colesterol de alta densidad (HDL) en el organismo (Artiaga, 2018).

1.3.3.5 Cenizas

La quinua es una fuente rica de calcio, un mineral esencial para varias funciones estructurales en el organismo, tales como el mantenimiento de los tejidos duros y blandos, la transmisión de estímulos químicos y eléctricos, la coagulación sanguínea y la prevención de la osteoporosis. Además, aporta otros minerales como hierro, potasio, zinc, fósforo, magnesio, manganeso, cobre y litio. Estos minerales desempeñan un papel crucial en la activación de enzimas, transformando los fosfatos en energía. La presencia de zinc contribuye a la hidrólisis de carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos (Bojanic, 2011). El fósforo y el potasio representan aproximadamente el 65% de las cenizas totales (Álvarez, 2012).

1.3.4 Usos y Aplicaciones

Gracias a su composición química, a la quinua se le considera como un “superalimento” debido a la alta cantidad de nutrientes que posee, y su capacidad antioxidante (Hernández, 2015). La quinua, comúnmente se utiliza en forma de grano perlado y harina enriquecida para generar una amplia gama de productos como alimentos inflados, extruidos, bizcochos, galletas, hojuelas, pastas, rebozados, barritas, hojuelas de quinua, tortas, entre otros (Aguilar, 2019). La inclusión de quinua en la elaboración de rebozados no solo preserva la humedad, sino que

también realza su sabor. Además, las hojas se consumen en guisos y los tallos se incorporan en ensaladas, obteniendo productos energéticos, libres de colesterol y gluten (Cáceres, 2018).

En la industria de bebidas, se utilizan estos granos para la elaboración de malta, la cual se emplea como materia para el proceso de producción de bebidas nutricionales (Aguilar, 2019).

Durante el proceso de malteado, se dan cambios fisicoquímicos que permiten aprovechar mejor los nutrientes de los granos de pseudocereales, en el cual las semillas se desarrollan y activan sus sistemas enzimáticos transformando los almidones y parte de la fracción proteica insoluble en azúcares, debido a los procesos como hidratación, germinación, secado y tostado que conlleva (Aguilar, 2019).

1.4 Malta

La malta es el producto que se obtiene a través del proceso de malteado, que implica la germinación, deshidratación y tostado de los cereales y pseudocereales (Aguilar, 2019). Este proceso activa enzimas que convierten el almidón en azúcares fermentables y dextrinas no fermentables. Algunas enzimas hidrolizan el almidón durante la germinación y la maceración (Wagner, 2009) (Luján & Vásquez, 2010). En la tabla 1.5 se presenta la composición química aproximada de las maltas del amaranto y quinua.

Tabla 1.5. Composición porcentual de la malta de amaranto y quinua (bh)

	Componentes				
	Carbohidratos	Proteínas	Fibra	Lípidos	Cenizas
Malta de amaranto	32.72	8.08 – 14.43	4.40 – 7.47	1.93 – 9.46	1.46 – 2.19
Malta de quinua	72.97	10.59	2.82	6.62	2.80

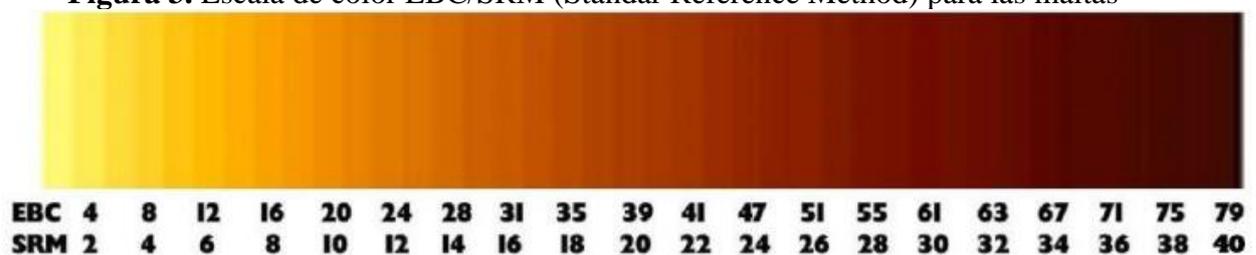
Fuente: (Aguilar, 2019; Valarezo & Procel, 2021)

Una de las ventajas de la malta es no contener sustancias estimulantes que puedan afectar al sistema nervioso, haciéndola apta para personas hipertensas. Además, cuenta con enzimas amilolíticas, especialmente la α -amilasa, que realiza el desdoblamiento de las cadenas rectas de almidón en dos de glucosa (maltosa) (Díaz, 2014). La α -amilasa se desactiva luego de 30 minutos de exposición a 65 °C y, de manera instantánea, a temperaturas mayores a 70 a 75°C.

La malta se considera de mejor calidad cuando su germinación es mayor al 95% (Ordinola, 2021).

Además, es importante mencionar la existencia de diversos tipos de maltas, cada una con características distintivas. La malta Pale Ale presenta color claro, contenido elevado de azúcares, alta capacidad de modificación de la estructura del grano durante el malteado lo que facilita su extracción y, generalmente, se sitúa en el rango de 5 a 10 unidades EBC (European Brewery Convention) (una escala para medir el color) (Figura 3). En contraste, la malta Pilsen aún más clara que la Pale Ale, con aproximadamente 3 a 5 unidades EBC, se caracteriza por un sabor ligero y herbal, y su tostado se realiza a temperaturas bajas, entre 55°C y 70°C, durante 2 a 4 horas. La malta Viena presenta un color dorado o anaranjado suave, con un valor de 8 a 10 unidades de EBC, ofrece ligeros aromas a frutos secos, y su tostado se efectúa en un intervalo de 2 a 3 horas a temperaturas de 85°C a 100°C. En el caso de la malta Munich, su rango de color está comprendido de 12 a 28 unidades EBC. En este caso, el rango de color es muy amplio debido a que se puede encontrar malta Munich pálida (EBC 12 a 17) y oscura (EBC 20 a 28), y se somete a temperaturas entre 100 y 105°C durante su tostado. Debido a que suele ser muy oscura, es común combinarla con maltas de tonalidades más claras, buscando un equilibrio adecuado de color; pero también de cuerpo, sabores y aromas (Tucumbi, 2022; Galvañ, 2021).

Figura 3. Escala de color EBC/SRM (Standar Reference Method) para las maltas



Fuente: Valverde, (2020)

En cambio, la malta caramelo se distingue por ser una malta especial que aporta características únicas, como sabores más dulces y acaramelados, con índice que oscila entre 17 a 24 EBC. Su tostado requiere temperaturas de 120 a 200°C por 1 a 2 horas. En contraste, la malta chocolate presenta un color muy oscuro, con un índice de 900 a 1100 unidades EBC, similar al café, y su tostado se lleva a cabo a temperaturas superiores a 200 °C, también en un lapso de 1 a 2 horas (Domínguez, 2023; Cango, 2022; López, 2006).

Es importante tener en cuenta que los rangos mencionados son orientativos y pueden variar según el perfil deseado para la elaboración de la bebida.

1.5 Proceso de obtención de maltas de amaranto y quinua

Para desarrollar las maltas se requiere de las siguientes fases:

1.5.1 Desinfección y Remojo

La semilla elegida debe ser sometida a una desinfección con etanol al 70%, ya que esta concentración muestra una mejor actividad bactericida al penetrar eficazmente en el protoplasma y matarlos. Esta característica se debe a su menor tasa de evaporación, asegurando resultados óptimos (Sánchez, 2022). Luego se realiza un breve lavado para eliminar los residuos de pesticidas presente y de etanol.

El proceso de remojo implica la hidratación con agua potable o destilada del endospermo de los granos hasta obtener la humedad necesaria para que active las fases de crecimiento y desarrollo (entre 40% y 45%). Una vez que la humedad se aproxima al 42 %, se inicia con la fase de germinación, y el embrión se vuelve más activo, consumiendo oxígeno del agua para su sustento. En este punto, es necesario permitir la entrada de aire para evitar posibles daños al producto por la generación de CO₂ (Álvarez, 2012). Se recomienda un tiempo de remojo de 8 h a temperatura ambiente, con una proporción 1:1.5 (semilla: agua) (Aguilar, 2019).

1.5.2 Germinación

La germinación se utiliza para mejorar la calidad nutricional de los granos, incrementando la presencia de sustancias como: polifenoles, flavonoides, ácidos cítricos, así como la disponibilidad de nitrógeno y azúcares reductores (Ruiz & Bressani, 1990; Álvarez, 2022). Durante esta fase, es preciso controlar parámetros como la humedad, temperatura y ventilación para asegurar una germinación exitosa y prevenir el desarrollo de moho (Terán, 2017).

La germinación de una semilla generalmente está constituida por 3 fases (Arenas & Heredia, 2017; Gómez & Aguilar, 2016).

- **Imbibición:** la semilla absorbe el agua y permite el inicio de los procesos metabólicos para activar las enzimas que producen la germinación.

- Activación enzimática: disminuye la absorción del agua, las enzimas se activan e hidrolizan los almidones y proteínas almacenados en las semillas, proporcionando energía para el desarrollo de la plántula.
- Crecimiento: la primera radícula aparece y aumenta la actividad metabólica junto a la actividad del agua. El brote emerge hacia arriba en busca de luz.

Durante la germinación, los tejidos respiran y liberan dióxido de carbono y agua, lo cual implica el consumo de sus nutrientes y una pérdida de extracto seco (Arroyo, 2017). A medida que avanza la germinación, el endospermo se vuelve más blando (Díaz, 2018), facilitando la acción de las enzimas responsables de hidrolizar las paredes celulares, liberar azúcares y aminoácidos (Terán, 2017).

En el caso específico del amaranto, la temperatura óptima de germinación oscila entre 16 y 35 °C (Aguilar, 2012) por 20 a 72 horas (Chauhan et al., 2015; Guerrero, 2018). Por otro lado, la quinua requiere condiciones de temperatura entre 18 y 25°C por 36 y 72 h (Gómez & Aguilar, 2016; Choque, 2020; Suárez-Estrella et al., 2019), con una humedad que varía entre el 90 y el 95 % (Bois et al., 2006; Gómez & Aguilar, 2016).

1.5.3 Secado y Tostado

El proceso de secado es fundamental para detener el proceso germinativo, el desarrollo microbiológico y otros procesos, lo que contribuye a una mejor conservación de las propiedades de las semillas. La deshidratación se lleva a cabo a temperaturas inferiores a 60 °C, recomendándose valores finales entre 6 y 9% para la conservación a largo plazo. El tiempo necesario para este proceso varía de acuerdo con las dimensiones del grano, suele ser de aproximadamente 8 horas. (Aguilar, 2019).

Adicionalmente, las semillas germinadas son sometidas a un proceso de fricción, el cual puede realizarse de manera manual o mecanizada. Este paso tiene como finalidad separar las raicillas para retirarlas a través del tamizado (Arroyo, 2017).

Por otro lado, el tostado está relacionado directamente con el tipo de malta que se desea obtener, en el cual se debe tomar en cuenta el tiempo y temperatura de tostado, ya que las temperaturas altas generan reacciones de Maillard produciendo maltas oscuras, influyendo también en el gusto y aroma del producto final (Terán, 2017).

1.5.4 Molienda

En este proceso se busca optimizar la extracción de proteínas y azúcares, reducir el tamaño de las partículas y promover el contacto entre almidones y enzimas, como las α y β amilasas (Álvarez, 2022; Pérez, 2017). Es esencial realizar la ruptura del grano con precaución para evitar afectar la cáscara, la cual sirve como un medio filtrante en el mosto (Álvarez, 2022).

1.5.5 Maceración

Es un proceso que consiste en una hidrólisis enzimática que actúa sobre el almidón, formando carbohidratos fermentables como glucosa, fructosa, sacarosa, maltosa y maltotriosa y carbohidratos no fermentables como la dextrina de los granos de malta (Almeida et al., 2018). Dicho procedimiento se ve afectado por la temperatura ya que se debe controlar el desarrollo de los azúcares (Álvarez, 2022). Para llevar a cabo la hidrólisis enzimática, se suelen aplicar temperaturas de forma escalonada: iniciando con un reposo a 50 °C para la hidrólisis de los β -glucanos, luego, una sacarificación a 65 °C (proceso enzimático en donde las glucoamilasas hidrolizan los enlaces carboxílicos terminales de las maltodextrinas a glucosa) y por último a 76 °C para lograr la disolución de los gránulos del almidón (Carreto et al., 2018; Brandam et al., 2003).

La conversión de almidón en azúcar alcanza su mayor velocidad a 65 °C; sin embargo, a mayor temperatura comienza la desnaturalización y precipitación de proteínas, así como la inactivación de enzimas, disminuyendo la capacidad fermentativa (Ferreira, 2014). La maceración suele ser realizada de dos formas, la primera es conocida como infusión y se realiza a una temperatura estable de entre 65 y 70 °C, mientras que la segunda, conocida como decocción, se refiere a un escalonamiento, que inicia con el ascenso de la temperatura del mosto sin añadir agua; seguidamente, la temperatura sube hasta alcanzar la ebullición, logrando una mejor extracción del almidón; y, por último, se alcanzan sabores y olores característicos (Terán, 2017).

1.5.6 Extracción

Se utilizan filtros, que pueden ser de origen natural o sintético, para separar partículas sólidas, de las líquidas (Álvarez, 2022).

1.6 Bebidas nutricionales y analcohólicas

Una bebida nutricional se caracteriza por proporcionar nutrientes esenciales como proteínas, hidratos de carbono, lípidos, vitaminas y calorías, contribuyendo de manera significativa a la salud humana. Además de su función básica de hidratar, algunas bebidas poseen propiedades tranquilizantes gracias a los extractos de plantas medicinales, otras mejoran el desempeño en las actividades diarias y otras ayudan a controlar el estado de salud (Campos, 2019).

Las bebidas analcohólicas suelen incluir materias primas como acidulantes, saborizantes, estabilizantes, colorantes y preservantes. Es importante señalar que las variantes procesadas a menudo contienen niveles elevados de azúcar, lo que puede resultar perjudicial para la salud.

Como alternativa, se promueven opciones más saludables, como el uso de pseudocereales en la elaboración de bebidas proteicas, como la malta, con el objetivo de reducir el contenido de azúcar y estimular el consumo de bebidas de mejor calidad nutricional (Álvarez, 2012).

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

Las semillas de amaranto (*Amaranthus caudatus* var. Inti) y quinua (*Chenopodium quinoa* var. Excelencia) empleadas para la fase experimental fueron adquiridas a la Asociación de Productores de semillas y Alimentos Nutricionales “Mushuk Yuyay” (APROSANAMY), que está ubicada en la ciudad de Cañar, Ecuador. Los granos utilizados fueron limpiados y clasificados antes de la adquisición. Todos los procesos en los que se requirió de agua, se empleó agua destilada obtenida del laboratorio de Química Instrumental de la Universidad del Azuay (UDA).

Para la elaboración de las bebidas a base de maltas se utilizó azúcar blanca (San Carlos), esencia de vainilla (La Reposterita), una solución de ácido cítrico (Centro de Insumos Alimenticios, CIAL) con una concentración del 15% en agua destilada, elaborado en los laboratorios de la UDA.

Para los análisis fisicoquímicos de la bebida se empleó lugol (disolución de yodo), el cual es preparado en la UDA con yodo molecular (MERCK) y yoduro de potasio (Loba Chemie) y alcohol etílico al 70 % (PROQUÍMICA).

2.2 Métodos

2.2.1 Malteado

2.2.1.1 Proceso de limpieza de los granos de amaranto y quinua

Los granos de quinua y amaranto utilizados fueron sometidos a un proceso de limpieza por parte del proveedor antes de su entrega. Sin embargo, también fueron sometidas a un proceso adicional de limpieza mediante tamices de 500 y 710 μm para el amaranto y, 1 y 2 mm para la quinua. Las muestras fueron agitadas manualmente durante aproximadamente 5 minutos a velocidad constante para eliminar las impurezas como: hojas, pajillas, piedrecillas, granos partidos, tallos y polvo, tanto partículas finas como gruesas.

2.2.1.2 Proceso de germinación de las semillas de amaranto y quinua

Las semillas fueron lavadas con agua destilada para su posterior desinfección con etanol al 70%, por 5 minutos para disminuir su carga microbiana y enjuagadas con agua destilada. Luego, fueron hidratadas en una proporción 1:1.5 (semillas: agua destilada) por 12 horas.

La germinación se realizó en un germinador adaptado a partir de un incubador Binder B115 (Tuttlingen, Alemania) (Imagen 3), de acuerdo con Vásquez-Remache (2022). Para el proceso de germinación de las semillas se deben alcanzar, controlar y mantener las condiciones requeridas de temperatura y humedad.

Imagen 3. Germinador utilizado para las semillas de amaranto y quinua



Fuente: Elaboración propia

Luego del remojo o hidratación se colocaron las semillas en lienzos para evitar que el exceso de agua quede atrapado entre ellas, permitiendo que el oxígeno entre en contacto con los granos durante la germinación (Imagen 4). Además, dentro de la cámara de germinación se contó con una membrana de vibración de agua que produjo una neblina a baja temperatura, cada vez que fuera necesario en la cámara. El agua de la bandeja se cambió dos veces al día y se giraban las parrillas para que el proceso de germinación fuera lo más homogéneo posible.

Imagen 4. Germinación de las semillas

Fuente: Elaboración propia

Diversas investigaciones muestran las condiciones óptimas para el proceso de germinado tanto del amaranto como de la quinua, con miras a su posterior utilización en la elaboración de maltas (Choque, 2020; Castañeda et al., 2018; Sasintuña, 2022; Terán, 2017). Las condiciones experimentales aplicadas durante el presente estudio se presentan en la tabla 2.1. Se aceptó hasta 0.5 de variación en temperatura y humedad relativa de la cámara de germinación.

Tabla 2.1. Condiciones de germinado aplicado al amaranto y quinua

Variable	Amaranto	Quinua
Temperatura	25 °C	25 °C
Tiempo	38 h	72 h
Humedad relativa	95%	95%

Fuente: (Vásquez-Remache, 2022; Castro, 2024)

Después de completar el proceso de germinación, los granos fueron colocados sobre lienzos dentro de un deshidratador (Excalibur 3900B Deluxe, New York, USA) (Imagen 5) durante 5 horas a una temperatura de 55°C. Una vez transcurrido el tiempo previsto, se procedió a la eliminación de las raicillas mediante fricción manual, las cuales fueron separadas utilizando tamices de 710 μm para el amaranto y de 1 mm para la quinua, y posteriormente, fueron almacenados a 4 °C en fundas herméticas.

Imagen 5. Deshidratador utilizado para las semillas germinadas y almacenamiento en el cuarto frío



Fuente: Elaboración propia

Se pesaron 150 gramos de cada muestra de semillas germinadas y secadas de quinua y amaranto (Mettler Toledo PB3002, Küsnacht, Suiza). Estos granos fueron tostados en un horno (Unox Bakertop Mind Lievox 8 modelo XEBPC-08EU-B, Cagliari, Italia) (Imagen 6). La temperatura y el tiempo de tostado varían de acuerdo con el diseño factorial que se muestra en las tablas 2.2 y 2.3, y cuya ventilación fue de 1 cada 15 minutos se movían los granos con una espátula a velocidad constante para que el tratamiento fuera lo más parejo posible.

Imagen 6. Cámara de tostado de las semillas

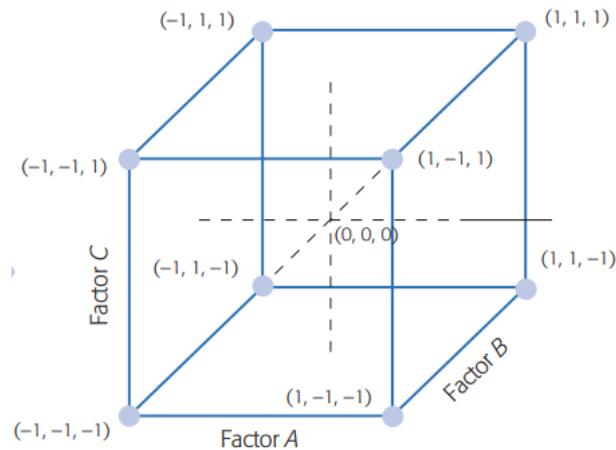


Fuente: Elaboración propia

2.2.2 Aplicación de modelos factoriales y métodos multicriterio para la optimización de las bebidas no alcohólicas a partir de las maltas de amaranto y quinua

Para la elaboración de las bebidas a base de malta se aplicó un diseño experimental factorial 2^3 con 4 factores y 4 réplicas centrales, cuyos valores fueron clasificados entre -1 y +1, con puntos intermedios entre ellos (0) (Figura 4).

Figura 4. Diseño factorial 2^3 y su representación geométrica



Fuente: Gutiérrez & De la vara, (2007, 184)

Para la optimización de la bebida, los factores de estudio propuestos fueron: tiempo (min) y temperatura de tostado ($^{\circ}\text{C}$), porcentaje de azúcar y saborizante añadidos, en las combinaciones detalladas en las tablas 2.2 y 2.3.

Tabla 2.2. Matriz del diseño experimental factorial para la optimización de las bebidas

Número de muestra	Tiempo de tostado	Temperatura de tostado	Azúcar añadida	Cantidad de saborizante
1	-1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1	1
3	-1	1	-1	1
4	1	1	-1	-1
5	-1	-1	1	1
6	1	-1	1	-1
7	-1	1	1	-1
8	1	1	1	1
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0

Elaborado en Minitab 2021.

Tabla 2.3. Valores experimentales

Factores	Amaranto			Quinua		
	-1	0	1	-1	0	1
Tiempo de tostado (min)	80	90	100	20	30	40
Temperatura de tostado (°C)	130	150	170	130	150	170
Azúcar (%)	2.5	4.1	5.7	2.5	4.1	5.7
Saborizante (%)	0.5	1.25	2	0.5	1.25	2

Los experimentos fueron realizados en orden aleatorio.

2.2.3 Elaboración de las bebidas a base de maltas de amaranto y quinua

En el caso de la semilla de quinua, una vez terminado el proceso de tostado, la malta obtenida fue troceada en un molino (Mighty Mill 2 Roller Grain Mill, Florida, USA) (Imagen 7), para facilitar la extracción de azúcares. En cambio, este proceso no se empleó para el amaranto debido a que su granulometría es muy pequeña, resultando más fácil la extracción, aunque el grano se mantenga entero.

Imagen 7. Molino para malta de 2 rodillos



Fuente: Elaboración propia

A ambas muestras, se añadió agua destilada en una relación 1:10 (malta: agua); y se sometió a una maceración a 100°C por 2 horas (Imagen 8). Para llegar a dicha relación se realizaron varias pruebas preliminares.

Imagen 8. Maceración de las maltas

Fuente: Elaboración propia

Después, se realizó una prueba con yodo (Imagen 9) para constatar que no exista almidón presente y así evitar una fermentación posterior; para lo cual se tomó una alícuota aproximada de 10 ml del líquido de macerado al que se añadieron 2 gotas de lugol. La prueba de yodo se utiliza para identificar la presencia o alteración de los polisacáridos. El reactivo de Lugol, que está compuesto por una solución de yodo/ yoduro de potasio reacciona con el almidón, dando un color azul-violeta intenso que se forma cuando el yodo molecular (I_2) que se encuentra disuelto en una solución acuosa de yoduro de potasio (KI) (en donde el ion yoduro se combina con una molécula de yodo y forma el ion triyoduro (I_3^-) que libera moléculas de yodo) reacciona con la amilosa ocupando espacios vacíos en las hélices de la cadena de unidades de glucosa (Reyna, 2018).

Imagen 9. Prueba con yodo

Fuente: Elaboración propia

El mosto obtenido fue filtrado utilizando un lienzo (Imagen 10).

Imagen 10. Filtración del mosto



Fuente: Elaboración propia

Al mosto líquido obtenido se le añadió una cantidad de azúcar y esencia de vainilla de acuerdo con el diseño experimental (Tablas 2.2 y 2.3). La bebida fue pasteurizada por 5 minutos a 75°C. En las industrias se llega a pasteurizar entre 71 y 75°C por 30 segundos (Terán, 2017), o a una temperatura de 60 durante 10 – 20 minutos que ofrece una estabilidad biológica segura. Sin embargo, este proceso puede llegar a afectar negativamente la calidad y las cualidades sensoriales del producto. En este estudio se tomó la decisión de prolongar el tiempo de tratamiento debido a que pueden existir bacterias Grampositivas (*Lactobacillus* y *Pediococcus*) que se caracterizan por ser termorresistentes. Un pequeño porcentaje de la población bacteriana podría ser capaz de sobrevivir temperaturas de 80 – 85 por 1.5 min (Pardo, 2017; Duarte, 2022).

Después de realizar la pasteurización y enfriar la bebida se procedió a bajar el pH de aproximadamente a 4.1 (los valores originales estaban entre 5 y 6) mediante la adición de una solución de ácido cítrico al 15%. El valor de pH se ajustó utilizando el potenciómetro (Oakton pH/mV/°C Meter pH 11 Series, Eutech Instruments, Singapur, Asia) (Imagen 11).

Imagen 11. Potenciómetro Oakton pH/mV/°C Meter pH 11 Series

Fuente: Elaboración propia

La bebida fue envasada en botellas de vidrio, color marrón, de 550 mL, previamente lavadas y desinfectadas con alcohol etílico, utilizando un aspersor. La bebida embotellada fue gasificada utilizando una llenadora de botellas contrapresión (Llenador contrapresión isobárica 4200, válvula con base, Lurín, Lima, Perú) (Imagen 12) por 15 minutos a cada botella. Las botellas fueron tapadas utilizando una selladora manual de tapa corona. Las botellas selladas fueron mantenidas a 4 °C en un cuarto frío.

Imagen 12. Llenadora de botellas contrapresión

Fuente: Elaboración propia

2.2.4 Análisis físicoquímicos de las bebidas a base de malta

2.2.4.1 Determinación de sólidos solubles

Los sólidos solubles en las bebidas alimentarias están definidos principalmente por la cantidad de azúcar disuelta en un líquido (Navarro & Martínez, 2018). Este valor fue obtenido antes de gasificar las muestras utilizando un refractómetro digital (Milwaukee, MA871, Rocky Mount, USA) (Imagen 13) encerado previamente con agua destilada. Se colocó una gota de cada muestra a analizar en la superficie de muestreo y para cambiar a otra muestra se limpió con papel absorbente y agua destilada hasta que se visualice nuevamente un valor de “0” en la lectura. Finalmente, se obtuvieron los resultados en grados Brix ($^{\circ}\text{Bx}$).

Imagen 13. Refractómetro Milwaukee MA871



Fuente: Elaboración propia

2.2.4.2 Extracto total

El extracto total representa la cantidad total de sólidos solubles e insolubles, es decir, es el conjunto de todas las sustancias presentes en el líquido de la malta (incluyendo azúcares, proteínas, minerales y vitaminas) que se extraen del grano durante el proceso de maceración (Soria, 2017).

El extracto total proporciona información acerca de la densidad que, generalmente, se mide en grados Plato ($^{\circ}\text{P}$) o en forma de gravedad específica (SG). Un valor alto indica que la bebida tiene más azúcares fermentables para la levadura (Suárez, 2013).

El extracto total se determinó mediante una tabla de conversión de grados Brix a grados Plato (Anexo 1) (Martín, 2018).

2.2.4.3 Densidad

Para obtener la densidad se utilizó la aplicación: “Brewing Calculator”, que se encuentra disponible en Play Store en el siguiente link: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.beer_calculator, en la cual se digitan los grados Brix y se obtiene la densidad de cada muestra. Además, para corroborar dichos resultados se aplicó la Ecuación 1 y luego se añade 1.0 adelante del resultado.

$$\rho = \text{°Bx} * 4 \text{ (Ecuación 1)}$$

donde ρ es la densidad y °Bx es el grado brix de la muestra final.

2.2.4.4 Colorimetría

La percepción del color es subjetiva y puede variar de una persona a otra. Para superar esta subjetividad y asegurar una evaluación objetiva, se utilizan parámetros estandarizados de color, como el sistema CIE L* a* b*, que permite comparar colores de manera precisa y asignar valores numéricos (Arboleda & González, 2020).

Las muestras de cada bebida fueron analizadas con un colorímetro (Lovibond LC 100/SV, Dortmund, Alemania), previamente calibrado. Se tomó una alícuota de 3.5 ml, de cada muestra y se colocó en la cubeta del colorímetro. Se obtuvieron los parámetros del espacio de color CIE L* a* b*. En este espacio, la coordenada L* representa la luminosidad de la muestra y varía en un rango de 0 (negro) a 100 (blanco). Los rangos de las coordenadas a* y b*, van de -60 a +60. La coordenada a* indica la variación entre el rojo (+a*) y el verde (-a*), mientras que la coordenada b* representa la variación entre el amarillo (+b*) y el azul (-b*) (Piñeiro-Di Blasi et al., 2014).

2.2.5 Análisis sensorial de las bebidas a base de malta

El análisis sensorial se basa en la percepción de cada catador. Para llevar a cabo este estudio se aplicó un método expuesto por Poste et al., (1977) y Vargas et al., (2018) que reportan los tres tipos fundamentales de pruebas sensoriales que son las discriminativas, que se usan para determinar si existe una diferencia entre las muestras; descriptivas, para determinar la naturaleza y la intensidad de las diferencias y; afectivas, que son aquellas que se utilizan para evaluar preferencias y/o aceptabilidad de productos. Estas pruebas ayudan a predecir de alguna forma si el producto tendrá éxito en el mercado. Para este estudio se aplicó una escala hedónica, a una prueba afectiva en la cual el catador o panelista registró su apreciación subjetiva frente a

las muestras analizadas, permitiendo evaluar su nivel de aceptación o rechazo frente a sus propiedades sensoriales (Baños et al., 2014).

Los parámetros que se evaluaron fueron las características organolépticas de la bebida malteada como: visual (color y turbidez), olfativo (aroma, intensidad y persistencia), gustativo (dulzor, amargor, acidez, astringencia, cuerpo, gusto y regusto) e impresión global de la bebida (aceptabilidad general).

Los análisis sensoriales se realizaron en el laboratorio de análisis sensorial de la Universidad del Azuay.

La evaluación sensorial de las muestras se realizó con 20 catadores semientrenados, a quienes se explicó el contenido de las fichas de cata, muestras y la manera de calificar en la ficha respectiva (Anexo 2).

Cada panelista registró su percepción ante las diferentes bebidas en las fichas de cata (Anexo 3), en la cual se utilizó una escala hedónica de 7 niveles, en donde “1” correspondía a la valoración más baja “Me disgusta mucho” mientras que, “7” fue la valoración más alta “Me gusta mucho” como se muestra en el anexo 4.

2.2.6 Análisis estadístico

Los resultados que se obtuvieron de todas las fichas de cata se tabularon en Microsoft Excel, para calcular las medianas de cada uno de los parámetros sensoriales de cada muestra y se elaboró la matriz de las medianas. Dicha matriz fue cargada en el programa DART 2.0, donde se aplicó la función lineal creciente para cada uno de los parámetros analizados, con una ponderación del peso de cada parámetro de acuerdo con el criterio de los investigadores (Tabla 2.4) y se obtuvieron las funciones de utilidad y deseabilidad.

Tabla 2.4. Ponderación de cada parámetro para la optimización de las bebidas de amaranto y quinua

Bebida a base de maltas		
Respuestas	Atributos	Ponderación
Y1	Color	5
Y2	Turbidez	3
Y3	Aroma	4
Y4	Intensidad	2
Y5	Persistencia	1
Y6	Dulzor	3

Y7	Amargor	3
Y8	Acidez	2
Y9	Astringencia	3
Y10	Cuerpo	2
Y11	Gusto	5
Y12	Regusto	4
Y13	Aceptabilidad general	10

Por otro lado, para la optimización de la bebida se utilizó el programa Minitab 2021, en donde se digitaron los datos de utilidad. Los resultados incluyeron los “valor p” de las variables y sus interacciones, así como las ecuaciones de las funciones de utilidad y los diagramas correspondientes.

Además, se aplicaron análisis estadísticos para obtener la media, desviación estándar y el coeficiente de correlación de los resultados de colorimetría, grados brix, densidad, extracto total y el análisis de la varianza (ANOVA) en Minitab 2021.

2.2.7 Optimización de las variables de proceso

Para la optimización de las variables significativas ($p < 0.05$) se aplicó el método de la máxima pendiente a partir de las muestras con las mayores funciones de utilidad de cada una de las semillas analizadas. La ecuación que se aplicó fue:

$$\text{Nueva coordenada de cada variable significativa} = P_0 + K * \text{Coeficiente}$$

(Ecuación 2)

donde P_0 es la coordenada de cada variable del punto con mejor función de utilidad (-1, 0 o +1), K determina la distancia a la que el nuevo punto experimental va a ubicarse, respecto al punto inicial y el coeficiente es el valor numérico de cada una de las variables significativas, que se observa en la ecuación respuesta.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis fisicoquímicos de la bebida a base de maltas

3.1.1 Sólidos solubles

Los resultados obtenidos de los sólidos solubles fueron cargados en Minitab 2021 para realizar el respectivo ANOVA (Tabla 3.1). Las muestras Ax se refieren a las bebidas de Amaranto mientras que las Qx al de la Quinua. De igual manera, las siglas Opt.A (Optimización de Amaranto) y Opt.Q (Optimización de Quinua).

Tabla 3.1. Sólidos solubles de las bebidas de amaranto y quinua

Muestra	°Bx	Muestra	°Bx
A1	4.05±0.07 ^f	Q1	4.60±0.14 ^e
A2	5.15±0.07 ^e	Q2	5.70±0.14 ^d
A3	6.20±0.14 ^d	Q3	5.40±0.14 ^d
A4	6.25±0.07 ^{cd}	Q4	4.15±0.07 ^e
A5	8.80±0.14 ^a	Q5	7.80±0.14 ^a
A6	7.20±0.14 ^b	Q6	7.05±0.21 ^b
A7	8.95±0.07 ^a	Q7	7.05±0.21 ^b
A8	9.50±0.14 ^a	Q8	8.25±0.07 ^a
A9	6.95±0.07 ^{bcd}	Q9	6.70±0.14 ^{bc}
A10	6.60±0.42 ^{bcd}	Q10	6.45±0.07 ^c
A11	6.70±0.28 ^{bcd}	Q11	6.40±0.14 ^c
A12	7.05±0.35 ^{bc}	Q12	6.45±0.07 ^c

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas entre las muestras.

($p < 0.05$) (n=2)

Las muestras 5 a 8 tienen un mayor valor de sólidos solubles, tanto para la bebida de amaranto, como para la de quinua, debido a que fueron elaboradas con la cantidad máxima de azúcar programadas para cada bebida. De entre esas muestras, la 5 y 8 contienen valores mayores de

sólidos solubles y fueron elaboradas con mayor porcentaje de saborizante que las muestras 6 y 7, lo cual podría significar que el saborizante está contribuyendo también a dicho parámetro. Una excepción a esta tendencia fue A7. De forma análoga, entre las muestras con menor cantidad de azúcar añadida (muestras 1 a 4), se detectan los menores valores de sólidos solubles, siendo aquellas elaboradas con la menor adición de saborizante (muestras 1 y 4) las que presentan los menores porcentajes de sólidos solubles, confirmando la influencia de esta variable en el contenido de sólidos solubles de las bebidas. En este caso también se observa una excepción a la tendencia, que fue la muestra A2, la cual posee un valor bajo a pesar de la alta cantidad de saborizante.

De acuerdo con los resultados presentados por Arroyo (2017) sobre el malteado de amaranto para la obtención de malta tipo pilsen, se alcanzó un valor de 9.2 °Brix. En el presente estudio, la única bebida que supera este valor es la A8 (9.50 ± 0.14 °Brix) siendo la muestra elaborada con los valores de todas las variables al máximo. Aunque la norma no da indicaciones acerca del contenido mínimo de sólidos solubles, sí lo indica para un factor muy relacionado con él, como es el extracto total.

Aguilar, (2019) y Álvarez, (2022) elaboraron bebidas energéticas a base de quinua malteada y otras a base de maltas de quinua, kañihua y cebada con contenidos de azúcar de 11 y 14 °Brix, respectivamente. Por lo tanto, nuestras bebidas tienen menor concentración de sólidos solubles, probablemente porque en sus estudios utilizaron panela como edulcorante, variaciones en el proceso y por la combinación con otros cereales.

3.1.2 Extracto total

El extracto total se ve influenciado por la cantidad de sólidos solubles presentes en la muestra, es decir, a mayor grados brix, mayor será el valor de los grados plato.

De forma análoga a los sólidos solubles, las muestras de las bebidas 5 a 8 tuvieron presentaron el mayor extracto total y las bebidas 1 a 4, las menores (Tabla 3.2). A diferencia del caso de sólidos solubles, la normativa ecuatoriana sí determina un valor mínimo para el extracto total, que es de 7.5 °P (Norma INEN 2 302, (2009)) (Anexo 5). De acuerdo con los resultados obtenidos, solamente las muestras A8, A7, A5, A6 y, las Q8 y Q5, cumplieron con la normativa. Además, las medias de las muestras Q6 y Q7 a pesar de que fueron inferiores al valor mínimo permitido por la Norma, su rango de incertidumbre, no nos deja descartarlas por completo.

Cabe señalar que todas ellas fueron elaboradas con la máxima cantidad de azúcar y, aquellas con los valores más altos, contaron también con la máxima concentración de saborizante.

Tabla 3.2. Extracto total de las bebidas de amaranto y quinua

Muestra	°Plato	Muestra	°Plato
A1	4.25±0.07 ^f	Q1	4.80±0.14 ^e
A2	5.35±0.07 ^e	Q2	5.90±0.14 ^d
A3	6.40±0.14 ^d	Q3	5.60±0.14 ^d
A4	6.47±0.11 ^{cd}	Q4	4.35±0.07 ^e
A5	9.17±0.18 ^a	Q5	8.10±0.14 ^a
A6	7.50±0.14 ^b	Q6	7.35±0.21 ^b
A7	9.35±0.07 ^a	Q7	7.35±0.21 ^b
A8	9.90±0.14 ^a	Q8	8.55±0.07 ^a
A9	7.25±0.07 ^{bc}	Q9	7.00±0.14 ^{bc}
A10	6.87±0.46 ^{bcd}	Q10	6.75±0.07 ^c
A11	7.00±0.28 ^{bcd}	Q11	6.67±0.18 ^c
A12	7.35±0.35 ^b	Q12	6.75±0.07 ^c

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas entre las muestras.

($p < 0.05$) (n=2)

3.1.3 Densidad

La densidad fue calculada a partir de los grados brix aplicando la ecuación 1; a medida que aumenta el grado Brix, también lo hace la densidad. Los resultados obtenidos fueron cargados en Minitab 2021, donde se obtuvo la media, desviación estándar y se aplicó el análisis de la varianza (Tabla 3.3).

Tabla 3.3. Densidad de las bebidas de amaranto y quinua

Muestra	Densidad (g/cm ³)	Muestra	Densidad (g/cm ³)
A1	1.0162±0.0003 ^f	Q1	1.0184±0.0006 ^e
A2	1.0206±0.0003 ^e	Q2	1.0228±0.0006 ^d
A3	1.0248±0.0006 ^d	Q3	1.0216±0.0006 ^d
A4	1.0250±0.0003 ^{cd}	Q4	1.0166±0.0003 ^e
A5	1.0352±0.0006 ^a	Q5	1.0312±0.0006 ^a
A6	1.0288±0.0006 ^b	Q6	1.0282±0.0008 ^b
A7	1.0358±0.0003 ^a	Q7	1.0282±0.0008 ^b
A8	1.0380±0.0006 ^a	Q8	1.0330±0.0003 ^a
A9	1.0278±0.0003 ^{bcd}	Q9	1.0268±0.0006 ^{bc}
A10	1.0264±0.0017 ^{bcd}	Q10	1.0258±0.0003 ^c
A11	1.0268±0.0011 ^{bcd}	Q11	1.0256±0.0006 ^c
A12	1.0282±0.0014 ^{bc}	Q12	1.0258±0.0003 ^c

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas entre las muestras.

($p < 0.05$) (n=2)

La relación entre la densidad y los sólidos solubles es directamente proporcional, razón por la cual, sus valores son análogos. Entonces, se infiere que las muestras de 5 a 8 de los dos granos presentan la mayor densidad, mientras que las muestras de 1 a 4 son las menos densas.

La densidad de la bebida de amaranto que desarrolló Arroyo, (2017) fue de 1.0367 g/cm³. Las muestras 8, 5 y 7 de este estudio se acercan a ese valor, gracias a que poseen la máxima cantidad de azúcar, y a que se ven ayudadas por el contenido de saborizante.

Giménez & Volonté, (2019) reportaron valores de densidad de una malta de quinua de 1.011±0.0018 g/cm³. Sin embargo, los resultados de esta investigación fueron mayores, tanto para la bebida de quinua, como para la de amaranto. Esta diferencia puede deberse a que la cantidad mínima de azúcar utilizada en este estudio fue la misma que estos autores utilizaron para su producto final. Por otro lado, los resultados aquí reportados son muy inferiores a los reportados por Álvarez, (2022), quien obtuvo una bebida con 1.089 g/cm³ de densidad, probablemente debido a que empleó la panela como edulcorante, malta de cebada y colorante.

3.1.4 Colorimetría

La colorimetría de las bebidas de amaranto y quinua de cada una de las muestras se determinó por cuadruplicado (Tablas 3.4 y 3.5, respectivamente).

Tabla 3.4. Colorimetría de la bebida de amaranto

Muestra	L	a*	b*
A1	34.28±0.15 ^{de}	14.05±0.13 ^d	28.33±0.72 ^d
A2	30.03±0.26 ^g	15.75±0.19 ^c	26.98±0.29 ^{de}
A3	34.90±1.15 ^d	18.63±0.28 ^b	38.30±1.82 ^c
A4	40.20±0.57 ^{ab}	13.60±0.34 ^d	38.00±0.90 ^c
A5	30.40±0.29 ^g	15.18±0.10 ^c	27.00±0.52 ^{de}
A6	41.45±0.31 ^a	9.55±0.13 ^f	28.53±0.41 ^d
A7	39.78±0.73 ^b	15.88±0.28 ^c	40.70±1.38 ^b
A8	37.23±1.04 ^c	23.58±0.33 ^a	45.35±0.44 ^a
A9	33.03±0.29 ^{ef}	12.03±0.26 ^e	25.60±0.62 ^e
A10	32.40±0.54 ^f	13.70±0.69 ^d	25.53±1.70 ^e
A11	33.33±0.36 ^{ef}	12.05±0.35 ^e	25.25±0.41 ^e
A12	33.48±0.26 ^{def}	11.55±0.38 ^e	24.78±0.22 ^e

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas entre las muestras.

($p < 0.05$) (n=4)

Las muestras con mayores valores de “L” fueron A6, A4 y A7, lo que nos indican que tienden a ser las más blancas. En estas muestras la cantidad de saborizante es mínima y, esta característica no se ve afectada por el tiempo ni por la temperatura máxima de tostado. Por ejemplo, la muestra A4 tiene los valores máximos de tiempo y temperatura de tostado, mientras que las muestras A6 y A7 tienen valores opuestos de tiempo y temperatura de tostado. En contraste, las pruebas con valores más bajos de “L” (A2 y A5), son las más oscuras y, a las que se agregó mayor porcentaje de saborizante.

Además, las muestras con los mayores valores de “a*” fueron A8 y A3, lo que indica una mayor tendencia hacia el color rojo. Estas muestras tienen en común que la temperatura de tostado y

la cantidad de saborizante son las máximas. Por otro lado, la muestra A6 fue la que menos tendencia a rojo presentó, habiendo sido tratada a la de menor temperatura y con la menor cantidad de saborizante. Esto deja entrever que las dos variables influyeron en el color de la bebida, es decir, a mayor temperatura de tostado y cantidad de saborizante, mayor tendencia a tonalidades rojizas. Es importante destacar que todas las muestras de este estudio presentaron una inclinación hacia el rojo, lo que se advierte por el signo positivo de a^* ; si este parámetro fuera negativo, indicaría una mayor tendencia hacia verde. Por otro lado, los valores más altos de " b^* ", correspondieron las muestras A8, A7, A3 y A4, entre ellas se destacaron A8 y A7 siendo las de mayor temperatura de tostado y cantidad de azúcar; de forma análoga al parámetro a^* , los valores positivos indican tonalidades amarillas, mientras que los negativos, indicarían tendencia a azul. De manera extraña las de menor valor de b^* fueron las réplicas en los puntos centrales, de decir, que son las que menor tienden al amarillo.

Entonces, se puede decir que a mayor cantidad de saborizante menor es la luminosidad de las muestras; de igual manera, la mayor cantidad de saborizante y las elevadas temperaturas de tostado aumentan la tendencia de las bebidas hacia tonalidades rojizas y amarillas. Comparando los parámetros a^* y b^* , se observa una mayor tendencia a tonalidades amarillas que a rojizas en las bebidas de amaranto.

En el caso de la quinua, las muestras más blancas fueron las Q4 y Q7. Estas tienen en común, la mínima adición de saborizante y la máxima temperatura de tostado empleada, un factor que llama la atención es que la muestra Q4 fue tostada por el tiempo máximo planteado en el diseño; pero esto no la obscureció.

Tabla 3.5. Colorimetría de la bebida de quinua

Muestra	L	a*	b*
Q1	28.25±0.13 ^d	9.03±0.10 ^j	20.45±0.54 ^e
Q2	22.53±0.13 ^f	12.98±0.13 ^h	17.95±0.19 ^f
Q3	29.00±0.29 ^c	24.38±0.26 ^b	33.73±0.58 ^b
Q4	36.33±0.17 ^a	19.80±0.37 ^d	40.25±0.99 ^a
Q5	20.43±0.17 ⁱ	13.13±0.15 ^{gh}	17.83±0.41 ^f
Q6	28.60±0.36 ^{cd}	10.38±0.39 ⁱ	22.73±0.59 ^d
Q7	30.75±0.13 ^b	22.43±0.42 ^c	33.53±0.59 ^b
Q8	23.53±0.17 ^e	25.40±0.62 ^a	25.30±1.00 ^c
Q9	21.75±0.17 ^g	14.13±0.30 ^{ef}	17.60±0.24 ^f
Q10	21.13±0.30 ^h	13.83±0.21 ^{fg}	17.03±0.25 ^f
Q11	21.08±0.05 ^h	14.90±0.32 ^e	17.85±0.35 ^f
Q12	21.90±0.22 ^g	14.83±0.44 ^e	17.95±0.37 ^f

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas entre las muestras.

($p < 0.05$) (n=4)

Por otro lado, la Q5 se destacó por ser la más oscura y contener una cantidad alta de saborizante, acompañada de tiempo y temperatura de tostado mínimo por lo que se entiende que el saborizante influyó más en el color que las condiciones de tostado, lo cual se confirma con lo expresado en el párrafo anterior.

Las muestras con valores positivos de a* tienden a mostrar tonalidades rojizas. Los mayores valores de a* se obtuvieron en las muestras Q8, Q3 y Q7, respectivamente. Destacándose las dos primeras por contar con la máxima cantidad de saborizante y altas temperaturas de tostado mientras que, la muestra 7 fue elaborada con la mínima cantidad de saborizante; pero se asemeja a las anteriores por haber tenido también las máximas temperaturas de tostado. Por otro lado, las muestras de menor tendencia a rojo fueron las Q6 y Q1, a las cuales se aplicó la mínima cantidad de saborizante y las menores temperaturas de tostado. Sin embargo, todas las muestras presentan una inclinación hacia el color rojizo. Entonces, a mayor temperatura de tostado y cantidad de saborizante las muestras se inclinan por tonalidades rojizas.

En relación con b^* , las muestras con mayor puntuación son Q4, Q3 y Q7, de todas formas, la muestra 4 se inclina más hacia tonalidades amarillas y se elaboró a partir de semillas tostadas a la mayor temperatura de tostado y por el mayor tiempo, pero con el mínimo contenido de azúcar y saborizante mientras que las semillas de las muestras 3 y 7 se tostaron por el menor tiempo de tostado; pero a la mayor temperatura. Las muestras con menor tendencia a amarillo son Q2 y Q5, siendo las que se tostaron a menor temperatura y con la mayor cantidad de saborizante.

Forero et al., (2016) elaboraron bebidas con harina de quinua malteada, cuya luminosidad estuvo en un rango de 48 y 56, siendo bebidas más claras que las obtenidas en este estudio, debido a que ellos no tostaron las semillas ni adicionaron un saborizante tan concentrado y oscuro como el que se utilizó en este estudio. Sus bebidas de malta tienden a coloraciones rojizas bajas e, incluso, hacia el verde, mientras que las bebidas de este estudio tienen mayor tendencia al rojo. Además, sus bebidas también tienden a color amarillo, con valores de b^* entre 27.92 a 35.57, siendo un poco más amarillas que las obtenidas en este estudio, seguramente por la pulpa de mango que utilizaron, la leche y una goma xantan.

3.2 Análisis sensorial de la bebida a base de maltas

Los resultados de las fichas de catación fueron tabulados en Microsoft Excel, a partir de los cuales se obtuvieron las medianas de cada factor analizado de cada muestra y se generó una matriz de las medianas, procedimiento que se aplicó tanto para el amaranto como para la quinua (Tablas 3.6 y 3.7, respectivamente).

Tabla 3.7. Matriz de las medianas calculadas a partir de las evaluaciones sensoriales de las bebidas de maltas a base de semillas de quinua

N°. Exp.	Visual		Olfativo			Gustativo							Impresión global
	Color	Turbidez	Aroma	Intensidad	Persistencia	Dulzor	Amargor	Acidez	Astringencia	Cuerpo	Gusto	Regusto	Aceptabilidad general
Q1	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Q2	5	5	4	4	4	3	3	3	4	5	3	3	3
Q3	6	6	6	5.5	5	3	4	4	4	5	3	3	3.5
Q4	6	6	4.5	4	4	3	3	3.5	3.5	4	3	3	3
Q5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Q6	5	5	4	4	4	6	5	4	5	5	5	5	5
Q7	6	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6
Q8	5	6	5	5	5	5	4	4	4	4	4	3	5
Q9	5	4	5	5	5	5	4	4	4	5	5	4	5
Q10	6	5	6	5	5	4	4	5	5	4	4	4	4
Q11	6	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	3	5
Q12	6	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5

3.3 Aplicación de modelos factoriales y métodos multicriterio para la optimización de las bebidas no alcohólicas a base de amaranto y quinua malteados

Los diseños experimentales aplicados tanto para el amaranto como para la quinua y las condiciones experimentales se encuentran detalladas en las tablas 2.2 y 2.3, respectivamente. La matriz de las medianas se introdujo en el programa DART 2.0, se aplicó una función lineal creciente para todos los factores con sus respectivas ponderaciones (Tabla 2.4) y se obtuvo la respuesta multivariada (utilidad) de las bebidas obtenidas a partir de cada semilla (Tabla 3.8).

Tabla 3.8. Función de utilidad de las bebidas de amaranto y quinua

Nº. Exp.	Utilidad	Nº. Exp.	Utilidad
A1	0.610	Q1	0.550
A2	0.567	Q2	0.440
A3	0.610	Q3	0.546
A4	0.681	Q4	0.466
A5	0.738	Q5	0.667
A6	0.702	Q6	0.645
A7	0.697	Q7	0.830
A8	0.736	Q8	0.596
A9	0.686	Q9	0.613
A10	0.663	Q10	0.603
A11	0.690	Q11	0.642
A12	0.667	Q12	0.656

La aceptabilidad del producto está relacionada directamente con la función de utilidad. Valores de utilidad superiores a 0.6 suelen indicar una buena aceptación entre los consumidores. Por el contrario, valores inferiores, como los que se observa en la muestra A2 para el amaranto y en las muestras Q1, Q2, Q3, Q4 y Q8 para la quinua, indican una aceptabilidad baja. Entonces, cuanto mayor sea el valor de la utilidad, mayor será la aceptabilidad del producto entre los consumidores.

En Minitab 2021 se agregaron las funciones utilidad (Tabla 3.8) junto a los diseños experimentales de cada semilla (Tabla 2.2) y se identificaron los factores estadísticamente significativos ($p \leq 0.05$).

En el caso del amaranto, todos los factores fueron significativos al 95% de confianza (Tabla 3.9), ya sea de forma individual o a través de sus interacciones. La cantidad de azúcar añadida es un factor significativo por sí solo, mientras que los otros factores son significativos por sus interacciones, así, aquella entre el tiempo y la temperatura de tostado, como la interacción entre el tiempo de tostado y la cantidad de saborizante.

Tabla 3.9. Tabla de nivel de significancia para el amaranto (95%)

Factor	Coefficiente	Valor-p
Tiempo de tostado	0.00388	0.476
Temperatura de tostado	0.01338	0.067
Azúcar añadida	0.05062	0.002
Cantidad de saborizante	-0.00488	0.382
Tiempo * Temperatura de tostado	0.02363	0.016
Tiempo de tostado*Cantidad de saborizante	-0.01513	0.050

Luego del análisis respectivo, se obtuvo una ecuación polinomial, de la cual fueron eliminados los factores e interacciones no significativas (Ecuación 3).

$$\mathbf{F(U) Amaranto} = 0.66762 + 0.05062 \text{ Azúcar añadida} + 0.02363 \text{ Tiempo*Temperatura de tostado} - 0.01513 \text{ Tiempo de tostado*Cantidad de saborizante} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Se procedió de forma similar para la quinua. A diferencia del amaranto, no todas las variables fueron significativas para esta bebida de malta (Tabla 3.10). En este caso, ninguna interacción es significativa, mientras que sí lo son 3 variables individuales: Tiempo de tostado y las cantidades de azúcar y de saborizante añadido ($p \leq 0.05$).

Tabla 3.10. Tabla de nivel de significancia para la quinua (95%)

Término	Coefficiente	Valor-p
Tiempo de tostado	-0.05575	0.008
Temperatura de tostado	0.01700	0.147
Azúcar añadida	0.09200	0.002
Cantidad de saborizante	-0.03025	0.040
Tiempo*Temperatura de tostado	-0.02275	0.080
Tiempo de tostado*Azúcar añadida	-0.00825	0.414
Tiempo de tostado*Cantidad de saborizante	0.01150	0.279

La ecuación resultante de la función de utilidad se presenta en la Ecuación 4:

$$F(U) \text{ Quinua} = 0.59250 - 0.05575 \text{ Tiempo de tostado} + 0.09200 \text{ Azúcar añadida} - 0.03025 \text{ Cantidad de saborizante} \quad (\text{Ecuación 4})$$

3.4 Optimización de las variables del proceso

Al analizar las funciones de utilidad del amaranto y la quinua, se tomaron en cuenta las coordenadas de las variables significativas de la muestra más alta para optimizar alrededor de ese punto, utilizando el método de punto y pendiente. Luego se aplicó la ecuación 2 para encontrar la nueva coordenada (Tablas 3.11 y 3.12). Seguidamente, se interpoló y/o se extrapoló para determinar el valor exacto de la optimización (Tabla 3.13).

Tabla 3.11 Optimización de la bebida de amaranto

Término	Po	Coefficiente	K	Nueva coordenada
Tiempo de tostado (min)	-1	0.00388	3	-0.98836
Temperatura de tostado (°C)	-1	0.01338	3	-0.95986
Azúcar añadida (%)	1	0.05062	3	1.15186
Cantidad de saborizante (%)	1	-0.00488	3	0.98536

De igual forma que para el amaranto se aplicó el cálculo a la quinua para encontrar la nueva coordenada y optimizar a la bebida (Tabla 3.12).

Tabla 3.12 Optimización de la bebida de quinua

Término	Po	Coefficiente	K	Nueva coordenada
Tiempo de tostado (min)	-1	-0.05575	2	-1.1115
Temperatura de tostado (°C)	1	N.S.*	2	-1
Azúcar añadida (%)	1	0.09200	2	1.184
Cantidad de saborizante (%)	-1	-0.03025	2	-1.0605

*NS = Variable no significativa

La temperatura de tostado no es una variable significativa ($p > 0.05$) para la elaboración de la bebida de malta de quinua (Tabla 3.12). En consecuencia, se decidió aplicar el valor de la condición mínima, que está asociado con el menor costo para la elaboración del producto.

Tabla 3.13 Valores experimentales para el primer paso

Variable	Amaranto	Quinua
Tiempo de tostado (min)	80:07	18:53
Temperatura de tostado (°C)	131	130
Azúcar añadida (%)	5.94	5.99
Cantidad de saborizante (%)	1.989	0.455

Se elaboró la bebida con los nuevos puntos experimentales, los resultados de los análisis aplicados a las mismas se presentan en las tablas 3.14, 3.15 y 3.16.

En la tabla 3.14 se puede observar los grados brix, grados plato y la densidad que presentaron las muestras optimizadas de amaranto (Opt.A) y quinua (Opt.Q). Los sólidos solubles presentes en la muestra Opt.A fueron de 8.43 ± 0.12 , lo cual es menor (95% de confianza aplicando la t de student) en comparación con la bebida de mayor utilidad A5 con 8.80 ± 0.14 °Bx (Tabla 3.1), que sirvió como punto de referencia para el proceso de optimización, a pesar de contar con una

mayor proporción de azúcar, aunque el porcentaje de saborizante utilizado es menor. En cambio, la bebida Opt.Q obtuvo 7.20 ± 0.10 valor que no es estadísticamente diferente al valor obtenido por la muestra Q7 (7.05 ± 0.21 °Bx) (Tabla 3.1) aplicando la t de student al 99.9% de confianza. La bebida optimizada se preparó con una mayor cantidad de azúcar y menor de saborizante.

Por otro lado, el extracto total de las dos bebidas cumple con el requisito de la Norma INEN de tener un valor de 7.5 °P como mínimo, aunque para el caso de la quinua sea recomendable aumentar un poco su valor, puesto que se debe tomar en cuenta su desviación estándar para alcanzar el requerimiento de la norma.

Asimismo, en lo que respecta a la densidad, tanto el amaranto como la quinua exhiben una diferencia mínima en comparación con sus valores de referencia. Esto significa que las variaciones aplicadas a la cantidad de azúcar y saborizante utilizados no afectaron significativamente a los valores de estos parámetros.

Tabla 3.14. Resultado de los análisis fisicoquímicos de las bebidas optimizadas

Muestra	°Bx	°Plato	Densidad (g/cm ³)
Opt.A	8.43 ± 0.12^b	8.70 ± 0.12^b	1.0337 ± 0.0005^b
Opt.Q	7.20 ± 0.10^b	7.40 ± 0.11^b	1.0288 ± 0.0004^b

Las letras en las muestras indican su ubicación respecto a los valores de las muestras respectivas de las tablas 3.1 que analiza los grados brix, 3.2 grados plato y 3.3 la densidad.

($p < 0.05$) (n=2)

La colorimetría de las bebidas optimizadas se presenta en la tabla 3.15, donde se observa que la bebida Opt.A con 33.13 ± 0.13 es más blanca que la A5 que tiene 30.40 ± 0.29 (99.9% de confianza aplicando la t de student), posiblemente debido a la menor cantidad de saborizante utilizado en la formulación, no obstante, la mayor temperatura empleada. En cuanto a la coordenada a*, se observa que la muestra optimizada posee menor tendencia a tonalidades rojizas, pero una mayor inclinación a tonos amarillos (b*), lo cual también podría deberse a la menor cantidad de saborizante utilizado en la formulación, no obstante, la mayor temperatura empleada.

Tabla 3.15. Colorimetría de las bebidas optimizadas

Muestra	L	a*	b*
Opt.A	33.13±0.13 ^{ef}	13.43±0.15 ^d	27.70±0.14 ^{de}
Opt.Q	29.48±0.15 ^c	15.23±0.13 ^e	25.93±0.34 ^c

Las letras en las muestras indican su ubicación respecto a los valores de las muestras respectivas de las tablas 3.4 para el amaranto y 3.5 para la quinua. ($p < 0.05$) ($n=4$)

Del mismo modo, en el caso de la Opt.Q (29.48±0.15) se observó una bebida menos blanca en comparación con la muestra Q7 (30.75±0.13) (99.9% de confianza aplicando la t de student). Opt.Q mostró también una menor tendencia a rojo (22.43±0.42 para Q7 y 15.23±0.13 para Opt.Q) y amarillo (33.53±0.59 para Q7 y 25.93±0.34 para Opt.Q). Es importante considerar que estos resultados pueden haber sido influenciados por el empleo de una temperatura de tostado más elevada y una menor cantidad de saborizante. En efecto, es notorio a simple vista el cambio de color de las bebidas al añadir el saborizante, se vuelven más oscuras. Este efecto fue menos notorio cuando las bebidas fueron preparadas a partir de semillas tostadas a altas temperaturas.

De igual manera se aplicó el análisis sensorial en las bebidas optimizadas, utilizando la misma ficha de cata que se presenta en el anexo 4, y se obtuvo una matriz de sus medianas (Tabla 3.16).

Tabla 3.16. Matriz de las medianas de las bebidas optimizadas

Parámetros sensoriales	N°. Exp.	
	Opt.A	Opt.Q
Visual	Color	6
	Turbidez	5.5
Olfativo	Aroma	7
	Intensidad	6
	Persistencia	6
Gustativo	Dulzor	6
	Amargor	6
	Acidez	6

Astringencia	6	5	
Cuerpo	6	6	
Gusto	6	5	
Regusto	6	5	
Impresión global	Aceptabilidad general	6	5

Finalmente, se aplicaron los pasos de la sección 3.3 para encontrar la función utilidad de las bebidas optimizadas (Tabla 3.17).

Tabla 3.17. Función utilidad de las bebidas optimizadas de amaranto y quinua

N°. Exp.	Utilidad
Opt.A	0.842
Opt.Q	0.704

La función de utilidad de la muestra Opt.A es mayor a la bebida A5, lo que significa que se alcanzó un punto mejor que el planteado en el diseño experimental; pero que podríamos seguir buscando otros puntos mejores alrededor de este; sin embargo, siendo que su valor de utilidad es bastante alto, se podría detener en este punto la optimización.

Por otro lado, el valor de utilidad de Opt.Q fue menor que la muestra Q7, utilizada como punto de partida para la optimización, lo que significa que la bebida de quinua preparada en las condiciones de Q7 tiene mejores características que el punto que se buscó para la optimización. De todas formas, Q7 tiene una función de utilidad de 0.830 que es alta y, siendo que al investigar en un punto cercano a este no se encontró mejoría, se puede quedar con este punto como aceptable.

CONCLUSIONES

Mediante la utilización del diseño factorial 2^3 se analizaron las variables de estudio como el tiempo y temperatura de tostado, cantidad de azúcar y saborizante para optimizar las bebidas analcohólicas a base de maltas de amaranto y quinua. Para la malta de amaranto se estableció que las variables significativas son la cantidad de azúcar añadida y las interacciones: tiempo de tostado*temperatura de tostado y tiempo de tostado*cantidad de saborizante. En cambio, para la quinua no hay interacciones significativas, sino que las variables: tiempo de tostado, cantidad de azúcar añadida y cantidad de saborizante fueron significativas de forma individual, mientras que la temperatura de tostado no fue significativa.

Las condiciones con mayor utilidad que se determinó mediante el programa de DART 2.0 utilizando las medianas del análisis sensorial fueron, para el amaranto la muestra A5 el cual corresponde 80 min de tostado a una temperatura de 130 °C, con la adición de 5.7% de azúcar y de 2% de saborizante con 0.738 de utilidad. Para la quinua fue la bebida Q7 con 20 min de tostado a 170 °C con 5.7 % de azúcar y 2.5 % de saborizante 0.830 de función utilidad.

Desde el punto de vista fisicoquímico, las bebidas con mayor concentración de sólidos solubles fueron las que tenían la cantidad mayor de azúcar y de saborizante. De forma análoga, las de menor concentración de sólidos solubles fueron las que tenían menos azúcar y saborizante, aunque se presentaron ciertas excepciones.

Por otro lado, se obtuvieron muestras fuera de la Norma INEN 2 302 que regula la concentración de extracto total en las bebidas de malta, como: A8, A7, A5, A6 y, la Q8 y Q5; pero sería importante tomar en consideración su rango de incertidumbre.

Para la malta de amaranto, las muestras elaboradas con la mínima cantidad de saborizante fueron las que presentaron mayor valor de luminosidad (L) y las que se hicieron con mayor saborizante fueron las más oscuras. Además, todas las muestras tendieron a tonos rojizos, siendo mayores las que se tostaron a la temperatura máxima y que contaban con las mayores concentraciones de saborizante. Del mismo modo, todas las bebidas tuvieron tonalidades amarillas.

La malta de amaranto con mayor función de utilidad fue la A5 ($F(U)=0.738$). A partir de esta muestra se optimizó la bebida. Los valores de las variables del punto optimizado fueron:

tostado a 131 °C por 80 minutos con 7 segundos, adición de 5.94% de azúcar y 1.99% de saborizante (Opt.A), cuya función de utilidad fue de 0.842.

Al proceder de manera análoga para la optimización de la malta de quinua con los parámetros: tiempo de tostado de 18 minutos con 53 segundos, aplicando una temperatura de tostado de 130 °C con la adición de 5.99 % y de saborizante 0.455%, se obtuvo una malta de menor valor de función de utilidad (Opt.Q, $F(U)= 0.704$) que la mejor muestra obtenida en el diseño original (Q7, $F(U)= (0.830)$), razón por la cual se asume esa muestra como la óptima.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, H. S. (2012). *Perfil de expresión a nivel transcripcional en respuesta a estrés salino en dos especies de amaranto (Amaranthus cruentus L. y Amaranthus hypochondriacus L.)*. Repositorio Ipcyt: Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica – San Luis de Potosí, México. [Tesis de Posgrado] <https://repositorio.ipicyt.edu.mx/handle/11627/2908>
- Aguilar, N. E. (2019). “*Elaboración de una bebida energética gasificada a partir de maltas de quinua (Chenopodium quinoa), kañihua (Chenopodium pallidicaule) y cebada (Hordeum vulgare)*”. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga – Ayacucho, Perú. [Tesis de Titulación] <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3409>
- Ahumada, A., Ortega, A., Chito, D., & Benítez, R. (2016). *Saponinas de quinua (Chenopodium quinoa Willd.): un subproducto con alto potencial biológico*. SciELO Colombia. <http://www.scielo.org.co/pdf/rccqf/v45n3/v45n3a06.pdf>
- Algara, P., Gallegos, J., & Reyes, J. (2021). *El amaranto es una planta que ha sido cultivada en nuestro país*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí – San Luis Potosí, México. [Tesis de Titulación] <https://www.eumed.net/rev/tlatemoani/21/amaranto.html>
- Almeida, F., Andrade, C., Lima, S., Suárez, Y., & Cunha, L. (2018). *Uso de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier para monitorear los azúcares en el proceso de maceración de la cerveza*. *Química de alimentos* (Vol. 263, pp. 112 - 118). ELSEIVER. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814618307490#b0040>
- Álvarez, S. M. (2022). *Diseño de un proceso industrial para la obtención de una bebida carbonatada a base del malteado de quinua para la Corporación de Productores y Comercializadores Orgánicos Bio Taita Chimborazo (COPROBICH)*. DSpace ESPOCH – Riobamba, Ecuador. [Tesis de Titulación] <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17758>

- Álvarez, Y. C. (2012). *Elaboración y caracterización de dos bebidas proteicas, una a base de quinua malteada y la otra a base de quinua sin maltear (Chenopodium quinoa)*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna, Perú. [Tesis de Titulación] <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/2920>
- Arboleda, H. L., & González, M. A. (2020). *La variación en la saturación del color de las bebidas influencia la actitud del valor saludable que el consumidor toma hacia estas*. Biblioteca Digital Icesi – Santiago de Cali, Colombia. [Tesis de Titulación] https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/87524/1/TG02984.pdf
- Arenas, C., & Heredia, K. (2017). *Calidad y germinación de semillas de quinua (Chenopodium quinoa willd) almacenadas artesanalmente por productores*. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A – Bogotá, Colombia. [Tesis de Titulación] <https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/766/Trabajo%20de%20grado%20Calidad%20y%20germinaci%C3%B3n%20de%20semillas%20de%20quinua%20Chenopodium%20quinoa%20Willd.%20almacenada.pdf?sequence=1>
- Arroyo, X. N. (2017). *Desarrollo de un método de malteado de amaranto para la obtención de malta tipo pilsen*. UDLA – Quito, Ecuador. [Tesis de Titulación] <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/7507/1/UDLA-EC-TIAG-2017-23.pdf>
- Artiaga, C. (2018). *"Propiedades fisicoquímicas, y tecno funcionales de quinoas (Chenopodium quinoa willd) procedentes de Perú y Bolivia"*. Universidad Miguel Hernández - Elche, España. [Tesis de Titulación] <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/5348/1/TFG%20Artiaga%20Serna%20Cristina.pdf>
- Baños, J., Urrutia, E., Rodríguez, H., Olmos, J., & Díaz, A. (2014). *Análisis sensorial*. Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla - Puebla, México. [Trabajo de Investigación] https://investigacion.upaep.mx/micrositios/assets/analisis-sensorial_final.pdf
- Bellanco, A. (2019). *Grado en nutrición humana y dietética*. Universidad de Valladolid – Valladolid, España. [Tesis de Titulación]

<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/36863/TFG-M-N1615.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

- Bernácer, R. (2013). *Quinoa o quinua, qué es y por qué tiene tanto valor nutricional*. Webconsultas. <https://www.webconsultas.com/dieta-y-nutricion/dieta-equilibrada/quinua-12546>
- Bois, J., Winkel, T., Lhomme, J., & Raffaillac, J. (2006). *Response of some Andean cultivars of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) to temperature: Effects on germination, phenology, growth and freezing*. European Journal of Agronomy. https://www.researchgate.net/publication/222651743_Response_of_some_Andean_cultivars_of_quinoa_Chenopodium_quinoa_Willd_to_temperature_Effects_on_germination_phenology_growth_and_freezing
- Bojanic, A. (2011). Propiedades nutricionales. “*La quinua, cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial*” (p. 13). Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe (FAO/RLC). <https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/326239/>
- Boucher, F., & Muchnik, J. (1995). *Amaranto: Composición química y valor nutritivo del grano*. In *Agroindustria rural: recursos técnicos y alimentación*. (p. 88). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD). <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=jyAOAQAIAAJ&oi=fnd&pg=PA83&dq=composici%C3%B3n+quimica+del+amaranto+&ots=6uzElinRWL&sig=-MOZ5NgiZkEQwiJTGN5RsUcosgY#v=onepage&q=composici%C3%B3n%20quimica%20del%20amaranto&f=false>
- Brandam, C., Meyer, X., Proth, J., Strehaiano, P., & Pingaud, H. (2003). *Un modelo cinético original para la hidrólisis enzimática del almidón durante la maceración*. *Revista de Ingeniería Bioquímica*, 13(1), 43 - 52. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369703X02001006>

- Cáceres, J. (2018). *Caracterización fisicoquímica y organoléptica de una bebida de quinua (chenopodium quinoa willd) malteada y sin maltear de las variedades pasankalla y negra collana*. Repositorio UNAJMA. Universidad Nacional José María Arguedas – Andahuaylas, Perú. [Tesis de Titulación]
<https://repositorio.unajma.edu.pe/handle/20.500.14168/689>
- Campos, Y. (2019). *Formulación y elaboración de una bebida nutritiva a base de lactosuero con jugo de naranja (Citrus sinensis)*. Universidad Nacional de Cajamarca – Cajamarca, Perú. [Tesis de Titulación]
[https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3031/FORMULACI%
%93N%20Y%20ELABORACI%
%93N%20DE%20UNA%20BEBIDA%20NUTRITIVA%20A%20BASE%20DE%20LACTOSUERO%20CON%20JUGO%20DE%20NARANJA%20%28Citru.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3031/FORMULACI%c3%93N%20Y%20ELABORACI%c3%93N%20DE%20UNA%20BEBIDA%20NUTRITIVA%20A%20BASE%20DE%20LACTOSUERO%20CON%20JUGO%20DE%20NARANJA%20%28Citru.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cango, K. (2022). *Desarrollo de una línea de cerveza artesanal y maridaje para mejorar la carta de vudú bar & food*. Instituto Tecnológico Sudamericano – Loja, Ecuador. [Tesis de Titulación]
[http://dspace.tecnologicosudamericano.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/624/1/Proyec
to%20de%20titulaci%C3%B3n%20-%20Kleber%20Cango.pdf](http://dspace.tecnologicosudamericano.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/624/1/Proyecto%20de%20titulaci%C3%B3n%20-%20Kleber%20Cango.pdf)
- Carreto, C., Pérez, A. I., Salas, F., & Salas, A. (2018). *Optimización de la sacarificación de productos amiláceos para la producción de bioetanol*. Revista de Tecnologías en Procesos Industriales, 2(3), 27- 32.
[https://www.ecorfan.org/taiwan/research_journals/Tecnologias_en_Procesos_Industrial
es/vol2num3/Revista_de_Tecnolog%C3%ADas_en_Procesos_Industriales_V2_N3_4.p
df](https://www.ecorfan.org/taiwan/research_journals/Tecnologias_en_Procesos_Industriales/vol2num3/Revista_de_Tecnolog%C3%ADas_en_Procesos_Industriales_V2_N3_4.pdf)
- Castañeda, R., Andrade - Cuvi, M. J., Argüello, Y., & Vernaza, M. G. (2018). *Efecto de la adición de quinua (Chenopodium quinoa wild) malteada y sin maltear en la elaboración de cerveza tipo Ale a base de cebada (Hordeum vulgare) malteada*. Enfoque UTE, 9(2), 15 - 26. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.302>
- Castro, J. (2024). *Optimización de las condiciones de germinación de amaranto a través de modelos factoriales y métodos multicriterio*. Universidad del Azuay – Cuenca, Ecuador.

- [Tesis de Titulación]
https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UAZUAY_8d3a55adb908e57ee4118760197073bb.
- Cazar, P. D., & Alava, F. (2004). *“Producción y comercialización de quinua en el Ecuador”*. DSpace en ESPOL – Guayaquil, Ecuador. [Tesis de Titulación]
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3622/1/D-33538.pdf>
- Chancahuaña, C. (2017). *Nutrición humana y dietética efectos saludables*. Universidad Complutense de Madrid – Madrid, España. [Tesis de Titulación]
https://renati.sunedu.gob.pe/bitstream/sunedu/740095/1/Chancahuana_Alva_Cesy.pdf
- Chauhan, A., Saxena, D., & Singh, S. (2015). Total dietary fibre and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (*Amaranthus spp.*) flour. *LWT - Food Science and Technology*, 63(2), 939 - 945.
- Choque, Y. (2020). *Obtención de una cerveza tipo Ale, utilizando como adjunto quinua roja (Chenopodium quinoa Willd) germinada*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa – Arequipa, Perú. [Tesis de Titulación]
<https://core.ac.uk/download/559500971.pdf>
- Colcha, M. A. (2013). *Bioquímico y farmacéutico*. DSpace ESPOCH – Riobamba, Ecuador. [Tesis de Titulación]
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2606/1/56T00385.pdf>
- Cuadrado, A. (2012). *“La quinua en el Ecuador situación actual y su industrialización”*. Dspace. Universidad Politécnica Salesiana – Cuenca, Ecuador. [Tesis de Maestría]
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5221/1/UPS-QT03869.pdf>
- Das, S. (2016). *Amaranthus: A Promising Crop of Future* (1st ed. 2016.). Springer Nature Singapore: Imprint: Springer. 10.1007/978-981-10-1469-7
- Díaz, D. A. (2018). *Elaboración de cerveza artesanal tipo ale, a partir de malta preparada con amaranto y otros cereales*. Repositorio Digital. Universidad De Las Américas – Quito, Ecuador. [Tesis de Tecnólogo] <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/10424>

- Díaz, Y. (2014). *“Perfeccionamiento del proceso de malteado de sorgo para la producción de maltinas para enfermos celiacos.”* DSpace UCLV. Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas - Santa Clara, Cuba. [Tesis de Titulación] <https://dspace.uclv.edu.cu/server/api/core/bitstreams/da4f40e4-c2c7-4813-81b2-1c5b9e06c1ac/content>
- Domínguez, M. (2023). *Caracterización de residuos de maltas: pilsen, pale ale, caramel y chocolate para su posterior utilización en industrias alimentarias.* CIA - Centro de Información Agraria – Guayaquil, Ecuador. [Tesis de Titulación] <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/LIMONES%20DOM%C3%8DNGUEZ%20MELANNIE%20LUISA.pdf>
- Duarte, J. (2022). *Control microbiológico durante el proceso de elaboración de la cerveza.* Universidad de Sevilla – Sevilla, España. [Tesis de Titulación] <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/143626/DUARTE%20CHACON%20JOSE%20JAVIER.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Escobedo, S. (2019). *Colores del Amaranto.* México. https://grupoamarantomexicano.wordpress.com/2014/06/10/galeria-caminos-del-amaranto/10376306_1400878953533090_7786833872698143313_n/
- Ferreya, L. (2014). *Elaboración de cerveza: Historia y evolución, desarrollo de actividades de capacitación e implementación de mejoras tecnológicas para productores artesanales.* Universidad Nacional de la Plata – La Plata, Argentina. [Tesis de Titulación] <https://lipa.agro.unlp.edu.ar/wp-content/uploads/sites/29/2020/03/Trabajo-Final-Leonel-Ferreya-.pdf>
- Flores, E. M., Rocas, A., Carvajal, R., & Vozzo, J. A. (2010). *Glosario de términos: Manual de semillas de árboles tropicales.* (p. 852). RGNR. https://rngr.net/publications/manual-de-semillas-de-arboles-tropicales/terminos/at_download/file
- Forero, N., Salgado, N., Moncayo, C., & Cote, P. (2016). *Efecto del proceso de malteado en la calidad y estabilidad de una bebida de quinua (Chenopodium quinoa Willd) y mango*

- (*Mangifera indica*). Universidad Nacional de Trujillo – Trujillo, Perú. [Tesis de Titulación] <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6583402.pdf>
- Galvañ, J. (2021). *La malta: el alma de la cerveza. Cuánta malta disolvemos en el macerado*. <https://aetcm.es/wp-content/uploads/2021/10/LA-MALTA-EL-ALMA-DE-LA-CERVEZA.pdf>
- Giménez, P. A., & Volonté, M. d. I. A. (2019). *Formulación de una bebida sin alcohol a base de malta de quinua*. Universidad Nacional de Córdoba - Córdoba, Argentina. [Tesis de Titulación] <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/14374>
- Gómez, L., & Aguilar, E. (2016). *Guía de cultivo de la quinua*. Ed. FAO y Universidad Nacional Agraria La Molina – La Molina, Lima. [Trabajo de Investigación] <https://www.fao.org/3/i5374s/i5374s.pdf>
- González, M. I. (2020). *Métodos de análisis para la determinación de proteínas en cereales: amaranto y cebada*. Universidad de Vigo – Vigo, España. [Tesis de Maestría] https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/27174/GonzalezPerez_Maria%20Isabel_TFM_2020.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Guerrero, C. (2018). *Valoración del incremento de proteína del amaranto alegría (*Amaranthus caudatus* L.) en el proceso de germinación*. Universidad Técnica de Cotopaxi – Cotopaxi, Ecuador. [Tesis de Titulación] <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8512/1/PC-000464.pdf>
- Gutiérrez, H., & De la vara, R. (2007). *Análisis y diseño de experimentos*. México: McGraw Hill. https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseno_experimentos.pdf
- Hernández, J. (2015). *La quinua, una opción para la nutrición del paciente con diabetes mellitus*. SciELO Cuba. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubend/rce-2015/rce153j.pdf>

- Hevia, F., Wilckens, R., Berti, M., & Badilla, R. (2000). *Características del almidón y contenido de proteína de quinoa (Chenopodium quinoa w.) Cultivada bajo diferentes niveles de nitrógeno en Chillan*. Universidad de Concepción: Revistas Electrónicas UACH. Chile. <http://revistas.uach.cl/html/agrosur/v29n1/body/art06.htm>
- Huamanchumo, W. (2020). *Pseudocereales andinos: valor nutritivo y aplicaciones para alimentos libres de gluten*. Universidad Politécnica de Valencia – Valencia, España. [Tesis de Maestría] <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/151184/Huamanchumo%20-%20Pseudocereales%20andinos%3a%20valor%20nutritivo%20y%20aplicaciones%20para%20alimentos%20libres%20de%20glu....pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- INEN 2 302, I. E. d. N. (2009). *Bebida de malta: Requisitos*. República del Ecuador. <https://silo.tips/download/republicofecuador-edictofgovernment-36>
- Jiménez, E. V. (2017). *Caracterización morfológica, física y fenológica de cuatro variedades de amaranto (Amaranthus sp.) para las condiciones meteorológicas del cantón Cevallos*. Repositorio Universidad Técnica de Ambato – Ambato, Ecuador. [Tesis de Titulación] <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25899/1/Tesis-162%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20490.pdf>
- López, A. (2006). *Malta tostada cebada chocolate, 1000 EBC*. Tecnofar, Ibérica, S.L. España. <http://www.maltascerveceros.com/pdf/tostadas/Malta%20tostada%20cebada%20chocolate%20EBC%201000.pdf>
- Luján, M., & Vásquez, V. (2010). *Control automático con lógica difusa de la producción de cerveza artesanal en las etapas de maceración y cocción*. *Agroindustrial Science*, 1(2), 125-137.
- Mapes, E. (2015). *El amaranto*. *Revista Ciencia*. http://revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/66_3/PDF/Amaranto.pdf

- Martín, P. (2018). *Análisis de la molienda de la malta de cebada y efectos en el rendimiento de macerado*. Universidad de Sevilla – Sevilla, España. [Tesis de Titulación] <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/20537/fichero/PFC-537-MARTIN.pdf>
- Mauro, R. R. (2019). *Evaluación nutricional y tecnológica de harinas de cereales y pseudocereales libres de gluten, a partir de análisis composicionales y ensayos fisicoquímicos*. Universidad Católica de Córdoba – Córdoba, Argentina. [Tesis de Titulación] https://pa.bibdigital.ucc.edu.ar/91/1/TM_Mauro.pdf
- Nardo, A. (2017). *Péptidos bioactivos de globulinas de amaranto. Una aproximación computacional y experimental*. SeDiCI - UNLP. Universidad Nacional de la Plata – La Plata, Argentina. [Tesis de Doctorado] https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/60636/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- National, R. C. (1984). *Amaranth: Modern Prospects for an Ancient Crop*. Washington, D.C. <https://nap.nationalacademies.org/catalog/19381/amaranth-modern-prospects-for-an-ancient-crop>
- Navarro, C., & Martínez, C. (2018). *Determinación de los sólidos solubles de un alimento con un alto y un bajo contenido en agua*. Universidad Técnica de Valencia – Valencia, España. [Tesis de Tecnología] <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/102969/Pastor%3BGonz%C3%A1lez%20-%20Determinaci%C3%B3n%20de%20los%20s%C3%B3lidos%20solubles%20de%20un%20alimento%20con%20un%20alto%20y%20un%20bajo%20cont....pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nieto, C. (1989). *El cultivo de amaranto (Amaranthus sp.). Una alternativa agronómica para Ecuador*. Repositorio INIAP. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2688/1/iniapscpm52.pdf>
- Núñez, G. E. (2012). *Desarrollo de harinas precocidas a partir de pseudocereales andinos de alta digestibilidad proteica*. Repositorio UTA: Universidad Técnica de Ambato –

- Ambato, Ecuador. [Tesis de Titulación]
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/32122/1/AL%20772.pdf>
- Ordinola, B. D. (2021). *Evaluación nutricional de una bebida a base de malta pilsen enriquecida con taxo (Passiflora tripartita)*. Universidad Agraria del Ecuador – Guayaquil, Ecuador. [Tesis de Titulación] <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PAGUAY%20ORDINOLA%20BELEN%20DAMARIS.pdf>
- Padrón, C. A., Oropeza, R. A., & Montes, A. I. (2015). *Semillas de quinua (Quinoa de Chenopodium Willdenow): Composición química y procesamiento. Aspectos relacionados con otras áreas*. RVCTA: Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Venezuela. <https://dokumen.tips/documents/semillas-de-quinua-chenopodium-quinoa-willdenow-oajinetpdfhtmln20174924-.html?page=1>
- Pardo, L. (2017). *Microorganismos termorresistentes en la producción de cerveza*. Universidad de Coruña – La Coruña, España. [Tesis de Titulación] https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/19612/PardoRipoll_Luc%C3%ADa_TFG_2017.pdf?sequence=2
- Paucar, L. (2022). *Quinoa (Chenopodium quinoa): Composición nutricional y Componentes bioactivos del grano y la hoja, e impacto del tratamiento térmico y de la germinación*. SciELO Perú. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172022000300209
- Pavón, K. a. C. (2021). *Análisis de la composición proximal y actividad antioxidante de la harina cruda y tostada de cuatro variedades de Amaranthus cruentus cultivados en Managua*. Repositorio Institucional UNAN-Managua, Nicaragua. [Tesis de Titulación] <https://repositorio.unan.edu.ni/14634/1/14634.pdf>
- Peralta, E. (2012). *El amaranto en el Ecuador: "Estado del Arte"*. INIAP. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3259/1/iniapscCD53.pdf>

- Peralta, E. (2009). *La quinua en el Ecuador: "Estado del Arte"*. INIAP. <https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/handle/41000/805>
- Peralta I., E., y Mazón, N. (2014). *La quinua en Ecuador [CD]*. En D. Brazile, D. Bertero, y C. Nieto (Eds.), *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013* (pp. 462-476). Santiago de Chile: FAO.
- Pérez, M. F. (2017). *Malteo de la semilla de amaranto para la elaboración de cerveza artesanal*. Universidad Autónoma Metropolitana – Ciudad México, México. [Tesis de Titulación] https://bindani.izt.uam.mx/concern/file_sets/rr171x224?locale=es
- Pineda, F. (1999). *Vista de evaluación preliminar de 20 variedades de amaranto en Panamá*. Revistas UTP. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/view/111/html>
- Piñero-Di Blasi, J., Martínez-Torres, J., Pozo-Antonio, J., Iglesias-Comesañas, C., Cuesta, L., Tobaada-Castro, J., Gajino-Núñez, P., & Tresaco-Vidaller, E. (2014). *Desarrollo de una aplicación para la comparación rápida de pigmentos a partir de sus coordenadas colorimétricas*. *DYNA*, 81(184), 49 - 54. <https://www.redalyc.org/pdf/496/49630405007.pdf>
- Poste, L., Mackie, D., Butler, G., & Larmond, E. (1977). *Laboratory methods for sensory analysis of food* (pp. 19 - 63). Research Branch Agriculture Canada. <https://ia800603.us.archive.org/15/items/laboratorymethod00otta/laboratorymethod00otta.pdf>
- Prego, I., Maldonado, S., & Otegui, M. (1998). *Seed Structure and Localization of Reserves in Chenopodium quinoa*. Oxford Academic. https://watermark.silverchair.com/820481.pdf?token=AQECAHi208BE49Oan9kkhW_Ercy7Dm3ZL_9Cf3qfKAc485ysgAAA08wggNLBgkqhkiG9w0BBwagggM8MIIDO_AIBADCCAzEGCSqGSIB3DQEHTAeBgIghkgBZQMEAS4wEQQMikV9H-_ghK0UHPPrZAgEQgIIDAhvp7qBRjRcfM9Lw6wTs7xpOZn2tnBxaE2Z51wG_GYEldPBNn

- Prieto, M. (2009). *Estudio del proceso de expansión de semillas de amaranto mediante espectros dieléctricos*. Universidad Politécnica de Valencia – Valencia, España. [Tesis de Maestría] <https://core.ac.uk/download/pdf/250365467.pdf>
- Ramírez, L., & Estefano, F. (2018). *Características funcionales y nutricionales de la quinua y el amaranto, para mejorar el estado nutricional de los preescolares en Ecuador*. Repositorio UNEMI. Universidad Estatal de Milagro – Milagro, Ecuador. [Tesis de Titulación] <https://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/3983/1/CARACTER%C3%8DSTICAS%20FUNCIONALES%20Y%20NUTRICIONALES%20DE%20LA%20QUINUA%20Y%20EL%20AMARANTO%2C%20PARA%20MEJORAR%20EL%20ESTADO%20NUTRICIONAL.pdf>
- Reyna, H. A. (2018). *Comparación de dos biopolímeros, uno a base de almidón de papa y otro a base de almidón de papa y goma xantana*. Universidad De San Carlos – Guatemala, Guatemala. [Tesis de Titulación] <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/tesis/QF1498.pdf>
- Rodríguez, P. (2005). *El papel del tamaño de semilla de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en el crecimiento y desarrollo de las plantas frente a diferentes profundidades de siembra*. Universidad Mayor de San Andrés – La Paz, Bolivia. [Tesis de Titulación] https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers17-11/010037006.pdf
- Romo, S., Rosero, A., Forero, C., & Ceron, E. (2005). *Vista de potencial nutricional de harinas de quinua (Chenopodium quinoa w) variedad piartal en los andes Colombianos, primera parte*. *Revistas UNICAUCAS*. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/639/271>
- Ruiz, A., & Bressani, R. (1990). *Effect of germination on the chemical composition and nutritive value of amaranth grain*. In *Cereal chemistry* (Vol. 67, pp. 519 - 522). Copyright 1990 by the American Association of Cereal Chemists, Inc. https://www.cerealsgrains.org/publications/cc/backissues/1990/Documents/67_519.pdf

Sánchez, M. (2022). *Alcohol de 70 o de 96, ¿Cuál desinfecta mejor?* CuidatePlus. <https://cuidateplus.marca.com/belleza-y-piel/cuidados-cuerpo/2021/03/16/alcohol-70-o-96-desinfecta-mejor-177230.html>

Sasintuña, J. C. (2022). *Elaboración de cerveza artesanal nutritiva utilizando como adjunto diferentes concentraciones de amaranto (amaranthus l.) Malteado*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo – Riobamba, Ecuador. [Tesis de Titulación] <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/17607/1/236T0606.pdf>

Silva, J., Oliveira, R., Neto, A., Pimentel, V., & Amorim, A. (2013). *Extracción, adición y caracterización de hemicelulosas de mazorcas de maíz para desarrollo de las propiedades de los papeles*. Universidad Federal de Viçosa - Viçosa, Brasil. [Trabajo de Investigación] https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/26_PT_RS.pdf

Soria, J. A. (2017). *“Diseño de un proceso industrial para la elaboración de cerveza artesanal a base de cebada (Hordeum vulgare) y cacao de fino aroma (Theobroma Cacao)”*. Escuela Superior Politécnica Chimborazo – Riobamba, Ecuador. [Tesis de Titulación] <https://core.ac.uk/download/pdf/234580363.pdf>

Soteras, E. (2011). *“Obtención y formulación de una bebida en base de granos de amaranto”*. Biblioteca Virtual. Universidad Nacional de Litoral – Santa Fe de la Vera Cruz, Argentina. [Tesis de Maestría y Tecnología] <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/342/tesis.pdf?sequence=1>

Suárez, M. (2013). *“Cerveza: Componentes y Propiedades”*. España: Universidad de Oviedo – Oviedo, España. [Tesis de Maestría] https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/19093/TFM_%20Maria%20Suarez%20Diaz.pdf?sequence=8

Suárez - Estrella, D. P., Pagani, M., & Monomi, F. (2019). *Germination as a biotechnological process to enhance the use of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) in Cereal-based products*. AIR Unimi. Universidad de Milán – Milán, Italia. [Tesis de Ph.

D.] https://air.unimi.it/retrieve/dfa8b99e-4dec-748b-e053-3a05fe0a3a96/phd_unimi_R11463.pdf

Terán, S. R. (2017). *Evaluación de la utilización de amaranto (Amaranthus spp.) como adjunto y dos cepas de levadura (Saccharomyces cerevisiae) en la fabricación de cerveza*. Repositorio Digital – EPN. Universidad Politécnica Nacional - Quito, Ecuador. [Tesis de Titulación] <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17617?mode=full>

Tucumbi, C. I. (2022). *Diseño de un proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo Lambic sabor a capulí (Prunus serotina var. capuli (Cav.) McVaugh)*. Repositorio Universidad Técnica de Ambato – Ambato, Ecuador. [Tesis de Titulación] <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/35867/1/AL%20846.pdf>

Valarezo, B., & Procel, A. (2021). *Elaboración de cerveza artesanal a partir de la mezcla de cebada, quinua y amaranto*. Repositorio Universidad de Guayaquil - Guayaquil, Ecuador. [Tesis de Titulación] <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/57459/1/BINGQ-IQ-21P40.pdf>

Valverde, A. (2020). *Manual de análisis para el control de calidad de la cerveza en los laboratorios del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental*. Universidad de Sevilla – Sevilla, España. [Tesis de Titulación] <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/93285/fichero/TFG-3285+VALVERDE+%C3%81LVAREZ%2C+ARANZAZU.pdf>

Vargas, E., Gutiérrez, F., Godínez, R., & Onofre, E. (2018). *Pruebas sensoriales*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo – Pachuca de Soto, México. [Trabajo de Investigación] https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/icea/ asignatura/turismo/2019/Ana-astro.pdf

Vásquez - Remache, B. E. (2022). *Modelos factoriales y métodos multicriterio para la optimización de las condiciones de germinación de quinua para consumo*. Dspace de la Universidad del Azuay – Cuenca, Ecuador. [Tesis de Titulación] <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/11584/1/17116.pdf>

Wagner, M. (2009). *Maceración*. Cerveza Casera. México.
<https://cervezacasera.com.mx/maceracion/>

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de conversión de grados brix a grados plato

Brix	Plato	Densidad (SG)	Rendimiento	Brix	Plato	Densidad (SG)	Rendimiento
0,1	0,11	1,0004	0,10	4,3	4,36	1,0171	4,19
0,2	0,20	1,0008	0,20	4,4	4,47	1,0175	4,29
0,3	0,30	1,0012	0,29	4,5	4,57	1,0180	4,39
0,4	0,40	1,0016	0,39	4,6	4,67	1,0184	4,49
0,5	0,50	1,0020	0,48	4,7	4,78	1,0188	4,59
0,6	0,60	1,0023	0,58	4,8	4,88	1,0192	4,69
0,7	0,70	1,0027	0,68	4,9	4,98	1,0196	4,78
0,8	0,80	1,0031	0,77	5	5,09	1,0200	4,88
0,9	0,90	1,0035	0,87	5,1	5,19	1,0205	4,98
1	1,00	1,0039	0,96	5,2	5,30	1,0209	5,08
1,1	1,11	1,0043	1,06	5,3	5,40	1,0213	5,18
1,2	1,21	1,0047	1,16	5,4	5,50	1,0217	5,28
1,3	1,31	1,0051	1,25	5,5	5,61	1,0221	5,38
1,4	1,41	1,0055	1,35	5,6	5,71	1,0226	5,48
1,5	1,51	1,0059	1,45	5,7	5,82	1,0230	5,58
1,6	1,61	1,0062	1,54	5,8	5,92	1,0234	5,68
1,7	1,71	1,0066	1,64	5,9	6,03	1,0238	5,78
1,8	1,81	1,0070	1,74	6	6,13	1,0242	5,89
1,9	1,91	1,0074	1,84	6,1	6,24	1,0247	5,99
2	2,01	1,0078	1,93	6,2	6,34	1,0251	6,09
2,1	2,11	1,0082	2,03	6,3	6,44	1,0255	6,19
2,2	2,22	1,0086	2,13	6,4	6,55	1,0259	6,29
2,3	2,32	1,0090	2,22	6,5	6,65	1,0264	6,39
2,4	2,42	1,0094	2,32	6,6	6,76	1,0268	6,49
2,5	2,52	1,0098	2,42	6,7	6,87	1,0272	6,59
2,6	2,62	1,0102	2,52	6,8	6,97	1,0277	6,69
2,7	2,72	1,0106	2,61	6,9	7,08	1,0281	6,79
2,8	2,83	1,0110	2,71	7	7,18	1,0285	6,89
2,9	2,93	1,0114	2,81	7,1	7,29	1,0289	7,00
3	3,03	1,0118	2,91	7,2	7,39	1,0294	7,10
3,1	3,13	1,0122	3,01	7,3	7,50	1,0298	7,20
3,2	3,23	1,0126	3,10	7,4	7,60	1,0302	7,30
3,3	3,34	1,0130	3,20	7,5	7,71	1,0307	7,40
3,4	3,44	1,0135	3,30	7,6	7,82	1,0311	7,50
3,5	3,54	1,0139	3,40	7,7	7,92	1,0316	7,61
3,6	3,64	1,0143	3,50	7,8	8,03	1,0320	7,71
3,7	3,75	1,0147	3,60	7,9	8,13	1,0324	7,81
3,8	3,85	1,0151	3,69	8	8,24	1,0329	7,91
3,9	3,95	1,0155	3,79	8,1	8,35	1,0333	8,01
4	4,05	1,0159	3,89	8,2	8,45	1,0337	8,12
4,1	4,16	1,0163	3,99	8,3	8,56	1,0342	8,22
4,2	4,26	1,0167	4,09	8,4	8,67	1,0346	8,32

Brix	Plato	Densidad (SG)	Rendimiento	Brix	Plato	Densidad (SG)	Rendimiento
8,5	8,77	1,0351	8,42	13,5	14,22	1,0581	13,65
8,6	8,88	1,0355	8,53	13,6	14,33	1,0586	13,76
8,7	8,99	1,0359	8,63	13,7	14,44	1,0591	13,87
8,8	9,09	1,0364	8,73	13,8	14,56	1,0595	13,97
8,9	9,20	1,0368	8,83	13,9	14,67	1,0600	14,08
9	9,31	1,0373	8,94	14	14,78	1,0605	14,19
9,1	9,42	1,0377	9,04	14,1	14,89	1,0610	14,29
9,2	9,52	1,0382	9,14	14,2	15,00	1,0615	14,40
9,8	10,17	1,0409	9,76	14,3	15,11	1,0620	14,51
9,9	10,28	1,0413	9,87	14,4	15,23	1,0625	14,62
10	10,39	1,0418	9,97	14,5	15,34	1,0629	14,72
10,1	10,49	1,0422	10,07	14,6	15,45	1,0634	14,83
10,2	10,60	1,0427	10,18	14,7	15,56	1,0639	14,94
10,3	10,71	1,0431	10,28	14,8	15,67	1,0644	15,05
10,4	10,82	1,0436	10,39	14,9	15,79	1,0649	15,15
10,5	10,93	1,0440	10,49	15	15,90	1,0654	15,26
10,6	11,04	1,0445	10,59	15,1	16,01	1,0659	15,37
10,7	11,14	1,0450	10,70	15,2	16,12	1,0664	15,48
10,8	11,25	1,0454	10,80	15,3	16,24	1,0669	15,59
10,9	11,36	1,0459	10,91	15,4	16,35	1,0674	15,69
11	11,47	1,0463	11,01	15,5	16,46	1,0679	15,80
11,1	11,58	1,0468	11,12	15,6	16,57	1,0684	15,91
11,2	11,69	1,0473	11,22	15,7	16,69	1,0689	16,02
11,3	11,80	1,0477	11,33	15,8	16,80	1,0694	16,13
11,4	11,91	1,0482	11,43	15,9	16,91	1,0699	16,24
11,5	12,02	1,0487	11,54	16	17,03	1,0704	16,35
11,6	12,13	1,0491	11,64	16,1	17,14	1,0709	16,45
11,7	12,24	1,0496	11,75	16,2	17,25	1,0714	16,56
11,8	12,35	1,0501	11,85	16,3	17,37	1,0719	16,67
11,9	12,45	1,0505	11,96	16,4	17,48	1,0724	16,78
12	12,56	1,0510	12,06	16,5	17,59	1,0729	16,89
12,1	12,67	1,0515	12,17	16,6	17,71	1,0734	17,00
12,2	12,78	1,0519	12,27	16,7	17,82	1,0739	17,11
12,3	12,89	1,0524	12,38	16,8	17,94	1,0744	17,22
12,4	13,00	1,0529	12,48	16,9	18,05	1,0749	17,33
12,5	13,11	1,0533	12,59	17	18,16	1,0754	17,44
12,6	13,23	1,0538	12,70	17,1	18,28	1,0759	17,55
12,7	13,34	1,0543	12,80	17,2	18,39	1,0764	17,66
12,8	13,45	1,0548	12,91	17,3	18,51	1,0769	17,77
12,9	13,56	1,0552	13,01	17,4	18,62	1,0775	17,88
13,0	13,67	1,0557	13,12	17,5	18,73	1,0780	17,99
13,1	13,78	1,0562	13,23	17,6	18,85	1,0785	18,10
13,2	13,89	1,0567	13,33	17,7	18,96	1,0790	18,21
13,3	14,00	1,0571	13,44	17,8	19,08	1,0795	18,32
13,4	14,11	1,0576	13,55	17,9	19,19	1,0800	18,43

Anexo 2. Capacitación al panel sensorial



Anexo 3. Análisis sensorial de las bebidas malteadas



Anexo 4. Ficha de cata para las bebidas a base de maltas (amaranto y quinoa)

Ficha de catación-sensorial para bebida a base de malta							
Agradezco su ayuda para realizar la degustación de bebidas malteadas. Por favor en el orden que se solicite deguste las muestras y marque con una (x) de acuerdo con una alternativa de cada característica indicada. Muchas gracias por su colaboración y tiempo.							
Tómese el tiempo necesario para evaluar cada parámetro							
Nombre:							
Muestra:				Fecha			
Seleccione una opción del 1 al 7 cada atributo, de acuerdo con lo indicado en la tabla de la escala hedónica (siendo "1" la valoración más baja y "7" la valoración más alta.)							
Escala hedónica							
	1	2	3	4	5	6	7
Características	Me disgusta mucho	Me disgusta moderada mente	Me disgusta poco	No me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderada mente	Me gusta mucho
Visual							
	1	2	3	4	5	6	7
Color							
Turbidez							
Olfativo							
	1	2	3	4	5	6	7
Aroma							
Intensidad							
Persistencia							
Especifique el aroma:							
Gustativo							
	1	2	3	4	5	6	7
Dulzor							
Amargor							
Acidez							
Astringencia							
Cuerpo							
Gusto							
Regusto							
Impresión global de la bebida							
	1	2	3	4	5	6	7
Aceptabilidad general							

Anexo 5. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2 302:2009. Bebida de Malta: Requisitos.



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 302:2009

BEBIDA DE MALTA. REQUISITOS.

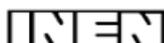
Primera Edición

MALTED DRINKS. REQUIREMENTS.

First Edition

DESCRIPTORES: Tecnología de alimentos, bebida no alcohólica, malta, requisitos.
AL 04.03-402
CDU: 663.43
CIIU: 3134
ICS: 67.160.20

CDU: 663.43
ICS: 67.160.20



CIIU:3134
AL 04.03-402

**Norma Técnica
Ecuatoriana
Voluntaria**

**BEBIDA DE MALTA.
REQUISITOS.**

**NTE INEN
2 302:2009
2009-05**

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las bebidas de malta.

2. DEFINICIONES

2.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

2.1.1 *Bebida de malta*. Es la bebida no alcohólica carbonatada o no, elaborada con agua, cebada malteada, endulzantes y adicionada o no de otros cereales, lúpulo, aditivos permitidos y de suplementos nutritivos y vitamínicos.

2.1.2 *Bebida no alcohólica*. Producto listo para el consumo directo, con un contenido de alcohol no mayor al 0,5% en volumen del producto terminado.

2.1.3 *Volumen de carbonatación (volumen de CO₂)*. Es la cantidad de gas carbónico disuelto en un volumen de líquido a 20,0 °C y 1 atm de presión.

2.1.4 *Grado Plato*. La cantidad en gramos de extracto seco del mosto, contenido en 100 gramos de la bebida de malta.

2.1.5 *Mosto*. Es el líquido obtenido de la filtración del macerado de la malta y/o otras fuentes de carbohidratos el cual contiene azúcares, proteínas y minerales.

3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1 Debe utilizarse el equipo adecuado y operarse en condiciones sanitarias óptimas, a fin de evitar contaminaciones durante todo el proceso de fabricación, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura para alimentos procesados.

3.2 El producto debe estar exento de materias extrañas y no presentar alteraciones causadas por agentes biológicos, físicos o químicos.

3.3 El producto debe ser sometido a un proceso adecuado de pasteurización que garantice su conservación.

4. REQUISITOS

4.1 Requisitos específicos

4.1.1 El color, olor y el sabor de la bebida de malta deben ser característicos del producto.

4.1.2 La bebida de malta debe estar libre de cuerpos extraños, sin sedimentos ni materiales en suspensión que no correspondan a las características de diseño del producto.

4.1.3 El agua utilizada en la elaboración del producto debe cumplir con la NTE INEN 1 108

4.1.4 El contenido máximo de alcohol (por efecto de transferencia de los saborizantes) no debe ser mayor de 0,5 % en volumen

4.1.5 La adición de vitaminas y nutrientes debe ajustarse con lo establecido en la NTE INEN 1 334-2

(Continúa)

DESCRIPTORES: Tecnología de alimentos, bebida no alcohólica, malta, requisitos.

NTE INEN 2 302

2009-05

4.1.6 Requisitos físico - químicos

4.1.6.1 La bebida de malta, ensayada de acuerdo a las normas correspondientes, deben cumplir con lo establecido en la tabla 1.

TABLA 1. Requisitos fisicoquímicos de la bebida de malta

Requisito	Min	Max	Método de ensayo
Extracto total expresado como Plato o % m/m	7,5	-	AOAC 945.30 B. (a), tabla 942.33 columna grados Brix
CO ₂ , expresado como: Volumen de CO ₂ g de CO ₂ /l	2,0 4,0	- -	NTE INEN 2 324
Proteína, expresada como % m/m,	0,2	-	AOAC 997.09
Grado alcohólico, % v/v (°GL)	-	0,5	NTE INEN 2 322

* No se aplica a bebidas de malta no carbonatadas

4.1.6 Requisitos microbiológicos

4.1.6.1 El producto debe estar exento de bacterias patógenas y/o toxinas y de cualquier otro microorganismo que represente riesgo para la salud.

4.1.6.2 La bebida de malta debe cumplir con los requisitos microbiológicos establecidos en la tabla 2.

TABLA 2. Requisitos microbiológicos para la bebida de malta

Requisitos	n	m	M	c	Método de ensayo
Recuento de coliformes, NMP/100 cm ³	5	* < 1.1	--	0	NTE INEN 1529-6
Recuento de coliformes, ufc/100 cm ³	5	0	--	0	NTE INEN 1529-7
Mohos, ufc/cm ³	5	< 1	10	2	NTE INEN 1529-10
Levaduras, ufc/cm ³	5	< 1	10	2	
Recuento estándar en placa REP ufc/cm ³ (1)	5	≤100	100	2	NTE INEN 1529-5

* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm³ ó 10 tubos de 10 cm³ ninguno es positivo.
 < 1 significa que no hay crecimiento en la mínima dilución indicada en la técnica.
 (1) No se aplica a bebidas de malta carbonatadas

En donde:

- n = número de muestras por examinar.
- m = índice máximo permisible para identificar el nivel de buena calidad.
- M = índice máximo permisible para identificar el nivel aceptable de calidad.
- c = número de muestras permisibles con resultados entre m y M.
- NMP = Número más probable
- UFC = Unidades formadoras de colonia
- < = se lee "menor que"

4.1.6.3 Para muestra unitaria los requisitos, microbiológicos, máximos permitidos son los establecidos en la columna **m** de la tabla 2.

4.1.7 Aditivos. Se permite el uso de los aditivos enlistados en la NTE INEN 2 074

(Continúa)

4.2 Requisitos complementarios

4.2.1 Cuando se utilicen envases metálicos, estos no deben presentar deformaciones.

4.2.2 Los envases retornables deben someterse a un proceso adecuado de limpieza y desinfección antes de ser utilizados nuevamente.

5. INSPECCIÓN Y MUESTREO

5.1 Muestreo. El muestreo debe realizarse de acuerdo con la NTE INEN 2 340

5.2 Aceptación o rechazo. Se aceptan los productos si cumplen con los parámetros establecidos en esta norma, caso contrario se rechaza.

6. ENVASADO Y EMBALADO

6.1 Los envases deben ser de material grado alimentario, ser resistentes a la acción del producto y no alterar las características del mismo.

6.2 Los envases y las tapas deben asegurar al producto su higiene e inviolabilidad durante el transporte, almacenamiento y expendio.

6.3 La inviolabilidad del cierre de los envases con tapa corona debe comprobarse con la NTE INEN 1 088.

7. ROTULADO

7.1 El rotulado debe cumplir con los requisitos establecidos en el Reglamento de Alimentos, en el RTE INEN 022 y en las otras disposiciones legales vigentes en tanto no se contrapongan con dicho reglamento.

7.2 En el caso de los envases retornables, la tapa podrá ser considerada como panel de información.

7.3 No debe haber declaraciones de características que no se puedan comprobar.

(Continúa)