

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

colegio de Ciencias e Ingenierías

“Elaboración de una bebida de amaranto (*Amaranthus tricolor*) y espirulina (*Spirulina maxima*)”

Propuesta tecnológica

Sandra Valeria Calderón Rodríguez

Ingeniería en Alimentos

Trabajo de titulación presentado como requisito
para la obtención del título de Ingeniera en Alimentos.

Quito, 10 de mayo del 2018

Universidad San Francisco de Quito USFQ

Colegio Ciencias e Ingenierías

HOJA DE CALIFICACIÓN

DE TRABAJO DE TITULACIÓN

**Elaboración de una bebida de amaranto (*Amaranthus tricolor*) y
espirulina (*Spirulina maxima*)**

Sandra Valeria Calderón Rodríguez

Calificación:

Francisco Carvajal, Ph.D.,
Asesor de Trabajo de titulación

Quito, 10 de mayo del 2018

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: _____

Nombres y apellidos: Sandra Valeria Calderón Rodríguez

Código: 00014569

Cédula de Identidad: 1713646212

Lugar y fecha: Quito, 10 de mayo de 2018

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia y amigos por su apoyo, paciencia y amor durante todo el transcurso de mi carrera y su fuerza para continuar. A mi hijo por ser mi motivación a seguir adelante y mi guía durante todo este camino.

A mis profesores que me han apoyado con sus conocimientos y su experiencia para terminar con éxito mi carrera profesional y estar lista para cumplirla adecuadamente.

A Dios y mis seres queridos que no me acompañan más, sé que ellos están orgullosos de este trayecto culminado.

RESUMEN

En los últimos años el interés por bebidas saludables con ingredientes naturales se ha incrementado. Dentro del mercado ecuatoriano no existen mayores alternativas a las bebidas tradicionales. Por lo que, es de importancia el desarrollo de bebidas con cereales como el amaranto y con nuevos ingredientes como la espirulina por los beneficios tanto nutricionales como funcionales que podrían presentar. Adicional, la incorporación de frutas a una bebida aportaría con propiedades organolépticas; mientras que el uso de edulcorantes evita aumentar su contenido calórico. Es por esto que el proyecto desarrolló una bebida de amaranto, espirulina, piña y frutilla, edulcorada con stevia. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 3x2: cantidad de amaranto (niveles 8, 12 y 16 g) y de espirulina (niveles 1, 2 y 3 g) con 3 repeticiones. Mediante el análisis de ANOVA se encontró que tanto el amaranto como la espirulina, así como la interacción de estos influyeron en las variables de pH y brix. Se analizó la selección de los mejores tratamientos a través de ponderación considerando pH, brix, costo de materia prima, número de porciones integrales en el producto y velocidad de sedimentación. Estos tratamientos fueron evaluados por escala hedónica de 5 puntos. Los resultados mostraron que la bebida desarrollada cumplió con los parámetros físico-químicos de las normas ecuatorianas y latinoamericanas y que al mismo tiempo presentó propiedades organolépticas que agradaron levemente al consumidor. Se recomendó ampliar el estudio sensorial, probar formulaciones con otras frutas y/o vegetales, realizar un estudio de vida útil y de factibilidad económica.

Palabras clave: amaranto, espirulina, bebida

ABSTRACT

In recent years the interest in healthy drinks with natural ingredients has increased. Within the Ecuadorian market there are no major alternatives to traditional beverages. Therefore, it is important to develop beverages with cereals such as amaranth and new ingredients such as spirulina for the nutritional and functional benefits that could be presented. Additionally, the incorporation of fruits to a drink would provide with organoleptic properties; while the use of sweeteners avoids increasing its caloric content. This is why the project developed a drink of amaranth, spirulina, pineapple and strawberry, sweetened with stevia. A completely randomized design (DCA) with 3x2 factorial arrangement was used: quantity of amaranth (levels 8, 12 and 16 g) and spirulina (levels 1, 2 and 3 g) with 3 replications. Through the analysis of ANOVA it was found that both amaranth and spirulina, as well as their interaction, influenced the pH and brix variables. The selection of the best treatments was analyzed through weighting considering pH, brix, cost of raw material, number of integral portions in the product and sedimentation rate. These treatments were evaluated by 5-point hedonic scale. The results showed that the developed beverage complied with the physico-chemical parameters of the Ecuadorian and Latin American standards and that at the same time it presented organoleptic properties that pleased the consumer slightly. It was recommended to extend the sensory study, to test formulations with other fruits and / or vegetables, to carry out a shelf life study and economic feasibility.

Key Words: amaranth, spirulina, drinks

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	9
METODOLOGÍA	12
MATERIA PRIMA	12
PROCEDIMIENTO	13
EQUIPOS	16
DISEÑO EXPERIMENTAL	18
VARIABLES DE RESPUESTA	19
RESULTADOS	21
ANÁLISIS SENSORIAL	25
FORMULACIÓN FINAL	29
EMBALAJE	29
CONCLUSIONES	30
RECOMENDACIONES	30
BIBLIOGRAFIA	31
ANEXOS	35

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

TABLA 1. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS.....	16
TABLA 2.- FORMULACIONES PRELIMINARES.....	17
TABLA 3. DISEÑO EXPERIMENTAL CON ARREGLO FACTORIAL 3².	19
TABLA 4. PONDERACIÓN GRADOS BRUX EN LA BEBIDA.....	20
TABLA 5. PONDERACIÓN PH EN LA BEBIDA	20
TABLA 6. PUNTAJE ASIGNADO POR PRECIO, PORCIÓN INTEGRAL Y SEDIMENTACIÓN DE LA BEBIDA.	20
TABLA 7. ANÁLISIS ANOVA	21
TABLA 8. RESULTADOS DE PH (PROMEDIO ± DE).....	22
TABLA 9.- RESULTADOS DE GRADOS BRUX (PROMEDIO ± DE)	23
TABLA 10. RESULTADOS DE LA PONDERACIÓN CONSIDERANDO PH Y GRADOS BRUX.	24
TABLA 11. CALIFICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EN FUNCIÓN DEL COSTO DE MATERIA PRIMA, NÚMERO DE PORCIONES Y VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN (MM SEPARACIÓN).	24
TABLA 12. RESULTADOS PARA ANÁLISIS SENSORIAL	26
TABLA 13. RESULTADOS DBCA PARA ESCALA HEDÓNICA	26
TABLA 14. FORMULACIÓN FINAL.....	29
GRÁFICO 1. RESULTADOS DE MUESTRA 847.....	26
GRÁFICO 2. RESULTADOS DE MUESTRA 566.....	27
GRÁFICO 3. RESULTADOS POR GÉNERO	27

Introducción

En los últimos años, el interés actual en las bebidas en base de cereales y proteínas vegetales ha tenido un gran auge debido a la necesidad de las personas de consumir alimentos más saludables, con mejores opciones nutricionales, de fácil digestión y listos para el consumo. Sin embargo, actualmente muchas de las bebidas en el mercado como gaseosas y jugos azucarados son cuestionados por ser una pobre fuente de nutrientes y con alto contenido calórico, que en diferentes poblaciones ha contribuido al aumento de la obesidad y problemas de salud en niños y adolescentes sobre todo (Rivera, 2008). Las frutas y las bebidas con frutas pueden ser un excelente reemplazo de snacks menos saludables. Debido a esto existe un gran interés en el desarrollo de bebidas más saludables usando para ellos ingredientes naturales como lo son las frutas, vegetales y cereales.

Un ingrediente utilizado muy poco en las bebidas, pero sí en varios productos saludables es el amaranto (*Amaranthus tricolor*), género de plantas herbáceas, de la familia *Amaranthaceae*, cereal originario de la región andina. Este cereal es conocido por su alto contenido proteico, de aproximadamente el 17% b.s., y de manera importante su contenido de lisina, aminoácido esencial que en los demás cereales se encuentra en menores proporciones, haciéndolo óptimo para la nutrición y cercano a una proteína completa según criterios de la FAO y OMS que han considerado al amaranto como alimento de excelente calidad proteica y con una digestibilidad similar a la del pan blanco (Contreras, 2011). Así mismo el contenido de fibra bruta en el cereal puede llegar hasta un 5 % b.s., siendo el almidón su principal componente (Mazza, 2000). Adicionalmente, el amaranto tiene un importante uso en lo que refiere a la población celiaca ya que su proteína es libre de gluten (Mazza, 2000). Se consumen tanto sus hojas como sus semillas (cereal) y es muy común utilizarlo como parte de ensaladas, sopas, salsas, bebidas, y otros (FAO, 2017). Más aún, la harina de amaranto es muy utilizada en la preparación de varios

productos alimenticios, generalmente a nivel de panaderías y pastelerías, sin embargo, su uso en bebidas es aún pequeño existiendo en el mercado ecuatoriano únicamente una bebida con estas características. La harina de amaranto se obtiene de la molienda integral del grano, sin pasar por refinación ni procesos posteriores que eliminan al salvado. Es por esto que es considerada como fuente de grano entero integral. Teniendo en cuenta la recomendación de las guías dietarias americanas donde se recomienda el consumo diario de 3 a 5 porciones de granos enteros integrales, donde una porción es 16 gramos, el amaranto puede ser una gran alternativa alimenticia (USDA, 2015).

Por su parte otro ingrediente de interés para las bebidas es la espirulina (*Spirulina maxima*), que es un organismo unicelular, cianobacteria conocida como alga azul, su uso se ha extendido principalmente entre la medicina y nutrición tradicional y natural de muchas culturas. Son organismos unicelulares los cuales son considerados como los más antiguos en la vida del planeta, son la base de alimentación de los sistemas acuáticos y fundamentales para la productividad fotosintética de la tierra (Pomares, 2016). Además son ricos en vitaminas y minerales y tiene un alto contenido proteico (60 - 70% b.s.) con un digestibilidad del 90% (Guangwen, 2011) (Sanchez, 2003), siendo así de interés en el sector alimenticio. Su consumo se lo realiza en pequeñas cantidades por lo cual es recomendable añadirlo a cereales, bebidas, ensaladas como complemento de la alimentación. El uso de micro algas alimenticias está recomendado como ayuda para la reducción de la malnutrición aguda en poblaciones más desfavorecidas por su alto contenido proteico y como un potenciador del sistema inmune debido a su contenido de micro nutrientes (Piccolo, 2011). Como ingrediente en productos alimenticios se califica al uso de la espirulina como GRAS y se recomienda de 0,5 a 3 gr por kg. El uso de espirulina se ha estudiado por sus efectos positivos en la disminución del colesterol, también se habla de su contribución a una mejora en la flora intestinal debido a la

producción de vitamina B6 que ayuda a aumentar la energía, sin embargo aún se requiere de mayor estudios para confirmar los resultados actuales y poder recomendarla por sus beneficios funcionales (Karkos,2008).

Adicional a estos ingredientes, la bebida también debe llevar una base de frutas u hortalizas. Para lo cual y tomando en cuenta las bebidas actuales en el mercado, la mayoría de bebidas son de naranja, durazno, manzana, naranjilla, por lo cual se hace de mucho interés el utilizar la piña y la frutilla como opciones diferenciadoras.

Las frutillas o fresas son especies de plantas rastreras del género *Fragaria x ananassa*. Su cultivo es de gran interés debido a su fruto y crecen en áreas frías. En el Ecuador su mayor producción se encuentra en la Sierra (Muñoz, 2012). A nivel mundial existe un crecimiento sostenible de producción de la frutilla en los últimos 10 años (Brazanti, 1998). Además, es fruta muy apetecible y nutricionalmente muy importante ya que cuenta con un 2.2% b.s. de fibra total, tiene un alto contenido de agua alrededor de 89% por lo cual es baja en calorías (Arthey, 1996).

Por su parte, las piñas del género *Ananas comosus*, se cultivan en áreas de los trópicos con clima templado. El jugo de piña es uno de los jugos de frutas tropicales más apetecidos en la actualidad, este jugo se solía preparar de los restos de la elaboración de piña enlatada, sin embargo al hacerlo con la fruta entera presenta mayores ventajas organolépticas con mejor sabor y aroma. Además, se obtiene jugo con alto rendimiento por lo cual es un producto muy rentable (Varnam, 1997).

El dulzor es una característica muy importante en las bebidas, sin embargo su alto contenido de azúcares simples en los alimentos y sobre todo en los refrescos son considerados cada vez más como poco saludables y estos ya no son atractivos en el mercado mundial. Por lo cual se sugiere el uso de edulcorantes que permitan un sabor dulce sin la necesidad de aumentar calorías. Para esta bebida se optó por la utilización de

stevia, originario de su planta *Stevia Rebaudiana*, con un dulzor de entre 150 a 200 veces mayor al azúcar refinado (Gardner, 2012)

De acuerdo a las normas INEN 2 337- 2008, NTC 5468 - 2012, NTON 03 043-2003, CODEX STAN 247-2005, las bebidas y néctares de fruta, son el producto sin fermentar pero fermentable que se obtiene de diluir fruta o pulpa junto con ingredientes y aditivos permitidos. El producto final debe cumplir con un mínimo de sólidos solubles de acuerdo a las frutas utilizadas y un pH inferior a 4.5. La conservación del producto podrá ser por procesos térmicos como pasteurización, esterilización, entre otros.

Con los antecedentes expuestos, el objetivo de este proyecto fue elaborar una bebida a base de amaranto y espirulina que contenga frutilla y piña y al mismo tiempo determinar la mejor formulación; que además de cumplir con los parámetros fisicoquímicos que estipulan las normas mencionadas, presente propiedades organolépticas aceptables para el consumidor.

Metodología

Materia Prima

Las materias primas fueron obtenidas en empresas y mercados locales.

La harina integral de amaranto, de marca Amaranto Gramolino, se obtuvo de la empresa Proalgram, con registro sanitario 5158-ALN-0415. La harina es de color blanco o amarillo, sabor característico, sin olor y textura de polvo fino.

La espirulina (*Spirulina máxima*), proviene de la empresa Andes Espirulina donde es cultivada y elaborada, bajo el registro sanitario 5940-ALN-0715 y el certificado de BPM 0030 BPM-AN-0216. Sus características son: color verde oscuro, sabor y olor característico y con textura de polvo fino.

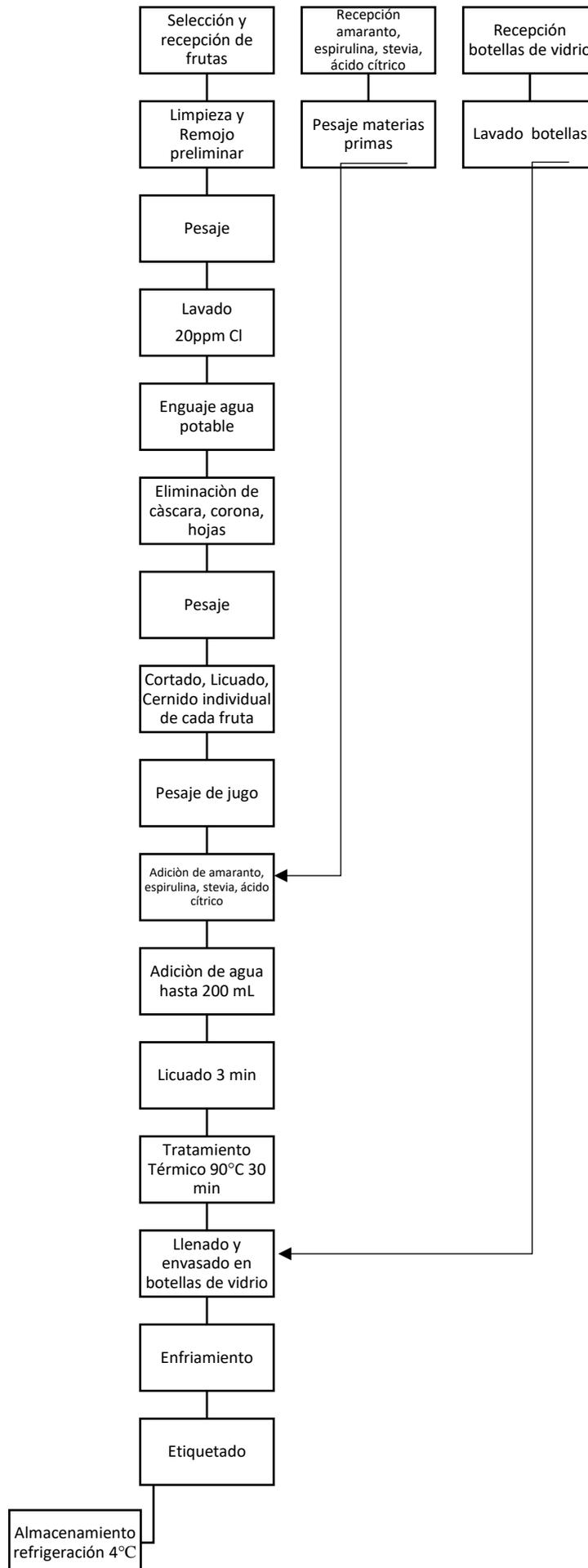
Las frutillas (*Fragaria x ananassa*) se obtuvieron directamente de supermercados locales, fueron seleccionadas por inspección visual y siempre y cuando cumplan las siguientes características: color rojo, opción 5 (Anexo 1), pH: $3,8 \pm 0,2$ y °brix: 6 ± 1 y en estado fresco, evitando las dañadas o podridas. De la misma manera, las piñas (*Ananas comosus*) seleccionadas fueron aquellas que estaban en estado fresco, maduras opción 5 (Anexo 1), pH: $3,6 \pm 0,2$ y °brix: 9 ± 1 y sin daños en su corteza.

Además de estos ingredientes, se utilizó Stevia (*Stevia Rebaudiana*), de la marca Supermaxi, ácido cítrico grado USP obtenido en la empresa La Casa del Químico y agua potable embotellada de la empresa Supermaxi.

Procedimiento

El procedimiento para la obtención de la bebida fue el siguiente:

Flujograma 1. Proceso de producción de bebida de amaranto con espirulina, jugo de piña y frutilla



Se inició con la recepción de todas las materias primas: frutas, amaranto, espirulina, ácido cítrico, stevia y botellas de vidrio.

Para las frutas se realizó una selección visual y una limpieza en seco para eliminar polvo, ramas, hojas, tras esto se efectuó un remojo preliminar para remover todo tipo de basura restante (Bosquez, 2012). Se procedió a un pesaje inicial de la fruta y se siguió al lavado por inmersión en agua con 20 ppm de cloro por 2 minutos y se enjuagó con agua potable para que el remanente de cloro no supere las 1,5 ppm de cloro residual libre (INEN 1 108:2006). Tras el enjuague se pasó a la eliminación de cáscara, corona y hojas presentes en las piñas y frutillas. Se siguió nuevamente a pesaje y se procedió a cortar la fruta en pequeños cuadrados y se licuó a cada una individualmente para obtener el jugo, se realizó un cernido rápido para eliminar cualquier residuo no deseable en el jugo y se realizó el pesaje para la mezcla final.

Por otro lado, se realizó la recepción del amaranto, espirulina, stevia y ácido cítrico, los mismos que se revisaron que tengan su registro sanitario y se encontraron sellados al momento de la entrega. Finalmente estos ingredientes se pesaron y se procedió a la mezcla con los jugos.

Listos los ingredientes pesados junto con el jugo de fruta, se mezclaron y se añadió agua hasta completar 200 mL (porción). Al completar la formulación se prosiguió a licuar todo por 3 minutos a velocidad máxima. Tras el licuado se realizó el tratamiento térmico de la bebida a 90°C por 30 min de acuerdo a la recomendación para productos con pH inferiores a 4 donde los principales microorganismos causantes de daños son los mohos *Byssochalamys fulva* y *nívea* (Gómez, 2007). Inmediatamente terminado el proceso se procedió al llenado que se realiza a 70-75°C para promover el vacío y a continuación se realizó el cierre de las botellas de vidrio previamente lavadas en agua hervida (91°C). Posteriormente, estas se sometieron a enfriamiento, a fin de evitar contaminación y daños en la calidad de las bebidas.

Las botellas de vidrio fueron etiquetadas a fin de cumplir con las normas INEN de etiquetado y rotulación de productos alimenticios NTE INEN 134-1, 2014. La etiqueta evita el paso de la luz a la bebida y de esta manera se forma una barrera por daños de luz. Finalmente las botellas se almacenaron en refrigeración a 4°C.

Equipos

Tabla 1. Descripción de los equipos utilizados

Equipo	Marca	Descripción
Cocina	Teka	Cocina con 4 hornillas a gas.
Licuada	Oster profesional BPST02-B00-013	con 1 velocidad , motor con poder de 600 watts de potencia, 3600 rpm, vaso de vidrio para 1,25 litros
Balanza	Mettler Toledo PB3002-5	con capacidad máxima de 3100 g, min: 0.5g , exactitud: 0.1 g , sensibilidad: 0.01 g
Refractómetro	Atago	0 – 30 °brix.
Potenciómetro	Fisher Scientific AR50	Dual channel pH, 0 a 14, 100°C

Pruebas Preliminares

Para la obtención de la fórmula final de la bebida se realizaron las siguientes pruebas preliminares:

Inicialmente la formulación de la bebida se realizó con 3 mezclas de frutilla y piña, teniendo en cuenta que la norma para bebidas de fruta estipula un mínimo de 40% de fruta y un mínimo de sólidos solubles (para frutilla 2,4 y para piña 4).

Las mezclas realizadas fueron:

- Frutilla 40 mL Piña 40 mL (equivalentes al 40% de 200 mL)
- Frutilla 42.5 mL Piña 42.5 mL (equivalentes al 45% de 200 mL)
- Frutilla 50 mL Piña 50 mL (equivalentes al 50% de 200 mL)

A la mezcla se le agregó inicialmente 50 mL de agua y posteriormente se le añadió harina de amaranto en 3 cantidades (5, 10 y 15 gramos) y espirulina también en tres cantidades (1, 2 y 3 gramos), finalmente se le añadió agua hasta completar los 200 mL.

Tabla 2.- Formulaciones preliminares

FRUTA	Amaranto (g)	Espirulina (g)	brix
40%	5	1	3
40%	10	1	3
40%	15	1	3
40%	5	2	3
40%	10	2	3
40%	15	2	3
45%	5	1	5
45%	10	1	5
45%	15	1	6
45%	5	2	6,5
45%	10	2	6,5
45%	15	2	7
50%	5	2	8
50%	10	2	8,5
50%	15	2	8,5
50%	5	3	8
50%	10	3	8,5
50%	15	3	9

Las formulaciones con 45 y 50% de jugo de fruta, cumplieron con la norma de sólidos solubles que debe ser mayor a 4. Sin embargo, la formulación con el 45%, tuvo un sabor insípido en la bebida y sin sabor característico de fruta. Por lo cual se eligió la formulación al 50% que tenía un sabor más intenso y más dulce.

Por último, a fin de alinear la formulación a las recomendaciones estipuladas por las guías dietarias americanas donde una porción de grano entero integral corresponde a 16 gramos, se decidió usar esta cantidad para uno de los tratamientos, además de considerar evaluar media porción (8 gramos) y $\frac{3}{4}$ de porción (12 gramos).

Diseño Experimental

En base a las pruebas preliminares se definió el método de diseño experimental, DCA (Diseño Completamente al Azar) con arreglo factorial 3^2 correspondiente a la combinación de dos factores (contenido de amaranto y contenido de espirulina), con tres niveles dentro de cada factor, realizándose también 3 repeticiones de cada tratamiento (27 unidades experimentales).

Las combinaciones se realizaron de forma completamente aleatorizadas. Los datos finalmente fueron evaluados como si cumplieran una distribución normal, por análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de comparación mediante la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 5%.

Finalmente, la formulación base para la bebida se escogió con 50% fruta, a la cual se le adicionan los siguientes factores (espirulina y amaranto), y la mezcla fue llevada a 200 mL con agua.

Factor A: Espirulina

- 1 gramo
- 2 gramos
- 3 gramos

Factor B: Harina de amaranto

- 8 gramos

- 12 gramos
- 16 gramos

Tabla 3. Diseño Experimental con arreglo factorial 3².

		FACTOR B		
		Harina amaranto 8g	Harina amaranto 12g	Harina amaranto 16g
FACTOR A	Espirulina 1g	A1B8 (1)	A1B12 (4)	A1B16 (7)
	Espirulina 2g	A2B8 (2)	A2B12 (5)	A2B16 (8)
	Espirulina 3g	A3B8 (3)	A3B12 (6)	A3B16 (9)

Variables de Respuesta

De acuerdo a las normas se estableció que las bebidas deben cumplir un mínimo de sólidos solubles y valor de pH, para lo cual se analizaron estas dos variables de respuesta para su cumplimiento:

- Sólidos solubles, método refractométrico INEN 2 337- 2008, NTC 5468 - 2012, NTON 03 043- 2003, CODEX STAN 247-2005
- PH INEN 2 337- 2008, NTC 5468 - 2012, NTON 03 043- 2003, CODEX STAN 247-2005

Los datos fueron tratados con el programa estadístico InfoStat, versión 2018. Obtenido de la página <http://www.infostat.com.ar>.

Ponderación

A fin de escoger el mejor tratamiento se creó una tabla de ponderación, en la que se asignó para las variables pH y brix los puntajes detallados en las Tablas 4 y 5. El brix fue considerado de mayor importancia ya que este contribuye al sabor final de la bebida y que esta sea aceptada por los consumidores.

Tabla 4. Ponderación grados brix en la bebida

brix	PONDERACIÓN
>10,5	2
10 – 10,5	1
< 10	0

Tabla 5. Ponderación pH en la bebida

pH	PONDERACIÓN
>= 4	0
< 4	1

Adicional a la ponderación mencionada, se realizó otra a continuación, considerando el costo de las materias primas, el cumplimiento de la porción integral de acuerdo a las guías dietarias americanas arriba mencionadas y a la sedimentación ocurrida (mm de separación, en 15 días a una gravedad y a temperatura de 15 °C, Tabla 6.

Tabla 6. Puntaje asignado por precio, porción integral y sedimentación de la bebida.

PUNTAJE POR:	Costo materia prima (\$)	Cantidad de porciones integrales	mm de sedimentación
3	< 0.50	1	< 2
2	0.50 - 0.60	0,75	2 – 3
1	> 0.6	0,5	>3

Resultados

Tabla 7. Análisis ANOVA .

Fuentes	GL	CM	
		pH	brix
TOTAL	26		
TRATAMIENTOS	8	0,05*	1,54*
FACTOR A (contenido de espirulina)	2	0,09*	0,58*
FACTOR B (contenido de amaranto)	2	0,11*	5,25*
INTERACCION AXB	4	0,0047*	0,17 ns
ERROR EXP.	18		

*Significancia al 5% , ns : no significativo

Todos los tratamientos cumplieron con las normas para bebidas en cuanto a pH y sólidos solubles.

De acuerdo a los resultados obtenidos (Tabla 8), se observó que el pH aumentó a medida que la cantidad de espirulina y amaranto es mayor. Esto se debe a que mientras el jugo puro de frutilla y piña mantienen un pH constante de 3, las soluciones de amaranto y espirulina tienen valores de 5 y 8 respectivamente. Lo cual significa que al incrementarse la concentración de amaranto y espirulina influenciarán directamente y proporcionalmente al pH final de la bebida. Esto se confirma teniendo en cuenta la teoría de Arrhenius del comportamiento de sustancias ácidas y básicas y la teoría de neutralización donde al mezclar en una dilución acuosa dos sustancias estas cambian el pH a su punto medio de mezcla de acuerdo a su pH inicial (Ayus, 2006).

Adicionalmente, cabe recalcar la importancia de obtener un pH de 4 o menos, ya que esto permite reducir el riesgo de proliferación de microorganismos, en especial del *Clostridium botullinum* (Gómez, 2007). Y, finalmente se tiene en cuenta que las bebidas comparativas para este estudio cuentan con pH menor a 4 (Anexo 2). De tal manera, se designó a los mejores tratamientos el 1 y 4.

Tabla 8. Resultados de pH (promedio \pm DE)

Tratamientos	pH
9 – A3B16	4,29 \pm 1E-4 a
6 – A3B12	4,19 \pm 4,1E-3 b
8 – A2B16	4,19 \pm 8E-3 b
7 – A1B16	4,13 \pm 1,6 E-2bc
3 – A3B8	4,07 \pm 1,3E-3 cd
2 – A2B8	4,03 \pm 5E-4 de
5 – A2B12	4,02 \pm 5E-4 de
4 – A1B12	3,96 \pm 5E-3 e
1 – A1B8	3,86 \pm 3,5 E-3 f

Por su parte, los grados brix (Tabla 9), mostraron la misma tendencia; es decir a medida que la cantidad de amaranto y espirulina es mayor así mismo lo hacen los sólidos solubles. Esto se justifica con las referencias estudiadas acerca del comportamiento que tiene el almidón con respecto al tratamiento térmico y su efecto durante este proceso. El almidón es de gran importancia en las características del producto final ya que la organización física de los gránulos determina su funcionalidad. Siendo así el almidón representa el 60% del peso b.s. del amaranto, por lo cual es un componente principal en la bebida desarrollada. El gránulo de almidón crudo no es digerible por el organismo, por lo que se utilizan procesos de calor para hacerlo apto para el consumo humano, siendo la gelatinización el efecto de cambio más significativo. Durante la gelatinización ocurren cambios irreversibles para el almidón que producen su hinchamiento y disrupción, estos son influenciados directamente por el tipo de almidón, tamaño de los gránulos, velocidad de calentamiento, contenido de húmedas y tipo de tratamiento térmico. Al modificarse el almidón se produce una degradación de los polímeros (amilosa y amilopectina), formándose fragmentos solubles con el agua. Al separarse estos fragmentos, se forman uniones entre el agua y la amilosa. A su vez, la presencia de estas varía dependiendo de la cantidad de sólidos solubles. Por otro lado, los azúcares simples, compiten con el almidón para retener la mayor cantidad de agua posible. Teniendo en cuenta que la bebida

contiene azúcares provenientes del jugo de piña y frutilla, y que también la espirulina cuenta con una cantidad de alrededor de 20% de carbohidratos, de los cuales un aproximado del 5% corresponde a glúcidos simples (Rodríguez, 2006), la mayor concentración de los mismos en la bebida aumenta su poder de competencia por retención del agua y finalmente se observa en el aumento de sólidos solubles finales en la bebida. Así también, el almidón del amaranto tiene un poder de hinchamiento menor que otro tipo de almidón, esto implica que la presencia de azúcar y a mayor concentración de almidón, menor es el poder de hinchamiento del gránulo, que se relaciona directamente con la capacidad de adsorción de agua y finalmente contenido de sólidos solubles (Hevia, 2002, Rivera, 2015, Gómez, 2010, Méndez, 2009).

Adicional, también se consideró que los grados brix en las bebidas determinadas como competencia directa tienen aproximadamente 12 grados en su composición final (Anexo 2), siendo este un referente del valor para esta bebida. Siendo así los tratamientos seleccionados considerando grados brix fueron el 6,7,8 y9.

Tabla 9.- Resultados de grados brix (promedio \pm DE)

Tratamientos	brix
9 – A3B16	11 \pm 0,00 a
8 – A2B16	11 \pm 0,17 a
6 – A3B12	11 \pm 0,17 a
7 – A1B16	10,5 a \pm 0,17 a
5 – A2B12	10 \pm 0,17 ab
4 – A1B12	10 \pm 0,17 bc
3 – A3B8	10 c \pm 0,00 c
1 – A1B8	9 c \pm 0,17 c
2 – A2B8	9 c \pm 0,17 c

Se realizó finalmente la ponderación de acuerdo a los resultados del pH y brix obtenidos en los tratamientos y considerando la necesidad final del producto y los tratamientos seleccionados como los mejores bajo estas dos variables son: 4,6,7,8 y 9.

Tabla 10. Resultados de la ponderación considerando pH y grados brix.

Tratamientos	pH	brix	TOTAL
1 – A1B8	1	0	1
2 – A2B8	0	0	0
3 – A3B8	0	1	1
4 – A1B12	1	1	2
5 – A2B12	0	1	1
6 – A3B12	0	2	2
7 – A1B16	0	2	2
8 – A2B16	0	2	2
9 – A3B16	0	2	2

A su vez, se aplicaron también como variables de respuesta, para analizar los mejores tratamientos, el costo de la materia prima teniendo en cuenta que esta debe ser asequible en el mercado ecuatoriano y ser competitiva a otras bebidas similares (Lambin, 1995), también se consideró la porción de grano integral que brinda la bebida y finalmente cuál de los tratamientos muestran separación de fases por sedimentación, ya que esto puede verse en el consumidor como falla de calidad en la bebida siendo una característica no deseada (Garza, 2011).

Tabla 11. Calificación de los tratamientos en función del costo de materia prima, número de porciones y velocidad de sedimentación (mm separación).

Tratamientos	COSTO DE MATERIA PRIMA		NUMERO DE PORCIONES		SEDIMENTACION EN 15 DÍAS		TOTAL
	VALOR \$	PONDERACION	VALOR	PONDERACION	mm	PONDERACION	
A: Espirulina B:							
Amaranto							
1 - A1B8	0,43	3	0,5	1	4	1	5
2 - A2B8	0,53	2	0,5	1	4	1	4
3 - A3B8	0,63	1	0,5	1	3	1	3
4 - A1B12	0,45	3	0,75	2	2	2	7
5 - A2B12	0,55	2	0,75	2	2	2	6
6 - A3B12	0,65	1	0,75	2	2	2	5
7 - A1B16	0,48	3	1	3	1	3	9
8 - A2B16	0,58	2	1	3	1	3	8
9 - A3B16	0,68	1	1	3	1	3	7

De acuerdo con los resultados de la tabla de ponderación de las variables de costo, porción integral y sedimentación (Tabla 11), los mejores tratamientos son 7 y 8 los cuales fueron escogidos para ser sometidos a análisis sensorial.

Análisis Sensorial

Se realizó la evaluación sensorial con una prueba afectiva de escala hedónica de 5 puntos (Tabla 12) (Catania, 2007). Y considerando, que estas pruebas requieren de entre 50 a 70 participantes (Carpenter, 2010), se decidió trabajar con 70 jueces consumidores.

La evaluación se la realizó en la Universidad San Francisco de Quito, para los 2 tratamientos con un total de 70 jueces consumidores, estudiantes y profesores de la universidad, hombres y mujeres entre los 18 y 50 años. La codificación de los tratamientos fue 847 para la formulación de 16 gramos de amaranto con 2 gramos de espirulina y 566 para 16 gramos de amaranto con 1 gramo de espirulina. Se sirvió 50 mL de bebida de cada formulación (Gil, 2008) en vasos plásticos blancos y junto con un vaso de agua usado para tomar entre cada muestra para neutralizar el sabor. Las muestras fueron colocadas aleatoriamente y se les pidió que prueben las muestras de izquierda a derecha y entre ellas tomen agua y esperen 30 segundos. Se pidió llenar el cuestionario (Anexo 3) marcado en la escala hedónica su gusto o disgusto por las bebidas. Los resultados de la evaluación sensorial pueden verse en las tablas 12 y 13 y gráficos 1-3.

Tabla 12. Resultados para análisis sensorial

	847		566	
	Calificación	# jueces	Calificación	# jueces
me disgusta mucho	1	3	1	5
me disgusta poco	2	13	2	16
ni me gusta ni me disgusta	3	19	3	15
me gusta un poco	4	26	4	26
me gusta mucho	5	9	5	8
PROMEDIO	3,36		3,23	
DESV. EST	0,99		1,09	

Tabla 13. Resultados DBCA para escala hedónica

	gl	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos	1	0,45714286	0,45714286	1,00867976	3.98 ^{ns}
Jueces	69	87,1428571	1,26293996	2,78666058	1.53 [*]
Error	69	62,5428571	0,45320911		
Total	139	150,142857			

ns: no significativo, * significancia al 5%

Gráfico 1. Resultados de muestra 847

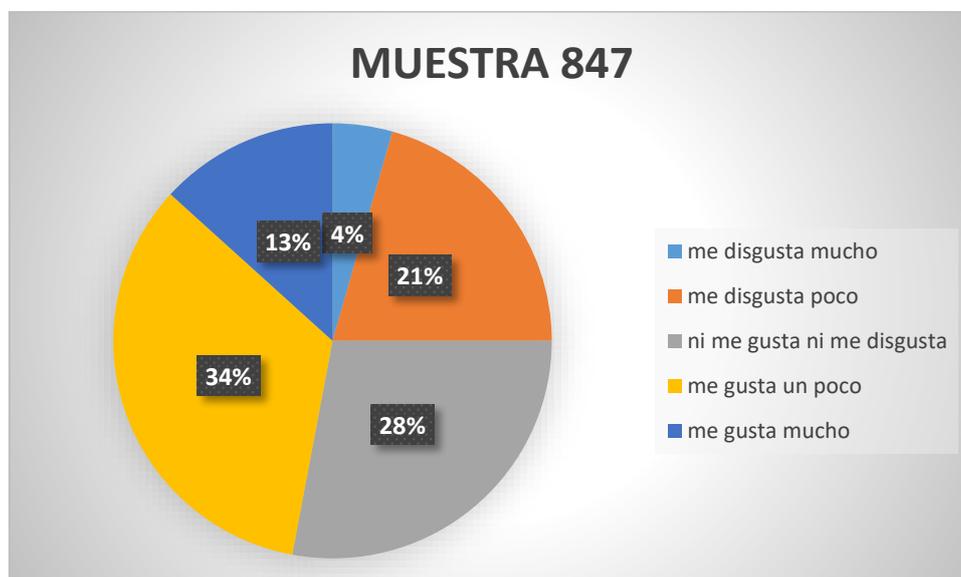


Gráfico 2. Resultados de muestra 566

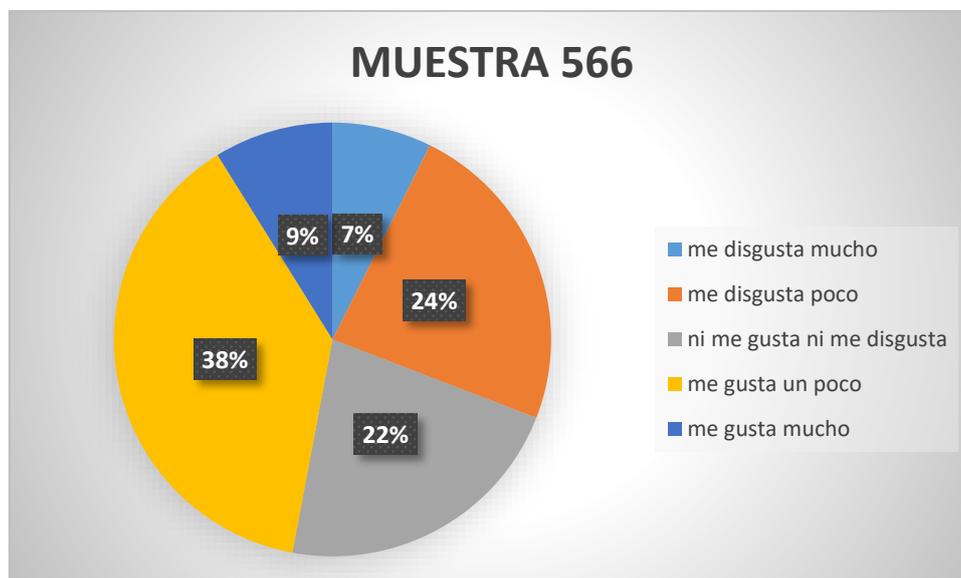
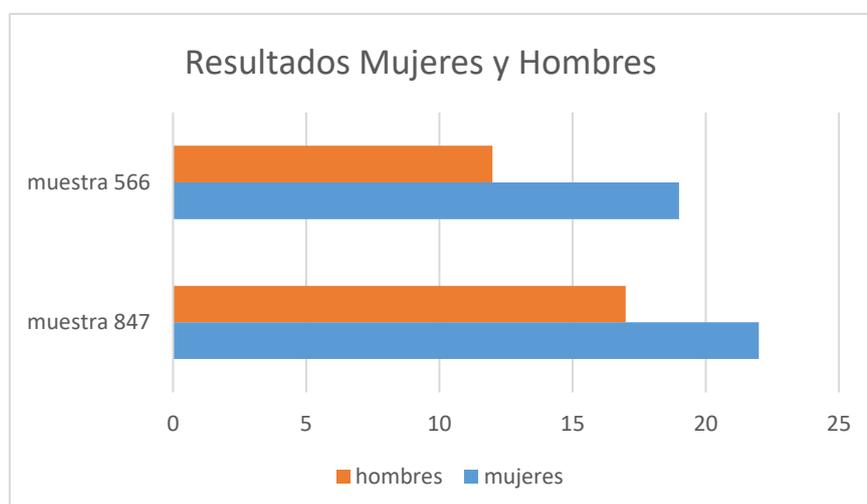


Gráfico 3. Resultados por género



De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de la evaluación sensorial, se observó que en los dos tratamientos predominan con aproximadamente un 60% las respuestas de "me gusta un poco" y "ni me gusta ni me disgusta", lo mismo se puede

ratificar con las medias obtenidas de ambos tratamientos. Por su parte, se realizó el análisis DBCA para los datos obtenidos y se demostró que no existe significancia entre los dos tratamientos (Tabla 13).

En cuanto a los resultados, es importante tener en cuenta que esta bebida presentó un producto con características organolépticas diferentes a las bebidas, jugos o refrescos que existen en el mercado actual, por lo cual esta diferencia puede causar que los jueces evaluadores al no ser consumidores de este tipo de bebidas no mostraron un agrado inmediato. Entre los comentarios mencionados por los jueces al momento de realizar la evaluación fue que era similar a la colada morada, esto puede ser tomado como positivo o negativo dependiendo del gusto que cada uno tenga hacia este producto. La mayor razón de esta comparación se debe a que es esta bebida tiene una textura similar a la de la colada y es consistente debido a la concentración de amaranto que tiene en la porción.

Dentro del análisis DBCA, cabe recalcar que hay significancia en lo que respecta a los jueces, esto se debe a que quienes realizaron la evaluación sensorial fueron posibles consumidores, no jueces entrenados ni asesores específicos, siendo así, es normal y debe existir diferencias entre las respuestas obtenidos de cada uno de ellos (Hasdell, 2010).

Formulación Final

Dados los resultados analizados se concluyó que no existe diferencia significativa entre los dos tratamientos. Considerando el costo de materias primas, el cual entre las dos muestras tiene una diferencia de 10 centavos, por conveniencia se determinó que la muestra con 16 gramos de amaranto y 1 gramo de espirulina sea la seleccionada.

Sin embargo, es necesario considerar que la bebida no tiene una preferencia significativa y que se determinó un valor final para el producto en general como neutral.

Por lo cual se debe re evaluar las formulaciones planteadas para la bebida y posiblemente escoger una nueva formulación con mayor aceptación.

Tabla 14. Formulación final

Materia Prima	por porción 200 mL
Amaranto	16 g
Espirulina	1 g
Piña	50 mL
Frutilla	50 mL
Ácido cítrico	0,2 g
Stevia	1 g
Agua	200 mL hasta completar

Embalaje

Considerando que la norma NTE INEN 2 337 (2008), determina que los envases para jugos, pulpas, concentrados, néctares o bebidas de frutas y vegetales, deben ser de material resistente a la acción del producto y no debe alterar sus características, además de que deben asegurar su integridad e higiene en almacenamiento, transporte y comercialización. Más aun considerando la necesidad de una barrera de contaminación externa, de trasmisión de olores y que soporte altas temperaturas se escogió utilizar botellas de vidrio ya que reúnen todas estas características (Varnam, 1997), además de ser amigables con el medio ambiente, permitiendo ser un agregado para el producto.

Conclusiones

- Se obtuvo una bebida de amaranto, espirulina, piña y frutilla que cumplió con los parámetros físico-químicos y contenido de fruta mínima estipulados por las normativas ecuatorianas y latinoamericanas.
- La bebida elaborada presentó características organolépticas entre "ni me gusta, ni me disgusta" y "me gusta un poco".

Recomendaciones

- Ampliar el estudio sensorial a fin de tener más retroalimentación sobre la formulación y percepción de los consumidores.
- Probar otras frutas y mezclas de frutas y verduras.
- Realizar el estudio de vida útil.
- Realizar el estudio de factibilidad económica.

BIBLIOGRAFIA

Rivera (2008). "*Consumo de bebidas para una vida saludable: recomendaciones para la población mexicana*". México: Salud Pública de México. Volumen 50, número 2.

Contreras (2011). *Aumento del contenido proteico de una bebida a base de amaranto (Amaranthus hypochondriacus)*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.

Mazza (2000). *Alimentos funcionales, aspectos bioquímicos y de procesados*. España: Acribia.

Sanchez, M. (2017). "*El cultivo del amaranto (Amaranthus spp), producción, mejoramiento genético y utilización.*" FAO. USA. Recuperado de: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2015030979>

USDA. (2015) "*Dietary Guidelines for Americans 2015-2020.*" USDA. USA. Recuperado de: <https://health.gov/dietaryguidelines/2015/>

Pomares, A. (2016). "*Informe del diseño y valoración del tofu con quinoa*" Universidad Politénica de Valencia, España.

Guangwen, T. (2011). "*Vitamin A, Nutrition, and Health Values of Algae: Spirulina, Chlorella, and Dunaliella*". University Hospital, Suiza.

Sanchez, M. (2003). "*Spirulina (ARTHROSPIRA): an edible microorganism: a review*". Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.

Piccolo, A. (2011). "*Spirulina A Livelihood and A Business Venture*". Indian Ocean Commission. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-az386e.pdf>

Karkos, P. (2008). "*Spirulina in Clinical Practice: Evidence-Based Human Applications*". Liverpool University, Inglaterra.

Muñoz, S. (2012). "*Caracterización de las propiedades físico químicas y estudio de los atributos de calidad en el comportamiento post cosecha de dos variedades de frutilla*".

Universidad Técnica del Norte, Ecuador.

Kosaric, N. (1974). "*Growth of spirulina maxima algae effect from secondary waste water treatment plants*". *Biotechnology and Bioengineering* 14:881-896.

Brazanti, C. (1998). "*La fresa*". España: La prensa.

Arthey, D. (19986). "*Procesado de frutas*." España: Acribia.

Varnam, A. (1997). "*Bebidas*." España: Acribia

Gardner, C. (2012). "*Nonnutritive sweeteners: current use and health perspectives: a scientific statement from the American Heart Association and the American Heart Association and the American Diabetes Association*". Epub 2012 Jul 24:126 (4).

Shubert, B. (1985). *Nutritional values of Spirulina and Chorella for human consumption*. Annual Meeting of the Phycological Society of America.

NTC, Normal Técnica Colombiana. (2012). Jugo (zumo), pulpa, néctar de frutas y sus concentrados, NTC 5468, 2012. Colombia

CODEX. (2005). Codex General Standard for fruit juices and nectars, Codex Stan 247-2005

CODEX. (1991). Normal General del Codex para Zumos (Jugos) de hortalizas conservados por medios físico exclusivamente, Codex STAN 179 – 199.

INEN. (2013). Productos Vegetales y de Frutas – Determinación de pH (IDT), NTE INEN-ISO 1842:2013.

INEN. (2013). Norma General del Codex para los Aditivos Alimentarios (MOD), NTE INEN – CODEX 192:2013.

INEN. (2003). Productos Vegetales y de Frutas – Determinación de sólidos solubles- Método refractométrico (IDT), NTE INEN-ISO 2173:2003

NTON. (2003). Alimentos y Bebidas Procesados. Néctares de frutas. Especificaciones” Nicaragua NTON 03 076-08

Bosquez, E. (2012). “*Procesamiento térmico de frutas y hortalizas*”. Trillas. México.

INEN. (2008). Agua Potable. Requisitos. NTE INEN 1 108:2006

Gómez, A. (2007). “*Microorganismos de importancia en el tratamiento térmico de alimentos ácidos y de alta acidez*”. Universidad de las Américas, México.

Montesdeoca, S. (2012). “*Elaboración de bebida saborizada a partir de semilla de amaranto*”. Universidad Técnica del Norte, Ecuador.

Brousse, M. (2010). “*Viscosidad y densidad de jugo de uva para aplicaciones de procesos*”. Universidad Nacional de Misiones, Argentina.

Catania, C. (2007). “El análisis sensorial”. Mendoza: IINTA

Carpenter, R. (2000). “*Guidelines for Sensory Analysis in Food Product Development and Quality Control*”. Maryland : Aspen Publications..

Gil, G. (2008). *Evaluacion sensorial y físico química de nectares mixtos de frutas a diferentes proporciones*. Universidad de Piura. Colombia.

Garmendia, G. (Diciembre de 2006). *Métodos para la desinfección de frutas y hortalizas*. *Horticultura*. Tecnología de postcosecha (197), 18-27.

Ayus, J., Tejedor, A., Díaz, C. (2006). *Agua, electrolitos y equilibrio ácido-base*. Panamericana: Argentina.

Lambin, Jean. (1995). *Marketing Estratégico*. Mc Graw Hil : España.

Garza, L. (2011). *Aplicación de tecnologías alternativas para el procesamiento de jugos de fruta*. Facultad de ciencias químicas. Universidad de Coahuila, México.

Hevia, F. Berti, M. (2002). *Contenido de proteínas y algunas características del almidón en semillas de amaranto cultivado en Chile*. Universidad de Concepción, Chile.

Rivera, L. (2015). *Gelatinización y gelificación de almidones*. Universidad Nacional del Callao, Perú.

Gómez, P., Coral, D. (2010). *Papel del agua en la gelatinización del almidón de maíz: estudio por calorimetría diferencial de barrido*. Ingeniería y Ciencias, ISSN 1794-9165. Vol 6. N°11.

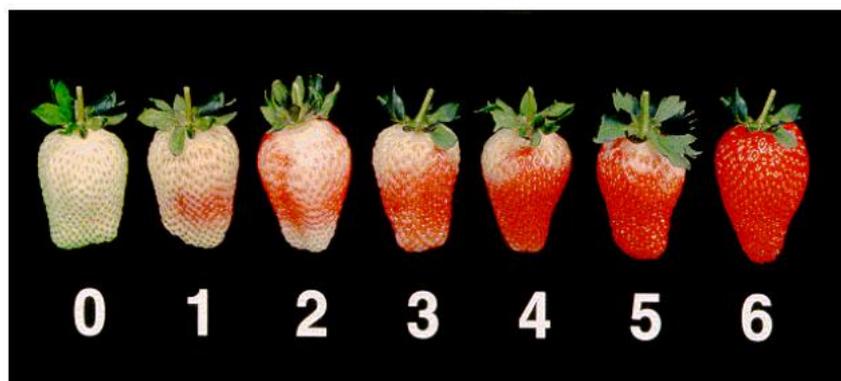
Rodríguez. A., Triana, F. (2006). *Evaluación del pH en el cultivo de spirulina bajo condiciones de laboratorio*. Universidad Javeriana, Colombia.

Méndez, J., Hinojosa, C. (2009). *Degradación física del almidón de cebada (Hordeum sativun Jess)*. *Correlación entre la gelatinización y el tamaño de gránulos*. Universidad autónoma del estado de Hidalgo, México.

Anexos

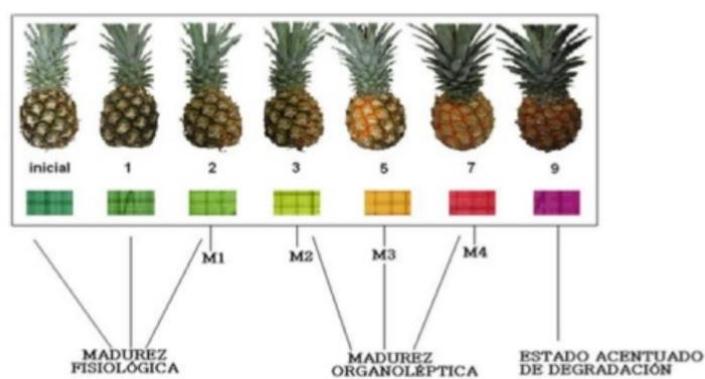
Anexo 1. Tablas para inspección visual de frutas

1.- Frutilla



2.- Piña

Escala índice de madurez



Anexo 2.- Análisis de bebidas actuales en el mercado

	pH	brix	Proteína
Jugo Naked	3.89	13	4 g
Jugo Amati	3.94	12	2 g

Anexo 3.- Formulario evaluación sensorial

Nombre:

Fecha:

Código:

Frente a usted hay dos muestras codificadas, pruebe las muestras de izquierda a derecha. Tome agua entre cada muestra, espere 30 segundos. Y marque con una X el nivel de agrado de cada producto:

Muestra	Me disgusta mucho	Me disgusta poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta un poco	Me gusta mucho
847					
566					