

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

DESARROLLO DE UNA DE BEBIDA DE MORA (*Rubus glaucus Benth*) CON TROZOS DESHIDRATADOS DE SÁBILA (*Aloe vera L.*) POR ÓSMOSIS E IMPREGNACIÓN AL VACÍO

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
AGROINDUSTRIAL**

DANIELA ALEXANDRA BANDA AGUIRRE
daniela.banda@epn.edu.ec

DIRECTORA: JENNY CUMANDÁ RUALES NÁJERA Ph.D.
jenny.ruales@epn.edu.ec

Quito, diciembre 2016

© Escuela Politécnica Nacional (2016)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Daniela Alexandra Banda Aguirre, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Daniela Alexandra Banda Aguirre

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Daniela Alexandra Banda Aguirre, bajo mi supervisión.

Jenny Ruales, Ph. D.

DIRECTORA DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de manera especial a la familia Garzón Viteri y a la Doctora Jenny Ruales ya que sin su apoyo, guía, consejos y conocimiento esto no hubiera sido posible. Gracias a todos los que conforman el DECAB y a mis compañeros tesisistas.

Agradezco a mis padres, Fernando y Enma; a mi hermana Cristina que va al frente; dejando sus huellas marcadas para saber por dónde debo ir, a mis hermanas pequeñas Verito y Belén que alegran mis días y que me alientan a seguir adelante. A Leo y a mi pequeña sobrinita Sofi que llegaron a llenar nuestras vidas de gozo y emoción.

Gracias a toda mi familia, a mis abuelitos, ñaños, ñañas, tíos, tías, primos y primas. Pues siempre han estado ahí ayudándome y aportando para que este sueño sea una realidad.

Gracias a Jaime, que estuvo conmigo desde el principio de esta carrera; comenzó esperándome afuera de las aulas del prepo, fue parte de la barra en mis partidos, me apoyaba en cada semestre que pasaba, soportaba mis malos ratos en tiempo de exámenes y ahora en la culminación de mi carrera gracias por seguir a mi lado.

En la Universidad conocí a gente muy especial, gracias a todos mis amig@s que semestre a semestre compartimos en las aulas de clase. Pero quiero agradecer de manera especial a mis mejores amigas Paty y Grecia, no solo me ayudaron en la parte académica sino que compartimos muchas cosas fuera de las aulas, reímos, lloramos y hasta vivimos juntas, aun en la cancha fuimos un equipo inseparable. Sé que nuestra amistad no se acabará donde empezó sino que será por siempre.

Gracias a mis amigas del fútbol que me enseñaron que las mejores cosas las obtienes trabajando en equipo, porque juntas pudimos vencer a grandes. Gracias por darme la oportunidad de jugar a su lado aunque no tenga el talento.

Gracias a todos mis hermanitos de la iglesia "Ágape", por sus oraciones y bendiciones. En especial gracias a todos los jóvenes y niños de la iglesia, que cada semana comparten conmigo y hacen que mi vida sea llena de gozo. Y aunque lo nombre al último, él sabe que es el primero, lo que más amo, lo más importante e indispensable de mi vida, porque sin él no soy nada, gracias Mi Dios por todo.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a esas dos personitas enviadas por Dios, que me enseñaron a luchar, a sonreír a pesar de los problemas, a caminar hacia adelante aun cuando las situaciones nos obligaban a retroceder, a esas rodillas que cada mañana se doblaban para pedir en oración bendiciones para nuestras vidas, a esas manos que todos los días trabajaban para llevar el alimento a la casa. A Ustedes que me enseñaron a discernir entre lo bueno y lo malo, que me supieron aconsejar, que llenaron mi vida de valores y buenos ejemplos.

*Este trabajo es para ustedes, papito Fernando y mami Enma
Les amo mucho y son muy importantes para mí.*

*“Mi Dios
has examinado mi corazón y
sabes todo acerca de mí.
Sabes cuándo me siento y cuándo me levanto;
conoces todos mis pensamientos
Tú creaste las delicadas partes de mi cuerpo y
me entretejiste en el vientre de mi madre.
Me viste antes de que naciera.
Cada día de mi vida está registrado en tu libro.
Cada momento fue diseñado por ti
antes de que alguno de ellos suceda.”*

SALMO 139

Porque esta meta ya estuvo trazada en tus planes

ÍNDICE DE CONTENIDOS

		PÁGINA
RESUMEN		XI
INTRODUCCIÓN		XII
1	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1	Sábila (<i>Aloe vera L.</i>)	1
1.1.1	Origen	1
1.1.2	Clasificación taxonómica	2
1.1.3	Descripción botánica	2
1.1.4	Composición química y nutricional	4
1.1.5	Factores agroecológicos y manejo del cultivo	6
1.1.5.1	Factores climáticos y suelo	6
1.1.5.2	Propagación vegetativa	6
1.1.5.3	Siembra y cosecha	6
1.1.6	Producción y comercio de la sábila	7
1.1.6.1	Producción	7
1.1.6.2	Comercio	8
1.1.7	Industria de la sábila	8
1.2	Mora (<i>Rubus glaucus Benth</i>)	11
1.2.1	Origen	11
1.2.2	Taxonomía	12
1.2.3	Descripción botánica	12
1.2.4	Composición química y nutricional	13
1.2.5	Factores agroecológicos y manejo del cultivo	14
1.2.5.1	Clima y suelo	14
1.2.5.2	Propagación	14
1.2.5.3	Siembra y cosecha	14
1.2.6	Producción y comercio de la mora	15
1.2.7	Industria de la mora	16
1.3	Deshidratación osmótica	17
1.3.1	Definición	17
1.3.2	Solución osmótica	18
1.3.3	Transferencia de materia	19
1.3.4	Factores que se afecta el proceso de deshidratación	20
1.3.5	Tratamientos combinados	21
1.3.5.1	Escaldado	21
1.3.5.2	Congelación	22
1.3.5.3	Pulsos eléctricos	22
1.3.5.4	Pulsos al vacío	22

1.4	Alimentos funcionales	24
1.4.1	Tipos de alimentos funcionales	25
1.4.1.1	Alimentos funcionales naturales	25
1.4.1.2	Alimentos funcionales modificados	27
1.4.2	Beneficios de los alimentos funcionales	28
1.4.2.1	Defensa contra el estrés oxidativo	28
1.4.2.2	Función digestiva	28
1.4.2.3	Función cardioprotectora	28
1.4.2.4	Crecimiento y desarrollo	29
1.4.2.5	Metabolismo de sustancias	29
1.4.2.6	Función cognitiva	29
2	PARTE EXPERIMENTAL	30
2.1	Caracterización física y química de la pulpa de sábila (<i>Aloe vera L.</i>) y pulpa de mora (<i>Rubus glaucus Benth</i>)	33
2.1.1	Sábila (<i>Aloe vera L.</i>) y mora (<i>Rubus glaucus Benth</i>)	33
2.1.1.1	Métodos físicos	33
2.1.1.2	Métodos físico-químicos y químicos	33
2.2	Definición de las mejores condiciones de la deshidratación osmótica de la pulpa de sábila	35
2.2.1	Diseño experimental	35
2.2.2	Descripción del proceso	37
2.3	Definición del porcentaje de adición de sábila al jugo de mora	38
2.3.1	Análisis sensorial	40
2.4	Evaluación de la estabilidad del producto final	40
2.4.1	Análisis físico-químico y químico	41
2.4.2	Análisis microbiológico	41
2.4.3	Análisis sensorial	41
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
3.1	Caracterización física y química de la pulpa de sábila (<i>Aloe vera L.</i>) y pulpa de mora (<i>Rubus glaucus Benth</i>)	42
3.1.1	Análisis físico	42
3.1.2	Análisis físico-químico y químico	44
3.2	Definición de las mejores condiciones de la deshidratación osmótica de la pulpa de sábila	48
3.2.1	Despulpado	48
3.2.2	Proceso de deshidratación de la pulpa de sábila	49

3.3	Definición del porcentaje de adición de sábila al jugo de mora	64
3.4	Evaluación de la estabilidad del producto	70
3.4.1	Análisis físico-químico y químico	71
3.4.2	Análisis microbiológico	80
3.4.3	Análisis sensorial	81
3.4.4	Estimación del tiempo de vida útil	82
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
4.1	Conclusiones	86
4.2	Recomendaciones	88
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
	ANEXOS	108

ÍNDICE DE TABLAS

		PÁGINA
Tabla 1.1.	Clasificación taxonómica de la sábila	2
Tabla 1.2.	Composición química y nutricional de la sábila	5
Tabla 1.3.	Superficie cultivada de sábila por provincias en el Ecuador	7
Tabla 1.4.	Composición química y nutricional de 100 g de pulpa de mora de Castilla	13
Tabla 1.5.	Alimentos funcionales naturales	26
Tabla 2.1.	Corridas experimentales del diseño 3 ³	36
Tabla 3.1.	Análisis físicos de la hoja de sábila (<i>Aloe vera L.</i>)	42
Tabla 3.2.	Análisis físicos de la mora de Castilla (<i>Rubus glaucus Benth</i>)	43
Tabla 3.3.	Caracterización físico-química y química de la pulpa de sábila	44
Tabla 3.4.	Caracterización físico-química y química de la mora de Castilla	47
Tabla 3.5.	Sólidos solubles ganados, textura y variación de color en la pulpa deshidratada osmóticamente para cada tratamiento	50
Tabla 3.6.	Análisis de varianza para la ganancia de sólidos solubles en los tratamientos de deshidratación osmótica	51
Tabla 3.7.	Análisis de varianza para la textura en los tratamientos de deshidratación osmótica con impregnación al vacío	55
Tabla 3.8.	Análisis de varianza para el color en los tratamientos de deshidratación osmótica con impregnación al vacío	59
Tabla 3.9.	Condiciones de operación que optimizan las variables de salida (Sólidos solubles ganados, textura y color)	61
Tabla 3.10.	Condiciones de operación que optimiza el proceso de deshidratación considerando las respuestas múltiples	62
Tabla 3.11.	Variables de respuesta del tratamiento óptimo	64
Tabla 3.12.	Análisis de varianza para el atributo de fluidez	66

Tabla 3.13.	Análisis de varianza para la cantidad de sólidos en suspensión	67
Tabla 3.14.	Análisis de varianza para el atributo de dureza	67
Tabla 3.15.	Análisis de varianza para el atributo intensidad de sabor a fruta natural (mora)	67
Tabla 3.16.	Análisis de varianza para el atributo de presencia de sabores extraños	68
Tabla 3.17.	Análisis de varianza para la preferencia de la bebida de mora variando el porcentaje de adición de sábila	68
Tabla 3.18.	Ingredientes para la formulación de la bebida de mora con trozos de sábila deshidratados	69
Tabla 3.19.	Resumen estadístico del análisis sensorial	70
Tabla 3.20.	Valores de pH a diferentes temperaturas de almacenamiento	71
Tabla 3.21.	Valores de acidez titulable (g. ác. cítrico/100 g bebida) a diferentes temperaturas de almacenamiento	73
Tabla 3.22.	Valores de los sólidos solubles (°Brix) a diferentes temperaturas de almacenamiento	75
Tabla 3.23.	Valores de los polifenoles totales (mg ác. gálico/100 g de bebida) a diferentes temperaturas de almacenamiento	77
Tabla 3.24.	Prueba de rango múltiple para la polifenoles totales por temperatura	78
Tabla 3.25.	Resultados de los análisis microbiológicos durante el estudio de estabilidad para la bebida de mora	80
Tabla 3.26.	Análisis de varianza para el atributo apariencia de la bebida	82
Tabla 3.27.	Análisis de varianza para el atributo aroma de la bebida	82
Tabla 3.28.	Análisis de varianza para el atributo color de la bebida	82
Tabla 3.29.	Velocidad de deterioro de cantidad de polifenoles en la bebida de mora con trozos de sábila deshidratados osmóticamente e impregnación al vacío	83
Tabla 3.30.	Energía de activación y factor de frecuencia	84
Tabla 3.31.	Vida útil en las bebidas del mercado local	85
Tabla AI.1.	Cantidades de los ingredientes necesarios para las soluciones osmóticas requeridas (50, 60 y 70 °Brix)	110

Tabla AV.1.	Color de la sábila y mora, (A) producto fresco y (B) coordenadas L*ab	114
Tabla AVII.1.	Análisis de varianza para el pH con respecto a la temperatura y tiempo de almacenamiento	117
Tabla AVII.2.	Análisis de varianza para la acidez titulable con respecto a la temperatura y tiempo de almacenamiento	117
Tabla AVII.3.	Análisis de varianza para lo sólidos solubles con respecto a la temperatura y tiempo de almacenamiento	117
Tabla AVII.4.	Análisis de varianza para polifenoles totales con respecto a la temperatura y tiempo de almacenamiento	118
Tabla AVIII.1.	Variación de los polifenoles en la bebida de mora en la temperatura de refrigeración (4 °C)	119
Tabla AVIII.2.	Variación de los polifenoles en la bebida de mora en la temperatura ambiente (20 °C)	120
Tabla AVIII.3.	Variación de los polifenoles en la bebida de mora en la	120
Tabla AVIII.4.	Valores de k a las diferentes temperaturas de almacenamiento	121

ÍNDICE DE FIGURAS

		PÁGINA
Figura 1.1.	Planta de sábila (<i>Aloe vera L.</i>)	1
Figura 1.2.	Capas estructurales de la hoja de sábila (Corte transversal)	3
Figura 1.3.	Inflorescencia de la sábila de tipo corimbo espigado	3
Figura 1.4.	Exportaciones de sábila ecuatoriana durante el período 2008-2014	8
Figura 1.5.	Exportaciones de mora ecuatoriana durante el período 2007-2015	16
Figura 1.6.	Transferencia de masa en el proceso de deshidratación osmótica	18
Figura 1.7.	Esquema con los flujos que se presentan en la deshidratación osmótica	19
Figura 1.8.	Pasos de la transferencia ideal de masa entre un alimento y la solución osmótica en condiciones de vacío	24
Figura 2.1.	Esquema del sistema de deshidratación osmótica	32
Figura 2.2.	Proceso de la deshidratación de trozos de sábila	37
Figura 2.3.	Proceso para la elaboración de la bebida de mora con trozos deshidratados	39
Figura 3.1.	Fotografías de la preparación de la sábila (despulpado-troceado) antes de proceder a deshidratar	48
Figura 3.2.	Fotografías del proceso de deshidratación osmótica de la sábila con impregnación al vacío	49
Figura 3.3.	Diagrama de Pareto estandarizado con los efectos principales para los sólidos solubles ganados	52
Figura 3.4.	Efectos principales para los sólidos solubles ganados	52
Figura 3.5.	Sólidos solubles ganados en los trozos de sábila deshidratado con los diferentes tratamientos	53

Figura 3.6.	Cinética de los sólidos solubles ganados durante el proceso de deshidratación sin impregnación al vacío y el mejor tratamiento con impregnación al vacío	54
Figura 3.7.	Diagrama de Pareto estandarizado con los efectos principales para la textura	55
Figura 3.8.	Efectos principales para la textura	56
Figura 3.9.	Superficie de respuesta estimada para la textura de los trozos de sábila según la concentración de la solución y el tiempo de vacío	57
Figura 3.10.	Gráfica de interacción para la textura	57
Figura 3.11.	Textura en los trozos de sábila deshidratado con los diferentes tratamientos	58
Figura 3.12.	Cinética de la diferencia de color (ΔE) durante el proceso de deshidratación con cada tratamiento	59
Figura 3.13.	Diferencia de color (ΔE) en los trozos de sábila deshidratados con los diferentes tratamientos	60
Figura 3.14.	Efectos principales para la diferencia de color (ΔE)	61
Figura 3.15.	Región y punto óptimo para el tratamiento de deshidratación dentro de las diferentes curvas de contorno	63
Figura 3.16.	Superficie de respuesta de la optimización de los tratamientos de deshidratación osmótica con impregnación al vacío	63
Figura 3.17.	Fotografías del proceso de elaboración de la bebida de mora con trozos deshidratados de sábila por ósmosis e impregnación al vacío	65
Figura 3.18.	Variación del pH en función del tiempo y temperatura de almacenamiento	71
Figura 3.19.	Gráfica de medias de pH en relación a la temperatura de almacenamiento	72
Figura 3.20.	Gráfica de medias de pH en relación al tiempo de almacenamiento	72
Figura 3.21.	Variación de la acidez titulable en función del tiempo y temperatura de almacenamiento	73
Figura 3.22.	Gráfica de medias de la acidez titulable en relación a la temperatura de almacenamiento	74

Figura 3.23.	Gráfica de medias de la acidez titulable en relación al tiempo de almacenamiento	74
Figura 3.24.	Variación de los sólidos solubles en función del tiempo y temperatura de almacenamiento	75
Figura 3.25.	Gráfica de medias de los sólidos solubles en relación a la temperatura de almacenamiento	76
Figura 3.26.	Gráfica de medias de los sólidos solubles en relación al tiempo de almacenamiento	76
Figura 3.27.	Variación de los polifenoles totales en función del tiempo y temperatura de almacenamiento	77
Figura 3.28.	Gráfica de medias de polifenoles totales en relación a la temperatura de almacenamiento	79
Figura 3.29.	Gráfica de medias de polifenoles totales en relación al tiempo de almacenamiento	79
Figura AVI.1.	Color de las muestras de sábilas deshidratadas en vivo y en coordenadas L*ab	115
Figura AVI.1.	Color de las muestras de sábilas deshidratadas en vivo y en coordenadas L*ab (continuación...)	116
Figura AVIII.1.	Log de los polifenoles vs. el tiempo de almacenamiento en la temperatura de refrigeración (4 °C)	119
Figura AVIII.2.	Log de los polifenoles vs. el tiempo de almacenamiento en la temperatura ambiente (20 °C)	120
Figura AVIII.3.	Log de los polifenoles vs. el tiempo de almacenamiento en la estufa (25 °C)	121
Figura AVIII.4.	Diagrama ln(k) vs 1/T	122

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I Preparación de la solución osmótica	109
ANEXO II Formato del análisis sensorial de jugo de mora con trozos de sábila	111
ANEXO III Formato del análisis sensorial de jugo de mora con trozos de sábila para aceptabilidad	112
ANEXO IV Formato del análisis sensorial de jugo de mora con trozos de sábila para estabilidad	113
ANEXO V Color de la materia prima: sábila y mora	114
ANEXO VI Colorimetría de los trozos de sábila deshidratados en cada tratamiento	115
ANEXO VII Análisis de varianza de los atributos (pH, acidez, sólidos solubles y polifenoles) durante el almacenamiento	117
ANEXO VIII Aproximación del tiempo de vida útil de la bebida	119

RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue desarrollar una bebida de mora con trozos deshidratados de sábila por ósmosis e impregnación al vacío. Para esto se obtuvo la pulpa de mora y sábila como materia prima para la bebida. En el proceso de deshidratación osmótica se varió tres factores: concentración de la solución (50, 60 y 70 °Brix), tiempo de impregnación al vacío (5,10 y 15 min) y el tiempo de deshidratación (3, 5 y 7 h). Estos tres factores influyeron en la ganancia de sólidos solubles, la textura y el color de los trozos de sábila. Las mejores condiciones para deshidratar fueron: solución osmótica de 54 °Brix, 13 min de impregnación al vacío y 6 horas de deshidratación.

El porcentaje de adición de sábila se seleccionó por medio de un análisis sensorial con la participación de 12 panelistas. Después de analizar los datos del análisis sensorial se determinó que la cantidad de sábila que se debía añadir al jugo fue del 15 %. Se formuló la bebida con este porcentaje de sábila y se entregó a 120 consumidores. Mediante lo cual se determinó que la aceptación del producto en promedio fue de 7,98 en una escala de 10. Esto se debe a que el producto además de tener los nutrientes propios de la materia prima (mora y sábila), aporta niveles bajos de azúcar, es saludable y natural.

Esta formulación fue embotellada en envases PET previamente esterilizados. Se realizó el estudio de estabilidad, el mismo se llevó a cabo con tres temperaturas de almacenamiento 4, 20 y 25 °C, durante 60 días. En los días 0, 15, 45 y 60, se midió el pH, acidez titulable, sólidos solubles, polifenoles totales, análisis microbiológico y sensorial. Durante el almacenamiento los parámetros físico-químicos no variaron significativamente con la temperatura, no hubo presencia de microorganismos y los atributos sensoriales tampoco presentaron variación significativa.

Los polifenoles totales variaron significativamente con respecto a la temperatura de almacenamiento. Esto sirvió para estimar el tiempo de útil, el mismo que fue de 207 días bajo condiciones de refrigeración (4 °C).

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años una gran parte de la población busca alimentos nuevos; que aparte de cubrir sus necesidades nutricionales contengan ingredientes bioactivos que generen un beneficio a la salud. En respuesta a esta necesidad numerosas investigaciones han aportado con el desarrollo de los denominados alimentos funcionales. Dentro de este contexto, la industria alimentaria considera a la sábila ingrediente principal para la elaboración de estos alimentos (Juárez, Olano, Morais, 2005, p. 7; Vega, Ampuero, Días, Lemus, 2005, p. 213).

La sábila (*Aloe vera* L.) pertenece a la familia de las *Liliaceae*s y muy utilizada en la medicina tradicional. Dentro de esta familia se encuentra alimentos con propiedades curativas y medicinales como el ajo, cebolla y espárragos. La sábila es una planta con hojas carnosas de 50 a 70 cm, posee tallo corto y flores tubulares de color amarillo. Se adapta fácilmente a suelos con poca disponibilidad de agua ya en su estructura que posee tejidos de almacenamiento de agua. Esta planta es de gran demanda por la industria cosmetológica, farmacéutica y ahora por la industria alimentaria (Izaguirre-Silva, Belmares-Cerda y Cruz-Hernández, 2013, p. 12; Vega et al., 2005, p. 209).

La sábila aporta con más de 75 compuestos nutricionales entre los cuales se destacan polisacáridos, vitaminas, minerales, compuestos fenólicos (antraquinonas y cromonas), aminoácidos y enzimas. Debido a esto es que durante siglos esta planta ha sido utilizada como medicinal y terapéutica, sin embargo, lo han hecho sin un análisis científico. En investigaciones recientes se le atribuye a la sábila ciertas actividades biológicas como antiviral, antibacteriana, laxante, inmunoestimulación, antiinflamatoria, antitumoral, cicatrizante y antioxidante (Ni, Turner, Yates y Tizard, 2004, p. 1746; Izaguirre-Silva et al., 2013, p. 12)

En el Ecuador se tuvo un incremento en la producción de sábila, en el año 2015 Agrocalidad registra alrededor de 882 hectáreas sembradas, comparado a las 50 hectáreas que se tenía en el 2012. Las provincias dedicadas a este cultivo son:

Guayas, El Oro, Morona Santiago, Imbabura, Santa Elena y Pichincha (Agrocalidad, 2015, p. 1; BNF, 2014).

En la formulación de la bebida se estudia la mora de tipo Castilla, planta perteneciente a la familia de las *Rosáceas*. Su cultivo se encuentra 1 500 m.s.n.m., en provincias como Tungurahua, Cotopaxi y Bolívar. Martínez et al. (2007) mencionan que su fruto es de tipo baya y su cosecha se da durante todo el año siendo mayor entre el mes de julio y el mes agosto (p.8).

En su composición aporta vitaminas, minerales y fibra. La mora es un producto de consumo masivo tanto en el Ecuador, como a nivel internacional. La mora tiene un gran futuro de exportación, sin embargo, la presentación en la que se envíe debe de superar los problemas de transporte debido a alta perecibilidad. Las alternativas que se sugiere son en producto congelado, pulpa o fresco (Ramírez, 2009, p. 3).

Expertos en nutrición afirman que algunas enfermedades crónicas (cáncer, obesidad, hipertensión, problemas cardíacos) se relacionan directamente con la dieta alimentaria. El consumo de bebidas azucaradas es una de las causas para la obesidad y una de las alternativas para sustituir el azúcar puede ser la fructuosa o edulcorantes no nutritivos. La sacarina, aspartame, sucralosa, acesulfame K, y Neotamo son algunos de los edulcorantes no nutritivos, recientemente a este grupo se ha incorporado la estevia (*Stevia rebaudiana*). Esta planta es de la familia *Asteráceas*, conocida como hoja dulce. Su sabor es muy semejante al azúcar y se distingue de los otros edulcorantes artificiales por no ser cancerígeno. (Jones, 2002, p. 1556; Durán, Rodríguez, Córdón y Record, 2012, p. 203)

El desarrollo de bebidas no alcohólicas tiene un gran futuro, debido a que en la actualidad las bebidas es el segundo grupo con mayor crecimiento en el mercado. Además, Mintel Global Products Database (GNDP) menciona que las bebidas que en mayor número ingresa al mercado mundial, corresponde a las bebidas funcionales (Izaguirre-Silva et al., 2013, p. 13).

En el presente proyecto de investigación se desarrolla una bebida funcional. Como materia prima se emplea la mora y la sábila. La sábila se presenta en la bebida como trozos, los mismos que son deshidratados osmóticamente. Para mejorar el proceso de deshidratación se emplea como pretratamiento la impregnación al vacío por tiempos cortos. La bebida se endulza con una solución de sacarosa y estevia para bajar los niveles de azúcar en el producto. Finalmente la bebida se presenta en envases PET de 280 mL.

1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 SÁBILA (*Aloe vera* L.)

1.1.1 ORIGEN



Figura 1.1. Planta de sábila (*Aloe vera* L.)
(Schweizer, 1995, p. 20)

La sábila (*Aloe vera* L.) es una planta originaria de África. Hoy en día, esta planta se cultiva en la India, China, México, Estados Unidos y en Sudamérica se encuentra en Colombia y en el país Ecuador (Anil, Ankit y Nagalakshmi, 2015, p. 2147; Pulok, Neelesh, Niladri, Kakali y Ranjit, 2014, p. 7).

El cultivo de sábila data del año 1550 A.C., los antiguos mercaderes fenicios propagaron el uso de la sábila en la India. Entre la Edad Media y el Renacimiento, la sábila era parte importante de la Botánica Medicinal; principalmente en Europa y Asia Occidental (Moreno, López y Jiménez, 2012, p. 23; Cruz, 2005, pp. 17-19).

En la actualidad esta planta se cultiva en China, América Central, España, México, EE UU y Sudamérica (Colombia y Ecuador). Una de las variedades más difundida es la *Aloe vera* L., que se muestra en la Figura 1.1. La sábila crece en las regiones tropicales y semitropicales (Gage, 1998, p.10; Moreno et al., 2012, pp. 19-22).

1.1.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

La sábila es conocida como el *lirio del desierto* debido a que pertenece a la familia de las liliáceas. En 1753 la especie fue descrita por Carl Linnaeus como *Aloe perfoliata var. vera* y fue hasta 1768 que Nicolaas Laurens Burman describió a la especie como *Aloe vera* (Dehin, 2000, p. 200; Pulok et al., 2014, p. 1)

En el género *Aloe*, Pulok et al. (2014) registra más de 600 especies que crecen en suelos pobres y con climas áridos (p. 1). En este grupo se encuentra plantas comestibles y medicinales como las cebollas, ajo, espárragos, lirios y tulipanes (Bolaños, 2001, p. 281).

En la Tabla 1.1 se muestra la clasificación taxonómica de la sábila

Tabla 1.1. Clasificación taxonómica de la sábila

Reino	Plantae
Clase	Tracheophyta
Subclase	Magnoliopsida
Orden	Malvales
Familia	Sterculiaceae
Género	Theobroma
Especie	Theobroma cacao
Nombre científico	Aloe vera L.

(Anil, Ankit y Nagalakshmi, 2015, p. 2147)

1.1.3 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La sábila es una planta herbácea-perenne y resistente a las sequías. Presenta un tallo corto y un sistema radicular superficial que le permite captar rápidamente el agua (Manvitha y Bidya, 2013, p. 85; Stevens, 2010, p. 14).

Las hojas tienen forma triangular y se disponen alrededor de tallo formando una roseta. En la figura 1.2 se muestra la estructura de la hoja, la misma que está formada por tres capas. La capa interior conocida como pulpa, es de consistencia gelatinosa y transparente. Contiene mayoritariamente agua y representa del 65 al 80 % del peso de la hoja. La capa media contiene un látex amargo de color amarillo llamado aloína y ocupa toda la superficie de la capa interna. La capa externa está formada por el exocarpio o corteza, cumple con la función de protección y representa del 20 al 30 % del peso de la hoja. Dependiendo de las condiciones climáticas, geográficas y nutricionales esta capa puede variar de verde a verde azulado (Domínguez-Fernández et al., 2012, p. 24; Pulok et al., 2014, p. 2148).

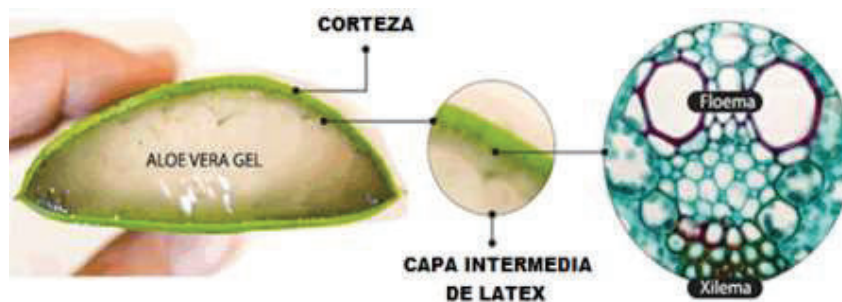


Figura 1.2. Capas estructurales de la hoja de sábila (Corte transversal)
(Ferraro, 2009, p. 221)

Posee flores largas en forma de tubo semejantes a pequeñas trompetas de color rojizo-anaranjado. Su flor es homoclamídea pues no se distingue el cáliz de la corola. Su ovario es trilobular y súpero. La inflorescencia es de tipo corimbo espigado, según se aprecia en la Figura 1.3 (Dehin, 2000, p. 201).



Figura 1.3. Inflorescencia de la sábila de tipo corimbo espigado
(Moreno et al., 2012, p. 49)

Su fruto es seco y presenta una forma de cápsula, sus paredes son dehiscentes; ya que su fruto cuando llega a la madurez se abre y expulsa numerosas semillas de color negro (Añez y Vásquez, 2005, p. 3).

1.1.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL

En la parte central de la sábila se tiene el gel o pulpa, tiene consistencia gelatinosa e incolora. El gel con un pH 4,5, está constituido químicamente por agua con un 97%, mientras que el 3% contiene carbohidratos, ácidos, sales orgánicas, minerales y enzimas (Moghaddasi y Kumar, 2011, p. 469).

Numerosas investigaciones han permitido descubrir varios principios activos en la pulpa de sábila (Vega et al, 2005, p. 211; Ferraro, 2009, p. 219; Pulok et al., 2014, p. 8). Se clasifican en varios grupos:

- **Sacáridos:** glucosa, fructosa, acemanan y manosa.
- **Vitaminas:** B1 tiamina, B2 riboflavina, ácido fólico, vitamina C, vitamina E, vitamina A y colina.
- **Aminoácidos esenciales:** lisina, tirosina, valina, leucina, isoleucina, fenilalanina y metionina.
- **Aminoácidos no esenciales:** arginina, ácido aspártico, glutamato, glicina, tirosina, histidina y prolina.
- **Minerales:** calcio, hierro, sodio, potasio, fósforo, magnesio, manganeso, cromo y selenio.
- **Enzimas:** peroxidasa, catalasa, lipasa, amilasa, cicloxigenasa, fosfata alcalina.
- **Compuestos fenólicos:** cromonas (aloesina) y entre las antraquinonas contiene la barbaloina, aloemodina y isobarbaloina.

La composición cuantitativa de la sábila se presenta en la Tabla 1.2

Tabla 1.2. Composición química y nutricional de la sábila

Constituyente	Valor	Constituyente	Valor
Agua (%)	97,42 ± 0,13	Proteína (%)	6,86 ± 0,06
Cenizas (%)	16,88 ± 0,04	Grasa (%)	2,91 ± 0,09
Fibra (%)	73,35 ± 0,30	Ácido Ascórbico (%)	0,004 ± 0,05
Constituyente	Valor	Propiedad y actividad	
MINERALES			
Calcio (ppm)	340	Son esenciales para el buen funcionamiento enzimático debido a que intervienen en diferentes vías metabólicas. Tienen propiedades antioxidantes como es el caso del Selenio y Manganeseo	
Hierro (ppm)	300		
Sodio (ppm)	437		
Potasio (ppm)	390		
Fósforo (ppm)	140		
Magnesio (ppm)	60		
Manganeseo (ppm)	46		
Cromo (ppm)	0,12		
Selenio (ppm)	0,02		
VITAMINAS			
Beta carotenos (ppm)	0,1	Neutralizan los radicales libres y tiene un gran poder antioxidante	
E o α-tocoferol (ppm)	1		
C o ácido ascórbico (ppm)	2,4		
B1 o Tiamina (ppm)	0,03		
B2 o Riboflavina (ppm)	0,03		
ENZIMAS *			
Superóxido dismutasa (IU/mg)	2830,19	Ayudan en la descomposición de azúcares y grasas, cuando se aplica tópicamente reduce la inflamación	
Peroxidasa (IU/mg)	3,72		
Catalasa (IU/mg)	2,8		
Amilasa (IU/mg)	24,02		
AMINOÁCIDOS **			
Arginina (μmol)	449	Constituyen elementos básicos en la construcción de las proteínas	
Aspargina (μmol)	344		
Glutamato (μmol)	294		
Ácido aspártico (μmol)	237		
Serina (μmol)	224		

$\bar{X} \pm \sigma$ (n=10); *(Concentración del extracto 1/10); **(Base 100 g en base seca)
(Moghaddasi y Kumar, 2011, p. 468; Bergfeld et al., 2007, p. 8; Ahmed y Hussain, 2013, p. 31)

1.1.5 FACTORES AGROECOLÓGICOS Y MANEJO DEL CULTIVO

1.1.5.1 Factores climáticos y suelo

La sábila presenta un amplio rango de adaptabilidad a diferentes climas y suelos. Los climas en los que se desarrolla son: tropical, subtropical y desértico. Resiste a la sequía y a las altas temperaturas; sin embargo, con las heladas el cultivo se ve afectado. La temperatura favorable para su desarrollo va desde los 18 °C hasta los 27 °C y precipitaciones anuales de 450 mm (Cabrera, López y Reyes, 2013, p. 3).

Se prefiere suelos franco arenosos con buen drenaje, pH ligeramente ácido y textura media. La sábila necesita luz solar para su desarrollo, por lo que no se recomienda la asociación con otros cultivos. No soporta inundaciones y puede crecer en suelos con bajo contenido de materia orgánica (Cabrera et al., 2013, p. 3; Guzmán, 2012, p. 27).

1.1.5.2 Propagación vegetativa

La propagación de la sábila puede ser sexual o asexual. La reproducción sexual es poco utilizada, ya que al utilizar semillas no se obtiene plantas con la calidad deseada. En cambio, la propagación asexual es muy común en la producción a gran escala. En este método los hijuelos provenientes de la planta madre son cuidados en un vivero. Se debe mantener a los hijuelos seleccionados bajo sombra durante una semana, a fin de cicatrizar las heridas provocadas en la raíz a causa de la propagación. Los hijuelos para la siembra deben tener una altura mínima de 25 cm, deben estar sanos y vigorosos (Guzmán, 2012, pp. 27-28).

1.1.5.3 Siembra y cosecha

La siembra se lleva a cabo al inicio del período de lluvias. El distanciamiento de siembra es de 0,70 m entre planta, debido a que la sábila necesita luminosidad alta.

La plantación se realiza en doble hilera, con una separación de 1,30 m entre hilera (Cabrera et al., 2013, p. 7).

La cosecha comienza al año y medio después de haber establecido la plantación, el tiempo depende de los factores climáticos y el suelo en donde se encuentre la plantación. Se puede cosechar cada 6 semanas de 3 a 4 hojas por planta, solo se cosechan las hojas maduras, es decir, las hojas inferiores de la planta. Para la cosecha se emplea cuchillas de acero inoxidable, el corte se realiza en la base de la hoja sin lastimar al resto de la planta. Cuando las hojas alcanzan los 30 cm de longitud y un peso de 0,3 a 0,8 kg, estas pueden ser cosechadas. El transporte y el almacenamiento de las hojas se debe realizar a una temperatura de refrigeración de 4 °C (Chandegara y Varhney, 2013, p. 493; Ahlawat y Khatkar, 2011, p. 526).

1.1.6 PRODUCCIÓN Y COMERCIO DE LA SÁBILA

1.1.6.1 Producción

La producción de sábila en el Ecuador, según los datos de Agrocalidad (2015) ha aumentado en estos últimos años (p. 1). Entre los años 2004 a 2011, en el país se registraba tan solo 50 hectáreas cultivadas con sábila, sin embargo; para el año 2015 alcanzó una superficie plantada de 882 hectáreas (Moreno et al., 2012, p. 29).

La producción en el Ecuador, según la Tabla 1.3, está repartida en las provincias de Guayas (56,59 %), El Oro (34,01 %), Morona Santiago (5,67 %), Imbabura (2,27 %), Santa Elena y Pichincha (>2 %) (Agrocalidad, 2015, p. 1).

Tabla 1.3. Superficie cultivada de sábila por provincias en el Ecuador

Provincia	Área Cultivada (ha)	Provincia	Área Cultivada (ha)
Guayas	500	Imbabura	20
El Oro	300	Santa Elena	7
Morona Santiago	50	Pichincha	5

(Agrocalidad, 2015, p. 1)

1.1.6.2 Comercio

A nivel internacional, China, con una producción de 193 551 toneladas en 2014, es el primer exportador de sábila en mundo; mientras que Estados Unidos con 35 504 toneladas (2014) es el país de mayor demanda mundial (ITC, 2015; CEI-RD, 2011, p. 6)

En la lista mundial de países exportadores, el Ecuador ocupa el puesto 80 (0,01 %). La Figura 1.4 muestra las toneladas de exportación y el valor que generó las ventas de sábila entre los años 2010 y 2014. Ecuador en el 2014 exportó 31 toneladas de sábila, lo cual generó el ingreso de 120 miles de dólares (ITC, 2015).

En el año 2014, los principales países importadores de sábila fueron: Alemania (58 %), España (30 %) y Estados Unidos (12 %) (ITC, 2015).



Figura 1.4. Exportaciones de sábila ecuatoriana durante el período 2008-2014 (ITC, 2014)

1.1.7 INDUSTRIA DE LA SÁBILA

La sábila (*Aloe vera L.*) es cultivada principalmente a la demanda que tiene en la industria farmacéutica y en la elaboración de cosméticos (Sharma, Kharkwal,

Kharkwal, Abdin, y Varma, 2014, p. 31; Surjushe, Vasani y Saple, 2008, p. 163). Domínguez-Fernández et al. (2012) reportó que la sábila contiene alrededor de 20 constituyentes, los cuales poseen actividades benéficas para la salud (p.24). Es por eso que la industria farmacéutica utiliza esta planta como materia prima para la producción de comprimidos y cápsulas (Sharma et al., 2014, p. 31). El gel de sábila tiene un efecto calmante en el sistema nervioso, normaliza el metabolismo, tiene actividad antifúngica, antiinflamatoria y propiedades gastroprotectoras; a nivel tópico este gel cura enfermedades de la piel como el herpes, cicatriza heridas y alivia las quemaduras. En cuanto a los cosméticos y productos de tocador se puede citar la producción de cremas, jabones, shampoo, desmaquilladores entre otros (Pulok et al., 2014, pp. 11-13)

Sin embargo, en la actualidad el procesamiento de la sábila para la producción de alimentos es una gran industria a nivel mundial. Productos como leche, helados, yogurt y caramelos hoy en día utilizan sábila como parte de su composición. La sábila es base para la elaboración de alimentos funcionales, especialmente para la preparación de bebidas saludables y que no tengan efectos laxantes (Domínguez-Fernández et al., 2012, p. 28).

Dentro de los alimentos en los que se ha incorporado la sábila se puede citar los siguientes:

- Pan.- se utilizó la sábila como suplemento en la formulación de pan blanco, el producto final tuvo una textura suave, corteza marrón, sabor y aroma agradable al colocar 20 g de gel de aloe vera cada 100 g de harina. La vida útil del pan en empaque de polipropileno fue de 5 días (Singh, 2009, p. 335).
- Dulces.- los confites muchas de las veces no se les considera nutricionales, sin embargo Murillo y Puma (2009) elaboraron caramelos utilizando la pulpa de sábila. La composición con mayor aceptabilidad en cuanto a sabor es con 50 % de pulpa de sábila (p. 6)
- Helados.- en la India se desarrolló helados con características de alimento funcional, para la base del helado se utilizó edulcorantes no calóricos, colorantes naturales y pulpa de sábila en un 20% de la composición (Manoharan y Ramasamy, 2013, p. 122).

- Yogurt.- este producto se desarrolló en la provincia de Imbabura. En este estudio se establece un 15% de gel de sábila como la mejor composición. Los resultados fueron favorables, la población microbiana fue mayor, tuvo un mejor contenido de sólidos totales, proteínas y grasa; dándonos así una excelente calidad en cuanto a las propiedades nutricionales (Trejo, 2014, p. 19)
- Bebidas.- a nivel mundial el mercado de jugos de frutas y verduras alcanzan los 65 billones de litros producidos. Dentro de esta producción se destaca el desarrollo de bebidas no alcohólicas y bebidas funcionales. En el Ecuador, las importaciones de bebidas en el año 2016 han disminuido en un 50% comparado con el año 2015. Por lo que se considera que la producción local en esta categoría tiene una gran oportunidad en el mercado (ITC, 2016; Industria Alimentaria, 2013).

En el Ecuador se han desarrollado diferentes prototipos de bebidas con gel de sábila. Barba, Carrillo y Gaete (2007) emplearon jugos de fruta (durazno, mango, mora y guayaba) y le incorporaron extracto de sábila en una proporción del 10 %. Este porcentaje se estableció mediante pruebas realizadas a nivel de laboratorio; tomando en cuenta que las características del jugo no se vean afectadas por la adición de la sábila (p. 107). En la provincia de Santa Elena se realizó un estudio de mercado y la factibilidad financiera para la implementación de una procesadora de bebidas refrescantes. El tipo de bebida propuesta se basó en jugo de naranja con sábila incorporada. Esta bebida presentó una importante aceptación (61 %) a nivel Costa, con esto se considera un mercado apto para el ingreso de bebidas con sábila (Plúa, Martínez y Salas, 2009, p. 3). En Quito, Garrido y Ramírez (2015) desarrollaron un jugo a base de naranja, banano y una concentración de 3 % de sábila. Tuvo una vida útil de 27 días a 4 °C (p. 6)

En algunos países como China, Japón, Rusia, Estados Unidos, Jamaica e India, la sábila se utiliza la sábila como planta medicinal y se la ingiere en forma de agua aromática (Rajeswari, 2012, p. 122). En Honduras se desarrolló una bebida de sábila y naranja, a diferencia del realizado en

Ecuador es que la bebida en el caso de Honduras fue endulzado con azúcar blanca y en el Ecuador se utilizó miel. Tomando como referencia la certificación otorgada por el International Aloe Science Council para los productos que contienen sábila, se utilizó en la formulación de la bebida el 50 % de pulpa de sábila sin concentrar. La bebida terminó con 12 °Brix y un pH de 3,3. En el proceso no se evidenció el uso de tratamientos térmicos para la pasteurización, sino que se utilizó luz ultravioleta para efectuar una pasteurización en frío (Sierra, 2002, pp. 16-17)

Se presenta como bebida funcional, el trabajo realizado por Gonzáles y Sosa (2016). En el trabajo de investigación se desarrolló una bebida probiótica, se utilizó 15 % de sábila y goma Xantan como estabilizante. Se concluye que la sábila en un medio adecuado para el desarrollo de microorganismo probióticos (*Lactobacillus casei*) (pp. 85-86).

Considerando los efectos terapéuticos de la sábila y el té verde se ha estudiado el beneficio funcional que obtendría el consumidor si ingiere estos productos en la dieta. Y se determinó que la fibrosis pulmonar se alivia parcialmente al consumir 300 mg de bebida/kg de peso del enfermo (Salem, El-Eraky y Faruk, 2014, p. 1)

1.2 MORA (*Rubus glaucus Benth*)

1.2.1 ORIGEN

La mora de Castilla es nativa de América Central y Sur América, principalmente en las zonas altas de los trópicos. Este cultivo se encuentra principalmente en los países de Ecuador y Colombia. La mora se extiende en el callejón interandino, en las provincias de Tungurahua, Bolívar, Cotopaxi, Chimborazo, Pichincha, Imbabura y Carchi (Arozarena et al., 2012, p. 7463; MAGAP, 2013, p. 3).

La mora es apetecida para consumo en fresco e industrial. Constituye un recurso alimenticio apreciado por su color, jugosidad y sabor. Es una fruta de consumo diario y su demanda es alta principalmente en la costa ecuatoriana (Ayala, Valenzuela y Bohórquez, 2013, p. 11; MAGAP, 2013, p. 20).

1.2.2 TAXONOMÍA

La mora de Castilla fue descubierta por Hartw, descrita por Benth. El género *Rubus* es uno de los más amplios en el reino vegetal debido a que crecen en casi todas las regiones del mundo excepto en los desiertos. La mora de Castilla posee la siguiente taxonomía (Ramírez et al., 2008, p. 13; Martínez et al., 2007, p. 7):

Reino:	Vegetal
Clase:	Angiosperma
Subclase:	Dicotiledonea
Orden:	Rosae
Familia:	Rosaceae
Género:	Rubus
Especie:	glaucus
Nombre común:	Mora Andina o Mora de Castilla
Nombre científico:	<i>Rubus sp.</i>

1.2.3 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

El género *Rubus* abarca más de 300 especies y se encuentran en casi todo el mundo. La mora de Castilla es una planta perenne, tipo arbusto y su tallo alcanza hasta 5 metros. La raíz es profunda y puede llegar a medir más de un metro. Las hojas tienen tres folíolos de forma oval, sus bordes son aserrados y posee espinas curvas. Tanto los tallos como las hojas presentan en sus superficies un polvo blanquecino. Las flores se presentan en forma de racimos, su corola tiene unos 2,5

cm de diámetro y son de color blanco o rosado (León, 2000, p. 183; Martínez et al., 2007, p.7).

Su fruto es pequeño de color rojo o negro brillante. Es un fruto no climatérico conformado por diminutas drupas. El dulzor del fruto aumenta conforme se va madurando. Su peso va de 3 a 5 gramos, su pulpa es rojiza y posee de 100 a 120 semillas (MAGAP; 2013, p. 5; Martínez et al., 2007, p. 8).

1.2.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL

La composición química y nutricional del fruto, se muestra en la Tabla 1.4

Tabla 1.4. Composición química y nutricional de 100 g de pulpa de mora de Castilla

Factor	Valor	Factor	Valor
Ácido Ascórbico (mg)	8,00	Fósforo (mg)	10,00
Agua (g)	92,80	Hierro (mg)	1,70
Carbohidratos (g)	5,60	Niacina (mg)	0,30
Proteínas (g)	0,60	Riboflavina (mg)	0,05
Fibra (g)	0,50	Tiamina (mg)	0,02
Cenizas (g)	0,40	Fósforo (mg)	10,00
Calcio (mg)	42,00	Hierro (mg)	1,70

(Martínez et al., 2007, p. 30)

La mora es rica en minerales, vitaminas y polifenoles. Estudios realizados muestran que la mora de Castilla tiene una alta capacidad antioxidante, especialmente por la presencia de polifenoles, además la FAO (2004) menciona que la mora es una fuente natural de vitamina C y fibra (Vasco, 2008, p, 820; p. 106)

1.2.5 FACTORES AGROECOLÓGICOS Y MANEJO DEL CULTIVO

1.2.5.1 Clima y suelo

La mora se desarrolla en climas fríos, con precipitaciones de 600 a 800 mm. La mora necesita de 3 a 4 horas luz. No tolera las heladas y los vientos fuertes. La planta crece en suelos francos de textura arenosa, es importante que el suelo no este compacto mínimo un metro de profundidad. El pH del suelo debe tender a la neutralidad y una buena capacidad para retener agua (León, 2000, p. 183; MAGAP, 2013, p.6).

1.2.5.2 Propagación

El cultivo de mora se propaga por diferentes sistemas, tanto sexual como asexual. Sin embargo la reproducción asexual es la utilizada ya que se puede reproducir plantas seleccionadas con características agronómicas favorables, mayor producción y características de calidad satisfactorias (Ramírez, et al., 2008, p. 19).

- Propagación sexual.- es a partir de la semilla, las plantas tienen mayor vida productiva sin embargo es el método menos utilizado por los agricultores debido a que pocas semillas son viables, el crecimiento es lento y el cultivo se torna desuniforme (Ramírez, et al., 2008, p. 19).
- Propagación asexual.- los sistemas que más se utilizan son: el acodo y las estacas. El acodo consiste en enraizar una rama de la planta madre sin cortarla. Las estacas en cambio son ramas separadas de la planta madre, estos tallitos deben tener unos 30 cm y mínimo tres yemas (MAGAP, 2013, pp. 8-9).

1.2.5.3 Siembra y cosecha

Para la siembra de mora se recomienda una distancia entre plantas de 2 metros. Se debe trasplantar las plántulas que estén bien enraizadas. El hoyo debe estar

húmedo al momento de la siembra. Se recomienda realizar la siembra en épocas de lluvias (MAGAP, 2013, p. 10).

La cosecha se debe realizar con gran cuidado debido a que es una fruta muy susceptible al daño ya sea por compactación o por heridas ocurridas al momento de la recolección. La técnica adecuada para desprender el fruto es, arrancándola suavemente con leves movimientos. Es recomendable recolectar los frutos en la mañana, no se debe recolectar los frutos húmedos ya que son propensos a una fermentación acelerada. Para recolectar los frutos se debe utilizar canastillas plásticas de capacidad máxima de 10 kg. El ciclo de producción es de 2 a 3 meses (Betancur et al., 2014, pp. 56-57).

1.2.6 PRODUCCIÓN Y COMERCIO DE LA MORA

La demanda de mora de Castilla es de 2 kilos por familia cada semana. Es por eso que el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuaria ha puesto como prioridad la investigación de este cultivo, principalmente en el manejo del cultivo y en poscosecha. En los últimos años la superficie cultivada con mora ha crecido de 3 359 hectáreas en el 2007 a 5 247 hectáreas en el 2015 (Faostat, 2015).

La mora es una fruta no tradicional en el mercado exportable del Ecuador y se encuentra en la partida arancelaria 081020. La Figura 1.5 muestra los volúmenes de exportación de mora, los mismos que han aumentado en el tiempo (ITC, 2015). Los principales destinos de las exportaciones son Estados Unidos, España, Alemania y Holanda. Esta fruta es cotizada por estos países ya que es necesaria para la gastronomía, tanto en cadenas hoteleras, supermercados y en las mesas familiares (CICO, 2009, p. 7).

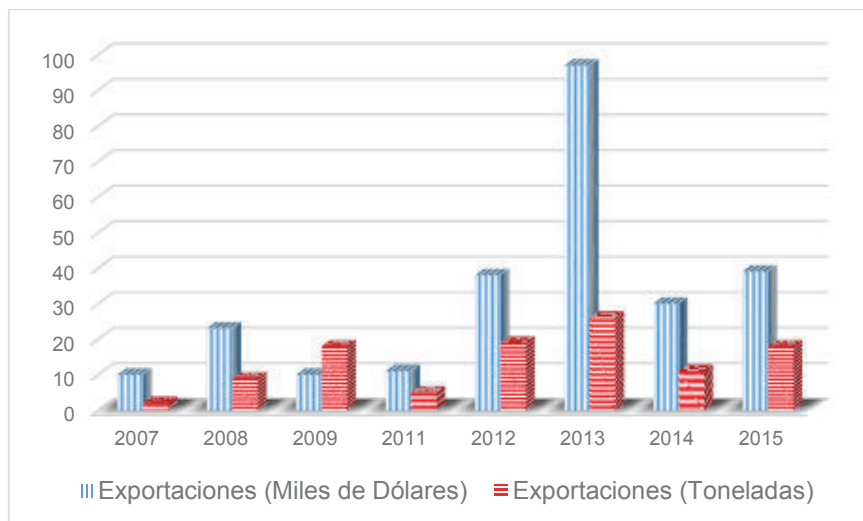


Figura 1.5. Exportaciones de mora ecuatoriana durante el período 2007-2015 (ITC, 2015)

1.2.7 INDUSTRIA DE LA MORA

Esta fruta atrae la atención de productores y consumidores a nivel mundial. Sin embargo, por ser una fruta altamente perecedera la industria procesa y comercializa la mora en presentaciones más estables como son las bebidas. Debido al aporte nutricional que brinda la mora de Castilla se han realizado estudios para no alterar esta composición. Monteiro, Viotto y Cabral (2011) propuso procesar la fruta con técnicas menos agresivas y mediante la microfiltración conservó el 46 % de las antocianinas presentes en el zumo de fruta (p. 1).

El rendimiento de la producción de jugo de mora a partir de frutas enteras en la industria es del 62 %. Dependiendo de la cantidad de mora que se añada a la bebida, en el mercado se tiene jugos, néctares y refrescos de mora. Para obtener 200 mL de jugo de mora se utiliza 279 g de fruta, para 200 mL de néctar se necesita 39 g de fruta y para los refrescos de 200 mL se utiliza 22 g de mora. El jugo de mora presenta 107 Kcal, 4,7 mg de hierro y 117 mg de calcio por cada 100 mL de jugo (Borrero, 2014, pp. 20-21).

Otra presentación en cuanto a bebidas de mora se tienen: bebidas carbonatadas y licor de fruta. Guzmán (2014) utilizó 17 % de jugo de mora clarificado e impregnó 2,24 volúmenes de CO₂ en la bebida (p. 102). Y para el licor de mora de Castilla se utilizó la pulpa en una concentración del 35 %, el mosto fermentable fue inoculado con la levadura *Saccharomyces cerevisiae* durante 20 semanas alcanzando 8,36 % de alcohol en promedio (Montoya, Londoño y Márquez, 2005, p. 2963).

En la ciudad de Quito, se desarrolló una bebida funcional utilizando el suero de leche y pulpa de mora para darle sabor. En esta bebida se utiliza alrededor del 22 % de pulpa y tuvo un tiempo de vida útil de 30 días sin conservantes. La aceptación por parte de los futuros consumidores fue muy buena debido a que el 80 % de los encuestados opinó que la bebida tenía muy buen sabor, aroma y consistencia (Loaiza, 2011, p. 22).

1.3 DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

1.3.1 DEFINICIÓN

La deshidratación osmótica es un proceso de conservación de alimentos, consiste en eliminar parcialmente el agua de los alimentos por inmersión en una solución hipertónica, como se muestra en la Figura 1.6. La presión osmótica entre el producto y la solución provoca un complejo mecanismo de transferencia de masa. Se puede describir por lo menos dos flujos simultáneos: el agua que migra desde la estructura biológica a la solución y los solutos disueltos en la solución que migran hacia el alimento. (Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado, 1996, p. 6)

La membrana celular al ser semipermeable permite la difusión del agua del alimento al medio osmótico. La cantidad y velocidad de transferencia depende de algunas variables, como el tipo de alimento que se va deshidratar, las dimensiones geométricas, la concentración de la solución, el soluto empleado y las condiciones a las que se realiza el proceso. Los alimentos que se someten a este proceso

conservan la calidad nutritiva y se presenta una mejora en cuanto a las características sensoriales que favorecen para su aceptación (López, Montes, Serna y Franco, 2002, p. 273).

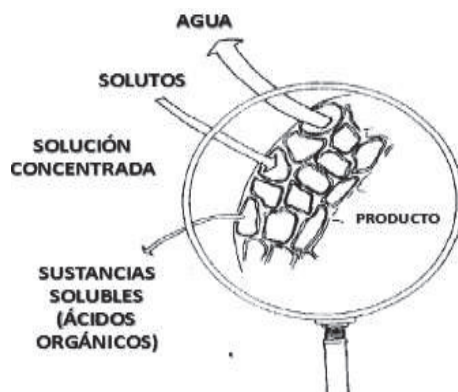


Figura 1.6. Transferencia de masa en el proceso de deshidratación osmótica (Torreggiani, 1993)

1.3.2 SOLUCIÓN OSMÓTICA

Los agentes deshidratantes más utilizados son las soluciones hipertónicas azucaradas o salinas. Los solutos más utilizados son: sacarosa, miel, jarabe de maíz, lactosa, fructosa, glucosa y cloruro de sodio. Sin embargo la selección de los solutos depende principalmente de tres factores (Arreola y Rosas, 2007, p. 44; Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado, 1996, p. 271):

- I. Características sensoriales del producto
- II. Costo del soluto
- III. Peso molecular del soluto

El soluto que se emplea principalmente en carnes y verduras es el cloruro de sodio en soluciones superiores al 10 %. Para frutas y verduras se utiliza sacarosa, lactosa o glicerol. Estos solutos reducen el pardeamiento, aumenta la retención de sustancias volátiles y mejora la textura (Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado, 1996, p. 272).

1.3.3 TRANSFERENCIA DE MATERIA

En la Figura 1.7 muestra la transferencia de materia a nivel celular, esta se produce por la permeabilidad que tiene la membrana, en el transporte transmembranario plasmalemmático (TTP) los solutos de la célula migran hacia el espacio extracelular; mientras que en el transporte transmembranario simplástico (TTS) los solutos se transfieren hacia una célula adyacente hasta llegar a los espacios extracelulares, pues es de ahí donde el agua, sales o azúcares pasan a la solución osmótica. La transferencia de materia desde la solución osmótica hacia el producto a deshidratar se produce con mecanismos semejantes a los que se dan a nivel celular pero en dirección opuesta. (Spiazzi y Mascheroni, 2001, p. 26).

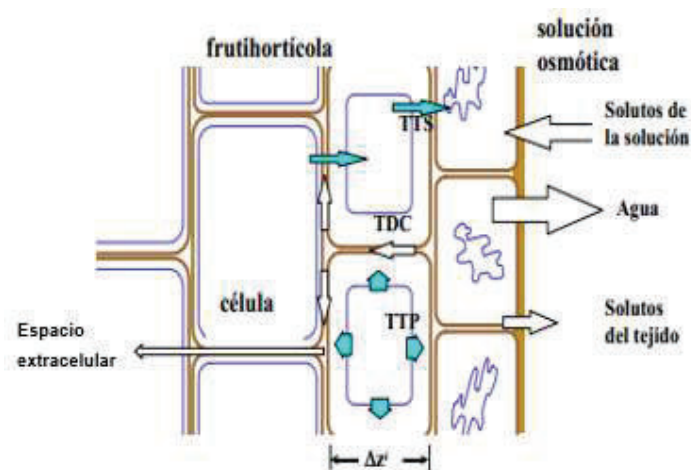


Figura 1.7. Esquema con los flujos que se presentan en la deshidratación osmótica (Spiazzi y Mascheroni, 2001, p. 25)

Los dos flujos de materia (Transporte Difusional-Convectivo, TDC) que se genera en la deshidratación osmótica: en las primeras tres horas el agua sale del producto hasta en un 60 %, el proceso se realiza con temperaturas entre 30 y 50 °C y es posible que ocurra arrastre de solutos del producto, sin embargo este flujo es despreciable al compararlo con la salida del agua. El segundo flujo se forma por el ingreso de solutos al interior del producto, es denominado impregnación y se da gracias a la diferencia de concentraciones (Parzanese, 2012, p. 3)

En la deshidratación osmótica, la cinética de transferencia de masa hace referencia a la velocidad con la que se pierde el agua del producto y la velocidad con la que se gana sólidos soluble (Maldonado, Santapaola, Singh, Torrez y Garay, 2008, p. 252).

1.3.4 FACTORES QUE SE AFECTA EL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN

Los factores a considerar en la deshidratación osmótica según Falade e Igbeka (2007) son:

- **Factores propios del alimento:** la deshidratación está ligada con las propiedades microestructurales del alimento. En las primeras horas de inmersión la porosidad tiene una influencia directa con la transferencia de masa. Los alimentos con mayor índice de madurez presentan una estructura más amplia a nivel celular, debido a esto, la tasa de transferencia de masa aumenta con respecto a los alimentos inmaduros (Galaviz et al, 2012, p. 16).
- **Tamaño del alimento:** tiene mayor importancia en tiempos osmóticos cortos pues la eliminación de agua se relaciona fuertemente con el área de contacto (p. 387).
- **Agente osmótico:** los solutos más utilizados son los hidratos de carbono (sacarosa, sorbitol, glucosa y fructosa) y las sales (Cloruro de sodio o Cloruro de calcio). Estudios han demostrado que la combinación de estos solutos mejoran la deshidratación (p. 387). Al utilizar fructosa como agente osmótico se da una mayor pérdida de humedad y se tiene un mayor incremento de sólidos en el alimento (p. 387).
- **Concentración de la solución:** la merma de agua y la ganancia de sólidos aumenta en soluciones con concentraciones osmóticas altas (Phisut, 2012, p. 10).
- **Tiempo de deshidratación:** es la variable más influyente, mientras mayor sea el tiempo de inmersión mayor es la pérdida de peso (p. 388).
- **Relación alimento/solución:** una mayor proporción solución/alimento la eliminación de agua y la absorción de soluto es mayor (p. 388).

- **Temperatura:** temperaturas altas reducen la viscosidad de la solución y la presión osmótica aumenta. Mientras mayor sea la temperatura la velocidad con la que se elimina de agua aumenta, mientras que el incremento de sólidos solubles no cambia significativamente. Sin embargo, el límite es de 49 °C, al trabajar con temperaturas que sobrepasan este límite se presenta el pardeamiento enzimático y el sabor comienza a deteriorarse (p. 388; Phisut, 2012, p. 10).

La deshidratación a temperatura ambiente presenta como ventaja la reducción de costos, pero al tener un tratamiento frío se requiere una mayor cantidad de azúcar y tanto el producto como el jarabe se vuelven susceptibles a la contaminación microbiana (pp. 388-389).

- **Agitación:** disminuye la capa que se forma alrededor del alimento y mejora la transferencia de masa. Cuando se emplea agitación, el tiempo de deshidratado es más corto comparado al proceso sin agitación; sin embargo, la diferencia es mínima. Por esto es más económico no usar agitación (p. 389).

1.3.5 TRATAMIENTOS COMBINADOS

La membrana celular, propia de cada alimento, ejerce alta resistencia a la transferencia de agua y solutos durante la deshidratación osmótica. Por esta razón se han utilizado una serie de técnicas que mejoran la velocidad de transferencia. Entre estas técnicas se tiene: escaldado, congelación, altas presiones, ultrasonido, pulsos de vacío y pulsos eléctricos (Phisut, 2012, p. 11; Falade e Igbeka, 2007, pp. 391-392).

1.3.5.1 Escaldado

El escaldado es un tratamiento térmico que consiste en exponer al alimento a temperaturas altas por tiempos cortos. El objetivo principal de este pre-tratamiento es evitar los cambios de color que se dan por las reacciones enzimáticas. Sin

embargo, esta técnica también elimina la resistencia de la membrana y permite una mejor difusión del agua (Phisut, 2012, p. 11; Falade e Igbeka, 2007, p. 391).

1.3.5.2 Congelación

Utilizar congelación como pretratamiento en la deshidratación osmótica aumenta la transferencia de agua hacia la solución y existe una mayor ganancia de sólidos hacia el producto (Phisut, 2012, p. 9). Los estudios en manzana y estrella africana muestran que el efecto favorable de la congelación se presenta en las primeras 2 o 3 horas, sin embargo Falade e Igbeka (2007) mencionan que la congelación causa fragilidad en la estructura celular y disminuye la transferencia de agua en comparación a la fruta fresca (p. 392).

1.3.5.3 Pulsos eléctricos

Es una de las técnicas no térmicas más prometedoras para acelerar el proceso de deshidratación puesto que aumenta la permeabilidad de la membrana vegetal. Los estudios en papa indican que la intensidad de campo óptimo se encuentra entre 0,9 a 2 kV/cm con 15 a 30 pulsos. Las propiedades y características del producto no se vieron afectadas con este pretratamiento (Angersbach y Knorr, 1997, p. 194)

1.3.5.4 Pulsos al vacío

La impregnación al vacío es un pretratamiento osmótico que se ha desarrollado en los últimos años. Este tratamiento logra un cambio en la composición de los alimentos gracias a los mecanismos hidrodinámicos. Este mecanismo se fundamenta en el intercambio de gas o líquido retenido en los poros abiertos de la estructura vegetal con una fase líquida externa. Con esta técnica se puede incorporar compuestos bioactivos tales como: minerales, probióticos, vitaminas e hidrocoloides. Los alimentos estudiados con esta tecnología son principalmente productos con alta

porosidad como: manzana, membrillo, fresas, pimientos, melón y albaricoque (Ursachi, Segal y Muresan, 2009, p. 316).

Las frutas y verduras tienen una gran parte de su volumen interno ocupado por gas, es por eso que este pretratamiento en la deshidratación osmótica aumenta la impregnación de azúcar y por ende mayor ganancia de sólidos solubles (Ursachi et al, 2009, p. 316; Moreno, León, Giraldo y Ríos, 2010, p. 75).

El grado de impregnación es mayor conforme aumenta la presión de vacío. La mayor impregnación según Ursachi et al. (2009) se da cuando la presión de vacío está entre los niveles de 220 a 370 mmHg (p. 318). La ganancia de sólidos es significativa durante los primeros minutos de vacío, entre los 6 y 10 minutos el valor de impregnación se encuentra en niveles del 12 % al 14 %. Los tiempos de equilibrio osmótico son más cortos cuando se combina la deshidratación con pulsos al vacío. Sin embargo, cada alimento reacciona diferente debido a que la impregnación al vacío depende de la composición y estructura del mismo (Moreno et al., 2010, p. 77).

El mecanismo que genera en la deshidratación osmótica con presiones subatmosféricas o vacío se explica en la Figura 1.8. Al inicio (A) los espacios intercelulares o poros se encuentran ocupados por gas. Debido al efecto capilar la fase líquida ingresa al producto (B). En términos totales esta fase representa 0,4%. En la tercera fase (C) ocurre una expansión del gas atrapado en los poros para equilibrar la presión del sistema y fluye hacia la solución. Al igualarse la presión del sistema ingresa nuevamente la fase líquida por capilaridad (D). Por último, al restaurar la presión del sistema se crea un gradiente de presiones. Este gradiente actúa como fuerza para comprimir el gas y llenar ese espacio con la solución exterior (E). El hecho de utilizar presiones de vacío aumenta hasta 8 veces la fracción de volumen que ingresa a los alimentos (Fito, 1994, p. 323)

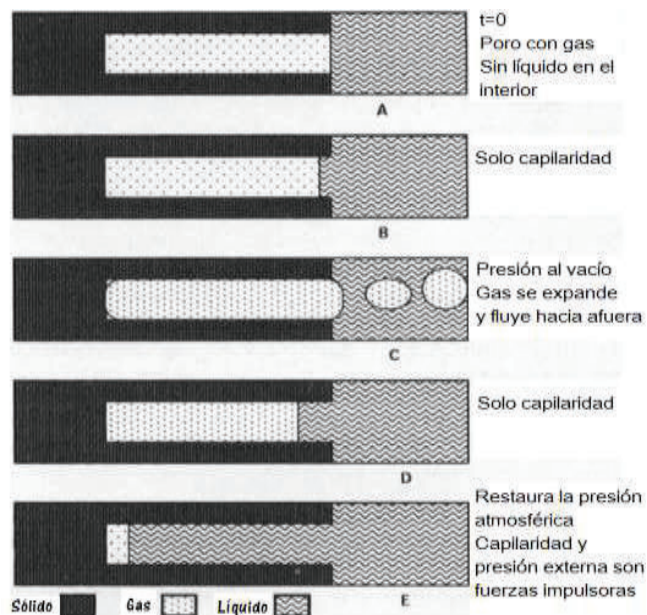


Figura 1.8. Pasos de la transferencia ideal de masa entre un alimento y la solución osmótica en condiciones de vacío (Fito, 1994, p. 323)

1.4 ALIMENTOS FUNCIONALES

En las últimas décadas la industria alimentaria ha ido evolucionando, en sus inicios el objetivo de esta industria era asegurar la productividad, años después su objetivo cambió y lo más importante para esta industria era la calidad; mientras que el objetivo actual está relacionado con el aseguramiento de la salud (Aranceta y Gil, 2010, p. 2).

Correspondiendo a este objetivo se han realizado varias investigaciones que muestran una íntima relación entre la alimentación y algunas de las enfermedades crónicas no transmisibles. Con estas investigaciones surge el concepto de alimento funcional. Aunque el concepto no esté definido por la comunidad científica, se puede definir como alimento funcional a un *alimento o componente del alimento que presenta propiedades benéficas para salud independientemente de sus propiedades nutritivas inherentes*. Estos alimentos han demostrado ser capaces de proteger al organismo de algunas enfermedades crónicas e infecciosas. Son

alimentos convencionales a los cuales se les ha añadido, incrementado o eliminado un elemento específico (Aranceta y Gil, 2010, p. 2; Rivera, Bocanegra-García y Monge, 2010, p. 159).

La tendencia a consumir alimentos con características funcionales ha ido creciendo al igual que las empresas que se dedican a la producción de estos productos. A nivel mundial estas empresas presentan una rápida expansión en el mercado. Esto se debe a que los hábitos alimentarios de los consumidores han ido cambiando, no solo buscan alimentos para satisfacer necesidades metabólicas sino que buscan que su alimentación favorezca su salud (Sedó, 2002, p. 18).

Para que un alimento sea considerado como funcional debe tener tres características:

1. Producir un efecto específico y benéfico para la salud.
2. No debe contener compuestos alergénicos.
3. No debe producir ningún tipo de riesgo para la salud

1.4.1 TIPOS DE ALIMENTOS FUNCIONALES

1.4.1.1 Alimentos funcionales naturales

Dentro de los alimentos funcionales, se encuentran los alimentos que sin haber sido modificados generan ciertos beneficios al organismo, a estos alimentos se les conoce como alimentos funcionales naturales Vázquez, Cos y López-Nomdedeu, 2005, p. 154).

En la Tabla 1.5 se muestran algunos alimentos que contienen sustancias beneficiosas de forma natural.

Tabla 1.5. Alimentos funcionales naturales

Beneficio potencial	Alimentos
Efectos favorables sobre el perfil lipídico	Manzana, mora, cebada, avena, zanahoria, champiñón, ajo y cebolla
Efecto antioxidante	Limón, manzana, arándano y ajo
Efecto antiinflamatorio	Ginseng y avena
Efecto antimicrobiano	Arándanos, ajo, cebolla y té verde
Efecto antiestrogénico	Anis, soja, hinojo y repollo

(Vázquez, Cos y López-Nomdedeu, 2005, p. 154)

En algunos alimentos de origen vegetal se presentan compuestos fenólicos. Son sustancias no energéticas que disminuyen la incidencia de enfermedades cardiovasculares, participan en las reacciones celulares de óxido-reducción y modula la actividad enzimática en diferentes procesos celulares (Quiñones, Miguel y Aleixandre, 2012, p. 77).

La estructura molecular de los polifenoles se caracteriza por la presencia de anillos fenólicos. Se originan en las plantas como producto de su metabolismo secundario, participan en funciones fisiológicas y de defensa ante estrés hídrico o luminoso. Los principales grupos de polifenoles son los derivados del ácido hidroxibenzoico (ácido gálico, estilbenos y alcoholes fenólicos) y del ácido hidroxicinámico (ácido p-Cumárico, lignanos y flavonoides) (Quiñones et al., 2012, p. 77).

La cantidad asociada al efecto funcional de los polifenoles no ha sido estudiada en humanos, sin embargo, en ratas se ha establecido que se necesita de 5 a 50 mg/kg para que el efecto biológico sea efectivo. En varias investigaciones estos compuestos se asocian a la reducción de enfermedades coronarias y cardiovasculares, disminuye la probabilidad de ciertos tipos de cáncer, mejora el perfil lipídico, y tienen funciones antihipertensora, antitrombótico y antiinflamatoria (Aguilera et al, 2007, p. 175; Quiñones et al., 2012, p. 77).

1.4.1.2 Alimentos funcionales modificados

Estos alimentos han sido modificados en su composición original, según la naturaleza del producto se elimina, añade, incrementa o reduce de forma total o parcial algún un componente (Aranceta y Gil, 2010, p. 6).

- **Alimentos modificados por eliminación.**- son productos dietéticos elaborados para personan que sufren algún tipo de enfermedad o presenta alteraciones genéticas o metabólicas. Por ejemplo para las personas celíacas se han desarrollado productos sin gluten, para sectores concretos existen alimentos sin lactosa, alimentos bajos en sal o con ausencia total de sal, existen alimentos carentes en colesterol y grasas saturadas, para las personas diabéticas se tiene en el mercado alimentos sin azúcar y por últimos existe alimentos bajos en energía o los denominados productos light (Aranceta y Gil, 2010, p. 7).
- **Alimentos modificados por adición.**- a estos productos se les adiciona uno o varios componentes que benefician a la salud del consumidor. Los compuestos que son adicionados a los alimentos son: nutrientes esenciales, probióticos, fibra alimentaria, prebióticos, antioxidantes, fitoesteroles y polifenoles (Aranceta y Gil, 2010, p. 8).

Los *nutrientes esenciales* que en generalmente son añadidos a los alimentos son: vitaminas (A; D; E; K; C; B), proteínas (caseína de la leche y albúmina de huevo) y ácidos grasos insaturados (Omega-3 y Omega-9). Los microorganismos vivos o *probióticos* tiene numerosos beneficios para el consumidor. Generalmente se añaden bacterias a las leches fermentadas o bebidas lácteas. Los microorganismos utilizados deben sobrevivir al paso del tracto digestivo. Las bacterias más utilizadas son las del género: *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* (Sedó, 2001, p. 18). Las fibras dietéticas o *prebióticos* suplen los requerimientos nutritivos de los microorganismos probióticos y promueven el crecimiento de las bacterias presentes en el colon (Aranceta y Gil, 2010, p. 10).

1.4.2 BENEFICIOS DE LOS ALIMENTOS FUNCIONALES

1.4.2.1 Defensa contra el estrés oxidativo

Esta función se le atribuye principalmente a los polifenoles y vitaminas A, E y C. Estas vitaminas participan en la eliminación de radicales libre, protege a las células del daño oxidativo e inhibe la peroxidación lipídica. Los alimentos que se destacan en este grupo son: el aceite de oliva, frutos secos, trigo y ciertas bebidas (Vitamina E), los cítricos, pimientos y tomates poseen vitamina C; y las zanahorias, calabazas, mangos ricos en beta-carotenos (Vázquez, Cos y López-Nomdedeu, 2005, p. 155).

1.4.2.2 Función digestiva

En este sentido encontramos a los probióticos y prebióticos. Los probióticos interaccionan e inducen distintas actividades biológicas a las bacterias que se encuentran a nivel intestinal. Por ejemplo las bacterias ácido lácticas disminuye: la intolerancia a la lactosa, reducen la presencia de diarreas infecciosas y baja la probabilidad de padecer cáncer de colon (Vázquez et al., 2005, p. 154).

1.4.2.3 Función cardioprotectora

El colesterol LDL se deposita en la superficie de los vasos sanguíneos y el riesgo de una enfermedad cardíaca aumenta. El consumo de fibra o fitoesteroles reducen la absorción de colesterol. La fibra se encuentra en las legumbres, cereales y frutas. A diferencia del colesterol, la fibra no se sintetiza en el organismo por lo que su absorción es mínima. Los fitoesteroles compiten con el colesterol ya que ocupan su lugar en la solubilización de las micelas y esto reduce la absorción del colesterol (Vázquez, Cos y López-Nomdedeu, 2005, p. 157).

1.4.2.4 Crecimiento y desarrollo

Los alimentos funcionales que actúan favorablemente durante el embarazo, el desarrollo fetal, la lactancia y el periodo infantil son los productos que contienen hierro, yodo, ácido fólico, ácidos grasos y vitaminas. La alimentación temprana es la responsable del crecimiento normal, funciones biológicas óptimas y sistema inmune fortalecido (Aguilera et al., 2007, p. 42).

Martínez et al. (2003) menciona que las enfermedades que se expresan en los genes del individuo, están influenciadas por ciertos componentes alimentarios como son: ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), hierro, zinc y yodo (p. 25).

1.4.2.5 Metabolismo de sustancias

En relación con algunas enfermedades crónicas como la obesidad y la diabetes, se han desarrollado alimentos que benefician los procesos metabólicos y regulan el nivel de glucosa en el torrente sanguíneo. Algunos ejemplos son los alimentos con contenido bajo de azúcares y grasas, alimentos enriquecidos con omega-3 y la fibra dietética (Aguilera et al., 2007, p. 43).

1.4.2.6 Función cognitiva

Las enfermedades como el Alzheimer y el Parkinson son consecuencias del deterioro neuronal. Aunque estas enfermedades están relacionados con la edad, estudios han mostrado que el estrés oxidativo y lesiones inflamatorias aumentan la susceptibilidad a este tipo de deterioro en la función cognitiva (Guzmán, 2009, p. 12). Por lo mencionado anteriormente Vázquez et al. (2005), menciona que una alimentación rica en ácidos grasos poliinsaturados, antioxidantes y vitamina B tiene un efecto protector sobre la función cognitiva (p. 158).

2 PARTE EXPERIMENTAL

MATERIA PRIMA

La sábila, *Aloe vera L.*, se adquirió a través de un distribuidor directo en la provincia de Imbabura. Las hojas de sábila fueron almacenadas a 4 °C en la cámara de refrigeración en el DECAB (Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología) de la Escuela Politécnica Nacional.

Se realizaron compras semanales de aproximadamente 20 kg, con un total de 160 kg de sábila. Como etapa preliminar para obtener la pulpa de sábila, se realizaron los análisis de calidad de las hojas. El almacenamiento de la pulpa se realizó en recipientes de 250 g, a una temperatura de 4 °C.

La mora de Castilla se adquirió en canastos de 9 kg en el cantón Píllaro, provincia Tungurahua.

La fructuosa (POLY FRUIT) empleada para la deshidratación osmótica fue adquirida en Lupasa en la ciudad de Quito. Como aditivos se utilizó cloruro de calcio, ácido cítrico y el sorbato de potasio los mismos que fueron adquiridos en Hinojosa & Herrera Químicos y la Casa de los Químicos ubicadas en Quito.

En el proceso se utilizó estabilizante (Obsigel G50) y se añadió al jugo según las recomendaciones del proveedor, el producto se adquirió en la empresa Obsidián. Finalmente el jugo se embotelló en envases PET de 280 mL adquiridos en la empresa Delta Plastic, ubicada en Quito

EQUIPOS

- Balanza digital electrónica
- Balanza analítica marca Metler Toledo, modelo AG-204, 210 g ± 0,1 mg
- Calibrador marca Mc Cormick Fruit Tech, 15 mm ± 0,1 mm

- Flexómetro, Stanley, 5 m \pm 0,1 mm
- Colorímetro Minolta CR-200
- Mini procesador, UMCO, 350 mL
- Refractómetro digital marca Milwaukee, modelo MA871
- Freidora al vacío
- Baño Termostático, marca Magni Whirt, modelo 1120A 1, 100 °C \pm 1 °C
- Despulpadora, modelo Baldor Electric, 1,5 HP de potencia, 1725 rpm
- Agitador ultrasonido marca Branson, modelo 3210
- Espectrofotómetro, marca Hewlett Packard
- Envasador aséptico manual
- Estufa marca Lab-Line Instrumentsinc, modelo Imperil 31.05
- Estufa marca Precisión Scientific, modelo Thelco 6
- Autoclave vertical, marca Trident Medical, modelo EA-632

SISTEMA DE IMPREGNACIÓN AL VACÍO

Para el sistema de impregnación al vacío se utilizó una freidora con Voltaje de 220 V, capacidad de 15 L y una presión de 526 mm Hg

La presión de vacío se controló con un manómetro ubicado en la parte externa de la freidora, la presión se reguló (300 mmHg) con ayuda de la válvula de control de vacío que se encuentra en la parte posterior junto a la bomba de vacío.

El sistema de impregnación al vacío consistió en una cámara con un recipiente cilíndrico para colocar la solución osmótica. Esta solución se calentó con una placa eléctrica calefactora, la temperatura se midió con la termocupla y el valor de la temperatura se mostró en el medidor digital del tablero de control. La sábila se colocó en el portamuestra que está unido a la tapa de la cámara de vacío. Cuando

la impregnación al vacío acabó, se encendió el motor de la centrifuga con el fin de eliminar el exceso de solución que se encontraba en la muestra.

DESHIDRATADOR OSMÓTICO

La deshidratación osmótica se realizó en un baño termostático como se muestra en la Figura 2.1. El baño termostático (1) se mantuvo con temperatura constante de 30 °C y con agitación durante el proceso de deshidratación.

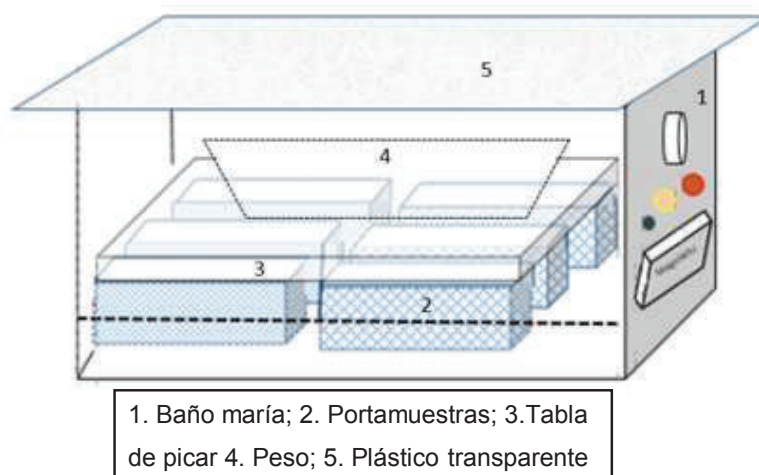


Figura 2.1. Esquema del sistema de deshidratación osmótica

En el baño termostático se introdujeron 6 portamuestras (2) de 20 × 13 × 3 cm, que contenían la sábila para deshidratar. Se cubrió la sábila (3) y sobre la tapa se colocó un peso (4) para mantener a las cestas sumergidas en la solución osmótica. El equipo se cubrió con una lámina de plástico transparente (5) para evitar las fugas de agua por evaporación.

El protocolo para la preparación de la solución osmótica se muestra en el Anexo I

2.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE LA PULPA DE SÁBILA (*Aloe vera L.*) Y PULPA DE MORA (*Rubus glaucus Benth*)

2.1.1 SÁBILA (*Aloe vera L.*) Y MORA (*Rubus glaucus Benth*)

La sábila y la mora fueron adquiridas en grado de madurez organoléptica. Se analizaron los siguientes parámetros. La mora se seleccionó en conformidad a la norma INEN 2427 (2010) y de acuerdo a la norma CODEX STAN 185: Norma para el nopal (1993), se procedió a seleccionar las hojas de sábila. Con la materia prima seleccionada se determinó los siguientes parámetros:

2.1.1.1 Métodos físicos

- El peso se registró mediante una balanza electrónica con precisión de 0,01 g.
- La longitud se midió con una regla graduada, con precisión de 0,1 cm.
- La firmeza se determinó con un penetrómetro manual (Fruit Firmness Tester), con diámetro del punzón de 3 mm y los resultados se reportaron en N.
- El color se estimó con el colorímetro (MINOLTA, modelo CR-200), los resultados se expresaron en coordenadas absolutas L^*ab y mediante la fórmula [2.1] se determinó la variación de color (ΔE). Con los valores de las coordenadas L , a y b se obtuvo el color medido mediante el programa EASYRGB.

$$\Delta E = \sqrt{(a_{final} - a_{inicial})^2 + (b_{final} - b_{inicial})^2 + (L_{final} - L_{inicial})^2} \quad [2.1]$$

2.1.1.2 Métodos físico-químicos y químicos

- Los sólidos solubles se cuantificaron con un refractómetro (Milwaukee, modelo MA871), según el método AOAC 932.12 (2005). Los resultados se reportaron en °Brix.

- La acidez titulable se determinó empleando el método AOAC 942.15 (2005). Los resultados se expresaron como g de ácido cítrico monohidrato en 100 g de muestra.
- El pH se evaluó con un pH-metro en base al método AOAC 982.12 (2005). Se efectuó dos repeticiones.
- La fibra cruda se determinó con el método ICC 113:1972 para productos alimenticios agrícolas.
- Se cuantificó por absorción atómica los siguientes elementos: Na, K, Ca, Mg, Fe, Se y Cr.
- El contenido de vitamina C se determinó mediante el método de HPLC descrito en el método AOAC 985.33 (2005)
- La vitamina B₁ se determinó mediante el procedimiento propuesto por Yoshida et al. (2012) en el cual la vitamina se cuantifica por HPLC (p. 2388)
- La cuantificación de β -carotenos se realizó directamente por HPLC (Kimura y Rodríguez, 2002, p. 391)
- El procedimiento que se siguió para determinar los polifenoles fue el propuesto por Georgé, Brat, Alter y Aminot (2005). Este método consistió en pesar 3 g de jugo o pulpa, se adicionó 7 mL de acetona pura, se agitó durante 10 minutos. Este extracto se homogenizó en baño ultrasónico durante 10 minutos y nuevamente se llevó al agitador por 2 minutos. El extracto (muestra-acetona) se filtró, se adicionó 2 mL de acetona para enjuagar la muestra, se agitó por 5 minutos. Finalmente se filtró y a la solución resultante se le llamó extracto cetónico.

La curva de calibración se realizó con 5 estándares de ácido gálico (SIGMA ALDRICH) en concentraciones de 10 a 100 ppm. Para obtener el extracto de Vitamina C se hace pasar el extracto cetónico por los cartuchos OASIS.

Para analizar las muestras se tomó 500 μ l del extracto cetónico y 500 μ l del extracto de vitamina C.

Las muestras, los estándares y los blancos siguieron el mismo protocolo, se agregó 2,5 mL de Folin-Ciocalteu's al 10 % v/v, y se agitó en el vortex. Después

de 2 minutos, se agregó 2mL de carbonato de sodio (75 g/l) y se colocó en el baño maría a 50 °C durante 15 min.

Para detener la reacción los tubos se enfriaron en agua helada y se procedió a la lectura de absorbancia a 760 nm. Los resultados se reportaron en mg de ácido gálico por cada 100 g de muestra (mg ác. gálico/100g de pulpa) (p. 1370).

2.2 DEFINICIÓN DE LAS MEJORES CONDICIONES DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE LA PULPA DE SÁBILA

2.2.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para definir las mejores condiciones de deshidratación se utilizó un diseño 3³, como se detallan en la Tabla 2.1. Los factores a considerar fueron: concentración de la solución osmótica, tiempo de impregnación al vacío y tiempo de deshidratación osmótica.

La concentración de la solución se varió en tres niveles: 50, 60 y 70 °Brix. Para la solución se utilizó fructosa como soluto, se le adicionó ácido cítrico (1 g/L) como antioxidante y cloruro de calcio (1 %) para mejorar la textura. Los trozos de sábila se añadieron a la solución osmótica, en una relación fruta:solución osmótica de 1:4 (García-Segovia, Mognetti, Andrés-Bello y Martínez-Monzó, 2010, p. 154).

Los ensayos se realizaron con tiempos de vacío de 5, 10 y 15 minutos; la presión fue de 300 mmHg durante todo el ensayo (Castelló, 2007, p. 29). El tiempo de deshidratado después de recibir los pulsos al vacío fue de 3, 5 y 7 horas, con agitación constante.

Tabla 2.1. Corridas experimentales del diseño 3³

Tratamientos	FACTORES		
	Concentración de la solución osmótica (°Brix)	Tiempo de impregnación al vacío (min)	Tiempo de deshidratación osmótica (h)
T1	50	5	3
T2			5
T3			7
T4		10	3
T5			5
T6			7
T7		15	3
T8			5
T9			7
T10	60	5	3
T11			5
T12			7
T13		10	3
T14			5
T15			7
T16		15	3
T17			5
T18			7
T19	70	5	3
T20			5
T21			7
T22		10	3
T23			5
T24			7
T25		15	3
T26			5
T27			7

2.2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Para obtener los trozos deshidratados de sábila se utilizó el proceso descrito en el diagrama de bloques mostrado en la Figura 2.2

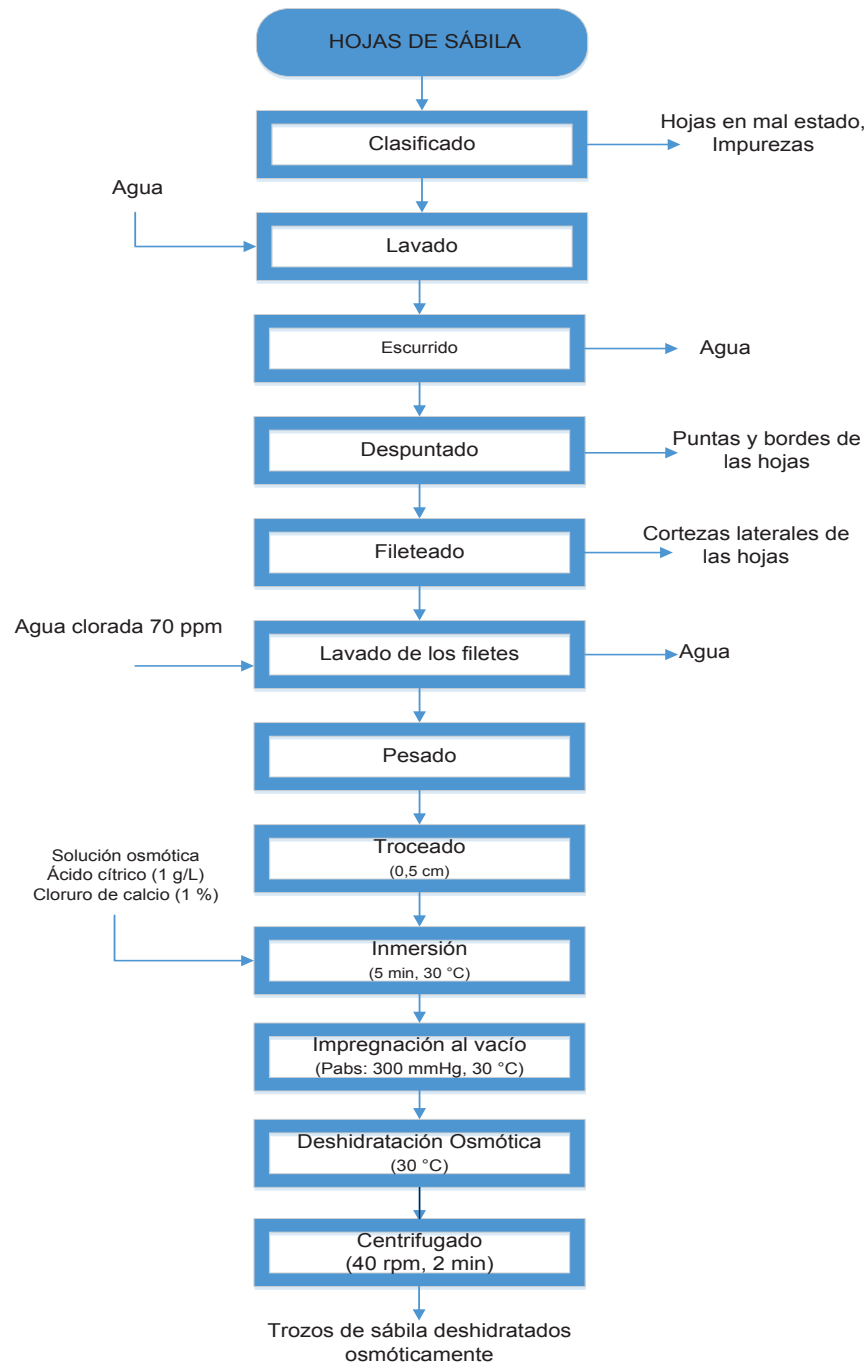


Figura 2.2. Proceso de la deshidratación de trozos de sábila

En esta fase se inició con la clasificación y lavado de las hojas de sábila. Las hojas seleccionadas se despuntaron y se quitaron los bordes espinosos, seguido a esto se retiró la corteza evitando dejar la aloína en la pulpa. El filete obtenido se lavó con agua clorada (70 ppm) y se procedió a trocear la pulpa en pedazos de 0,5 cm aproximadamente.

Se colocó 400 g de trozos de sábila en el portamuestras de la freidora al vacío y se sumergió por 5 minutos en la solución osmótica que contenía ácido cítrico (1 g/L) y cloruro de calcio (1 %). Después de esto se procedió a impregnar al vacío a una presión absoluta de 300 mm Hg.

Después del tiempo de vacío los trozos de sábila se deshidrataron osmóticamente dentro de la solución por el tiempo establecido en el diseño experimental. Una vez finalizado el tiempo osmótico se centrifugó la muestra para remover la solución osmótica en exceso, las condiciones para el centrifugado fue de 40 rpm por 2 minutos.

Después de la impregnación al vacío y a las 3, 5 y 7 horas de deshidratado se tomaron muestras para medir los sólidos solubles, textura y color con los métodos indicados en el apartado 2.2.1

2.3 DEFINICIÓN DEL PORCENTAJE DE ADICIÓN DE SÁBILA AL JUGO DE MORA

La bebida se elaboró a partir de pulpa de mora en una relación agua:pulpa de 3:1 (INEN 2337, 2008), se ajustó la cantidad de sólidos solubles a 12 °Brix utilizando una solución edulcorante de 50 °Brix conformada por 50 % de sacarosa y 50 % estevia (*Stevia rebaudiana*) a fin de disminuir los niveles de azúcar (sacarosa) en el producto final. El proceso que se siguió se muestra en la Figura 2.3.

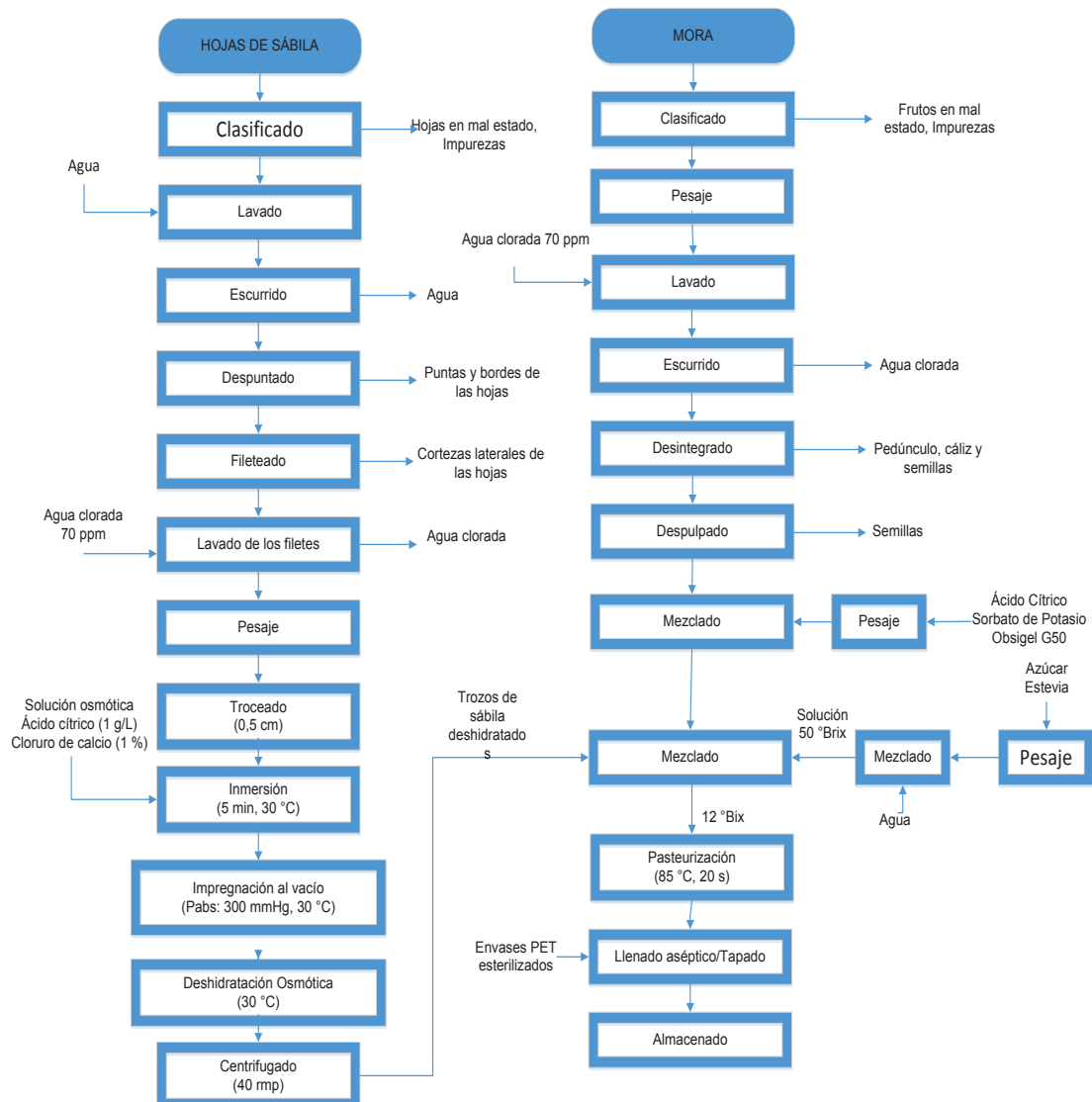


Figura 2.3. Proceso para la elaboración de la bebida de mora con trozos deshidratados

La sábila deshidratada con las mejores condiciones se añadió al jugo en proporciones del 10 %, 15 % y 20 %. La bebida se sometió al proceso de pasteurización (85 °C y 20 s) y posteriormente fue envasado. La unidad de envasado se encuentra en la Planta Piloto del Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología (DECAB). Los envases fueron esterilizados con anticipación en el irradiador de electrones de la Escuela Politécnica Nacional del Departamento de Ciencias Nucleares con una dosis de irradiación de 25 KGy.

2.3.1 ANÁLISIS SENSORIAL

En el análisis sensorial se compararon tres formulaciones, variando el porcentaje de adición de sábila en el jugo (10 %, 15 % y 20 %). Se evaluó la calidad del producto, calificando la fluidez, cantidad de sólidos en suspensión, dureza, intensidad de sabor a fruta natural y presencia de sabores extraños mediante una escala continua. Los 12 panelistas fueron semi entrenados y el formato que se entregó se muestra en el Anexo II.

Una vez seleccionada la cantidad de sábila, la muestra fue entregada a 120 consumidores. Se evaluó la fluidez, dureza, intensidad de sabor, apariencia y preferencia. El formato que se entregó a cada consumidor potencial se muestra en el Anexo III.

Los resultados se analizaron con el programa estadístico STATGRAPHICS CENTURION XVI, mediante un análisis de varianza ANOVA con 95 % de confianza seguido de un test LSD.

2.4 EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL PRODUCTO FINAL

Con la formulación seleccionada se evaluó la estabilidad del jugo en botellas de PET de 280 mL. Los jugos de mora con trozos de sábila fueron almacenadas en tres diferente condiciones:

- I. Estufa: 25 °C, con una humedad relativa del 60 %
- II. Ambiente: 20 °C, con una humedad relativa del 60 %
- III. Refrigeración: 4 °C, con una humedad relativa del 80 %

2.4.1 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y QUÍMICO

El estudio se realizó en un lapso 60 días. En el día 0, 15, 45 y 60 se analizaron el pH, °Brix, acidez titulable y polifenoles según los métodos descritos en la sección 2.2.1.2. También se realizaron los análisis microbiológicos y el análisis sensorial.

2.4.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Se tomó una muestra de 25 g de la bebida en cada una las condiciones de almacenamiento. Los análisis microbiológicos se realizaron los días 0, 15, 45 y 60.

Se realizó el conteo de hongos y levaduras según el método AOAC 997.02. Las placas se incubaron durante 5 días a 25 °C en la estufa Precisión Scientific. El recuento de coliformes y *E. coli* se realizó mediante el método AOAC 991.14. Las placas se incubaron durante 48 horas con una temperatura de 30 °C. El recuento de aerobios totales se realizó mediante el método AOAC 990.12. Las placas se incubaron con una temperatura de 30 °C durante 24 horas. Estas placas se incubaron en la estufa Lab-Line Instrumentsinc.

2.4.3 ANÁLISIS SENSORIAL

Se evaluó los cambios que tuvo la bebida considerando el tiempo y temperaturas de almacenamientos. Los atributos analizados fueron la apariencia, color y aroma

Se entregaron 3 muestras a cada uno de los 12 panelistas semi entrenados. La muestra fue de 100 mL por cada temperatura de almacenamiento. Las muestras fueron codificadas de manera aleatoria con tres dígitos. El análisis se realizó en el día 0, 30 y 60. Para calificar cada atributo se utilizó una escala continua como se muestra en el Anexo IV

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE LA PULPA DE SÁBILA (*Aloe vera L.*) Y PULPA DE MORA (*Rubus glaucus Benth*)

3.1.1 ANÁLISIS FÍSICO

Para los análisis físicos se utilizaron 10 hojas de sábila, las mismas que se lavaron con agua corriente, se dejó secar y se procedió a cuantificar el peso, la longitud y el color. Para la firmeza se determinó en la pulpa.

En la Tabla 3.1 se presentan los resultados obtenidos en los análisis físicos para las hojas de sábila (*Aloe vera L.*)

Tabla 3.1. Análisis físicos de la hoja de sábila (*Aloe vera L.*)

Parámetro	n	Resultado*
Peso (kg)	10	0,58 ± 0,12
Longitud (m)	10	0,45 ± 0,08
Firmeza (N)**	20	0,57 ± 0,15
Color externo	L	44,86 ± 2,45
	a	-17,08 ± 1,61
	b	21,08 ± 2,69

* $\bar{x} \pm \sigma$: promedio \pm desviación estándar, n: número de repeticiones,

**El análisis se realizó en la pulpa

En cuanto a los parámetros físicos Rodríguez et al. (2007) mencionan que la industrialización de las hojas de sábila se realiza cuando estas tienen de 30 a 50 cm de largo. En la Tabla 3.1 se puede observar que el tamaño de las hojas utilizadas en la presente investigación cumple con este parámetro, pues se encuentran cerca del límite superior de las recomendaciones (p. 49; Chandegara y Varshney, 2013, p. 493).

Otro parámetro que se toma en cuenta tanto para la cosecha como para la industrialización es el peso. Las hojas deben tener un peso de 400 g para que el índice de conversión de hoja fresca a gel sea de 40 % a 50 % (Rodríguez et al., 2007, p. 47). En este caso las hojas utilizadas sobrepasan este requerimiento en un promedio de 130 g. Esto se puede atribuir al tiempo de cosecha ya que el peso de la hoja aumenta proporcional al tiempo de cosecha; Chandegara y Varshney (2013) recomiendan esperar de 6 a 8 semanas entre cada cosecha (p. 493).

La hoja fresca presenta un color verde oliva de acuerdo a las coordenadas L*ab determinadas con el colorímetro. Este color es propio en las especies de los aloes pues se presentan de color verde blanquecino hasta color verde ceniza (Cruz, 2005, p. 23). El color resultante con el programa EASYRGB se muestra en el Anexo V.

Se puede observar en la Tabla 3.2 los resultados de la caracterización de la mora

Tabla 3.2. Análisis físicos de la mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth.*)

Parámetro	n	Resultado*	
Peso (g)	25	5,08 ± 1,22	
Longitud (cm)	25	2,04 ± 0,28	
Firmeza (N)	25	3,00 ± 0,17	
Color**	L	4	28,38 ± 0,48
	a	4	11,60 ± 0,36
	b	4	5,65 ± 0,05

* $\bar{x} \pm \sigma$: promedio \pm desviación estándar, n: número de repeticiones

**Parámetro medido en la Pulpa

Para la mora se tomó como referencia la norma NTE INEN 2427:2010: Frutas frescas. Mora. Requisitos.; y de los resultados reportados en la Tabla 3.2 se puede concluir que la fruta tiene un calibre mediano con grado de calidad II. La fruta presenta un estado de madurez sensorial 4 según su color externo. Además el color obtenido con las coordenadas L*ab para la mora es rojo negruzco y se muestra en el Anexo V.

Según Grijalba et al. (2010) el peso de los frutos es de 7,5 a 8,0 g, sin embargo; el peso promedio obtenido en esta investigación fue menor al reportado en bibliografía (p. 37). Esto se debe a que el cultivo se encuentra en Píllaro-Ambato (10 °C) y en temperaturas bajas (10 – 12 °C) los frutos de mora suelen ser más pequeños ya que no hay suficiente calor que permita un mayor desarrollo (INAMHI, 2016).

3.1.2 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y QUÍMICO

Los resultados obtenidos en la caracterización físico-química y química de la pulpa de sábila muestran en las Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Caracterización físico-química y química de la pulpa de sábila

Parámetro	n	Resultado*	
Contenido de agua (%)	4	98,97 ± 0,20	
Sólidos solubles (°Brix)	4	1,03 ± 0,21	
Acidez (g ác. cítrico/g PF)	4	2,02 ± 0,35	
pH	4	4,59 ± 0,21	
Fibra cruda (%)	2	0,09 ± 0,00	
Minerales (ppm)	Na	2	34,88 ± 0,00
	K	2	631,19 ± 0,00
	Ca	2	968,69 ± 0,00
	Mg	2	106,19 ± 0,00
	Fe	2	1,56 ± 0,00
	Se**	2	20,0 ± 0,00
	Cr	2	0,19 ± 0,00
Vitamina C (mg/100g PF)	3	ND	
Vitamina B ₁ (mg/kg PF)	3	0,02 ± 0,00	
β-carotenos (mg/100g PF)	3	ND	
Polifenoles totales (mg/kg PF) ¹	3	150,64 ± 26,18	

* $\bar{x} \pm \sigma$: promedio ± desviación estándar, n: número de repeticiones, **Se = µg/kg PF, PF: Pulpa fresca, ND: Bajo el límite de detección, ¹ Polifenoles = mg ác. gálico/100g PF

Los análisis de la sábila se realizaron con muestras de pulpa fresca. Los sólidos solubles mostrados en la Tabla 3.3 coinciden con el valor reportado por Macías et al. (2007) que muestran como promedio para la sábila 1,14 °Brix (p. 45). Este parámetro indica de manera indirecta el dulzor del producto y al tener una relativamente baja cantidad de sólidos solubles se puede estimar que es un producto insípido al gusto (Verheye, 2010, p. 258).

El valor de pH se encuentra de acuerdo al reportado en el estudio de Boudreau y Frederick (2006) ya que ellos mencionan que el pH de la sábila se encuentra en un rango de 4,4 a 4,7 (p. 108). Este pH favorece al crecimiento de hongos y levaduras por lo que es indispensable aplicar métodos de conservación que impidan el crecimiento microbiano (Montoya, 2008, p. 160).

El contenido de fibra cruda de la sábila se encuentra relacionada con la pureza del gel. Si se tiene altos contenidos de fibra se recomienda implementar métodos de filtrado para obtener una pulpa pura. Chandegara y Varshney (2013) mencionan que el contenido promedio de fibra debe estar entre 0,07 y 0,09 %, por lo tanto concluimos que la pulpa se encuentra en el límite aceptable para procesar sin operaciones unitarias extras (p. 501).

Con los resultados obtenidos se evidencia que la sábila aporta minerales como calcio, potasio y magnesio. Estos datos difieren con bibliografía, puesto que son más altos que los reportados por Bergfeld et al, (2007); estas diferencias se presentan ya que el contenido mineral depende del manejo agronómico (fertilización y riego), condiciones climáticas y estado de madurez de las planta (p. 8)

Según la FAO (2004) la dosis de calcio requerida en niños y adultos está ente 500 y 1300 mg diarios, la deficiencia de este mineral provoca alteraciones en el sistema óseo. Considerando que el calcio de origen vegetal se absorbe en menor proporción que el calcio de origen animal se puede decir que el consumo de 100 g de pulpa de sábila cubre en un 19 % la dosis diaria requerida en niños y para los adultos en un 7 % (p. 59)

El potasio es otro macromineral que se encuentra en concentraciones altas en la sábila. Este resultado se potencializa en esta investigación debido a la combinación que se realiza con la mora de Castilla la cual es una fruta con concentraciones superiores a los 1500 mg de K/100g (Farinango, 2010, p.80)

La vitamina C no se detectó en la muestra analizada, sin embargo otros estudios indican que la sábila contiene 126,37 mg vitamina C/100 g de muestra o 84,47 mg vitamina C/100 g de muestra (Vega-Gálvez et al, 2011, p. 1062; Saberian, Hamidi-Esfahani y Abbasi, 2013, p. 179). Esto se podría atribuir a variaciones en el método utilizado o a los factores precosecha en los que se desarrolla la sábila. Entre los factores que afectan al contenido nutricional se tiene a la temperatura, intensidad de luz, tipo de suelo, riego y fertirrigación (Gil, Allende y Martínez-Sanchez, 2007, p. 716).

Los polifenoles totales en la sábila son de 150,64 mg Ác. Gálico/100g de pulpa. Este contenido de polifenoles se considera semejante al contenido de otras plantas medicinales como es el toronjil (126 mg ác. gálico/100g), hierbabuena (94 mg ác. gálico/100g) y la valeriana (178 mg ác. gálico/100g) (Zheng, Shiw y Wang, 2001, p. 5166).

El nopal es un alimento representativo de México y es semejante a la sábila. Según lo mencionado por Flores-Álvarez et al (2011), la cantidad de compuestos fenólicos varían entre 137,22 y 185,85 mg ác. gálico/100 g de pulpa. El resultado obtenido en esta investigación se ubicó dentro del rango dicho anteriormente (p. 89).

En la Tabla 3.4 se indican los resultados de los análisis físico-químicos y químicos de la pulpa de mora. El valor de acidez obtenido (1,52 g ác. cítrico/100 g de pulpa) es más alto a los reportados por otros autores: Guzmán (2014) midió una acidez de 1,72 g de ác. cítrico/100 g de pulpa (p. 82) y Farinango (2010) de 2,30 g ác. cítrico/100 g de pulpa (p. 68). Este parámetro al igual que el índice de madurez y los sólidos solubles entra en las especificaciones descritas en la norma INEN 2427. Para que la mora se pueda consumir es necesario que tenga un valor mínimo de 9 °Brix, parámetro que se cumple tan solo con 7% de holgura. Esto puede ser por

deficiencias en el cultivo debido a que los sólidos solubles totales dependen del rendimiento de asimilación a nivel foliar, la relación hoja/fruto y las condiciones climáticas (Del Pilar, Ficher y Corredor, 2007, p. 92).

Tabla 3.4. Caracterización físico-química y química de la mora de Castilla

Parámetro	n	Resultado*
Sólidos solubles (°Brix)	4	9,65 ± 0,45
Acidez titulable (g ác. cítrico/100 g de pulpa)	4	1,52 ± 0,51
pH	4	2,88 ± 0,03
Índice de Madurez (°Brix/Acidez titulable)	4	6,34 ± 0,88
Vitamina C mg/100 g PF	3	12,71 ± 0,14
Polifenoles totales (mg ác. gálico/100g PF)	3	978,53 ± 27,02

* $\bar{x} \pm \sigma$: promedio \pm desviación estándar, n: número de repeticiones
PF = Pulpa fresca

El pH bajo de la fruta (2,88) permite que la vida útil sea prolongada debido a que este parámetro tiene una influencia directa en la supervivencia y crecimiento de los microorganismos. Es decir en pH bajos el crecimiento microbiano es escaso o se aletarga. Sin embargo se debe tener en cuenta que las levaduras se desarrollan en pH bajos (Andino y Castillo, 2010, p. 21)

La mora no es una fuente rica de muchas vitaminas pero si aporta una buena cantidad de vitamina C o ácido ascórbico. Galvis (2003) indica que la mora aporta 15 mg por cada 100 gramos de pulpa, valor que se asemeja al obtenido en esta investigación (12,71 mg / 100 g pulpa) (pp. 19-20)

El contenido de polifenoles totales en la pulpa de mora fue de 978,53 ± 27,02 mg ác. gálico/100 g de pulpa. Este resultado es menor al reportado por Vasco et al. (2008) que mencionan que la mora tiene 2167 mg ác. gálico/100 g de pulpa (p. 820). Sin embargo, este resultado es mayor a los reportados en otras

investigaciones: 410 mg ác. gálico/100 g de pulpa (Ecuador) y 294 mg ác. gálico/100 g de pulpa (Colombia) (González, 2013, p. 49; Garzón, Riedi y Schwartz, 2009, p. 231). La varianza en los resultados podría deberse a los factores agronómicos y a los diferentes métodos de extracción.

3.2 DEFINICIÓN DE LAS MEJORES CONDICIONES DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE LA PULPA DE SÁBILA

3.2.1 DESPULPADO

El proceso de despulpado y corte de la pulpa de sábila se muestra en la Figura 3.1.



Figura 3.1. Fotografías de la preparación de la sábila (despulpado-troceado) antes de proceder a deshidratar

Para el proceso de despulpado en la sábila se seleccionó las hojas que cumplieron con los parámetros de calidad. En total se utilizó 47,5 kg de hoja y se obtuvo 30,6 kg de pulpa con un rendimiento del 64,42 %. Los desechos generados representan el 35,58 % y están compuestos principalmente de la corteza eliminada en el proceso.

El rendimiento del despulpado se encuentra bajo el promedio. Esto se debe a que el despulpado se lo realizó manualmente. Este método permite verificar que la corteza no pase a la pulpa y no disminuya la calidad del producto. Sin embargo en la actualidad existen despulpadoras que mejoran el rendimiento a un 89 % (Domínguez-Fernández et al, 2012, p. 30; Dávila, 2012, p. 1).

3.2.2 PROCESO DE DESHIRATACIÓN DE LA PULPA DE SÁBILA

Los trozos de sábila se colocaron en el portamuestras de la freidora y se sumergieron por 5 minutos en la solución (30 °C). Se prendió la bomba de vacío durante el tiempo establecido y después se centrifugó. Los trozos de sábila después de la impregnación se colocaron en el deshidratador osmótico.

El proceso de deshidratación osmótica con impregnación al vacío se muestra en la Figura 3.2



Figura 3.2. Fotografías del proceso de deshidratación osmótica de la sábila con impregnación al vacío

En cada uno de los tratamientos planteados, se midió la cantidad de sólidos solubles ganados, la textura y el color. La Tabla 3.5 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 3.5. Sólidos solubles ganados, textura y variación de color en la pulpa deshidratada osmóticamente para cada tratamiento

Tratamiento	Sólidos solubles ganados (Δ °Brix)	Textura de la pulpa (N)	Variación de color (ΔE)
T1	16,05 ^a	0,82 ^c	3,86 ^b
T2	21,24 ^{ab}	0,92 ^{cdef}	4,04 ^f
T3	23,85 ^{cde}	0,93 ^{cdef}	6,40 ^{hij}
T4	19,37 ^a	0,88 ^{cde}	3,50 ^d
T5	22,61 ^{ab}	0,98 ^{efgh}	4,02 ^g
T6	25,05 ^{abcd}	1,02 ^{fgh}	5,37 ^{jk}
T7	20,59 ^a	0,95 ^{defg}	3,54 ^{ef}
T8	23,73 ^a	1,07 ^{gh}	3,58 ^{ghi}
T9	27,08 ^{abc}	1,10 ^h	4,71 ⁿ
T10	19,38 ^a	0,85 ^{cd}	3,74 ^d
T11	21,11 ^{ab}	0,95 ^{defg}	4,07 ^{ef}
T12	24,48 ^{de}	0,95 ^{defg}	7,12 ^{ijk}
T13	20,78 ^{abc}	0,88 ^{cde}	4,73 ^{ef}
T14	23,22 ^{abcd}	0,92 ^{cdef}	5,63 ^{gh}
T15	26,46 ^{bcd}	0,98 ^{efgh}	6,20 ^{mn}
T16	23,36 ^{abc}	0,95 ^{defg}	4,42 ^{ghi}
T17	25,52 ^{abcd}	1,00 ^{efgh}	5,21 ^{km}
T18	28,41 ^{ef}	0,90 ^{cdef}	8,54 ^o
T19	10,61 ^{abc}	0,67 ^b	4,64 ^a
T20	15,19 ^{abcd}	0,55 ^{ab}	5,65 ^b
T21	17,75 ^f	0,48 ^a	10,51 ^c
T22	19,94 ^{abc}	0,88 ^{cde}	4,58 ^{de}
T23	22,64 ^{abcd}	0,97 ^{defg}	5,33 ^g
T24	25,23 ^f	0,82 ^c	9,98 ^k
T25	17,41 ^a	0,98 ^{efgh}	3,89 ^c
T26	24,38 ^{abc}	0,88 ^{cde}	4,74 ^{hijk}
T27	26,71 ^f	0,58 ^{ab}	10,61 ^{mn}

Con los datos mostrados en la Tabla 3.5, se realizó el análisis de varianza ANOVA mediante el programa STSTGRAPHICS CENTURION XVI. Se analizó como variable dependiente a la ganancia de sólidos solubles en cada tratamiento. Los resultados obtenidos en el ANOVA para esta variable se muestran en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6. Análisis de varianza para la ganancia de sólidos solubles en los tratamientos de deshidratación osmótica con impregnación al vacío

Fuente	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
A: Concentración solución	21,58	21,58	9,89	0,0059
B: Tiempo de vacío	125,51	125,51	57,54	0,0000
C: Tiempo de deshidratado	183,87	183,87	84,30	0,0000
AA	39,20	39,20	17,97	0,0006
AB	17,98	17,98	8,24	0,0106
BB	10,45	10,45	4,79	0,0429

En la Tabla 3.6 se muestra que la concentración, el tiempo de vacío y el tiempo de deshidratado muestran diferencias significativas ($\text{Valor-P} < 0,05$) en las medias de la ganancia de sólidos solubles. Respuesta que concuerda con los estudios realizados por Saurel et al. (1994) en rodajas de manzana (p. 531) y por García-Segovia et al. (2010) en rodajas de sábila (p. 175).

La ganancia de sólidos solubles no solo afecta la composición del producto final, sino que influye en gran manera la calidad sensorial y estabilidad de la sábila. Las condiciones óptimas se definen en función del objetivo principal, es decir, aumentar los sólidos solubles a fin de mejorar los atributos sensoriales (García-Segovia et al., 2010, p. 157).

En la Figura 3.3 se puede observar que tanto el tiempo de deshidratado como el tiempo de vacío tiene un efecto positivo en los sólidos solubles ganados. Esto significa que a medida que aumenta el tiempo, los °Brix aumentan en el producto final. La concentración también muestra diferencia significativa, sin embargo, el efecto que tiene esta variable con referencia a los sólidos solubles es negativo y cuadrático (AA).

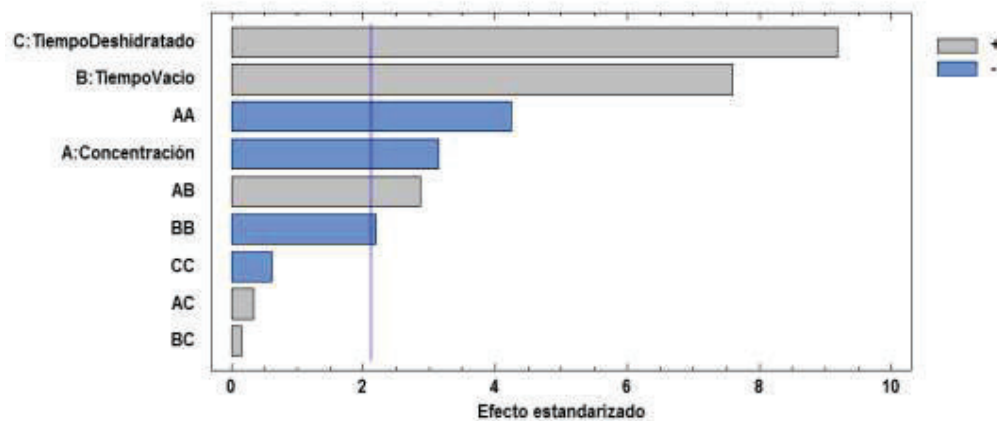


Figura 3.3. Diagrama de Pareto estandarizado con los efectos principales para los sólidos solubles ganados

Como se observa en la Figura 3.4 la concentración presenta un efecto cuadrático, los sólidos solubles ganados aumenta conforme aumenta la concentración hasta que llega a un punto de quiebre en el cual a mayor concentración los sólidos solubles ganados se disminuye. Esto podría deberse a que los tratamientos que se realizan con soluciones superiores a los 60 °Brix deforman y contraen las células parenquimáticas reduciendo la velocidad en la ganancia de sólidos. Además en las soluciones de 35 a 50 °Brix, la baja viscosidad favorece la penetración del soluto en las microestructuras vegetales (García-Segovia et al., 2010, p. 159; Chaparro, Soto, García, Gutiérrez y Palmero, 2010, p. 227).

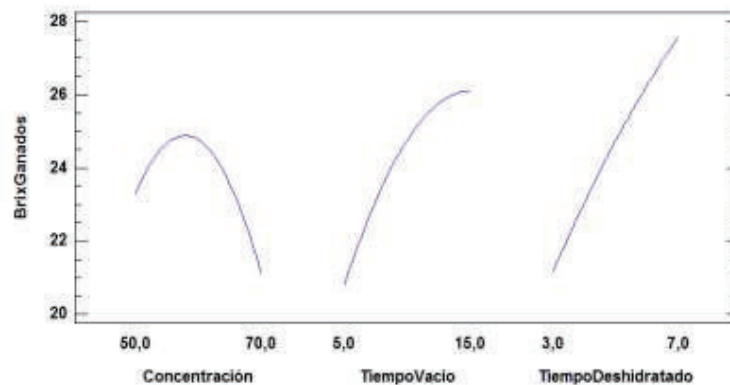


Figura 3.4. Efectos principales para los sólidos solubles ganados

En cuanto al efecto que tuvo el tiempo de vacío y el tiempo de deshidratado se observó que a medida que aumenta el tiempo, la variación en los sólidos totales es mayor. Estos resultados concuerda con los logrados por Chaparro et al. (2010) (p. 227) y Sluka et al. (2014) al aplicar la técnica de osmodeshidratación al vacío en cubos de camote (p. 19).

Los sólidos solubles ganados en los diferentes tratamientos se muestran en la Figura 3.5. El tratamiento en el cual la variación de sólidos solubles ganados es mayor se muestra resaltado de color rosado. Este tratamiento es el número 18 y permite alcanza 28,41 °Brix. En este tratamiento se combina los niveles altos del tiempo de vacío (15 min) y el tiempo de deshidratación (7 horas) con una concentración de la solución osmótica de 60 °Brix. De los resultados se sugiere que se utilice estas condiciones de operación debido a que las células liberan mayor cantidad de aire ocluido y es remplazado por la solución osmótica. Esto además explica por qué este tratamiento presenta valores más altos de sólidos solubles (Chaparro et al., 2010, p. 227).

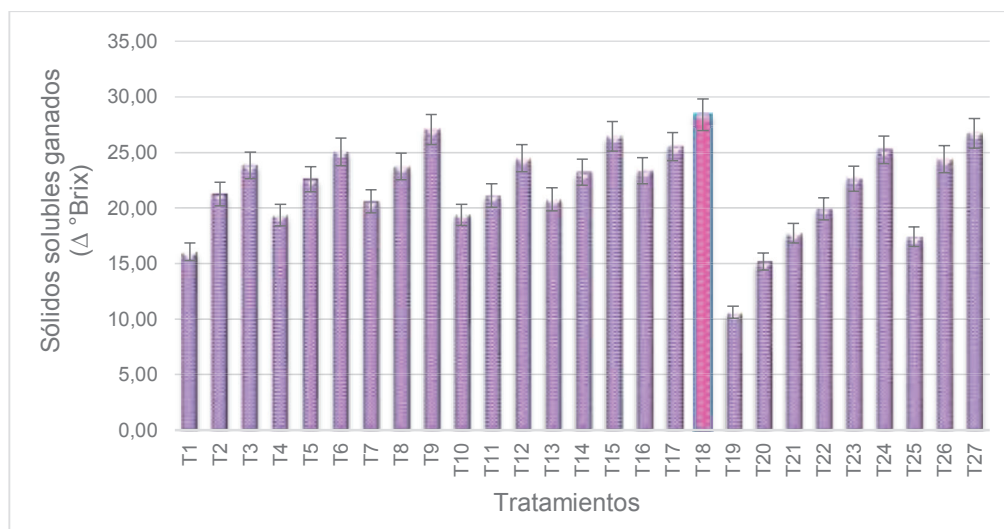


Figura 3.5. Sólidos solubles ganados en los trozos de sábila deshidratado con los diferentes tratamientos

En la Figura 3.6 se observa una tendencia creciente en todos los tratamientos de deshidratación, sin embargo, los valores Δ °Brix del mejor tratamiento con impregnación al vacío son mayores que en los tratamientos osmóticos

tradicionales. Esto se puede explicar si se analiza las pendientes de estas rectas. En esta se puede observar que las pendientes de las rectas representan la velocidad de absorción de los sólidos solubles. Mientras mayor sea el valor de la pendiente mayor será la velocidad de intercambio de masa en la célula. En la figura se muestra que la pendiente del tratamiento con impregnación al vacío es mayor a las pendientes de los tratamientos a presión atmosférica, y por ende mayor es ganancia de sólidos solubles. Esto concuerda con el estudio realizado en mago de la variedad Tommy Atkins, en el que se indica que el coeficiente de difusión de sólidos es mayor en el tratamiento con pulsos al vacío (Huayamave y Cornejo, 2005, p. 145). Además el mismo comportamiento fue reportado por Giraldo-Cuartas et al. (2012) en la deshidratación osmótica con pulsos de vacío en pitahaya amarilla, en este estudio se muestra que al aplicar 5 minutos de impregnación al vacío se favorece la ganancia de sólidos en comparación al tratamiento con presión atmosférica (p. 70)

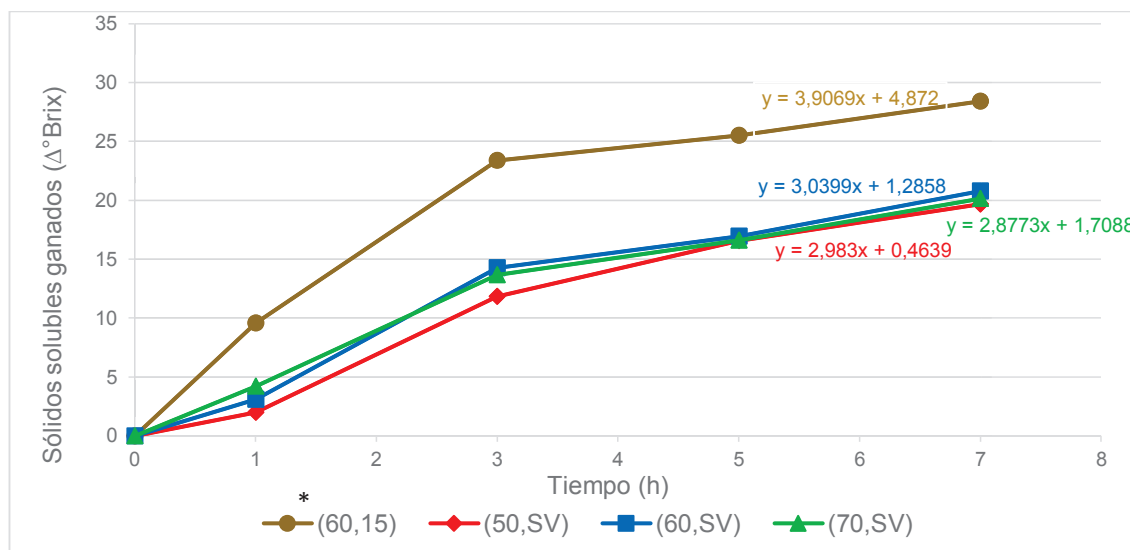


Figura 3.6. Cinética de los sólidos solubles ganados durante el proceso de deshidratación sin impregnación al vacío y el mejor tratamiento con impregnación al vacío
*(Concentración de la solución [°Brix], Tiempo de vacío [min]), SV = Sin impregnación al vacío

Otra de las variables de respuesta que es analizada es la textura, la misma que se evaluó cuantitativamente mediante un penetrómetro. Para esto se realizó análisis de varianza (ANOVA) que resultó al analizar como variable dependiente la textura (N) y los resultados se muestra en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7. Análisis de varianza para la textura en los tratamientos de deshidratación osmótica con impregnación al vacío

Fuente	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
A: Concentración solución	0,19	0,19	24,62	0,0001
B: Tiempo de vacío	0,09	0,09	11,84	0,0031
C: Tiempo de deshidratado	0,00	0,00	0,07	0,7929
AC	0,09	0,09	11,77	0,0032

En la Tabla 3.7 se muestra que la concentración de la solución y el tiempo de vacío tienen un Valor-P menor que 0,05, esto indica que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95 %.

El gráfico de Pareto estandarizado que se presenta en la Figura 3.7 muestra los efectos que influyen en la textura, estos son ubicados en orden decreciente considerando la magnitud absoluta. La concentración de la solución es un efecto potencialmente importante y muestra un efecto negativo mientras que el tiempo de vacío tiene un efecto positivo.

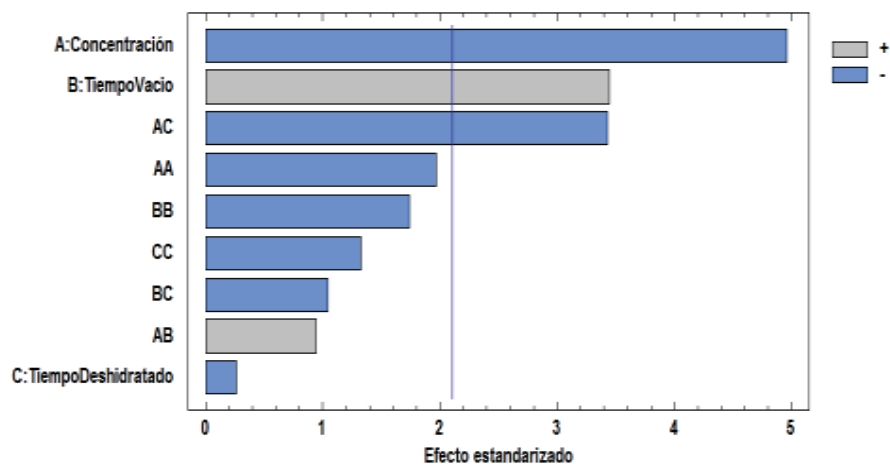


Figura 3.7. Diagrama de Pareto estandarizado con los efectos principales para la textura

En la Figura 3.8 se puede ver que el nivel más alto de textura se obtiene cuando el proceso de deshidratación se lleva a cabo con soluciones osmóticas de 50 °Brix y 15 min de impregnación al vacío.

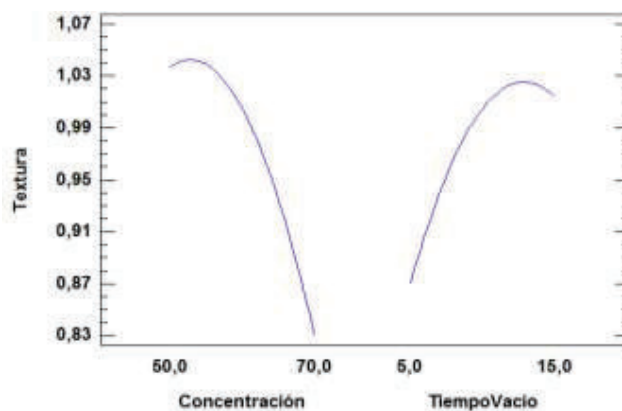


Figura 3.8. Efectos principales para la textura

Los trozos de sábila provenientes de los tratamientos con niveles altos en la concentración presentan una textura blanda y gelatinosa, esto se debe principalmente al daño irreversible que tienen las células vegetales al estar en contacto en soluciones muy concentradas. También se identifica que a mayor tiempo de vacío la textura aumenta. Esto se le atribuya a una mayor impregnación de los solutos en tiempos prolongados. La adición de cloruro de calcio fortalece las paredes celulares y mejora la textura de las frutas, además al aumentar la concentración de calcio el alimento puede ser considerado como una fuente de este mineral (García-Segovia, 2010, p. 159; Espinoza, Landaeta, Méndez y Núñez, 2006, p. 122).

En la Figura 3.9 se observa el efecto que tuvo concentración de la solución osmótica y el tiempo de vacío sobre la superficie de respuesta estimada para la textura. Como se puede ver en la figura el área donde la textura toma los valores más altos es con concentraciones bajas y tiempos de vacío altos. Esto probablemente se debe a que en concentraciones bajas de fructosa, el cloruro de calcio tuvo mayor campo para ingresar a la célula y como se mencionó anteriormente en tiempos de vacío altos la transferencia de sólidos es mayor. Este comportamiento es similar al que se observó en rodajas de kiwi, debido a que la estructura de la fruta estuvo firme al final del proceso de deshidratación osmótica (Sanjinez-Argandoña, Branco, Takito y Corbari, 2010, p. 206)

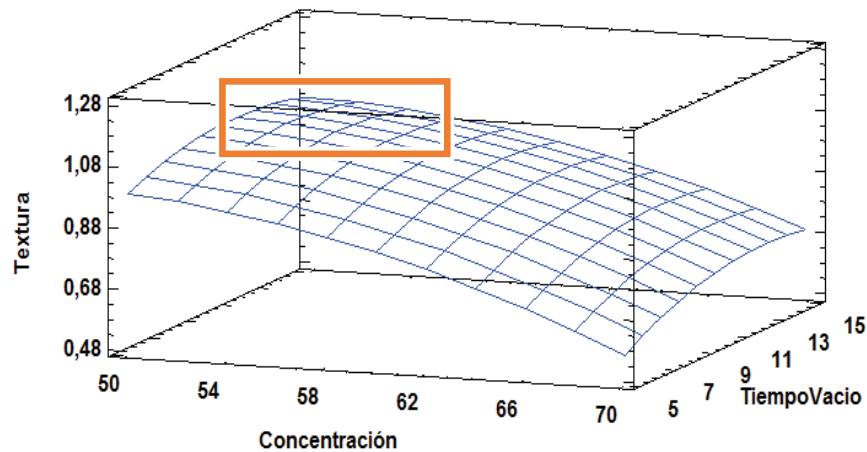


Figura 3.9. Superficie de respuesta estimada para la textura de los trozos de sábila según la concentración de la solución y el tiempo de vacío

En la Figura 3.10 se presenta las interacciones que existen entre los factores que afectan a la textura, sean estas de mayor o menor proporción. Como se observó en la Tabla. 3.7 el tiempo de deshidratación no tiene un efecto significativo, sin embargo, al interactuar con otros factores, la textura varía significativamente. La figura de interacciones muestra que la mejor combinación para obtener una textura más firme es con la concentración baja (50 °Brix) y el tiempo de deshidratación en su nivel más alto (7 horas)

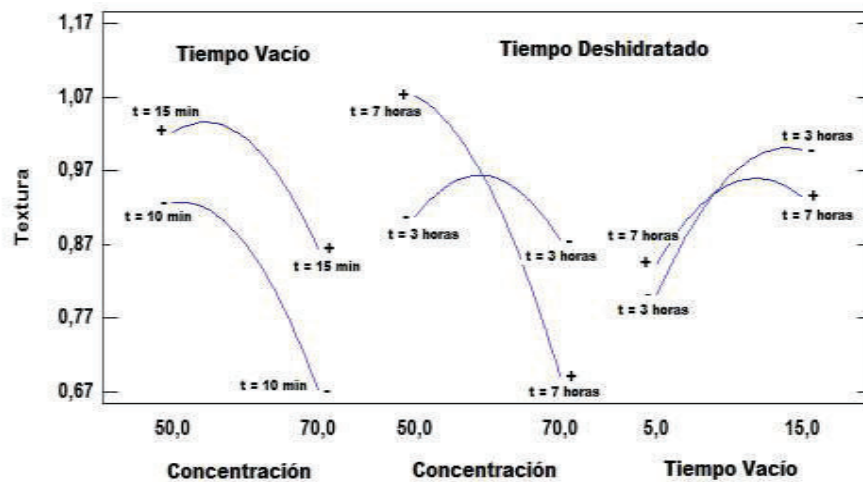


Figura 3.10. Gráfica de interacción para la textura

En la Figura 3.11 se presentan la textura de los trozos de sábila resultante en cada tratamiento. En esta figura se comprueba lo expuesto en la figura de interacciones debido a que el tratamiento que optimiza la textura en el número 9, tratamiento que se encuentra resaltado de color rosado y emplea como factores 50 °Brix, 15 min y 7 horas de deshidratación. Cabe recalcar que el uso de cloruro de calcio en tratamientos osmóticos mejora la textura, estudios realizados en mango revelaron que el uso de calcio en soluciones osmóticas de 45 °Brix y con impulsos al vacío dieron como resultado productos más firmes en tiempos más cortos de deshidratación (Torres, Talens, Escriche y Chiralt, 2006, p. 240)

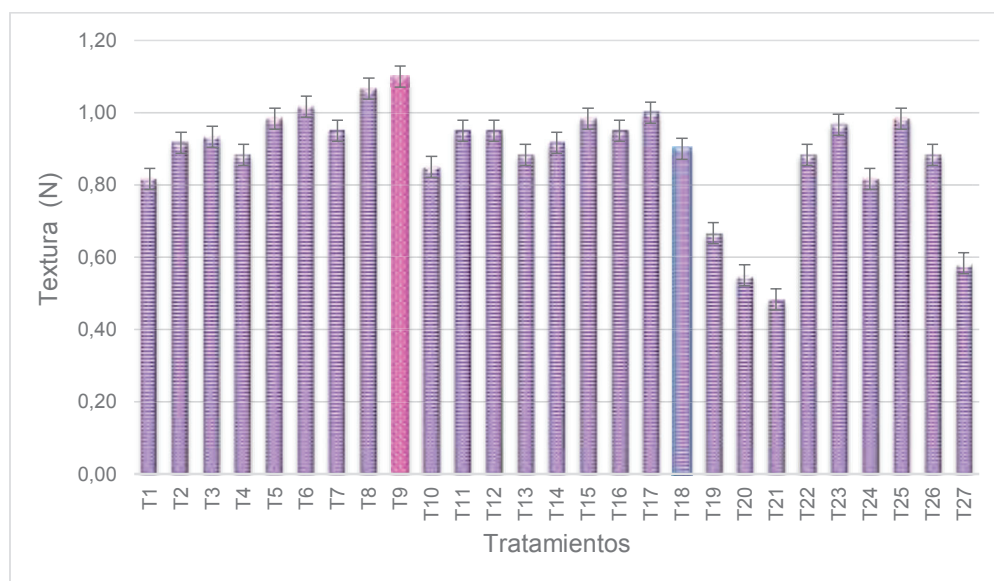


Figura 3.11. Textura en los trozos de sábila deshidratado con los diferentes tratamientos

En la Tabla 3.8 se muestra el resultado del análisis de varianza (ANOVA) en el que se estudió como variable dependiente a la variación de color (ΔE) en los trozos de sábila. En la tabla de análisis se muestra que los efectos principales y la combinación de la concentración de la solución y el tiempo de deshidratado tienen diferencia significativa (Valor-P < 0,05).

Tabla 3.8. Análisis de varianza para el color en los tratamientos de deshidratación osmótica con impregnación al vacío

Fuente	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
A: Concentración solución	24,29	24,29	39,06	0,0000
B: Tiempo de vacío	0,03	0,03	0,06	0,8162
C: Tiempo de deshidratado	58,83	58,83	94,59	0,0000
AC	12,83	12,83	20,64	0,0003

La diferencia total de color ΔE indica la variación de la muestra deshidratada con la muestra inicial antes de deshidratar. Entre mayor sea el valor de ΔE mayor es la diferencia entre las muestras. Como se observa en la Figura 3.12 al incrementar el tiempo el diferencial del color (ΔE) aumenta.

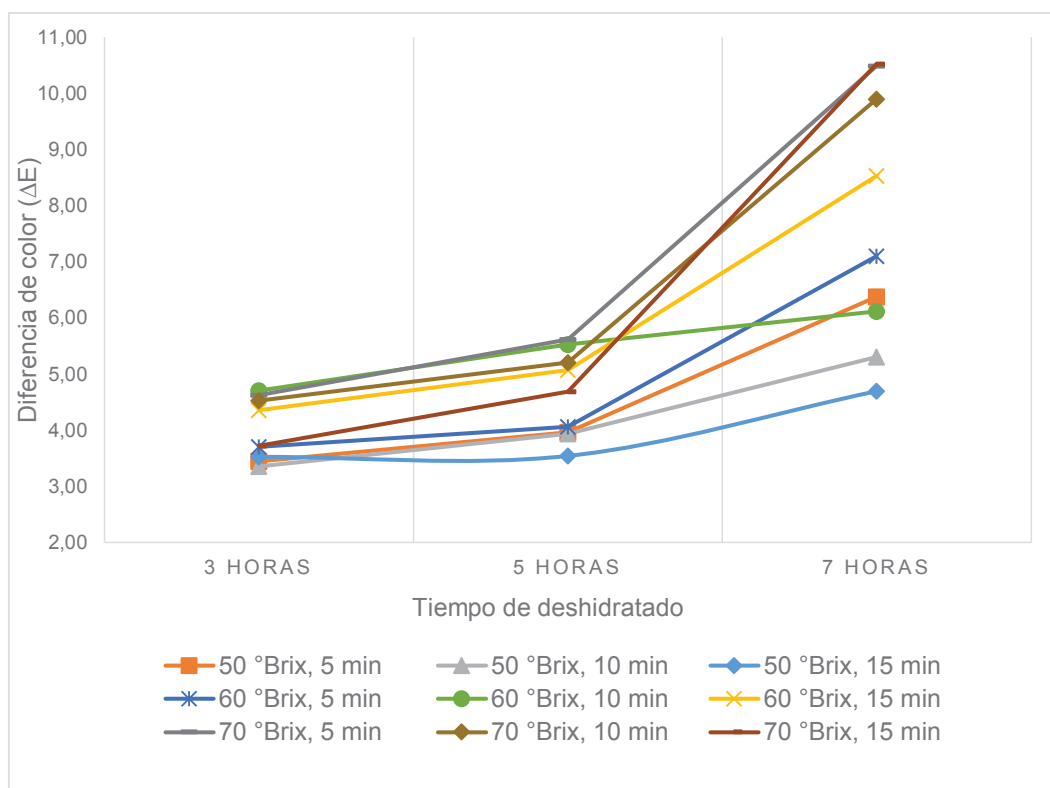


Figura 3.12. Cinética de la diferencia de color (ΔE) durante el proceso de deshidratación con cada tratamiento

*(Concentración de la solución [°Brix], Tiempo de vacío [min])

Este cambio de color es comparable al indicado por Corzo et al. (2008), los cuales mencionan que la diferencia total de color aumenta cuando los alimentos son sometidos a concentraciones, temperatura y tiempos elevados (p. 428).

La diferencia de color para los trozos de sábila deshidratada varió entre 3,5 y 10,6, como se muestra en la Figura 3.13. Las muestras indican una tonalidad amarillenta para cada tratamiento, siendo significativa en los tiempos de vacío, tiempos de deshidratación y concentraciones altas. Los detalles de colorimetría se muestran en el Anexo VI.

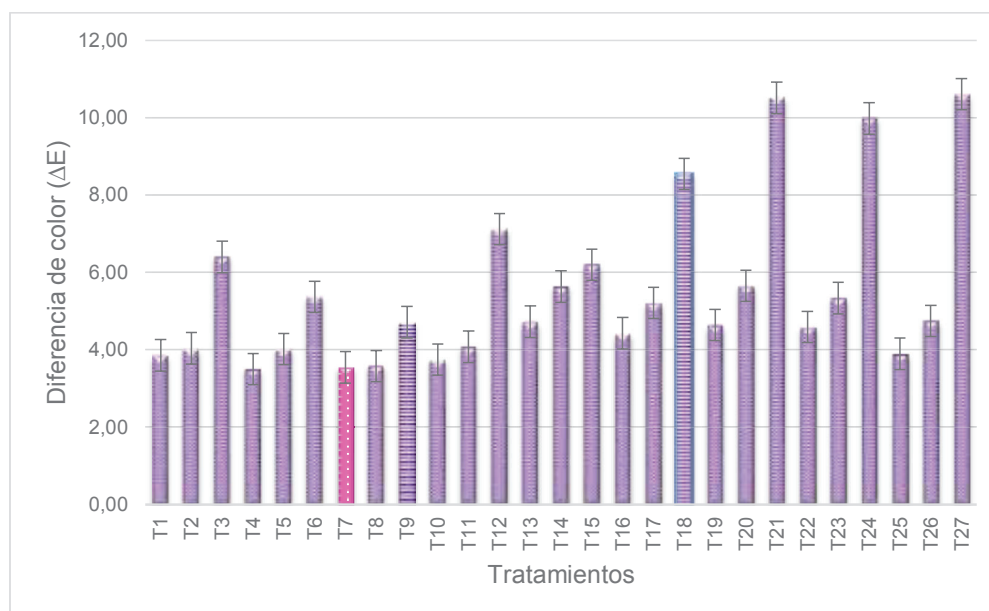


Figura 3.13. Diferencia de color (ΔE) en los trozos de sábila deshidratados con los diferentes tratamientos

En la Figura 3.13 se observa que el tratamiento resaltado con color rosado es el que afecta en menor proporción el cambio de color en los trozos de sábila deshidratados. Este tratamiento utiliza la solución osmótica en una concentración de 50 °Brix, 15 minutos de vacío y 3 horas de deshidratación.

Como se muestra en la Figura 3.14 la variación de color tiene valores bajos cuando se emplea concentraciones de 50 °Brix y en las primeras horas de deshidratación. Esto se puede corroborar con el estudio que Falade et al. (2006) realizó en

rebanadas de sandía. Después de 10 horas de deshidratación osmótica en soluciones de 40, 50 y 60 °Brix, se determinó que la intensidad o variación del color aumenta conforme la concentración de la solución aumenta.

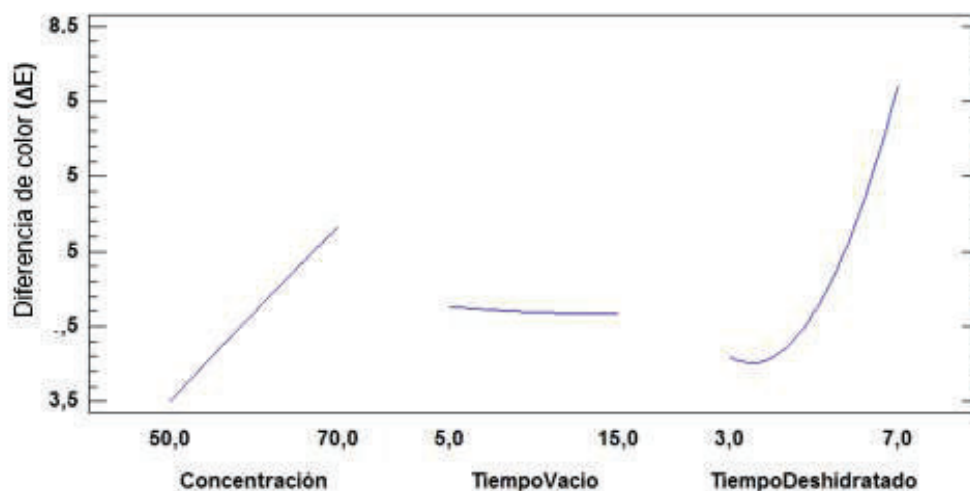


Figura 3.14. Efectos principales para la diferencia de color (ΔE)

Para determinar el mejor proceso a partir de las experiencias realizadas, se tomó en cuenta las condiciones en las que se optimiza cada una de las variables de respuesta como se muestra en la Tabla 3.9. Las condiciones de operación I, muestran los niveles en los que la variación total de color (ΔE) entre la pulpa fresca y las muestras deshidratada fue mínima, su valor fue de 3,29. Los sólidos solubles ganados se maximiza hasta un valor de 28,98 °Brix utilizando las condiciones de operación II y la textura se optimizó a 1,07 N con las condiciones de operación III.

Tabla 3.9. Condiciones de operación que optimizan las variables de salida (Sólidos solubles ganados, textura y color)

Factor	Condiciones de operación I	Condiciones de operación II	Condiciones de operación III
Concentración de la solución osmótica (°Brix)	50,00	60,54	50,00
Tiempo de impregnación al vacío (min)	15,00	15,00	11,04
Tiempo de deshidratación osmótica (h)	4,35	7,00	6,60

Los factores estudiados se ponderaron tomando en cuenta la prominencia que tiene cada una de ellas en el producto final. A la ganancia de sólidos se le ponderó con 5, a la textura 3 y el color 2.

Al ser el gusto uno de los sentidos más desarrollados por el ser humano es decisivo para el análisis sensorial de los alimentos. La inclinación del organismo humano por el sabor dulce es inherente a la necesidad de calorías que se requiere para el funcionamiento normal. Por estas razones la ponderación que recibe los sólidos solubles ganados es mayor en comparación a la textura y el color. La ponderación del color es un factor negativo por cuanto mayor sea la diferencia de color con respecto al color inicial de la muestra menor es la aceptación (Cuatrecasas, 2012, p. 319; Hidalgo, 2011, p. 1591).

Al optimizar las tres respuestas, el programa Statgraphics Centurión se obtiene como condiciones óptimas las mostradas en la Tabla 3.10 con un índice de deseabilidad del 0,94

Tabla 3.10. Condiciones de operación que optimiza el proceso de deshidratación considerando las respuestas múltiples

Factor	Condiciones de operación
Concentración de la solución (°Brix)	54,00
Tiempo de vacío (min)	13
Tiempo de deshidratación (h)	6

La región óptima para la deshidratación se muestra en la Figura 3.15, esta región se obtuvo con la superposición de las curvas de contorno de cada respuesta de salida. Dentro de esta región sobresale un punto que muestra el tratamiento óptimo que se ajustó a las mejores condiciones de deshidratación tomando en cuenta lo analizado anteriormente.

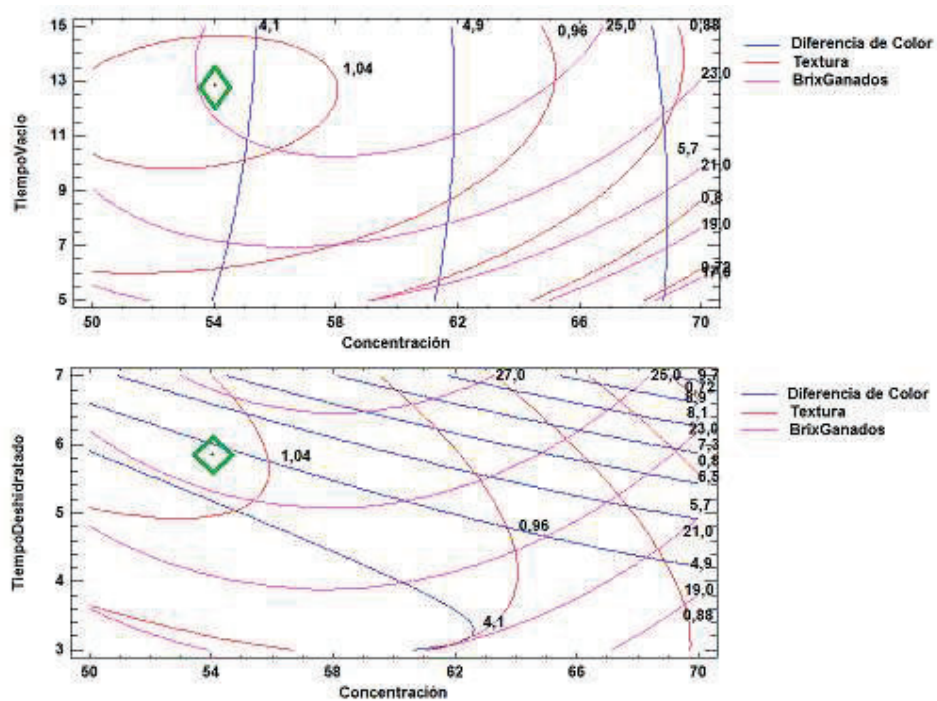


Figura 3.15. Región y punto óptimo para el tratamiento de deshidratación dentro de las diferentes curvas de contorno

La Figura 3.16 muestra la superficie de respuesta que optimiza el proceso de deshidratación osmótica con impregnación al vacío para la sábila. El tratamiento resultante se encontró dentro de la curva de color café, esto indica que el grado de optimización fue mayor al 90 %

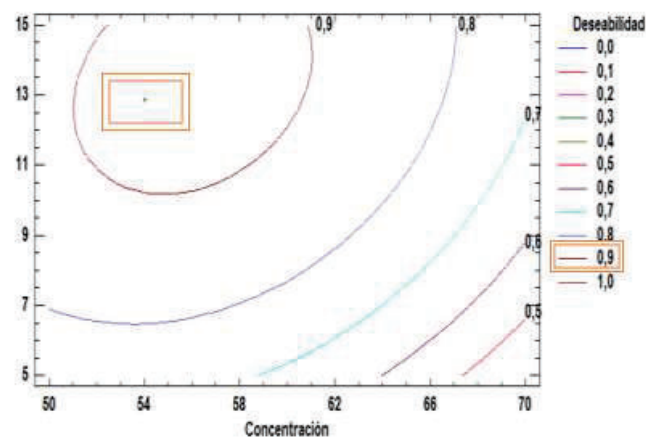


Figura 3.16. Superficie de respuesta de la optimización de los tratamientos de deshidratación osmótica con impregnación la vacío

La Tabla 3.11 indica que las respuestas obtenidas con el tratamiento experimental presentaron valores semejantes a las respuestas ideales que proyectó el programa STATGRAPHICS. Con esto se ratifica que el tratamiento indicado en la Tabla 3.10 es el óptimo considerando las tres variables de respuesta.

Tabla 3.11. Variables de respuesta del tratamiento óptimo

Variable de respuesta		n	Valores ideales Optimizados	Valores experimentales
Sólidos solubles ganados (Δ °Brix)		10	26,45	25,65 \pm 0,48
Textura (N)		10	1,06	0,95 \pm 0,06
Color	L	3	33,42	32,83 \pm 1,71
	a	3	-1,93	-1,61 \pm 0,26
	b	3	2,06	2,74 \pm 0,35
	Variación (ΔE)	3	4,69	4,98 \pm 0,77

El tratamiento experimental obtenido no se puede comparar con datos bibliográficos debido a que no se ha realizado estudios semejantes. Sin embargo, la concentración de la solución osmótica es semejante a la obtenida en los estudios de García-Segovia et al. (2010), quienes señalan que soluciones de 50 °Brix presentan valores más altos de ganancia de sólidos (p. 157). Por otra parte los estudios realizados por Carpetano, Gras y Vidal (2011) indican que la impregnación al vacío es eficiente al aplicar 10 minutos de presión seguidos de 3 horas de deshidratación osmótica (p. 12).

3.3 DEFINICIÓN DEL PORCENTAJE DE ADICIÓN DE SÁBILA AL JUGO DE MORA

El procedimiento que se sigue para adicionar los trozos deshidratados de sábila al jugo de mora se presenta en Figura 3.17. El proceso consiste básicamente en despulpar la mora y obtener la pulpa, la misma a la que se le añade la solución

edulcorante, aditivos, estabilizante y los trozos de sábila en la proporción establecida. Finalmente se somete a la bebida a un proceso de pasteurización, se llena asépticamente y se almacena el jugo en botellas PET de 280 mL.



Figura 3.17. Fotografías del proceso de elaboración de la bebida de mora con trozos deshidratados de sábila por ósmosis e impregnación al vacío

Se analizó sensorialmente la bebida y los resultados obtenidos se presentan en las Tablas 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16 y 3.17. Estas tablas muestran los análisis de varianza para los atributos de fluidez, sólidos en suspensión, dureza, intensidad de sabor a fruta natural que en este caso se trató de mora, presencia de sabores extraños y la preferencia en cuanto a la cantidad de trozos de sábila deshidratados en la bebida. La primera muestra de jugo tiene 10 % de trozos deshidratados de sábila, la segunda muestra tiene 15 % y la tercera muestra corresponde al 20 %.

En la Tabla 3.12 se observa que el Valor-P es mayor a 0,05, por lo tanto no existe diferencia significativa entre las medias de las tres muestras con respecto a la fluidez. Esto nos indica que el porcentaje de adición de sábila no afecta a la fluidez del producto final, aun cuando la muestra tiene un 20 % el jugo no se torna espeso.

Tabla 3.12. Análisis de varianza para el atributo de fluidez

Fuente	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	16,41	8,21	1,33	0,2771
Intra grupos	222,10	6,17		
Total (Corr.)	238,51			

La Tabla 3.13 muestra que las medias para la cantidad de sólidos en suspensión tienen diferencia significativa (Valor-P < 0,05). Las medias que son significativamente diferentes se indican de manera gráfica en los grupos homogéneos. Según la alineación de las X's, la media de la muestra con el 20 % de sábila es diferente a las otras dos muestras. Esto indica que los panelistas no diferencian la cantidad de sólidos solubles entre las muestras de 10 % y 15 %, sin embargo si detectan una diferencia en las muestras con 20 %.

Tabla 3.13. Análisis de varianza para la cantidad de sólidos en suspensión

Fuente	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	33,92	16,96	3,81	0,0315
Intra grupos	160,18	4,45		
Total (Corr.)	194,10			
Tipo de muestra	Casos	Media	Grupos homogéneos	
10 %	13	4,21	X	
15 %	13	4,48	X	
20 %	13	6,31	X	
Contraste	Significancia	Diferencia	+/- Límites	
10 % - 15 %		-0,27	1,68	
10 % - 20 %	*	-2,10	1,68	
15 % - 20 %	*	-1,83	1,68	

*Indica una diferencia significativa

La dureza, la intensidad de sabor y la presencia de sabores extraños no presentan diferencia estadísticamente significativa, en las Tablas 3.14, 3.15 y 3.16 se observa que el Valor-P tiene valores mayores a 0,05.

Tabla 3.14. Análisis de varianza para el atributo de dureza

Fuente	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,99	0,50	0,16	0,8526
Intra grupos	111,76	3,10		
Total (Corr.)	112,76			

Tabla 3.15. Análisis de varianza para el atributo intensidad de sabor a fruta natural (mora)

Fuente	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,09	0,55	0,16	0,8530
Intra grupos	122,94	3,42		
Total (Corr.)	124,03			

Tabla 3.16. Análisis de varianza para el atributo de presencia de sabores extraños

Fuente	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,94	0,97	0,23	0,7983
Intre grupos	154,24	4,28		
Total (Corr.)	156,18			

En la Tabla 3.17 se observa que el valor de P es menor a 0,05 por lo que se rechaza la hipótesis que las medias de las muestras son iguales. Con las pruebas de múltiples rangos se determinó que existen dos grupos homogéneos, en el primero está la muestra con 10% sábila y en el otro grupo se encuentra las dos muestras restantes. La muestra con 15 % de sábila tiene una media de 6,57, siendo esta la mayor de las tres muestras. La muestra con 20 % de trozos de sábila presenta una aceptabilidad semejante a la de 15 %; sin embargo por motivos de costos se descarta esta opción.

De acuerdo con los análisis estadísticos realizados se observa que los panelistas si perciben los cambios en los sólidos suspendidos y que la muestra con mayor aceptabilidad es la que contiene 15 % de trozos deshidratados de sábila.

Tabla 3.17. Análisis de varianza para la preferencia de la bebida de mora variando el porcentaje de adición de sábila

Fuente	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	27,96	13,98	3,42	0,0435
Intre grupos	146,99	4,08		
Total (Corr.)	174,95			
Tipo de muestra	Casos	Media	Grupos homogéneos	
10 %	13	4,68	X	
15 %	13	6,57	X	
20 %	13	6,38	X	
Contraste	Significancia	Diferencia	+/- Límites	
10 % - 15 %	*	-1,88	1,61	
10 % - 20 %	*	-1,69	1,61	
15 % - 20 %		0,19	1,61	

*Indica una diferencia significativa

Considerando los resultados obtenidos después del análisis se seleccionó la muestra con 15 % de trozos de sábila. La Tabla 3.18 muestra los porcentajes de los ingredientes utilizados en la elaboración de la bebida de mora con trozos de sábila deshidratados por ósmosis e impregnación al vacío. Esta formulación se entregó a 120 consumidores.

Tabla 3.18. Ingredientes para la formulación de la bebida de mora con trozos de sábila deshidratados

Ingredientes y Aditivos	Unidades	Valor
Pulpa de mora	kg	15,0
Trozos de sábila deshidratados	kg	3,3
Agua destilada	kg	5,0
Solución azucarada	kg	2,0
Estabilizante	g	44,0
Sorbato de potasio	g	2,2
Azúcar	g	15,0
Ácido cítrico	g	22,0

* Formulación para 100 botellas de 250 mL

Con esta formulación se estima que por cada 250 mL de bebida, se ingiere alrededor de 33 gramos de sábila. Esta cantidad concuerda con la recomendada por Boudreau y Beland (2006) quienes indican que la dosis necesaria para beneficiarse de las propiedades curativas y preventivas de la sábila es de 500 mg/kg. Con esto se puede decir, que la bebida suple los requerimientos para personas que en promedio tengan de 60 a 70 kg de peso (p. 138).

Considerando que tanto el éxito como el fracaso de un nuevo alimento dependen de la aceptación por parte de los consumidores, se recurrió básicamente el análisis sensorial para medir la preferencia de la bebida. En la Tabla 3.19 se muestra el resumen estadístico de los datos del análisis sensorial.

En la tabla 3.19 se observa que el intervalo de respuesta tuvo un mínimo de 0 y un máximo de 10, esto corresponde a los extremos de cada atributo. Esto se puede atribuir a la falta de capacitación a los consumidores en el análisis sensorial, debido

a que no lograban distinguir todas las propiedades organolépticas que requería el análisis.

Tabla 3.19. Resumen estadístico del análisis sensorial

Atributo	n	Promedio	Desviación Estándar (\pm)	Coefficiente de Variación (%)	Mínimo	Máximo
Apariencia	120	3,17	2,76	87,22	0	10
Dureza	120	3,42	1,99	58,09	0	10
Fluidez	120	3,82	2,12	55,52	0	10
Preferencia	120	7,98	1,84	23,11	3,3	10
Sabor	120	7,35	2,01	27,36	0	10

En forma general se observa las respuestas se agrupan en dos grupos, el primero se tuvo a la apariencia, dureza y la fluidez, parámetros que tuvieron resultados bajos, inferior a 3,82. La apariencia de la bebida resultó homogénea, de consistencia medianamente blanda y fluida. Mientras que el segundo grupo, conformado por los parámetros de sabor y preferencia tuvieron resultados superiores a 7,35 sobre 10.

Con esto se puede indicar que los consumidores pudieron detectar que el sabor de la bebida provenía de la pulpa de mora y no de sabor artificial. Además con los resultados podemos decir que la bebida tuvo una aceptación alta por parte de los consumidores de la muestra.

3.4 EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL PRODUCTO

La formulación que obtuvo mejores resultados, con respecto al análisis sensorial y de preferencia fue la muestra con 15 % de trozos de sábila. Con esta formulación se realizó los ensayos de estabilidad.

3.4.1 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y QUÍMICO

En la Tabla 3.20, se detallan los datos de pH obtenidos en la bebida durante los 60 días de almacenamiento a diferentes temperaturas de análisis.

Tabla 3.20. Valores de pH a diferentes temperaturas de almacenamiento

Tiempo (días)	Temperaturas de almacenamiento		
	4 °C	20 °C	25 °C
0	3,16 ± 0,08	3,17 ± 0,02	3,19 ± 0,01
15	3,15 ± 0,01	3,17 ± 0,06	3,14 ± 0,06
45	3,12 ± 0,01	3,13 ± 0,04	3,14 ± 0,04
60	3,11 ± 0,01	3,12 ± 0,01	3,11 ± 0,01

* $\bar{x} \pm \sigma$: promedio \pm desviación estándar; n = 2

La variación del pH en función de tiempo y temperatura se muestra en la Figura 3.18 los valores se encontraron entre 3,16 y 3,11. Cabe destacar que en todas las temperaturas el pH descendió al final del análisis. Los resultados estadísticos se muestran en el Anexo VII, en la Tabla AVII.1.

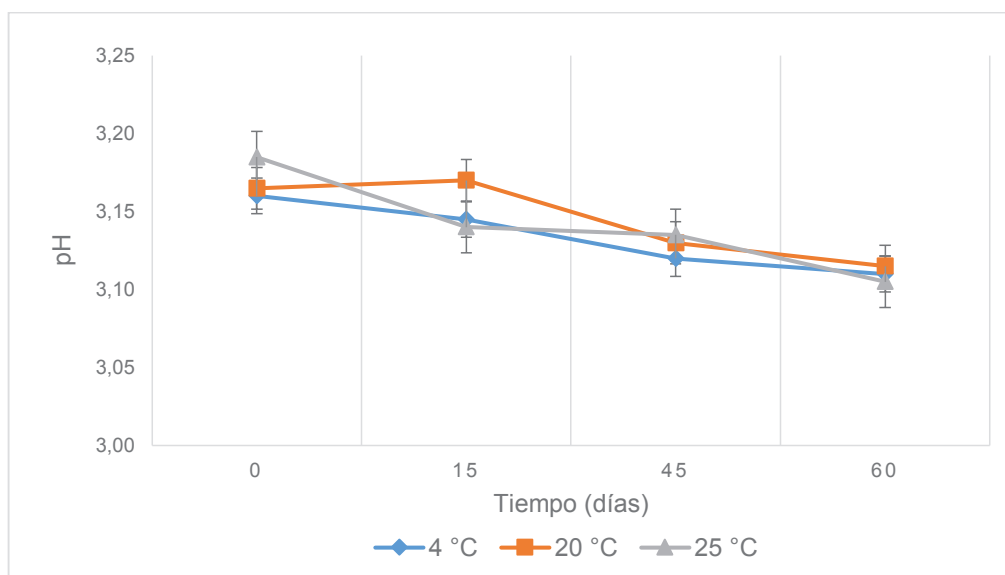


Figura 3.18. Variación del pH en función del tiempo y temperatura de almacenamiento

Al realizar el análisis de varianza, se observó que la temperatura de almacenamiento no tuvo efecto significativo (Valor-P = 0,3554) en cuanto al cambio de pH de la bebida, se muestra en la Figura 3.19. Sin embargo, el tiempo de almacenamiento si tuvo un efecto significativo respecto al pH (Valor-P = 0,0036) como se indica en la Figura 3.20.

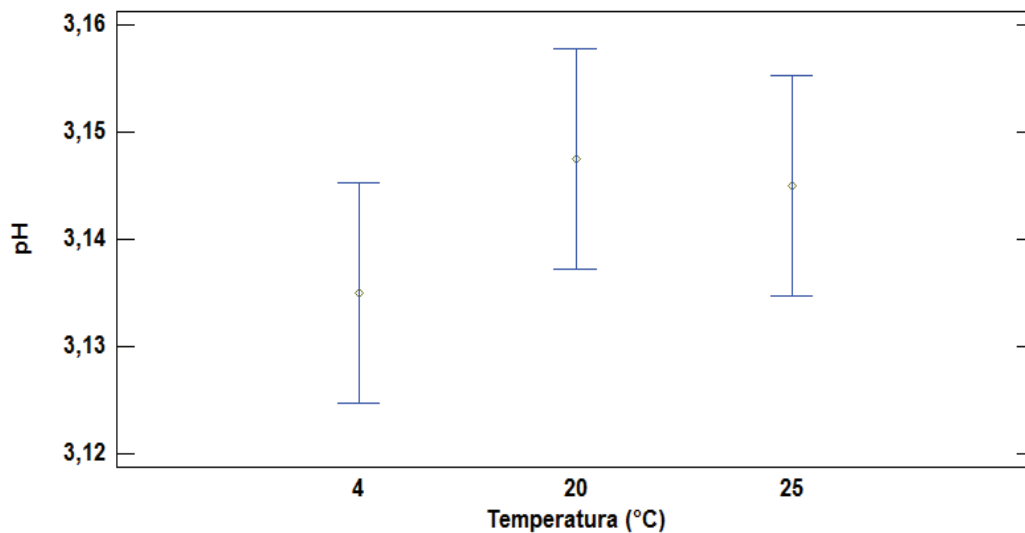


Figura 3.19. Gráfica de medias de pH en relación a la temperatura de almacenamiento

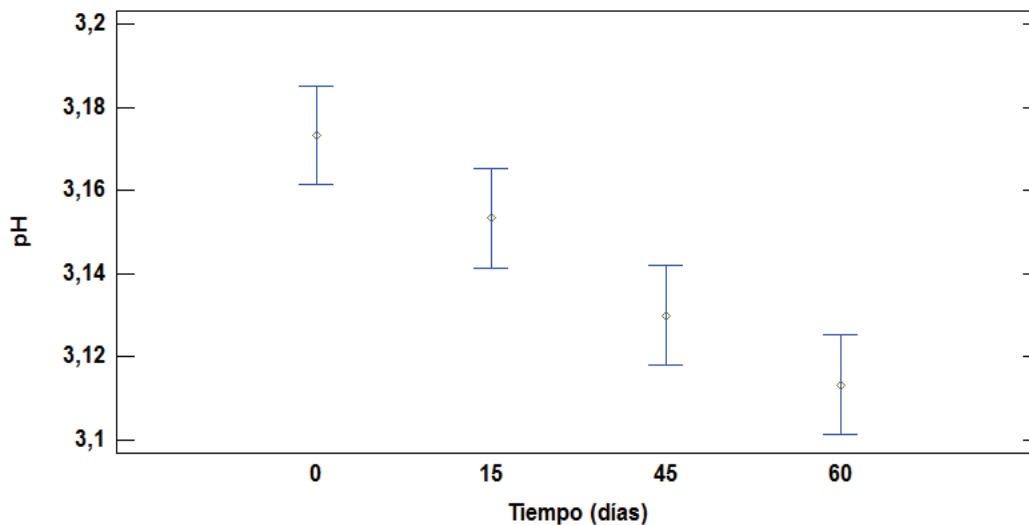


Figura 3.20. Gráfica de medias de pH en relación al tiempo de almacenamiento

Debido a que la temperatura no influyó en el cambio de pH no se consideró para la estimación de la vida útil de la bebida. Otro factor de estudio fue la acidez titulable.

En la Tabla 3.21 se muestra los resultados de la acidez durante el tiempo de almacenamiento para cada una de las diferentes temperaturas. Los valores variaron entre 0,9 y 1,48 (g ác. cítrico/100 g de bebida).

Tabla 3.21. Valores de acidez titulable (g. ác. cítrico/100 g bebida) a diferentes temperaturas de almacenamiento

Tiempo (días)	Temperaturas de almacenamiento		
	4 °C	20 °C	25 °C
0	1,27 ± 0,01	1,29 ± 0,05	1,33 ± 0,00
15	0,90 ± 0,01	1,03 ± 0,01	1,03 ± 0,01
45	1,28 ± 0,01	1,39 ± 0,01	1,22 ± 0,01
60	1,30 ± 0,01	1,48 ± 0,06	1,31 ± 0,00

* $\bar{x} \pm \sigma$: promedio \pm desviación estándar; n = 2

La Figura 3.21, muestra como varía la acidez de la bebida en función del tiempo y temperatura. Se puede observar que durante los 60 días de almacenamiento la acidez aumento comparada con la acidez en el día cero. Los resultados estadísticos se muestran en la Tabla AVII.2.

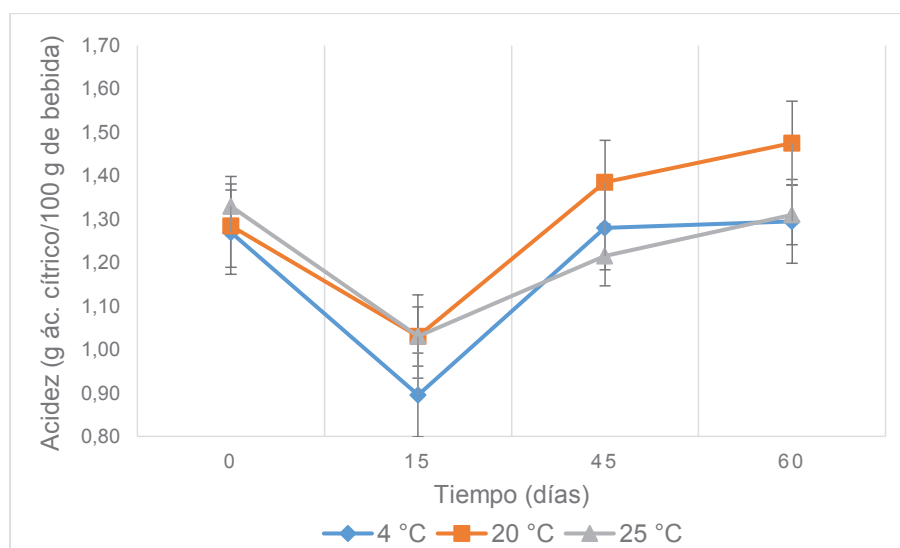


Figura 3.21. Variación de la acidez titulable en función del tiempo y temperatura de almacenamiento

En las Figuras 3.22 y 3.23 se observa el valor de la acidez considerando cada temperatura de almacenamiento, el mismo que fue no fue significativo (Valor-P = 0,1097), mientras que el tiempo si afecto significativamente la acidez titulable de la bebida (Valor-P = 0,0012). En el día 15 bajó la acidez en comparación al día cero, mientras que en los días 45 y 60 aumento la acidez de la bebida comparado al día 15. Este comportamiento concuerda con lo dicho en bibliografía, debido a que Sáenz (2006) menciona que la acidez a temperaturas bajas se mantiene constante y se incrementa durante el almacenamiento (p. 33)

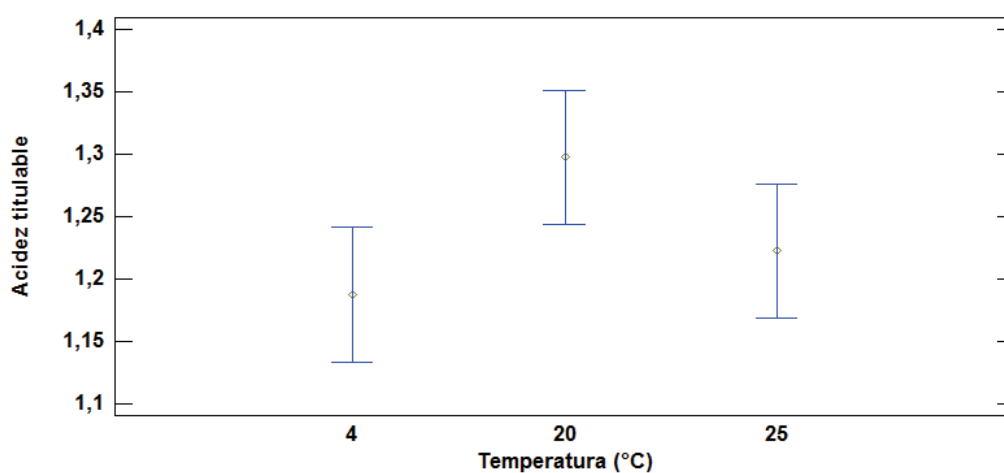


Figura 3.22. Gráfica de medias de la acidez titulable en relación a la temperatura de almacenamiento

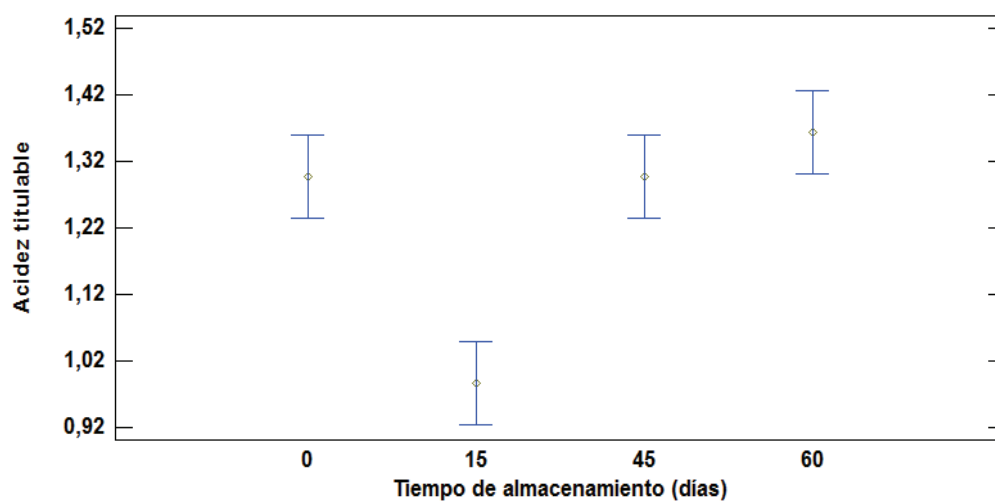


Figura 3.23. Gráfica de medias de la acidez titulable en relación al tiempo de almacenamiento

Al igual que el pH al no variar la acidez titulable en función de la temperatura no se le considero como un factor para estimar la vida útil de la bebida.

El efecto del tiempo de almacenamiento sobre los sólidos solubles (°Brix) se muestra de manera cuantitativa en la Tabla 3.22 y se puede observar el comportamiento que tuvo los grados Brix en Figura 3.24.

Tabla 3.22. Valores de los sólidos solubles (°Brix) a diferentes temperaturas de almacenamiento

Tiempo (días)	Temperaturas de almacenamiento		
	4 °C	20 °C	25 °C
0	12,05 ± 0,07	12,10 ± 0,14	12,15 ± 0,07
15	11,75 ± 0,07	11,80 ± 0,14	11,70 ± 0,14
45	11,75 ± 0,07	11,65 ± 0,07	11,55 ± 0,07
60	11,55 ± 0,21	11,50 ± 0,00	11,50 ± 0,14

* $\bar{x} \pm \sigma$: promedio \pm desviación estándar; n = 2

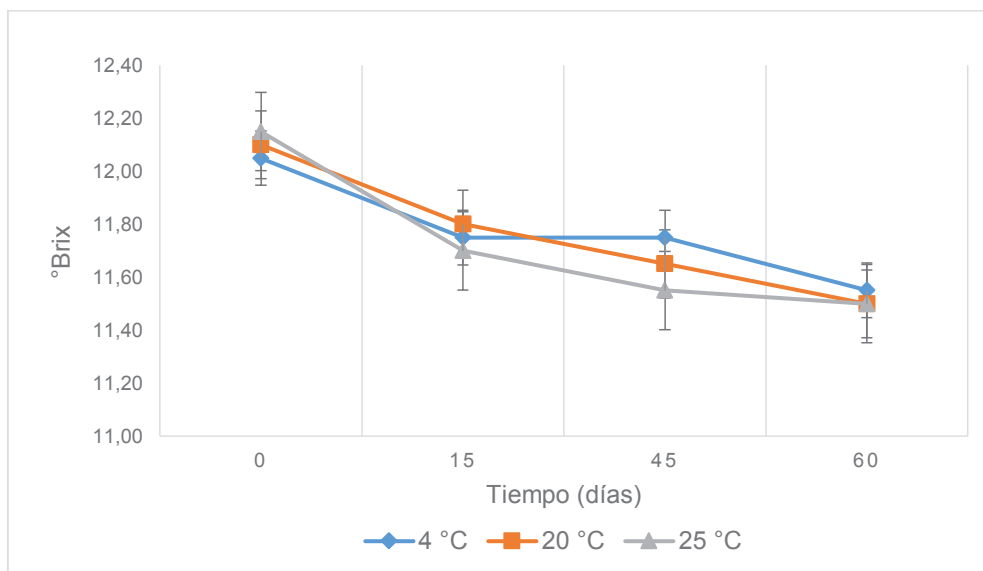


Figura 3.24. Variación de los sólidos solubles en función del tiempo y temperatura de almacenamiento

Los resultados obtenidos para la bebida en los diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento variaron entre el rango de 12,1 y 11,5 °Brix. Pero de manera

general en las tres temperaturas su comportamiento en general fue disminuirse. En la Figura 3.25 y 3.26, según al análisis estadístico mostrado en la Tabla AVII.3 la temperatura no tuvo efecto significativo (Valor-P = 0,7484) pues las medias se traslapan. Mientras que el tiempo de almacenamiento si lo tuvo (Valor-P = 0,0002). En los días 15 y 45 no existen diferencia, sin embargo los sólidos solubles en esos días son menores comparado con el día 0 y mayores que el día 60 al final del almacenamiento.

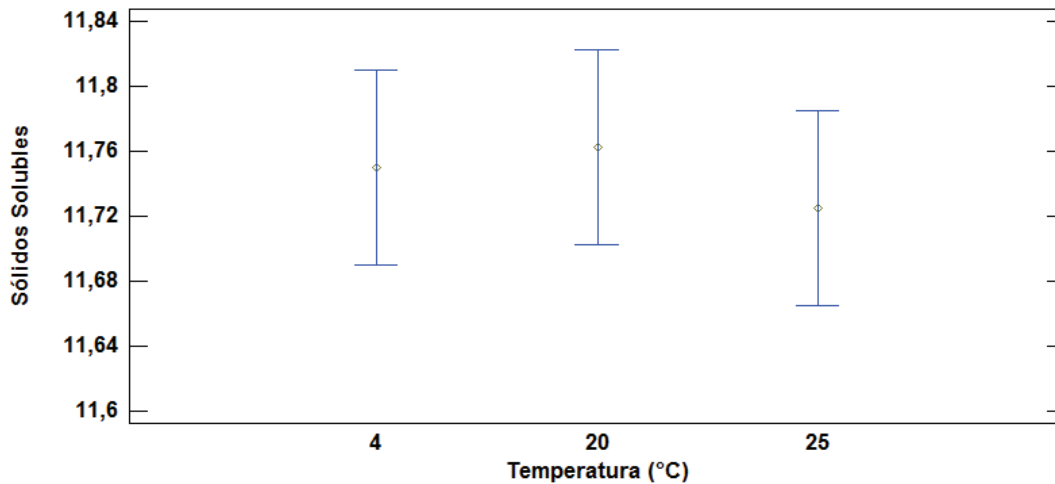


Figura 3.25. Gráfica de medias de los sólidos solubles en relación a la temperatura de almacenamiento

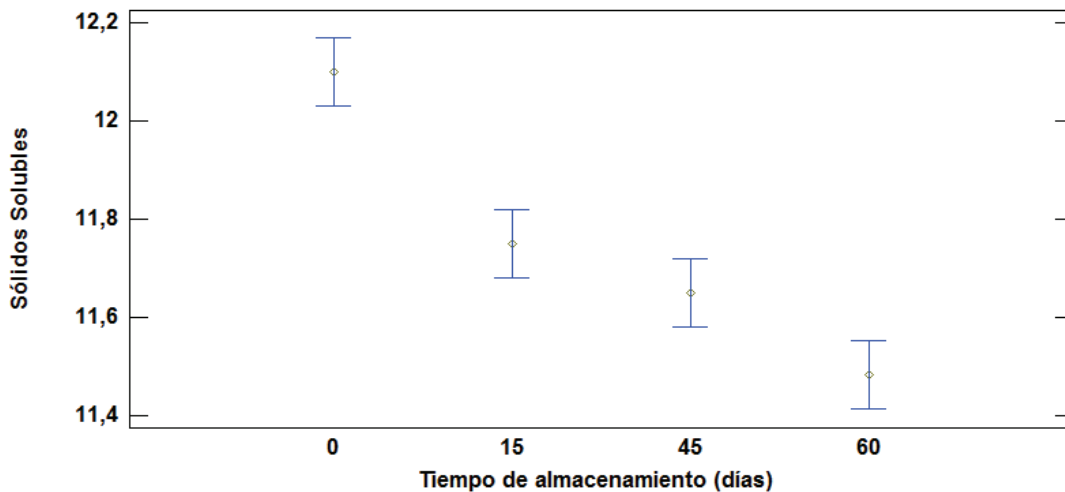


Figura 3.26. Gráfica de medias de los sólidos solubles en relación al tiempo de almacenamiento

En la Tabla 3.23 se expone los resultados de los polifenoles en cada temperatura de almacenamiento durante el tiempo. Es importante mencionar que la reducción en los polifenoles en el día cero con respecto a la materia prima utilizada se debe al proceso térmico utilizado en la pasteurización (García, 2005, p. 3).

Tabla 3.23. Valores de los polifenoles totales (mg ác. gálico/100 g de bebida) a diferentes temperaturas de almacenamiento

Tiempo (días)	Temperaturas de almacenamiento		
	4 °C	20 °C	25 °C
15	177,86 ± 8,07	140,22 ± 5,60	116,80 ± 9,02
45	153,42 ± 10,16	124,87 ± 3,83	109,73 ± 9,17
60	150,80 ± 24,18	116,84 ± 0,24	99,26 ± 10,66

* $\bar{x} \pm \sigma$: promedio \pm desviación estándar; n = 2

Después del procesamiento, los polifenoles se redujeron en 21 % con respecto a las condiciones iniciales. Con esto se puede decir, que el tratamiento térmico no afectó drásticamente el contenido de polifenoles en comparación a otros procesos térmicos. Gancel et al. (2011) indica que después del proceso la bebida de mora perdió aproximadamente 58 % de polifenoles. Esta diferencia se dio ya que en el proceso utilizado por Gancel se tiene un escaldado y dos pasteurizaciones, esto ocasionó un mayor impacto térmico y por ende una mayor reducción en los polifenoles (p. 2246)

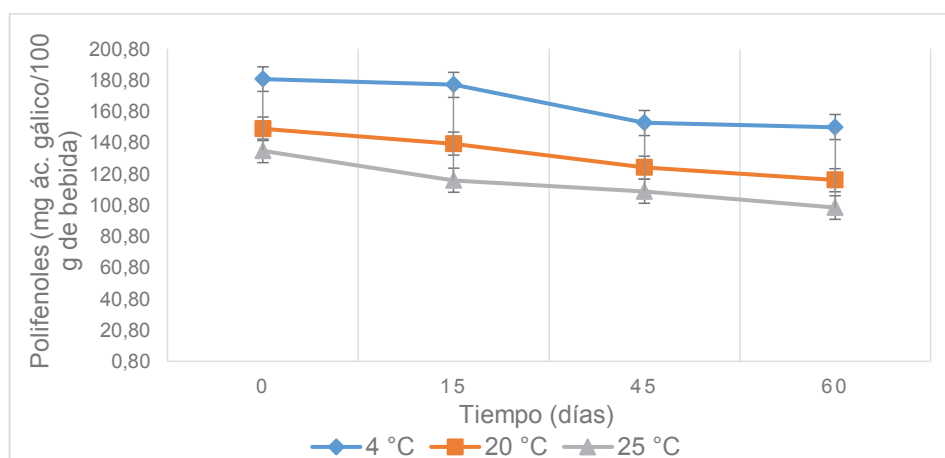


Figura 3.27. Variación de los polifenoles totales en función del tiempo y temperatura de almacenamiento

Los resultados se ubican en el rango de 177,86 y 99,26 mg ác. gálico/100 g de bebida. Se puede apreciar en la Figura 3.27 que los polifenoles se degradan durante el almacenamiento especialmente en la estufa (25 °C). Este resultado probablemente se debe a que los procesos fermentativos se aceleran en temperaturas altas, mientras mayor sea la fermentación la cantidad de antioxidantes se reduce (García, 2005, p. 3).

El análisis estadístico que se muestra en la Tabla AVII.4 indica que tanto la temperatura como el tiempo de almacenamiento afectan significativamente el contenido de polifenoles en la bebida.

En la Tabla 3.24 se muestra que no existen grupos homogéneos. Además la alineación del signo "X" indica que a temperatura de refrigeración la concentración de polifenoles durante el almacenamiento es mayor a las otras dos temperaturas.

Tabla 3.24. Prueba de rango múltiple para la polifenoles totales por temperatura

Temperatura	Casos	Media	Grupos homogéneos
4 °C	4	165,9	X
20 °C	4	132,91	X
25 °C	4	115,35	X
Contraste	Significancia	Diferencia	+/- Límites
4 °C – 20 °C	*	32,99	6,78
4 °C – 25 °C	*	50,55	6,78
20 °C – 25 °C	*	17,55	6,78

*Indica una diferencia significativa

En la Figura 3.28 se observa que las medias de cada temperatura durante el tiempo de almacenamiento no se traslapan entre ellas, lo que indica que si existen diferencias significativas (Valor-P < 0,05)

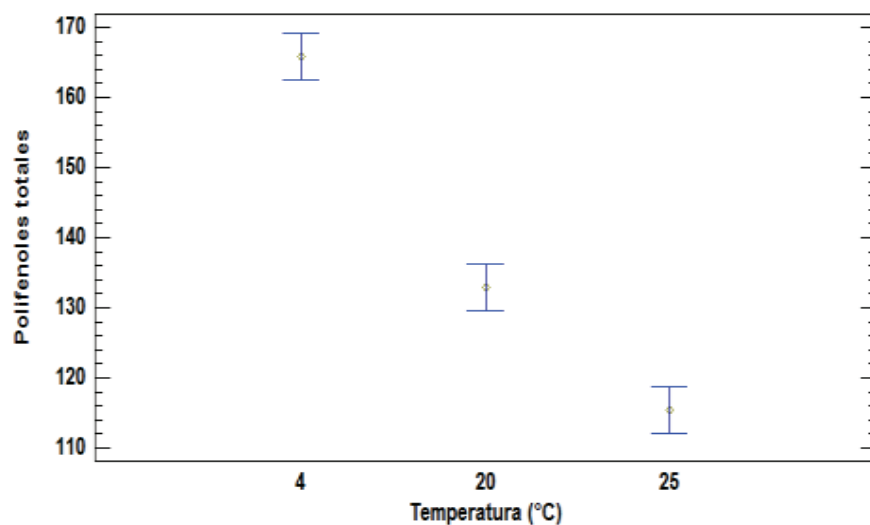


Figura 3.28. Gráfica de medias de polifenoles totales en relación a la temperatura de almacenamiento

En la Figura 3.29 se observa que las medias a lo largo del almacenamiento varían, en el día 15 los polifenoles se reducen en comparación al día 0. El día 30 también muestra una reducción en comparación a los días 0 y 15, sin embargo no la variación no es significativa si le comparamos con el día 60.

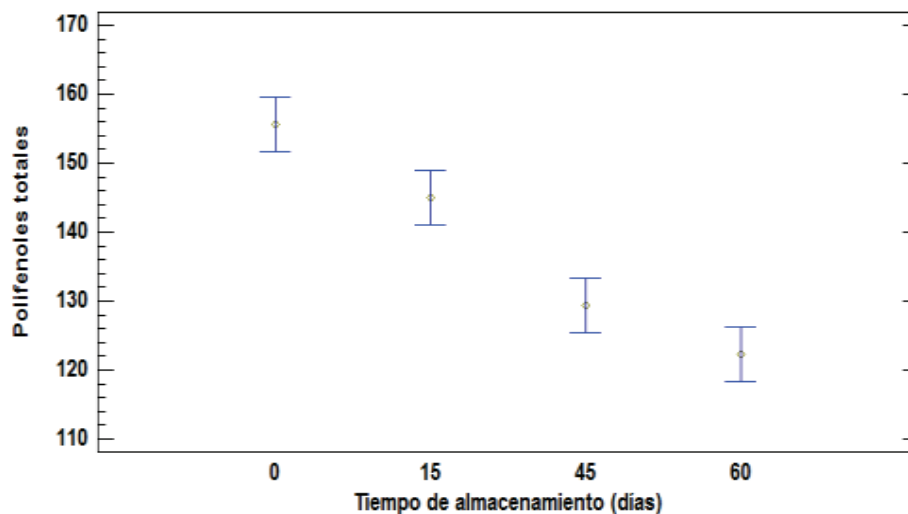


Figura 3.29. Gráfica de medias de polifenoles totales en relación al tiempo de almacenamiento

3.4.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Los análisis microbiológicos se realizaron en las tres temperaturas de almacenamiento en los días 0, 15,45 y 60. En la Tabla 3.25 se presenta los resultados de los análisis microbiológicos realizados durante el periodo de estudio.

Tabla 3.25. Resultados de los análisis microbiológicos durante el estudio de estabilidad para la bebida de mora

Tiempo (días)	Temperaturas (°C)	Contaje Total de Aerobios (UFC ¹ /mL)	Coliformes totales (NMP ² /mL)	Hongos y levaduras (UFC/mL)
0	4	< 10	< 3	< 10
		< 10	< 3	< 10
		< 10	< 3	< 10
	20	< 10	< 3	< 10
		< 10	< 3	< 10
		< 10	< 3	< 10
	25	< 10	< 3	< 10
		< 10	< 3	< 10
		< 10	< 3	< 10
15	4	< 10	< 3	< 10
		< 10	< 3	< 10
		< 10	< 3	< 10
	20	< 10	< 3	< 10
		< 10	< 3	< 10
		< 10	< 3	< 10
	25	< 10	< 3	< 10
		< 10	< 3	< 10
		< 10	< 3	< 10
45	4	< 10	< 3	< 10
		< 10	< 3	< 10
		< 10	< 3	< 10
	20	< 10	< 3	< 10
		< 10	< 3	< 10
		< 10	< 3	< 10

Tabla 3.25. Resultados de los análisis microbiológicos durante el estudio de estabilidad para la bebida de mora (**continuación...**)

Tiempo (días)	Temperaturas (°C)	Contaje Total de Aerobios (UFC ¹ /mL)	Coliformes totales (NMP ² /mL)	Hongos y levaduras (UFC/mL)
45	25	< 10	< 3	< 10
		< 10	< 3	< 10
		< 10	< 3	< 10
60	4	< 10	< 3	< 10
		< 10	< 3	< 10
		< 10	< 3	< 10
	20	< 10	< 3	< 10
		< 10	< 3	< 10
		< 10	< 3	< 10
	25	< 10	< 3	< 10
		< 10	< 3	< 10
		< 10	< 3	< 10

¹UFC = Unidades formadoras de colonia; ²NMP = Número más probable (n = 3)

En conformidad con la norma INEN 2337 (2008) se considera que la bebida es apta para el consumo humano pues cumple con los requisitos microbiológicos para las bebidas pasteurizadas.

3.4.3 ANÁLISIS SENSORIAL

Los resultados que se obtuvieron del análisis sensorial se presentan en las Tablas 3.26, 3.27 y 3.28. En estos análisis de varianza se observan que los atributos sensoriales como la apariencia, el aroma y el color no presentan cambios durante el tiempo en cada una de las temperaturas establecidas.

Tabla 3.26. Análisis de varianza para el atributo apariencia de la bebida

Fuente	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,3733	0,1867	0,71	0,5037
Intra grupos	5,5318	0,2634		
Total (Corr.)	5,9052			

Tabla 3.27. Análisis de varianza para el atributo aroma de la bebida

Fuente	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,1600	0,0800	0,43	0,6566
Intra grupos	3,9147	0,1864		
Total (Corr.)	4,0747			

Tabla 3.28. Análisis de varianza para el atributo color de la bebida

Fuente	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0533	0,0267	0,04	0,9634
Intra grupos	14,9734	0,7130		
Total (Corr.)	15,0268			

3.4.4 ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL

Como el pH, acidez titulable, sólidos solubles, crecimiento microbiano y análisis sensorial no fue significativo en las temperaturas y tiempos de almacenamiento. Por lo que el factor considerado para estimar el tiempo de vida útil fueron los polifenoles totales.

Una vez determinados los valores de los polifenoles se calculó la velocidad de deterioro a las tres temperaturas en las cuales se almacenaron las bebidas. Para esto se utilizó la fórmula [3.1]

$$\text{Log } A = \text{Log } A_o - \frac{k t}{2,303}$$

[3.1]

Donde:

t = tiempo (días)

k = constante de velocidad

A = concentración de los polifenoles al tiempo t

A_o = concentración de los polifenoles al tiempo 0

La Tabla 3.29 indica los valores de k calculados en cada temperatura de almacenamiento. Los cálculos realizados se detallan en el Anexo VIII.

Tabla 3.29. Velocidad de deterioro de cantidad de polifenoles en la bebida de mora con trozos de sábila deshidratados osmóticamente e impregnación al vacío

Temperatura de almacenamiento (°C)	k (días ⁻¹)
4	0,0033
20	0,0040
25	0,0020

Para calcular el factor de frecuencia (k') y la energía de activación (E_a) se utiliza la fórmula [3.2], conocida también como la ecuación de Arrhenius. Los resultados se muestran a continuación en la Tabla 3.30.

$$\text{Log } k = \text{Log } k' - \frac{E_a}{RT}$$

[3.2]

Donde:

T = temperatura absoluta (°K)

E_a = energía de activación (KJ/mol)

R = constante universal de los gases (J/mol°K)

k = constante de velocidad a la temperatura T

k' = factor de frecuencia (días⁻¹)

Tabla 3.30. Energía de activación y factor de frecuencia

Constantes	Unidades	Valor
Energía de activación (E_a)	J/mol	8955,69
Factor de frecuencia (k')	Días ⁻¹	0,1569

Para calcular la vida útil de la bebida se consideró como temperatura óptima a la temperatura de refrigeración (4 °C) ya que el contenido de polifenoles tuvo niveles más altos en comparación con las otras temperaturas (20 °C y 25 °C) como se observa en la Figura 3.25.

Con la ecuación de Arrhenius y la velocidad de deterioro a la temperatura de refrigeración se calculó el tiempo de vida útil. Para determinar este tiempo se consideró que al llegar los polifenoles al 50 % de su concentración inicial se termina la vida útil.

Se considera 4 °C como la temperatura óptima para el almacenamiento, la cantidad de polifenoles inicial es de 181,52 mg ác. gálico/100 g de bebida (A_o) g y su tiempo de vida útil se considera hasta que la concentración de polifenoles llega a 90,76 mg ác. gálico/100 g de bebida (A). La velocidad de deterioro a la temperatura de almacenamiento es 0,0033 días⁻¹ y con la fórmula [3.1] se termina el tiempo de vida útil

El valor obtenido fue de 207 días (6 meses y 27 días); este resultado se comparó con las bebidas que se encuentran en el mercado local, como se presenta en la Tabla. 3.31

Se observa que los tiempos de almacenamiento del producto envasado en PET y el calculado en esta investigación son muy semejantes, debido a que se utilizó el mismo polímero como envase en los dos casos. El jugo envasado en tetrapack tiene una vida útil más corta, esto se debe a que no se añade preservantes ni conservantes al jugo. Sin embargo el tiempo de vida útil del producto enlatado es cuatro veces mayor al producto de la presente investigación. Con esto se concluye

que el producto puede competir con los jugos del mercado local si comparamos el tiempo de vida útil

Tabla 3.31. Vida útil en las bebidas del mercado local

Nombre del Producto	Tipo de envase	Tiempo de vida útil (meses)
Producto resultado de la investigación	PET	6 meses
Jugo de mora (YUCHO)	Tetrapack	2 meses
Jugo de frutos rojos con sábila (VIDA B)	PET	6 meses
Jugo clarificado de arándano con sábila (SAMMI)	Lata	24 meses

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

1. La sábila utilizada en el proyecto contiene minerales como: calcio (968,69 ppm), potasio (631,19 ppm), magnesio (106,19) y sodio (34,88). El contenido de polifenoles es considerado bajo con respecto a la mora que tiene un alto contenido de polifenoles; presenta una cantidad de 150,64 mg ác. gálico/100 g de pulpa
2. En el presente proyecto la mora de Castilla que se utilizó contiene vitamina C (12,71 mg/100 g de pulpa) y polifenoles totales (978,53 mg ác. gálico/100 g de pulpa).
3. El proceso de deshidratación osmótica con impregnación al vacío se optimizó con una solución de 54 °Brix, 13 min de impregnación al vacío y 6 h de deshidratación osmótica.
4. La formulación que mostró mejores resultados considerando las propiedades organolépticas correspondió al 15 % de adición de sábila. La aceptación por parte de los consumidores en una escala del 1 al 10 fue en promedio 7,98.
5. En las temperaturas de estudio (4 °C, 20 °C y 25 °C), la bebida se mantuvo inocua durante el tiempo de estudio. La acidez y el pH propio del producto actúan como inhibidores de crecimiento microbiano.
6. Durante el periodo de estudio para la estabilidad, la temperatura y el tiempo de almacenamiento no influyó (Valor-P > 0,05) en las propiedades sensoriales y químicas del producto como pH, acidez titulable y sólidos solubles.

7. Para el estudio de estabilidad se consideró la cinética de degradación de los polifenoles, debido a que sobre este parámetro el tiempo y la temperatura de almacenamiento tuvo diferencia significativa (Valor-P < 0,05).
8. El tiempo de vida útil se determinó hasta el día en que los polifenoles lleguen al 50 % de su cantidad inicial. Con esto se determinó que la bebida tiene un tiempo de vida útil de 207 días a una temperatura de almacenamiento de 4 °C.
9. Se concluye que el tiempo de vida útil de la bebida es competitivo en el mercado. Además, sus propiedades nutricionales y características sensoriales hacen que este nuevo producto pueda establecerse en el mercado de manera satisfactoria.

4.2 RECOMENDACIONES

1. Realizar otras formulaciones de la bebida utilizando frutas originarias del Ecuador.
2. Realizar un estudio de mercado en el que se evalúe si la aceptabilidad del producto aumenta al adicionar la sábila licuada y no en trozos como en esta investigación.
3. Investigar el porcentaje de minerales y vitaminas que se lograría adicionar en la sábila utilizando la impregnación al vacío, para el desarrollo de nuevos productos funcionales.
4. Realizar ensayos sensoriales en los que se analice la máxima sustitución de azúcar por estevia aceptada por los consumidores, a fin de obtener productos con bajo contenido de azúcar.
5. Aprovechar los desechos que sale del proceso de despulpado de la sábila a fin de generar valor agregado a los subproductos del proceso.
6. Diseñar bebidas naturales y funcionales en polvo, con el propósito de estabilizar el producto y poner en el mercado alternativas saludables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agrocalidad (2015). *Viveros registrados hasta el mes de febrero del 2015*. Recuperado de <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2015/03/viveros-registrados-hasta-el-mes-de-febrero2015.xlsx> (Agosto, 2015)
2. Aguilera, C., Barberá, J., Días, L., Duarte, A., Gálvez, J., Gil, Á., Gómez, S., Gonzáles-Gross, M., Granado, F., Guarner, F., Marcos, A., Martínez, O., Nova, E., Olmedilla, B., Pujol-Amat, P., Ramos, E., Romeo, J., Tobal, F., Vidal, D., Wärnberg, J. y Zarzuelo, A. (2007). *Alimentos funcionales: Aproximación a una nueva alimentación*. Recuperado de <http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content-Disposition&blobheadervalue1=filename%3Dt065&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1220428576848&ssbinary=true> (Mayo, 2016)
3. Ahlawat, K. y Khatkar, B. (2011). Processing, food applications and safety of *aloe vera* products. *Journal of Food Science and Technology*, 48(5), 525-533. doi: 10.1007/s13197-011-0229-z
4. Ahmed, M. y Hussain, F. (2013). Chemical Composition an Biochemical Activity of *Aloe vera (Aloe barbadensis* Miller) Leaves. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*, 3, 29-33. Recuperado de http://www.iscientific.org/Vol_3_2013/4%20IJCBS-13-03-03.pdf (Abril, 2016)
5. Andino, F. y Castillo, Y. (2010). *Microbiología de alimentos*. Universidad Nacional de Ingeniería, Estelí-Nicaragua, Recuperado de <https://avdiaz.files.wordpress.com/2010/02/documento-microbiologia.pdf> (Julio, 2016)

6. Angersbach, A. y Knorr, D. (1997). High intensity electric field pulses as pre-treatment for affecting dehydration characteristic and rehydration properties of potato cubes. *Molecular Nutrition*, 41, 194-200. doi: 10.1002/food.19970410403
7. Anil, S., Ankit, A. y Nagalaksmi, N. (2015). *Aloe vera* as traditional medicinal plant: a review on its active constituents, biological and therapeutic affects. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 4(6), 2146-2161.
8. Añez, B. y Vásquez, J. (2005). Efecto de la densidad de población sobre el crecimiento y rendimiento de la zábila (*Aloe barbadensis M.*). *Revista de la Facultad de Agronomía LUZ*. 22(1), 1-12. Recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182005000100001 (Marzo, 2016)
9. Aranceta, J. y Gil, Á. (2010). *Alimentos funcionales y salud en las etapas infantil y juvenil*. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=9O03337S6B0C&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=true> (Mayo, 2016)
10. Arozarena, I., Ortiz, J., Hermosín-Gutiérrez, I., Urretavizcaya, I., Salvatierra, S., Córdova, I., Marín-Arroyo, M., Noriega, M. y Navarro, M. (2012). Color, Ellagitannins, Anthocyanins, and Antioxidant Activity of Andean Blackberry (*Rubus glaucus Benth.*) Wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(30), 7463-7473. doi: 10.1021/jf300924z
11. Arreola, S. y Rosas, M. (2007). Aplicación de Vacío en la Deshidratación Osmótica de Higos (*ficus carica*). *Información Tecnológica*, 18(2), 43-48. Recuperado de <http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v18n2/art06.pdf> (Abril, 2016)
12. Association of Official Analytical Chemist (AOAC). (2005). *Oficial method of Analysis of AOAC International*. (18va. ed.). Estados Unidos de América.

13. Ayala, L., Valenzuela, C. y Bohórquez, Y. (2013). Caracterización fisicoquímica de Mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) en seis estados de madurez. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(2), 10-18. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n2/v11n2a02.pdf> (Abril, 2016)
14. Banco Nacional de Fomento (BNF). (2014). *Tarquino Vallejos un agricultor que apostó por la sábila*. Recuperado de https://www.bnf.fin.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=458%3Atarquino-vallejos-un-agricultor-que-aposto-por-la-sabila&catid=27%3Anoticias-principales&Itemid=28&lang=es (Agosto, 2015).
15. Barba, J., Carrillo, X. y Gaete, C. (2007). *Elaboración de jugo de frutas enriquecido con aloe vera*. (Proyecto de titulación). Recuperada de la base de datos Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil. (Fichero 987)
16. Barbosa-Cánovas, G. y Vega-Mercado, H. (1996). *Dehydration of foods*. doi: 10.1007/978-1-4757-2456-1
17. Bergfeld, W., Belsito, D., Klaassen, C., Marks, J., Shank, R., Slaga, T., Snyder, P. y Andersen, A. (2007). Final report on the safety assessment of *Aloe Andongensis* extract, *Aloe Andongensis* Leaf Juice, *Aloe Arborescens* Leaf Extract, *Aloe Arborescens* Leaf Juice, *Aloe Arborescens* Leaf Protoplasts, *Aloe Barbadensis* Flower Extract, *Aloe Barbadensis* Leaf, *Aloe Barbadensis* Leaf Extract, *Aloe Barbadensis* Leaf Juice, *Aloe Barbadensis* Leaf Polysaccharides, *Aloe Barbadensis* Leaf Water, *Aloe Ferox* Leaf Extract, *Aloe Ferox* Leaf Juice, and *Aloe Ferox* Leaf Juice Extract. *International Journal of Toxicology*, 26(2), 1-50. doi: 10.1080/10915810701351186

18. Betancur, E., García, E., Barrera, E., Quejada, O., Rodríguez, H. y Arroyave, I. (2014). *Manual Técnico del Cultivo de Mora Bajo Buenas Prácticas Agrícolas*. Recuperado de <http://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/%20mora%20enero%202015%20liviano.pdf> (Abril, 2016)
19. Bolaños, A. (2001). *Introducción a la Olericultura*. Recuperado de https://books.google.com.ec/books?id=vBS_GwlrE1MC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=true (Enero, 2016)
20. Borrero, M. (2014). *Estudio comparativo de características nutricionales y físico-químicas de algunas bebidas a base de fruta*. (Proyecto de titulación). (10.1080/10590500600614303)
21. Cabrera, D., López, M. y Reyes, E. (2013). Abonos orgánicos para la producción de sábila en suelos pedregosos en el estado de Quintana Roo. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*. 7, 1-15. Recuperado de http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3828/CIRSE_01020825600055027.pdf?sequence=1 (Marzo, 2016)
22. Carpetano, B., Gras, M. y Vidal, D. (2011). *Elaboración de productos funcionales de manzana (var. Granny Smith) enriquecida con Aloe vera* (Tesis de maestría) Recuperado de Repositorio UPV (Universitat Politècnica de Valencia). (TesinaMaster_BeatrizCarpetano)
23. Castelló, M. (2007). Efecto de las condiciones de operación en los cambios físicoquímicos y fisiológicos de frutas mínimamente procesadas por deshidratación osmótica (Disertación doctoral). Recuperado de Universidad Politécnica de Valencia. (tesisUPV2717).
24. Centro de Exportación e Inversión de la República Dominicana (CEI-RD). (2011). *Perfil económico Aloe vera o Sábila*. Recuperado de http://www.cei-rd.gov.do/estudios_economicos/estudios_productos/perfiles/aloe_vera.pdf (Marzo, 2016)

25. Centro de Información e Inteligencia COmercial (CICO). (2009). *Perfiles de mercado: Perfil de mora*. Recuperado de <http://www.pucesi.edu.ec/pdf/mora.pdf> (Noviembre, 2016)
26. Chandegara, V. y Varshney, A. (2013). Aloe vera L. processing and products: A review. *International Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 3(4), 492-506. Recuperado de http://www.openaccessscience.com/pdf-files/vol3_4_dec2013/IJMAP_3_4_10_Aloe_vera.pdf (Abril, 2016)
27. Chaparro, L., Soto, N., García, T., Gutiérrez, J. y Palmero, J. (2010). Efecto de la presión de vacío, sólidos solubles totales y tiempo de procesamiento sobre la deshidratación osmótica de rebanadas de melón. *Bioagro*, 22(3), 223-228. Recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612010000300008 (Julio, 2016)
28. Codex Alimentarius. (1993). *Norma CODEX STAN 185-1993*, Norma del Codex para el Nopal.
29. Corzo, O., Bracho, N. y Millán, R. (2008). Cambios de color en las láminas de sardina durante la deshidratación osmótica. *Revista científica de Maracaibo*, 18(4), 424-430. Recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592008000400013 (Julio, 2016)
30. Cruz, A. (2005). *Salud con sábila*. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=lj0OOCjYwp4C&pg=PA39&dq=Salud+con+s%C3%A1bila&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiHs8aC-o3LAhULmR4KHfKgAWMQ6AEIGjAA#v=onepage&q=Salud%20con%20s%C3%A1bila&f=false> (Marzo, 2016)
31. Cuatrecasas, A. (2012). *Diseño integral de plantas productivas*. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=IhfHT6bMbwEC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=true> (Abril, 2016)

32. Dávila, J. (2012). *Máquina procesadora de Sábila (Aloe vera)*. Recuperado de <http://www.agro20.com/forum/topics/m-quina-procesadora-de-s-bila-aloe-vera> (Julio, 2016)
33. Dehin, R. (2000). *El poder curativo del Aloe vera*. (3ra. ed.). Barcelona, España: Ediciones Robinbook.
34. Del Pilar, I., Fischer, G. y Corredor, G. (2007). Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims.). *Agronomía Colombiana*, 25(1), 83-95. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v25n1/v25n1a10> (Julio, 2016)
35. Domínguez-Fernández, R., Arzate-Vázquez, I., Chanona-Pérez, J., Welti-Chanes, J., Alvarado-González, J., Calderón-Domínguez, G., Garibay-Febles, V. y Gutiérrez-López, G. (2012). El del de *Aloe vera*: Estructura, Composición Química, Procesamiento, Actividad Biológica e Importancia en la Industria Farmacéutica y Alimentaria. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 11(1), 23-43.
36. Durán, S., Rodríguez, M., Cordón, K., Record, J. (2012). Estevia (*Stevia rebaudiana*), edulcorante natural y no calórico. *Revista Chilena de Nutrición*, 39(4), 203-206. Recuperado de <http://www.scielo.cl/pdf/rchnut/v39n4/art15.pdf> (Agosto, 2016)
37. Espinoza, A., Landaeta, G., Méndez, J., Núñez, A. (2006). Efecto del cloruro de calcio sobre la deshidratación osmótica a vacío en mitades de duraznos (*Prunus persica*) en soluciones de sacarosa. *Revista Científica de la Escuela de Ingeniería Agronómica de la Universidad de Oriente*, 6(1), 121-127. Recuperado de <http://www.bioline.org.br/pdf?cg06016>
38. Falade, K. e Igbeka, J. (2007). Osmotic dehydration of tropical fruits and vegetables. *Food reviews International*, 23, 373-405. doi: 10.1080/87559120701593814

39. Falade, K., Igbeka, J. y Ayanwuyi, F. (2006). Kinetics of mass transfer, and colour changes during osmotic dehydration of watermelon. *Journal of Food Engineering*, 80(1), 979-985, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2006.06.033
40. Farinango, M. (2010). Estudio de la fisiología postcosecha de la mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) y de la mora variedad Brazos (*Rubus sp.*). (Proyecto de titulación). Recuperado de Repositorio Digital EPN (CD-2639)
41. Ferraro, G. (2009). Revisión de la *Aloe vera (Barbadensis Miller)* en la dermatología actual. *Revista Argentina Dermatológica*. 9(4), 218-223. Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-300X2009000400004 (Febrero, 2016)
42. Fito, P. (1994). Modelling of vacuum osmotic dehydration of food. *Elsevier Science Limited*, 22, 313-328.
43. Flores-Álvarez, M., Vergara-Balderas, F., Guerrero-Beltrán, J. (2011). Efecto del tiempo de almacenamiento y tipo de procesamiento en los antioxidantes de nopal. *Ingeniería de Alimentos*, 5(2), 84-96.
44. Food and agriculture organization of the United Nations (Faostat), (2015). Recuperado de: <http://faostat3.fao.org/home/S> (Abril, 2016)
45. Gage, D. (1998). *La sábila (Aloe vera): Suavizante y curativo natural*. México Distrito Federal, México: Lasser Press.
46. Galaviz, J., Martínez, R., Cervantes, B., Hernández, J., Mendoza, E., Padilla, A. y Villegas, D. (2012). *Estrategia tecnológica sustentable para deshidratar frutas, verduras y legumbres*. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=cHMBbXTx5eMC&pg=PA16&dq=porosidad+de+la+fruta+para+deshidratar&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjR29zAvr7NAhXJHh4KHfICDQ0Q6AEIlzAA#v=onepage&q=porosidad%20de%20la%20fruta%20para%20deshidratar&f=true> (Junio, 2016)

47. Galvis, B. (2003). *Estudio de durabilidad de la pulpa de mora de castilla y mora San Antonio (Rubus glaucus)*. (Proyecto de titulación). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/38975448_Estudio_de_durabilidad_de_la_pulpa_de_mora_de_castilla_y_mora_san_antonio (Julio, 2016)
48. Gancel, A., Feneuil, A., Acosta, O., Pérez, A. y Vaillant, F. (2011). Impact of industrial processing and storage on major polyphenols and the antioxidant capacity of tropical highland blackberry (*Rubus adenotrichus*), *Food Research International*, 44, 2243-2251. doi: 10.1016/j.foodres.2010.06.013
49. García, G. (2005). *Efectos del procesamiento sobre la actividad antioxidante del Cajanus cajan*. (Proyecto de titulación). Recuperado de <http://159.90.80.55/tesis/000130459.pdf> (Septiembre, 2016)
50. García-Segovia, P., Mognetti, C., Andrés-Bello, A. y Martínez-Monzó, J. (2010). Osmotic dehydration of Aloe vera (*Aloe barbadensis Miler*). *Food Science and Technology*, 97(2), 154-160. doi:10.1016/j.jfoodeng.2009.10.004.
51. Garrido, J. y Ramírez, L. (2015). *Elaboración de jugo de naranja (itrus sinnensis), banano (Musa paradisiaca) y sábila (Aloe vera)*. (Proyecto de titulación). Recuperada de la base de datos Universidad San Francisco de Quito. (113931)
52. Garzón, G., Riedi, K. y Schwartz, S. (2009). Determination of Anthocyanins, Total Phenolic Content, and Antioxidant Activity in Andes Berry (*Rubus glaucus Benth*). *Journal of Food Science*, 74(3), 227-232. doi: 10.1111/j.1750-3841.2009.01092.x
53. Gennaro, A. (2003). *Remington Farmacia*. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=Av4llsyH-qcC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=true> (Agosto, 2016)

54. Georgé, S., Brat, P., Alter, P. y Amiot, M. (2005). Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(5), 1370-1373. doi:10.1021/jf048396b
55. Gil, M., Allende, A. y Martínez-Sánchez, A. (2007). *Factores que afectan al contenido de compuestos bioactivos en alimentos de IV gama*. V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones, Murcia, España. Recuperado de <http://www.horticom.com/pd/imagenes/69/425/69425.pdf> (Julio, 2016)
56. Giraldo-Cuartas, C., Ayala-Aponte, A. y Serna-Cock, L. (2012). Influencia de la aplicación de pulsos de vacío sobre la cinética de deshidratación osmótica de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). *Revista Vitae*, 19(1), 69-71. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914015.pdf> (Agosto, 2016)
57. González, C. (2013). *Determinación de contenido de polifenoles y capacidad antioxidante en el proceso de vinificación de la mora de Castilla (Rubus glaucus Benth)*. (Proyecto de Titulación). Recuperado de Repositorio digital UTE. (55274_1)
58. González, J. y Sosa, M. (2016). *Desarrollo de una bebida probiótica de Aloe perfoliata var. Vera (Sábila) utilizando Lactobacillus casei shirota*. (Proyecto de Titulación). Recuperada de la base de datos Wilson Popenoe (16103676)
59. Grijalba, C., Calderón, L. y Pérez, M. (2010). Rendimientos y calidad de la fruta en mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*), con y sin espinas, cultivada en campo abierto en Cajicá (Cundinamarca, Colombia). *Facultad de Ciencias básicas*, 6(1), 24-41.

60. Guzmán, A. (2009). *Viagland y Herbolaria en microdosis de Glycine max y Allium sativum para osteoartritis degenerativa*. (Disertación doctoral). Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=1mdWJNZ8KmoC&pg=PA12&dq=Alzheimer+y+el+Parkinson++pdf&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiXI-3y0OfMAhWK2SYKHf5DfUQ6AEIGjAA#v=onepage&q=Alzheimer%20y%20el%20Parkinson%20%20pdf&f=true> (Mayo, 2016)
61. Guzmán, L. (2012). *Estudio bromatológico y microbiológico del mucílago de Aloe vera y de fertilidad del suelo de los cultivos ubicados en el corregimiento de la Florida, municipio de Pereira, departamento de Risaralda*. (Proyecto de titulación). Recuperado de Repositorio Digital UTP. (6314G993)
62. Guzmán, P. (2014). Diseño de una planta para la obtención de una bebida carbonatada de jugo clarificado de mora (*Rubus glaucus Benth*) por microfiltración tangencial (Proyecto de titulación). Recuperado de Repositorio Digital EPN. (CD-5896).
63. Herzberg, F. (2003). A glimpse of the international *Aloe* market. *Nutraceuticals World*. 3-30. Recuperado de <http://www.nutraceuticalsworld.com/issues/2003-05/> (Marzo, 2016)
64. Hidalgo, J. (2011). *Tratado de Enología*. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=CxtfAwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=true> (Abril, 2016)
65. Huayamave, E. y Cornejo, F. (2005). Influencia de presiones de vacío en la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica del mango. *Revista Tecnológica ESPOL*, 18(1), 141.145. Recuperado de <http://learningobjects2006.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/viewFile/237/179> (Agosto, 2016)

66. Industria alimentaria. (2013). *Informe anual de bebidas 2013*. Recuperado de <http://www.industriaalimenticia.com/boletin> (Noviembre, 2016)
67. INEN. (2008). Instituto Ecuatoriano de Normalización. *Catálogo de Normas Técnicas Ecuatorianas*, NTE INEN 2337, Jugos, pulpas, concentrado, néctares, bebidas de frutas y vegetales. Requisitos.
68. INEN. (2010). Instituto Ecuatoriano de Normalización. *Catálogo de Normas Técnicas Ecuatorianas*, NTE INEN 2427, Frutas frescas. Mora. Requisitos.
69. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2016). *Revisiones del tiempo*. Recuperado de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/> (Julio, 2016)
70. International Trade Center (ITC). (2015). Market Analysis Tools. Recuperado de http://www.trademap.org/Country_SelProductCountry.aspx?nvpm=3|218|||121190||6|1|1|2|1|1|2|1|1 (Marzo, 2016)
71. Izaguirre-Silva, J., Belmares-Cerda, R. y Cruz-Hernández, M. (2013). Uso de tecnologías emergentes para la elaboración de bebidas funcionales (*Aloe vera*). *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 5(9), 12-15.
72. Jibaja, H. (2010). Modelado de la cinética de absorción de aceites durante el proceso de fritura al vacío de hojuelas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) (Proyecto de titulación). Recuperado de Repositorio Digital EPN. (CD-2955)
73. Jones, P. (2002). Functional foods. *Canadian Medical Association Journal*, 166(2), 1555-1563. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC113804/> (Agosto 2016)

74. Juárez, M., Olano, A., Morais, F. (2005). *Alimentos funcionales*. Recuperado de http://infoalimenta.com/uploads/_publicaciones/id58/58_Alimentos-funcionales.pdf (Agosto, 2016)
75. Kimura, M. y Rodríguez-Amaya, D. (2002). A scheme for obtaining standards and HPLC quantification of leafy vegetable carotenoids. *Food Chemistry*. 78, 389-398. doi: 10.1016/S0308-8146(02)00203-0
76. León, J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales*. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=NBtu79LJ4h4C&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=true> (Abril, 2016)
77. Loaiza, M. (2011). *Aprovechamiento del suero de leche para la elaboración de una bebida funcional*. (Proyecto de titulación). Recuperado de Repositorio Digital Universidad de las Américas. (UDLA-EC-TIAG-2011-07)
78. López, B., Montes, L., Serna, L. y Franco, G. (2002). La producción frutícola con enfoque de cadena. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=G8CnojHybXoC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=true> (Abril, 2016)
79. Macías, F., Esparza, G., Váldez, R., Cabral, F., Esparza, E. y Bañuelos, R. (2007). Propiedades físicas, estructurales y análisis de crecimiento de la Sábila (*Aloe spp.*). *Revista de Geografía Agrícola*, 38, 41-54. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75703805> (Julio, 2016)
80. Maldonado, S., Santapaola, J., Singh, J., Torrez, M., Garay, A. (2008). Cinética de la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de yacón (*Smallanthus sonchifolius*). *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 28(1), 251-256.

81. Manoharan, A. y Ramasamy, D. (2013) Physico-chemical, microbial and sensory analysis of Aloe vera (pulp) ice cream with natural colour curcumin in different artificial sweeteners, *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*. 3(2), 122-130.
82. Manvitha, K. y Bidya, B. (2013). *Aloe vera: a wonder plant its history, cultivation and medical uses*. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2(5), 85-88. Recuperado de http://www.phytojournal.com/vol2Issue5/Issue_jan_2014/19.1.pdf (Febrero, 2016)
83. Martínez, A., Beltrán, O., Velastegui, G., Ayala, G., Jácome, R., Yáñez, W. y Valle, E. (2007). *Manual del cultivo de la mora de Castilla (Rubus glaucus B)*. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=E30zAQAAMAAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=true> (Abril, 2016)
84. Martínez, J., Muñoz, C., Urrialde, R., Fontecha, J., Murcia, M., Gómez, C. y Villarino, M. (2003). Nuevos alimentos para nuevas necesidades. *Nutrición y salud*. Recuperado de http://www.nutricion.org/publicaciones/pdf/nuevos_alimentos.pdf (Mayo, 2016)
85. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). (2013). *La mora de Castilla*. Recuperado de <http://balcon.magap.gob.ec/mag01/magapaldia/HOMBRO%20A%20HOMBRO/manuales/Manual%20El%20cultivo%20de%20la%20%20mora.pdf> (Abril, 2016)
86. Moghaddasi, S. y Kumar, S. (2011). *Aloe vera their chemicals composition and applications: A review*. *International Journal of Biological & Medical Research*, 2(1), 466-471 Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/48347118_Aloe_vera_their_chemicals_composition_and_applications_A_review (Abril, 2016)

87. Monteiro, F., Viotto, L. y Cabral, L. (2011). *Evaluation of anthocyanin content on blackberry juice (Rupus spp) processed by microfiltración*. Recuperado de: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/915903> (Noviembre, 2016)
88. Montoya, A., Londoña, J. y Márquez, C. (2005). Licor de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) con diferentes porcentajes de pulpa. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 58(2), 2963-2973.
89. Montoya, H. (2008). *Microbiología básica para el área de la salud y afines*. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=5RjS6B0X5RgC&pg=PA160&dq=pH+para+que+crezcan+hongos+y+levaduras&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwilnuHyofLNAhXFNx4KHeYcAhkQ6AEIHjAB#v=onepage&q=pH%20para%20que%20crezcan%20hongos%20y%20levaduras&f=true> (Julio, 2016)
90. Moreno, A., León, D., Giraldo, G. y Ríos, E. (2010). Estudio de la cinética fisicoquímica del mango (*Mangifera indica* L. Var. *Tommy Atkins*) tratado por métodos combinados de secado. *Revista Nacional de Minas*, 177(162), 75-84. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532010000200009 (Julio, 2016)
91. Moreno, A., López, M. y Jiménez, L. (2012). *Aloe vera (sábila): cultivo y utilización*. (1ra. ed.). Madrid, España: Mundi-Prensa.
92. Morillo, M. y Puma, M. (2009). *Determinación de parámetros óptimos para elaboración de gomas utilizando pulpa de Sábila (Aloe vera)* (Proyecto de titulación). Recuperado de Repositorio Digital UTN (Universidad Técnica del Norte). (03 AGI 249)

93. Ni, Y., Turner, D., Yates, K., Tizard, I. (2004). Isolation and caracterización of structural components of *Aloe vera* L. leaf pulp. *International Immunopharmacology*, 4, 1745-1755. doi: 10.1016/j.intimp.2004.07.006
94. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2004). *Necesidades nutricionales II*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/014/am401s/am401s03.pdf> (Julio, 2016)
95. Parzanese, M. (2012). Deshidratación osmótica. *Tecnologías para la Industrial Alimentaria*. Recuperado de http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Tecnologia/tecnologia/Ficha_06_Osmotica.pdf (Mayo, 2016)
96. Phisut, N. (2012). Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits. *International Food Research Journal*, 19(1), 7-18. Recuperado de [http://www.ifrj.upm.edu.my/19%20\(01\)%202011/\(2\)IFRJ-2011-168%20Phisut.pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/19%20(01)%202011/(2)IFRJ-2011-168%20Phisut.pdf) (Junio, 2016)
97. Plúa, A. Martínez, D. y Salas, E. (2009). *Proyecto de Evaluación de Procesamiento y Comercialización de Bebida refrescante Orange Aloe para la Provincia de Santa Elena*. (Proyecto de titulación). Recuperado de Repositorio Dspace. (EDCOM 102)
98. Pulok, K., Neelesh, K., Niladri, M., Kakali, M. y Ranjit, H., (2014). Phytochemical and therapeutic profile of *Aloe vera*. *Journal of Natural Remedies*, 14(1), 1-26.
99. Quiñones, M., Miguel, M. y Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria*, 27(1), 76-89. doi: 10.3305/nh.2012.27.1.5418

100. Rajeswari, R., Umadevi, M., Sharmila, C., Rushpa, R., Selvavenkadesh, S., Sampath, K. y Bhowmik, D. (2012). *Aloe vera*: The Miracle plant its medicinal and Traditional uses in India. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 1(4). 118-124.
101. Ramírez, M., Roveda, G., Bonilla, R., Cabra, L., Peñaranda, A., López, M., Tamyó, Á., Navas, G. y Díaz, C. (2008). *Uso de microorganismos con potencial como biofertilizantes en el cultivo de mora*. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=iH5luh2oQIQC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=true> (Abril, 2016)
102. Ramírez, T. (2009). *Perfil de mora*. Recuperado de <http://www.pucesi.edu.ec/pdf/mora.pdf> (Agosto 2016)
103. Rivera, G., Bocanegra-García, V. y Monge, A. (2010). Traditional plants as source of functional foods: a review. *Journal of Food*, 8(2), 159-167. doi: 10.1080/19476330903322978
104. Rodríguez, F., Esparza, G. Váldez, R., Cabral, F., Esparza, E. y Bañuelos, R. (2007). Propiedades físicas, estructurales y análisis de crecimiento de la Sabila (*Aloe spp.*). *Revista de Geografía Agrícola*, 38, 41-54. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75703805> (Julio, 2016)
105. Saberian, H., Hamidi-Esfahani, Z. y Abbasi, S. (2013). Effect of pasteurization and storage on bioactive components of *Aloe vera* gel. *Nutrition & Food Science*, 43(2), 175-183. doi: 10.1108/00346651311313553
106. Salem, M., El-Eraky, N. y Faruk, E. (2014). Modulatory effects of green tea and aloe vera extracts on experimentally-induced lung fibrosis in rats: histological and immunohistochemical study. *Journal of Histology & Histopathology*, 1(4), 1-7. doi: 10.7243/2055-091X-1-6
107. Sáenz, C. (2006). *Utilización agroindustrial del nopal*. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=llaxlnmJjFoC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=true> (Agosto, 2016)

108. Sanjinez-Argandoña, E., Branco, I., Takito, S. y Corbari, J. (2010). Influencia de la deshidratación osmótica y de la adición de cloruro de calcio en la conservación de kivi minimamente procesados. *Ciencia y Tecnología de alimentos*, 30(1), 205-209. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/cta/v30s1/31.pdf> (Agosto, 2016)
109. Saurel, R., Raoult-Wack, A., Rios, G. y Guilbert, S. (1994). Mass transfer phenomena during osmotic dehydration of apple I. fresh plant tissue. *International Journal of Food Science and Technology*, 29, 521-542
110. Sedó, P. (2001). Alimentos funcionales: análisis general acerca de las características químico-nutricionales, desarrollo industrial y legislación alimentaria. *Revista costarricense de Salud Pública*, 10(1), 18-29. Recuperado de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-14292001000100005&script=sci_arttext (Mayo, 2016)
111. Sedó, P. (2002). El mercado de los alimentos funcionales y los nuevos restos para la alimentación alimentaria. *Revista costarricense de Salud Pública*, 11 (20), 18-25. Recuperado de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-14292002000100004&script=sci_arttext&tlng=en (Mayo, 2016)
112. Sharma, P., Kharkwal, A., Kharkwa, H., Abdin, M. y Varma, A. (2014). A Review on Pharmacological Properties of *Aloe vera*. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 29(2), 31-37
113. Sierra, A. (2002). *Desarrollo de un prototipo de bebida de sábila (Aloe vera barbadensis Miller) y naranja*. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1522/1/AGI-2002-T041.pdf> (Noviembre, 2016)
114. Singh A. (2009) Optimization of processing variables for the preparation of herbal bread using *Aloe vera* gel, *Journal of Food Science and Technology*, 46(4), 335–338.

115. Sluka, E., Monserrat, S., Orlando, C. y Fernandez, M. (2010). Optimización de la técnica de osmodeshidratación al vacío en cubos de batata (*Ipomoea batatas* L.). *Revista agronómica Noreste de Argentina*, 34(2), 17-20. Recuperado de <http://www.faz.unt.edu.ar/rana/rana34204.pdf> (Julio, 2016)
116. Spiazzi, E. y Mascheroni, R. (2001). Modelo de deshidratación osmótica de alimentos vegetales.
117. Stevens, N. (2006). *Aloe vera: Características botánicas del Aloe*. (7ma. Ed.). Barcelona, España: Sirio.
118. Surjushe, A., Vasani, R. y Saple, D. (2008). *Aloe vera: A short review*. *Indian Journal of Dermatology*, 53(4), 163-166. doi: 10.4103/0019-5154.44785
119. Torreggiani, D. (1993). Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. *Food Research International*, 26, 59-68. doi: 10.1016/0963-9969(93)90106-S
120. Torres, J., Talens, P., Escriche, I y Chiralt, A. (2006). Influence of process conditions on mechanical properties of osmotically dehydrated mango. *Journal of Food Engineering*, 74, 240-246.
121. Trejo, G. (2014). Elaboración de yogur batido adicionando cuatro concentraciones de gel de sábila (*Aloe barbadensis* Miller) y su influencia en el crecimiento de la población microbiana (Proyecto de titulación). Recuperado de Repositorio Digital UTN (Universidad Técnica del Norte). (03 EIA 345)
122. Ursachi, C., Segal, R. y Meresan, C. (2009). Vacuum impregnation viability of some fruits. *Journal of Agroalimentary processes and Technologies*, 15(2), 316-319. Recuperado de http://www.journal-of-agroalimentary.ro/admin/articole/30011L26_Ursachi_316-319.pdf (Julio, 2016)

123. Vasco, C., Ruales, J. y Kamal-Eldin, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*, 111(4), 816-823. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.04.054
124. Vázquez, C., Cos, A. y López-Nomdedeu. (2005). *Alimentación y Nutrición*. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=F-xV6Rul96kC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=true> (Mayo, 2016)
125. Vega, A., Ampuero, N., Díaz, L. y Lemus, R. (2005). El Aloe vera (*Aloe barbadensis Miller*) como componente de alimentos funcionales. *Revista chilena de nutrición*, 23(3), 208-214. doi: 10-4067/S0717-75182005000300005
126. Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Aranda, M., Henríquez, K., Vergara, J., Tabilo-Munizaga, G. y Pérez-Won, M. (2011). Effect of high hydrostatic pressure on functional properties and quality characteristics of *Aloe vera* gel. *Food Chemistry*, 129, 1060-1065. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.05.074
127. Verheye, W. (2010). *Soils, plant growth and crop production*. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=Ew4wCwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=true> (Julio, 2016)
128. Yoshida, M., Hishiyama, T., Ogawara, M., Fuse, K., Mori, M., Igarashi, T. y Taniguchi, M. (2012). A novel method for determining vitamin B1 in a wide variety of foodstuffs with or without polyphenols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 135, 2387-2392. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.07.044
129. Zheng, W. y Wang, S. (2001). Antioxidant activity and phenolic compounds in selected. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(11), 5165-5170. doi: 10.1021/jf010697n

ANEXOS

ANEXO I

PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN OSMÓTICA

Ingredientes:

- Fructosa
- Agua destilada
- Ácido cítrico
- Cloruro de calcio

Procedimiento:

Para preparar la solución osmótica se siguió el siguiente procedimiento (Gennaro, 2003, p. 135)

1. Pesar la cantidad de fructosa según la concentración (%) que se requiere. Se recomienda colocar en un recipiente con capacidad mayor a la que se va a realizar para el proceso.
2. En el recipiente se coloca el agua destilada previamente pesada.
3. Pesa el ácido cítrico (1 g/L) y el cloruro de calcio en relación de 1 % del peso de la fructosa añadida.
4. Disolver el ácido cítrico y el cloruro de calcio en un recipiente aparte.
5. Calentar la solución y agitar constantemente hasta que se homogenice la mezcla.
6. Añadir en la solución el ácido cítrico y el cloruro de calcio y calentar hasta que alcance los 30 °C

Ejemplo de cálculo

La solución osmótica requerida para la investigación debe tener una concentración de 50 °Brix. La muestra a deshidratar (400 g de trozos de sábila) se sumerge en la solución con una relación fruta:solución osmótica de 1:4. Los ingredientes para esta solución se calculan de la siguiente manera:

Peso de los trozos de sábila = 400 g

$$\frac{\text{fruta}}{\text{solución}} = \frac{1}{4} = \frac{400 \text{ g}}{X}$$

Despejando la incógnita

$$X = (4)(400 \text{ g}) = 1\,600 \text{ g de solución osmótica}$$

$$\text{Fructosa}_{(50^\circ\text{Brix})} = (0,5)(1\,600 \text{ g}) = 800 \text{ g de fructosa}$$

Considerando que la densidad de la solución es de 1 kg/L

$$\text{Ácido cítrico} = 1 \frac{\text{g}}{\text{L de solución}} \times 1,6 \text{ L de solución} = 1,6 \text{ g de ácido cítrico}$$

$$\text{Cloruro de calcio} = (0,01)(800 \text{ g de fructosa}) = 8 \text{ g de cloruro de calcio}$$

$$\text{Agua}_{(50^\circ\text{Brix})} = (0,5)(1\,600 \text{ g}) = 800 \text{ g de agua}$$

Tabla AI.1. Cantidades de los ingredientes necesarios para las soluciones osmóticas requeridas (50, 60 y 70 °Brix)

INGREDIENTES	50 °Brix	60 °Brix	70 °Brix
Agua destilada	800 g	640 g	480 g
Fructosa	800 g	960 g	1120 g
Ácido cítrico	1,6 g	1,6 g	1,6 g
Cloruro de calcio	8 g	9,6 g	11,2 g

ANEXO II

FORMATO DEL ANÁLISIS SENSORIAL DE JUGO DE MORA CON TROZOS DE SÁBILA



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología

Fecha: _____ Hora: _____

EVALUACIÓN SENSORIAL

PRODUCTO: Bebida de mora con trozos de sábila

Indicaciones: Usted recibirá tres muestras codificadas, deberá analizar los atributos descritos a continuación. Permítase colocar una línea vertical con la codificación de la muestra sobre la escala. Se debe analizar las muestras de izquierda a derecha, enjuagar su boca con agua y descansar 30 segundos entre muestras.

ATRIBUTO:

Fluidez	_____
	Muy fluido Muy espeso
Cantidad de sólidos en suspensión	_____
	Muy poco Muy abundante
Dureza	_____
	Muy blando Muy duro
Intensidad de Sabor A fruta natural (Mora)	_____
	Débil Intenso
Presencia de sabores Extraños	_____
	Usencia Muy elevado
Preferencia	_____
	No me gusta nada Me gusta mucho

Observaciones:

Gracias por su colaboración

DB/JR

ANEXO III

FORMATO DEL ANÁLISIS SENSORIAL DE JUGO DE MORA CON TROZOS DE SÁBILA PARA ACEPTABILIDAD

El formato se entregó a 120 consumidores.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología

Fecha: _____ Hora: _____

Nº de muestra: _____

EVALUACIÓN SENSORIAL

PRODUCTO: Bebida de mora con trozos de sábila

Indicaciones: Usted recibirá una muestra codificada, deberá analizar los atributos descritos a continuación. Permítase colocar una línea vertical con la codificación de la muestra sobre la escala.

ATRIBUTO:

Fluidez		
	Muy fluido	Muy espeso
Dureza		
	Muy blando	Muy duro
Intensidad de Sabor A fruta natural (Mora)		
	Débil	Intenso
Apariencia		
	Homogénea	Heterogénea
Preferencia		
	No me gusta nada	Me gusta mucho

Observaciones:

Gracias por su colaboración

ANEXO IV

FORMATO DEL ANÁLISIS SENSORIAL DE JUGO DE MORA CON TROZOS DE SÁBILA PARA ESTABILIDAD

El formato se entregó a ocho panelistas semi-entrenados para evaluar las características organolépticas de la bebida durante el almacenamiento



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología

Fecha: _____ Hora: _____

EVALUACIÓN SENSORIAL

PRODUCTO: Bebida de mora con trozos de sábila

Indicaciones: Usted recibirá tres muestras codificadas, deberá analizar los atributos descritos a continuación. Permítase colocar una línea vertical con la codificación de la muestra sobre la escala. Se debe analizar las muestras de izquierda a derecha, enjuagar su boca con agua y descansar 30 segundos entre muestras.

ATRIBUTO:

Apariencia

Homogénea

Heterogénea

Color

Débil

Intenso

Aroma

Débil

Intenso

Observaciones:

Gracias por su colaboración

ANEXO V

COLOR DE LA MATERIA PRIMA: SÁBILA Y MORA

Tabla AV.1. Color de la sábila y mora, (A) producto fresco y (B) coordenadas L*ab

A Hojas de sábila	B Color (Coordenadas L*ab)
	
Mora de Castilla	Color (Coordenadas L*ab)
	

ANEXO VI

**COLORIMERÍA DE LOS TROZOS DE SÁBILA DESHIDRATADOS
EN CADA TRATAMIENTO**





















 *			
Condiciones iniciales	50 Brix, 5 min, 3 h	50 Brix, 5 min, 5 h	50 Brix, 5 min, 7 h
			
Condiciones iniciales	50 Brix, 10 min, 3 h	50 Brix, 10 min, 5 h	50 Brix, 10 min, 7 h
			
Condiciones iniciales	50 Brix, 15 min, 3 h	50 Brix, 15 min, 5 h	50 Brix, 15 min, 7 h
			
Condiciones iniciales	60 Brix, 5 min, 3 h	60 Brix, 5 min, 5 h	60 Brix, 5 min, 7 h
			
Condiciones iniciales	60 Brix, 10 min, 3 h	60 Brix, 10 min, 5 h	60 Brix, 10 min, 7 h

Figura AVI.1. Color de las muestras de sábilas deshidratadas en vivo y en coordenadas L*ab

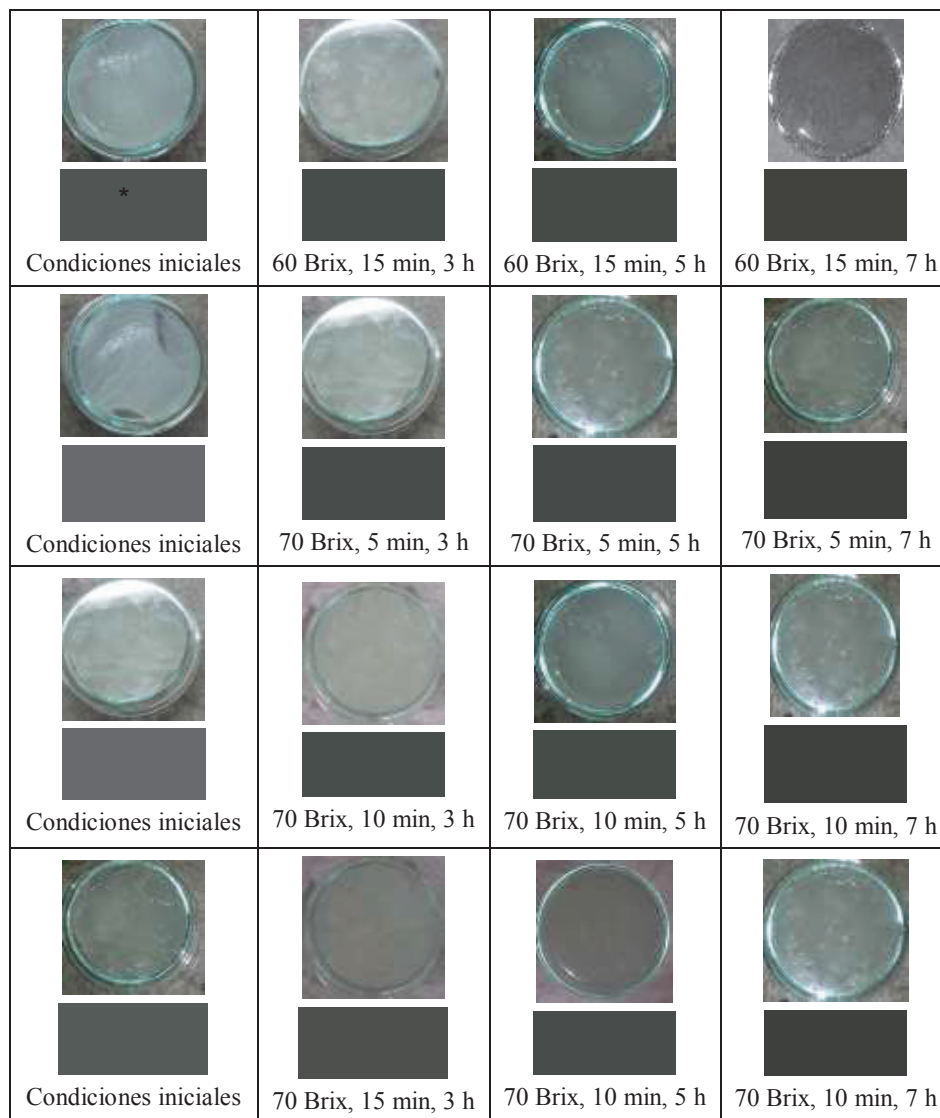


Figura AVI.1. Color de las muestras de sábilas deshidratadas en vivo y en coordenadas L*ab (continuación...)

*Color reproducido en el programa EASYRGB

ANEXO VII

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS ATRIBUTOS (pH, ACIDEZ,
SÓLIDOS SOLUBLES Y POLIFENOLES) DURANTE EL
ALMACENAMIENTO**

Tabla AVII.1. Análisis de varianza para el pH con respecto a la temperatura y tiempo de almacenamiento

Fuente	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
A: Temperatura de almacenamiento	0,0004	0,0002	1,24	0,3554
B: Tiempo de almacenamiento	0,0062	0,0021	14,65	0,0036
Residuos	0,0009	0,0001		

Tabla AVII.2. Análisis de varianza para la acidez titulable con respecto a la temperatura y tiempo de almacenamiento

Fuente	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
A: Temperatura de almacenamiento	0,0253	0,0126	3,27	0,1097
B: Tiempo de almacenamiento	0,2577	0,0857	22,17	0,0012
Residuos	0,0232	0,0039		

Tabla AVII.3. Análisis de varianza para lo sólidos solubles con respecto a la temperatura y tiempo de almacenamiento

Fuente	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
A: Temperatura de almacenamiento	0,0029	0,0015	0,30	0,7484
B: Tiempo de almacenamiento	0,6106	0,2035	42,48	0,0002
Residuos	0,0288	0,0047		

Tabla AVII.4. Análisis de varianza para polifenoles totales con respecto a la temperatura y tiempo de almacenamiento

Fuente	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
A: Temperatura de almacenamiento	5268,42	2634,21	171,79	0,0000
B: Tiempo de almacenamiento	2040,47	680,16	44,36	0,0002
Residuos	92,00	15,33		

ANEXO VIII

APROXIMACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL DE LA BEBIDA

Con los resultados de polifenoles totales en cada temperatura se calcula la velocidad de deterioro.

Tabla AVIII.1. Variación de los polifenoles en la bebida de mora en la temperatura de refrigeración (4 °C)

Tiempo (días)	[Polifenoles]	Log [Polifenoles]
0	188,66	2,28
15	179,23	2,25
45	148,38	2,17
60	132,27	2,12

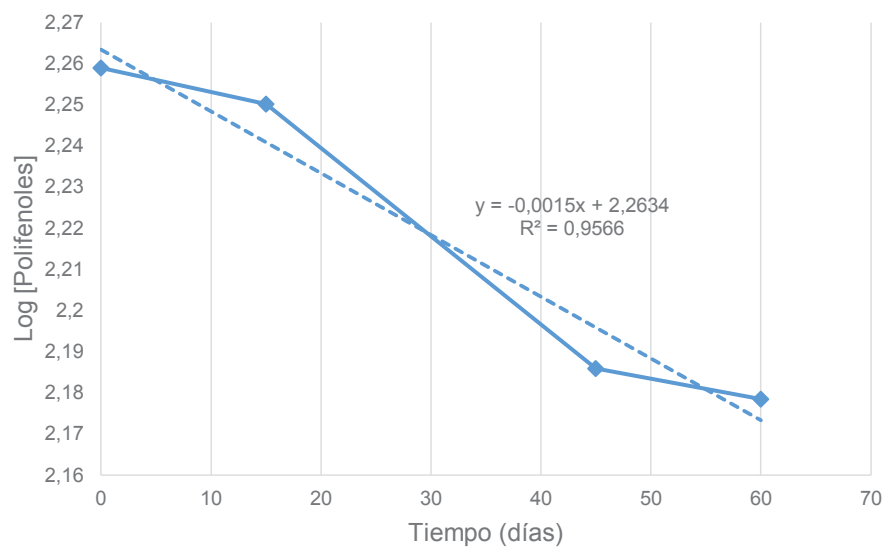


Figura AVIII.1. Log de los polifenoles vs. el tiempo de almacenamiento en la temperatura de refrigeración (4 °C)

Tabla AVIII.2. Variación de los polifenoles en la bebida de mora en la temperatura ambiente (20 °C)

Tiempo (días)	[Polifenoles]	Log [Polifenoles]
0	152,94	2,18
15	141,23	2,15
45	113,32	2,05
60	112,99	2,05

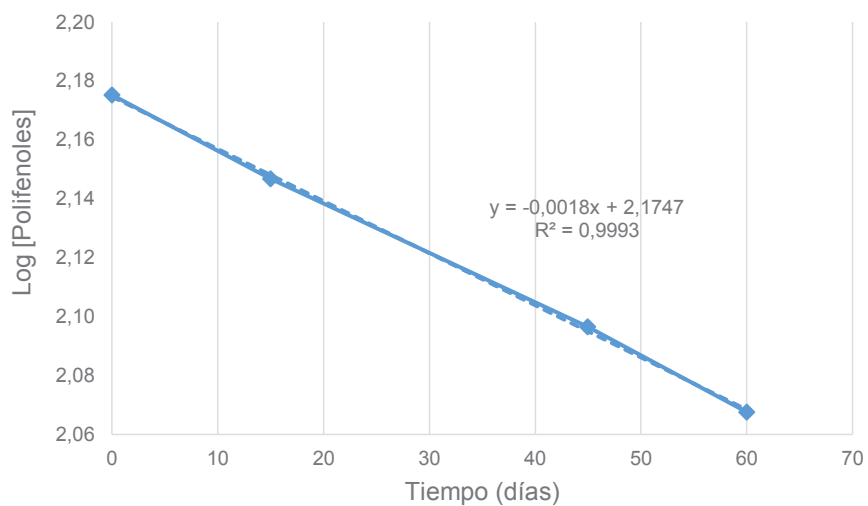


Figura AVIII.2. Log de los polifenoles vs. el tiempo de almacenamiento en la temperatura ambiente (20 °C)

Tabla AVIII.3. Variación de los polifenoles en la bebida de mora en la estufa (25 °C)

Tiempo (días)	[Polifenoles]	Log [Polifenoles]
0	137,12	2,13709304
15	135,12	2,13073401
45	125,21	2,09764399
60	104,40	2,01868662

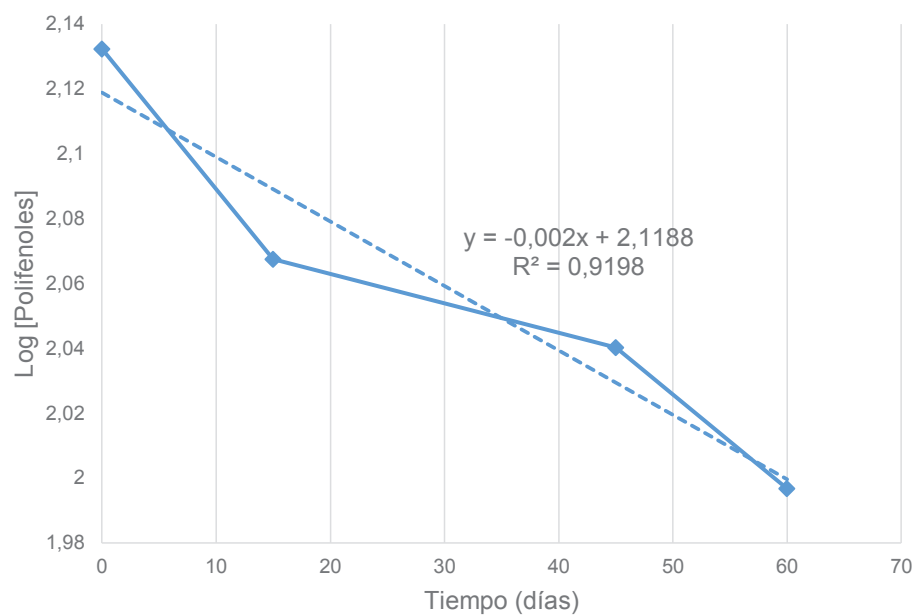


Figura AVIII.3. Log de los polifenoles vs. el tiempo de almacenamiento en la estufa (25 °C)

De las Figuras AVIII.1, AVIII.2 y AVIII.3 se obtiene las pendientes de las rectas que representan $(-k/2,203)$ y se despeja la constante de deterioro (k). En la Tabla AVIII.4, se muestran los valores de k .

Tabla AVIII.4. Valores de k a las diferentes temperaturas de almacenamiento

Tipo de almacenamiento	T (°K)	1/T	K (días ⁻¹)	Ln (k)
Refrigeración	277	0,0036	0,0033	-5,7125
Ambiente	293	0,0034	0,0040	-5,5301
Estufa	298	0,0034	0,0044	-5,4248

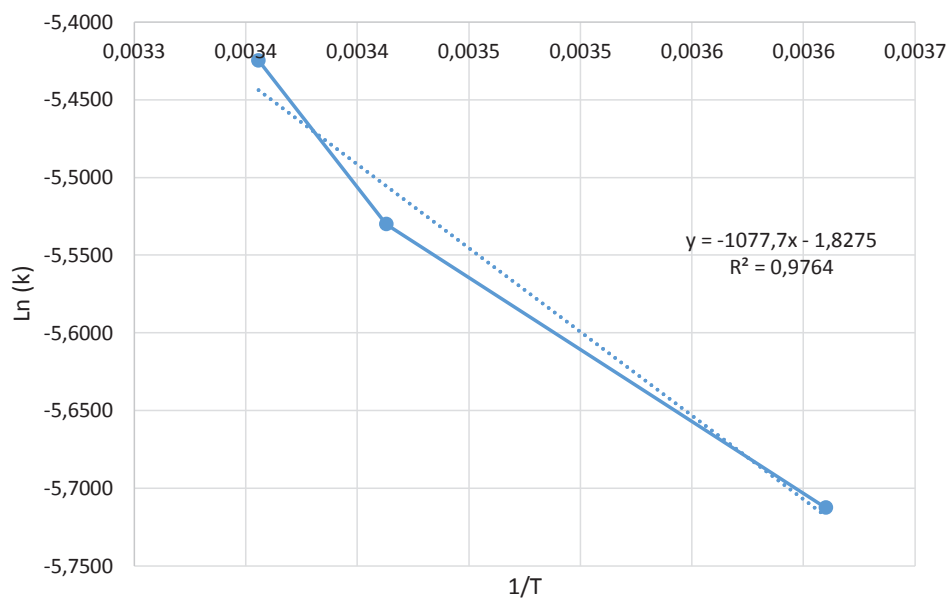


Figura AVIII.4. Diagrama $\ln(k)$ vs $1/T$

Después de calcular las constantes de velocidad a 4, 20 y 25 °C, se calcula k' (factor de frecuencia) y E_a (energía de activación).

Del diagrama de $\ln(k)$ vs $1/T$ obtenemos la pendiente de la recta que es igual a ($-E_a/R$)

$$E_a = 1077,7 \text{ } ^\circ\text{K} * 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol } ^\circ\text{K}}$$

$$E_a = 8955,69 \text{ J/mol}$$

$$\ln(k) = -\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T} \right) + \ln(k')$$

$$\ln(k') = -5,53 + \frac{8955,69 \frac{\text{J}}{\text{mol}}}{8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol } ^\circ\text{K}}} \left(\frac{1}{293 \text{ } ^\circ\text{K}} \right)$$

$$k' = 0,1569$$

Con la ecuación de Arrhenius y la velocidad de deterioro a la temperatura de refrigeración se calculó el tiempo de vida útil. Para determinar este tiempo se consideró que al llegar los polifenoles al 50 % de su concentración inicial se termina la vida útil.

$$t = \frac{-((\text{Log } A - \text{Log } A_0) * 2,303)}{k}$$

$$t = \frac{-((\text{Log } (90,76) - \text{Log } (181,52)) * 2,303)}{0,0033}$$

$$t = 207 \text{ días}$$