



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**“EFECTO DE LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO Y EL TIPO
DE ACIDULANTE EN LA CONSERVACIÓN DE UNA BEBIDA
COMERCIAL A BASE DEL EXTRACTO ACUOSO DE MAÍZ MORADO
(*Zea mays L.*) Y PLANTAS MEDICINALES”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

AUTORES:

BACH. HUAMÁN LIZANA DIANA DEL MILAGRO
BACH. SÁNCHEZ CHÁVEZ ISABEL

ASESOR:

ING. JAMES JENNER GUERRERO BRACO

LAMBAYEQUE – PERÚ
2019



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS

**“EFECTO DE LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO Y EL TIPO
DE ACIDULANTE EN LA CONSERVACIÓN DE UNA BEBIDA
COMERCIAL A BASE DEL EXTRACTO ACUOSO DE MAÍZ MORADO
(*Zea mays L.*) Y PLANTAS MEDICINALES”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

AUTORES:

BACH. HUAMÁN LIZANA DIANA DEL MILAGRO
BACH. SÁNCHEZ CHÁVEZ ISABEL

APROBADO POR:

Dra. Noemi León Roque

PRESIDENTE DE JURADO

M. Sc. Doyle Isabel Benel Fernández

SECRETARIO DEL JURADO

M.Sc. Renzo Bruno Chung Cumpa

VOCAL

Ing. James Jenner Guerrero Braco

ASESOR

LAMBAYEQUE – PERÚ
2019

AGRADECIMIENTOS

A Dios por la bendición de la vida para seguir logrando nuestras metas planteadas.

A nuestros padres y hermanos por el apoyo moral y económico en todo este tiempo del desarrollo de nuestra tesis, por la constancia y la confianza puesta en nosotras.

A nuestro Co-Asesor Ing. William Sánchez Chávez; por su apoyo constante e incondicional, por impartir sus valiosos conocimientos en cinética química, estabilidad y conservación de alimentos, por sus aportes en la evaluación sensorial y por toda la bibliografía que nos brindó para el desarrollo de la presente tesis.

A nuestro Asesor, Ing. James Jenner Guerrero Braco; por su disponibilidad para apoyarnos, por sus consejos y por su respaldo e interés para instruirnos en el desarrollo de la presente tesis.

A la M.Sc. Elena Gabriela. Chau loo kung, por facilitarlos los laboratorios a su cargo, para realizar nuestros análisis fisicoquímicos.

A nuestros amigos que formaron parte de nuestro panel de jueces para la evaluación sensorial, por ese apoyo desinteresado en todos los días de entrenamiento que fueron necesarios: Bresly Huancas, Gabriel Rivas, Mayra Torres, Teylu Imán, Juan Carlos Rentería.

Los autores.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios y a mis padres **Francisco Huamán Padilla y Modesta Lizana Mendo**, por ser esa fuente de inspiración para lograr mis metas y por el apoyo constante para lograr este objetivo de vida y a mis cuatro hermanos **Yesica, Vianca, Kenji y Geiner Huamán Lizana** por ser un gran ejemplo a seguir, LOS AMO.

Diana del Milagro Huamán Lizana

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, por ser mi fiel compañero a lo largo de este camino.

A mis padres: **Amancio Sánchez Santa Cruz y María Flor Chávez Huamán**; por su apoyo incondicional para lograr mi carrera profesional y por sus consejos para no darme por vencida ante las dificultades. Ustedes son mi fuerza para seguir adelante.

A mis hermanos: **Icela Yamileth Sánchez Chávez e Ing. William Sánchez Chávez**; quienes son también el motivo de mi superación. Muchas gracias hermano por ser mi ejemplo a seguir y por tu apoyo brindado para así poder lograr este objetivo.

Isabel Sánchez Chávez

ÍNDICE

	Pág.
I. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	7
1.1. Alimentos funcionales.....	7
1.2. Bebidas funcionales	8
1.3. Compuestos fenólicos	10
1.3.1. Flavonoides	11
1.4. Bebida a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales.....	13
1.4.1. Materia prima	14
1.4.2. Proceso productivo	16
1.5. Estudio de estabilidad de alimentos	19
1.6. Tipos de deterioro de los alimentos	21
1.6.1. Aspecto químico	21
1.6.2. Aspecto microbiológico	21
1.6.3. Aspecto físico	21
1.7. Factores que influyen en el deterioro de los alimentos	21
1.7.1. Factores intrínsecos.....	21
1.7.2. Factores extrínsecos.....	22
1.8. Indicadores de calidad.....	23
1.9. Cinética química del deterioro de los alimentos	25
1.9.1. Orden de reacción	26
1.9.2. Velocidad de reacción.....	26
1.9.3. Tipos de reacciones en sistemas alimentarios	27
1.10. Pruebas de vida útil acelerada	27
1.10.1. Modelo de Arrhenius.....	28
1.10.2. Modelo Q_{10}	28
1.11. Evaluación sensorial de los alimentos	30
1.11.1. Propiedades sensoriales	30
1.11.2. Estudio de la estabilidad de un alimento durante su almacenaje	31
1.11.3. Clasificación de los análisis sensoriales	32
1.11.4. Escalas de calificación.....	33
1.11.5. Análisis descriptivos para categorizar muestras	34
1.11.6. Clasificación de los jueces en la evaluación sensorial de los alimentos	37
1.11.7. Proceso de formación de jueces en la evaluación sensorial de los alimentos.....	38

II. MATERIALES Y MÉTODOS	41
2.1. Localización.....	41
2.2. Materiales reactivos y equipos.....	41
2.2.1. Materiales de laboratorio.....	41
2.2.2. Otros materiales	42
2.2.3. Reactivos	42
2.2.4. Equipos.....	43
2.3. Metodología experimental.....	44
2.3.1. Caracterización fisicoquímica de la bebida comercial a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales	44
2.3.2. Evaluación de los componentes bioactivos de la bebida comercial a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales	44
2.3.3. Caracterización microbiológica de la bebida comercial a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales	45
2.3.4. Caracterización proximal de la bebida comercial a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales	46
2.3.5. Caracterización sensorial de la bebida comercial a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales	46
2.3.6. Obtención de la bebida en estudio	51
2.3.7. Almacenamiento de la bebida en estudio	53
2.3.8. Determinación de los componentes bioactivos de la bebida en estudio durante su almacenamiento controlado.....	54
2.3.9. Evaluación sensorial de la bebida en estudio durante su almacenamiento controlado	56
2.3.10. Determinación del orden de reacción y las constantes de velocidad de degradación de fenoles totales y antocianinas.....	57
2.3.11. Evaluación del tiempo de vida media de fenoles totales y antocianinas.	57
2.3.12. Análisis estadístico	57
III. RESULTADOS Y DISCUSIONES	58
3.1. Caracterización fisicoquímica de la bebida comercial a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales	58
3.2. Evaluación de los componentes bioactivos de la bebida comercial a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales.	58
3.3. Caracterización microbiológica de la bebida comercial a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales	58
3.4. Caracterización proximal de la bebida comercial a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales	59

3.5. Caracterización sensorial de la bebida comercial a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales	59
3.6. Concentración de antocianinas de la bebida en estudio durante su almacenamiento controlado.....	62
3.6.1. Determinación del tiempo de vida media de antocianinas.....	70
3.7. Concentración de fenoles totales de la bebida en estudio durante su almacenamiento controlado.....	73
3.7.1. Determinación del tiempo de vida media de fenoles totales	80
3.8. Evaluación sensorial de la bebida en estudio durante su almacenamiento controlado.....	83
3.8.1. Evaluación del color de la bebida en estudio	83
3.8.2. Evaluación del sabor de la bebida en estudio.....	90
3.8.3. Evaluación de la apariencia para la bebida en estudio.....	93
3.8.4. Evaluación del olor de la bebida en estudio	97
IV. CONCLUSIONES	102
V. RECOMENDACIONES	105
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	106
VII. ANEXOS.....	125

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación general de bebidas funcionales	9
Tabla 2. Diferentes tipos de deterioro con algunos indicadores relevantes	24
Tabla 3. Características fisicoquímicas evaluadas a la bebida en estudio	44
Tabla 4. Componentes bioactivos de la bebida en estudio.....	44
Tabla 5. Características microbiológicas evaluadas a la bebida en estudio	45
Tabla 6. Composición proximal de la bebida en estudio	46
Tabla 7. Concentración de soluciones utilizadas en la prueba sensorial de sabor....	48
Tabla 8. Producto evaluado con su respectiva diferencia aplicada.....	49
Tabla 9. Criterios para la elección de los jueces de acuerdo al porcentaje mínimo de aciertos y asistencia	50
Tabla 10. Muestras de la bebida en estudio elaborada con diferentes tipos de acidulantes.....	51
Tabla 11 Unidades de muestreo de la bebida elaborada con diferentes tipos de acidulantes durante su almacenamiento a 37 y 43°C.....	53
Tabla 12. Resultados de las características fisicoquímicas evaluadas a la bebida en estudio.....	58
Tabla 13. Resultados de la evaluación de los componentes bioactivos de la bebida en estudio.....	58
Tabla 14. Resultados de las características microbiológicas evaluadas a la bebida en estudio.....	59
Tabla 15. Resultados de la composición proximal de la bebida en estudio	59
Tabla 16. Porcentaje e intensidad promedio de la evaluación sensorial de apariencia de la bebida en estudio	60
Tabla 17. Porcentaje e intensidad promedio de la evaluación sensorial del olor de la bebida en estudio	60
Tabla 18. Porcentaje e intensidad promedio de la evaluación sensorial del sabor de la bebida en estudio.....	61
Tabla 19. Porcentaje e intensidad promedio de la evaluación sensorial apariencia de la bebida en estudio	61

Tabla 20. Concentración de antocianinas de la bebida en estudio a diferentes temperaturas de almacenamiento para los tres tipos de acidulantes	62
Tabla 21. Regresión lineal simple para la degradación de antocianinas por cada temperatura y tipo de acidulante a partir de los datos experimentales de concentración versus tiempo	65
Tabla 22. Tiempo de vida media de antocianinas por cada tipo de acidulante y temperatura de almacenamiento de 37 y 43°C	70
Tabla 23. Tiempo de vida media de las antocianinas por cada tipo de acidulante a temperaturas de almacenamiento de 4,10 y 26°C	70
Tabla 24. Concentración de compuestos fenólicos de la bebida en estudio a diferentes temperaturas de almacenamiento para los tres tipos de acidulantes	73
Tabla 25. Regresión lineal simple para la degradación de fenoles totales por cada temperatura y tipo de acidulante a partir de los datos experimentales de concentración versus tiempo	76
Tabla 26. Tiempo de vida media de fenoles totales por cada tipo de acidulante a temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C	80
Tabla 27. Tiempo de vida media de fenoles totales por cada tipo de acidulante a temperaturas de almacenamiento de 4,10 y 26°C.....	81
Tabla 28. Puntaje promedio de la evaluación sensorial del color de la bebida en estudio por cada tipo de acidulante y temperatura de almacenamiento	83
Tabla 29. Resultados de aceptabilidad del color de la bebida en estudio por cada tipo de acidulante a temperatura de almacenamiento de 37°C.....	89
Tabla 30. Resultados de aceptabilidad del color de la bebida en estudio por cada tipo de acidulante a temperatura de almacenamiento de 43°C.....	89
Tabla 31. Puntaje promedio de la evaluación sensorial del sabor de la bebida en estudio por cada tipo de acidulante y temperatura de almacenamiento	90
Tabla 32. Resultados de aceptabilidad del sabor de la bebida en estudio por cada tipo de acidulante a temperatura de almacenamiento de 37°C.....	92
Tabla 33. Resultados de aceptabilidad del sabor de la bebida en estudio por cada tipo de acidulante a temperatura de almacenamiento de 43°C.....	93
Tabla 34. Puntaje promedio de la evaluación sensorial de la apariencia para la bebida en estudio por cada tipo de acidulante y temperatura de almacenamiento	93

Tabla 35. Resultados de aceptabilidad de la apariencia para la bebida en estudio por cada tipo de acidulante a temperatura de almacenamiento de 37°C.....	96
Tabla 36. Resultados de aceptabilidad de la apariencia para la bebida en estudio por cada tipo de acidulante a temperatura de almacenamiento de 43°C	97
Tabla 37. Puntaje promedio de la evaluación sensorial del olor de la bebida en estudio por cada tipo de acidulante y temperatura de almacenamiento.....	97
Tabla 38. Resultados de aceptabilidad de olor para la bebida en estudio por cada tipo de acidulante a temperatura de almacenamiento de 37°C.....	99
Tabla 39. Resultados de aceptabilidad del olor para la bebida en estudio utilizando los tres tipos de acidulantes a temperatura de almacenamiento de 43°C.....	100
Tabla 40. Codificación de muestras de la bebida en estudio elaborada con diferentes acidulantes para la evaluación sensorial durante su almacenamiento controlado	132
Tabla 41. Absorbancias obtenidas en la determinación de antocianinas de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37 °C utilizando ácido tartárico como acidulante.....	141
Tabla 42. Absorbancias obtenidas en la determinación de antocianinas de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido tartárico como acidulante.....	141
Tabla 43. Absorbancias obtenidas en la determinación de antocianinas de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37°C utilizando ácido fumárico como acidulante	142
Tabla 44. Absorbancias obtenidas en la determinación de antocianinas de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido fumárico como acidulante	142
Tabla 45. Absorbancias obtenidas en la determinación de antocianinas de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37 °C utilizando ácido málico como acidulante	143
Tabla 46. Absorbancias obtenidas en la determinación de antocianinas de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido málico como acidulante	143

Tabla 47. Resultados del análisis de varianza para determinación de antocianinas a 37 y 43°C por cada tipo de acidulante (tartárico, fumárico y málico)	144
Tabla 48. Resultados del análisis de varianza para la determinación de antocianinas por cada tipo de acidulante – Método Tukey	144
Tabla 49. Resultados del análisis de varianza para la determinación de antocianinas por cada tipo de acidulante – Diferencias significativas.....	144
Tabla 50. Absorbancias obtenidas en la determinación de fenoles totales de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37°C utilizando ácido tartárico como acidulante	145
Tabla 51. Absorbancias obtenidas en la determinación de fenoles totales de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido tartárico como acidulante	145
Tabla 52. Absorbancias obtenidas en la determinación de fenoles totales de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37°C utilizando ácido fumárico como acidulante	146
Tabla 53. Absorbancias obtenidas en la determinación de fenoles totales de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido fumárico como acidulante.....	146
Tabla 54. Absorbancias obtenidas en la determinación de fenoles totales de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37°C utilizando ácido málico como acidulante	147
Tabla 55. Absorbancias obtenidas en la determinación de fenoles totales de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido málico como acidulante	147
Tabla 56. Resultados del análisis de varianza para determinación de fenoles totales a 37 y 43°C por cada tipo de acidulante (tartárico, fumárico y málico)	148
Tabla 57. Resultados del análisis de varianza para la determinación de fenoles totales por cada tipo de acidulante - Método Tukey.....	148
Tabla 58. Resultados del análisis de varianza para determinación de fenoles totales por cada tipo de acidulante – Diferencias significativas.....	148
Tabla 59. Evaluación sensorial del color de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37°C utilizando ácido tartárico como acidulante.	149

Tabla 60. Evaluación sensorial del color de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido tartárico como acidulante.....	149
Tabla 61. Evaluación sensorial del color de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37°C utilizando ácido fumárico como acidulante....	150
Tabla 62. Evaluación sensorial del color de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido fumárico como acidulante....	150
Tabla 63. Evaluación sensorial del color de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37°C utilizando ácido málico como acidulante	151
Tabla 64. Evaluación sensorial del color de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido málico como acidulante.....	151
Tabla 65. Resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial de color a 37 y 43°C por cada tipo de acidulante (tartárico, fumárico y málico)	152
Tabla 66. Resultados de pruebas de rango múltiple para la evaluación sensorial del color por cada tipo de ácido – Método Tukey.....	152
Tabla 67. Resultados de pruebas de rango múltiple para la evaluación sensorial del color por cada tipo de ácido-Diferencias significativas.....	152
Tabla 68. Evaluación sensorial del sabor de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37°C utilizando ácido tartárico como acidulante	153
Tabla 69. Evaluación sensorial del sabor de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido tartárico como acidulante.....	153
Tabla 70. Evaluación sensorial del sabor de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37°C utilizando ácido fumárico como acidulante....	154
Tabla 71. Evaluación sensorial del sabor de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido fumárico como acidulante....	154
Tabla 72. Evaluación sensorial del sabor de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37°C utilizando ácido málico como acidulante	155
Tabla 73. Evaluación sensorial del sabor de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido málico como acidulante	155
Tabla 74. Resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial de sabor a 37 y 43°C por cada tipo de acidulante (tartárico, fumárico y málico).....	156
Tabla 75. Evaluación sensorial de la apariencia para la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37°C utilizando ácido tartárico como acidulante	157

Tabla 76. Evaluación sensorial de la apariencia para la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido tartárico como acidulante	157
Tabla 77. Evaluación sensorial de la apariencia para la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37°C utilizando ácido fumárico como acidulante	158
Tabla 78. Evaluación sensorial de la apariencia para la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido fumárico como acidulante	158
Tabla 79. Evaluación sensorial de la apariencia para la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37°C utilizando ácido málico como acidulante.....	159
Tabla 80. Evaluación sensorial de la apariencia para la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido málico como acidulante.....	159
Tabla 81. Resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial de la apariencia a 37 y 43°C por cada tipo de acidulante (tartárico, fumárico y málico).	160
Tabla 82. Evaluación sensorial del olor de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37°C utilizando ácido tartárico como acidulante.....	161
Tabla 83. Evaluación sensorial del olor de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido tartárico como acidulante.....	161
Tabla 84. Evaluación sensorial del olor de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37°C utilizando ácido fumárico como acidulante.....	162
Tabla 85. Evaluación sensorial del olor de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido fumárico como acidulante.....	162
Tabla 86. Evaluación sensorial del olor de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37°C utilizando ácido málico como acidulante	163
Tabla 87. Evaluación sensorial del olor de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido málico como acidulante	163
Tabla 88. Resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial de olor a 37 y 43°C por cada tipo de acidulante (tartárico, fumárico y málico).....	164
Tabla 89. Resultados de pruebas de rango múltiple para la evaluación sensorial de olor por cada tipo de ácido – Método Tukey.....	164
Tabla 90. Resultados de pruebas de rango múltiple para la evaluación sensorial del olor por cada tipo de ácido - Diferencias significativas	164

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura general de las antocianinas	12
Figura 2. Bebida a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales.	14
Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la bebida a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales.	17
Figura 4. Hoja de calificaciones para una categorización cualitativa.	35
Figura 5. Hoja de calificaciones para una categorización cuantitativa relativa.	36
Figura 6. Hoja de calificaciones para una categorización cuantitativa absoluta.	37
Figura 7. Diagrama de flujo para la elaboración de la bebida en estudio con diferentes tipos de acidulantes (tartárico, fumárico y málico)..	52
Figura 8. Curva de calibración absorbancia versus ácido gálico.....	55
Figura 9. Influencia del tipo de acidulante y la temperatura de almacenamiento en la degradación de antocianinas de la bebida en estudio.	63
Figura 10. Influencia de la temperatura de almacenamiento y el tipo de acidulante en la degradación de antocianinas de la bebida en estudio.	63
Figura 11. Concentración de antocianinas (ppm de cianidina-3-glucósido) versus el tiempo de almacenamiento a 37 y 43°C - Ácido tartárico.....	67
Figura 12. Concentración de antocianinas (ppm de cianidina-3-glucósido) versus el tiempo de almacenamiento a 37 y 43°C - Ácido fumárico.....	68
Figura 13. Concentración de antocianinas (ppm de cianidina-3-glucósido) versus el tiempo de almacenamiento a 37 y 43°C - Ácido málico	68
Figura 14. Concentración de antocianinas (ppm de cianidina-3-glucósido) versus el tiempo de almacenamiento de 37°C - Ácido tartárico, Ácido fumárico y Ácido málico.....	69
Figura 15. Concentración de antocianinas (ppm de cianidina-3-glucósido) versus el tiempo de almacenamiento de 43°C - Ácido tartárico, Ácido fumárico y Ácido málico.....	69
Figura 16. Influencia del tipo de acidulante y temperatura de almacenamiento en la degradación de fenoles de la bebida en estudio.	74

Figura 17. Influencia de la temperatura de almacenamiento y el tipo de acidulante en la degradación de fenoles de la bebida en estudio.....	74
Figura 18. Concentración de fenoles totales (ppm de ácido gálico) versus el tiempo de almacenamiento a 37 y 43°C - Ácido tartárico	78
Figura 19. Concentración de fenoles totales (ppm de ácido gálico) versus el tiempo de almacenamiento a 37 y 43°C - Ácido fumárico.....	78
Figura 20. Concentración de fenoles totales (ppm de ácido gálico) versus el tiempo de almacenamiento a 37 y 43°C - Ácido málico.....	79
Figura 21. Concentración de fenoles totales (ppm de ácido gálico) versus el tiempo de almacenamiento de 37°C - Ácido tartárico, Ácido fumárico y Ácido málico.....	79
Figura 22. Concentración de fenoles totales (ppm de ácido gálico) versus el tiempo de almacenamiento de 43°C - Ácido tartárico, Ácido fumárico y Ácido málico.....	80
Figura 23. Representación gráfica de la evaluación sensorial del color de la bebida en estudio a temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C - Acido tartárico	85
Figura 24. Representación gráfica de la evaluación sensorial del color de la bebida en estudio a temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C - Acido fumárico.....	86
Figura 25. Representación gráfica de la evaluación sensorial del color de la bebida en estudio a temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C - Acido málico.	86
Figura 26. Representación gráfica de la evaluación sensorial del sabor de la bebida en estudio a temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C - Acido tartárico.....	91
Figura 27. Representación gráfica de la evaluación sensorial del sabor de la bebida en estudio a temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C - Acido fumárico.....	91
Figura 28. Representación gráfica de la evaluación sensorial del sabor de la bebida en estudio a temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C - Acido málico	92
Figura 29. Representación gráfica de la evaluación sensorial de apariencia de la bebida en estudio a temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C- Ácido tartárico	94
Figura 30. Representación gráfica de la evaluación sensorial de apariencia de la bebida en estudio a temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C- Ácido fumárico.....	95

Figura 31. Representación gráfica de la evaluación sensorial de apariencia de la bebida en estudio temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C- Ácido málico. 95

Figura 32. Representación gráfica de la evaluación sensorial del olor de la bebida en estudio a temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C - Acido tartárico 98

Figura 33. Representación gráfica de la evaluación sensorial del olor de la bebida en estudio a temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C - Acido fumárico 98

Figura 34. Representación gráfica de la evaluación sensorial del olor de la bebida en estudio a temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C - Acido málico. 99

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO I. Metodología para la instrucción teórica del panel sensorial.	125
ANEXO II. Formatos para la prueba sensorial de identificación de sabores.	128
ANEXO III. Formatos para la prueba sensorial triangular.	129
ANEXO IV. Codificación de muestras de la bebida en estudio elaborada con diferentes acidulantes para la evaluación sensorial.	132
ANEXO V. Formatos para la caracterización sensorial de la bebida en estudio mediante categorización cuantitativa relativa.	133
ANEXO VI. Formatos para la evaluación sensorial de la bebida en estudio durante su almacenamiento controlado mediante categorización cuantitativa relativa y aceptabilidad pareada	137
ANEXO VII. Resultados en la determinación de antocianinas y análisis de varianza.	141
ANEXO VIII. Resultados en la determinación de fenoles totales y análisis de varianza.	145
ANEXO IX. Resultados de la evaluación sensorial del color de la bebida en estudio durante su almacenamiento controlado y análisis de varianza.	149
ANEXO X. Resultados de evaluación sensorial del sabor de la bebida en estudio durante su almacenamiento controlado y análisis de varianza.	153
ANEXO XI. Resultados de la evaluación sensorial de apariencia de la bebida estudio durante su almacenamiento controlado y análisis de varianza.	157
ANEXO XII. Resultados de la evaluación sensorial del olor de la bebida en estudio durante su almacenamiento controlado y análisis de varianza.	161
ANEXO XIII. Imágenes	165

RESUMEN

Frente a la necesidad de realizar mejoras tecnológicas de una bebida comercial a base del extracto acuoso de maíz morado (*Zea mays L.*) y plantas medicinales, surgió como objetivo evaluar el efecto de la temperatura de almacenamiento y tipo de acidulante en la conservación de sus propiedades de calidad. La bebida fue caracterizada determinando la cantidad de levaduras (<1UFC/ml), microorganismos aerobios mesófilos (<1UFC/ml), coliformes totales (<3NMP/ml), fenoles totales (263,33 ppm de ácido gálico), antocianinas (15,69 ppm de cianidina-3-glucósido), pH (6,2), °Brix (0,4), proteínas(0,0g), grasa (0,0g), carbohidratos(0,0g) y cenizas(10mg), y determinando que el color de la bebida es cobrizo, de apariencia limpia, con sabor y olor herbáceo. Se elaboraron diferentes muestras de bebida con tres tipos de acidulantes (ácido tartárico, ácido fumárico y ácido málico, hasta llegar a un pH de 4,2), adicionando sorbato de potasio (0,05 % p/v), realizando una pasteurización (85 °C por 10 minutos) y envasando en botellas de vidrio color ámbar generando vacío en su interior. Las muestras fueron almacenadas por un tiempo de 30 horas a temperaturas de 37 y 43°C, en este tiempo se determinó la concentración de antocianinas (ppm de cianidina-3-glucósido), fenoles totales (ppm de ácido gálico) y se evaluó el color, olor, sabor y apariencia. Se determinaron las constantes de velocidad de degradación para antocianinas y fenoles totales por cada temperatura de almacenamiento y tipo de acidulante ensayados, en ambos casos la degradación de estos compuestos bioactivos siguió una cinética de primer orden. Se concluyó que la temperatura de almacenamiento y el tipo de acidulante tienen un efecto estadísticamente significativo ($p < 0,05$) en la conservación de las propiedades de calidad de la bebida. Finalmente se determinó el tiempo de vida media ($T_{1/2}$) para los compuestos fenólicos y antocianinas a las temperaturas de almacenamiento de 4, 10 y 26°C mediante el modelo Q_{10} , cuyos resultados indicaron que el ácido málico tiene un mejor efecto conservador de estos compuestos bioactivos, brindando mayores tiempos de vida media y manteniendo aceptables las propiedades organolépticas de la bebida.

ABSTRACT

Faced with the need to make technological improvements of a commercial drink based on the aqueous extract of purple corn (*Zea mays L.*) and medicinal plants, the objective was to evaluate the effect of storage temperature and type of acidulant in the conservation of its quality properties. The drink was characterized by determining the amount of yeast (<1 CFU / ml), aerobic mesophilic microorganisms (<1 CFU / ml), total coliforms (<3 NMP/ml), total phenols (263.33 mg / L gallic acid), anthocyanins (15.69 mg) / L cyanidin-3-glucoside), pH (6.2), ° Brix (0.4), proteins (0.0g), fat (0.0g), carbohydrates (0.0g) and ashes (10mg), and determining that the colour of the drink is coppery, clean in appearance with a herbal flavour and smell. Different samples of drink were elaborated with three types of acidulants (tartaric acid, fumaric acid and malic acid, until reaching a pH of 4.2), adding potassium sorbate (0.05%), making a pasteurization (85°C for 10 minutes) and packing in amber glass bottles generating vacuum inside. The samples were stored for a period of 30 hours at temperatures of 37 and 43°C, during this time the concentration of anthocyanins (mg / L of cyanidin-3-glucoside), total phenols (m/ L of gallic acid) was determined and the colour, smell, taste and appearance were evaluated. The degradation rate constants for anthocyanins and total phenols were determined for each storage temperature and type of acidulant tested, in both cases the degradation of these bioactive compounds followed a first order kinetics. It was concluded that the storage temperature and the type of acidulant have a statistically significant effect ($p < 0.05$) on the preservation of the quality properties of the beverage. Finally, the half-life ($T_{1/2}$) for the phenolic compounds and anthocyanins was determined at the storage temperatures of 4, 10 and 26 ° C using the Q_{10} model, whose results indicated that malic acid has a better preservative effect than these bioactive compounds, providing longer half-lives and keeping the organoleptic properties of the beverage acceptable.

INTRODUCCIÓN

Las tendencias mundiales de la alimentación en los últimos años indican un interés acentuado de los consumidores hacia ciertos alimentos, que además del valor nutritivo aporten beneficios para la salud. Dentro de estos alimentos se encuentran los alimentos naturales y funcionales que mejoran el estado de salud de las personas que las consumen y además previenen el riesgo de padecer enfermedades (Benito, Calvo, Gómez e Iglesias, 2014; Alvídrez, Gonzales y Jiménez, 2002).

Por otra parte, la sociedad de hoy es más consciente de los posibles efectos secundarios de los medicamentos y está buscando alternativas terapéuticas innovadoras. Por lo tanto, se ha estudiado el uso de compuestos naturales en la prevención de diversas enfermedades y el mantenimiento de la salud (Reis, Martins, Vasconcelos, Morales y Ferreira, 2017).

Los alimentos funcionales son aquellos que contienen componentes biológicamente activos, como antioxidantes, probióticos, fibras alimentarias, ácidos grasos, etc. que confieren propiedades específicas saludables, ejerciendo efectos beneficiosos y nutricionales básicos en una o varias funciones del organismo y que se traducen en una mejora de la salud o en una disminución del riesgo de sufrir enfermedades (Benito *et al.*, 2014; Fuentes, Acevedo y Ordoñez, 2015).

En la actualidad, de todos los productos funcionales que se ofrecen en el mercado, tienen mayor aceptación las bebidas funcionales, por su conveniencia y posibilidad de satisfacer las necesidades de los consumidores en términos de contenido, tamaño, forma y apariencia, por su facilidad de distribución y almacenamiento, por su larga vida útil y por la oportunidad de incorporar nutrientes y componentes bioactivos fácilmente (Chandra, Hegde, Dhillon y Sarma, 2014).

Una bebida funcional es una bebida no alcohólica que es formulada con ingredientes nutraceuticos como frutas, hierbas, vitaminas, minerales, aminoácidos y todos los demás compuestos bioactivos (carotenoides, polifenoles, flavonoides, antocianinas, entre otros) que brindan beneficios específicos para la salud humana (Chandra *et al.*, 2014).

Existen diferentes tipos de bebidas comerciales como: bebidas lácteas enriquecidas con vitaminas, minerales y omegas, bebidas hidratantes, bebidas energizantes y deportivas, bebidas orgánicas o naturales obtenidas a partir de maíz morado, agua de coco, arándanos, uña de gato, Noni y Aloe vera (Corbo, Bevilacqua, Petruzzi, Casanova y Sinigaglia, 2014; Jiménez, 2017).

Hace 4 años se viene produciendo y comercializando (en el mercado peruano) una bebida funcional a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales (en adelante denominada como “bebida en estudio”) por una empresa del sector de productos naturales y funcionales. Cabe mencionar que las plantas medicinales que se utilizan en la bebida son canutillo (*Equisetum giganteum L.*), matico (*Piper aduncum*), manayupa (*Demodium molliculum*) y llantén (*Plantago major*).

El maíz morado y las plantas medicinales aportan compuestos fenólicos importantes a la bebida en estudio, las cuales son responsables de las propiedades beneficiosas para la salud. Estos compuestos son; por ejemplo, los ácidos fenólicos, taninos, cumarinas, antocianinas, flavonas, flavonoles y flavanonas, los cuales son indicados para la prevención y tratamiento complementario de enfermedades cardiovasculares y de las vías urinarias (Galati y O’ Brien, 2004; Jiang y Dusting, 2003; Ricco *et al.*, 2011).

Para comercializar y aprovechar mejor los alimentos y bebidas como los naturales y/o funcionales surge la necesidad de contar con un tiempo prolongado de vida útil, La vida útil es el tiempo finito desde la producción de un producto alimenticio hasta que sus características de calidad (color, textura, sabor, olor, valor nutritivo y funcional) sean aceptables por el consumidor. Para prolongar este tiempo se recurre a técnicas de conservación que deben mantener en el mayor grado posible la conservación de la calidad (Carrillo y Reyes, 2013; FAO, 1993).

Existen diferentes técnicas de conservación que se pueden emplear y estos dependen del tipo de alimento. Las técnicas de conservación de alimentos implican el uso de altas y bajas temperaturas, desecación, presiones osmóticas altas, fermentación, salazón, ahumados y modernamente las radiaciones ionizantes. Otras técnicas de conservación incluyen adicionar sustancias químicas al producto con el objetivo de frenar el desarrollo de los microorganismos o destruirlos en casos ideales (Betancourt, Manzanedo, Conejero y Sarroca, 2011; Luck, 1981).

Durante el almacenamiento de un producto alimenticio o funcional, los compuestos fenólicos y los atributos de sabor, olor, color y apariencia sufren cambios hasta llegar a un nivel no aceptable por el consumidor. Estos cambios o deterioro de la calidad pueden ser influenciados por diversos factores como el pH, temperatura, luz, enzimas, concentración de oxígeno, ácido ascórbico, presencia de iones metálicos, entre otros factores (Badui, 2006; Damodaran, Parkin y Fennema, 2010).

Martínez *et al.* (2000) menciona que los compuestos fenólicos son sustratos para la actividad de la polifenoloxidasas, enzima que cataliza la reacción entre un grupo fenol y el oxígeno, lo cual es el punto de partida de una serie de reacciones, entre otras aquellas que conducen a la formación de pigmentos amarillos y marrones en vegetales,

frutas y productos derivados. Asimismo, el efecto de deterioro que tienen las antocianinas ocurre a través de mecanismos de oxidación directa y/o indirecta, en los que los compuestos oxidados del medio reaccionan con las antocianinas, para formar compuestos de color café o incoloro (Badui, 2006; Rein, 2005).

Para disminuir la velocidad de degradación de la calidad de la bebida en estudio y por ende prologar la conservación de los compuestos fenólicos y las características sensoriales originales de color, olor, sabor y apariencia; actualmente se utiliza una técnica de conservación. Esta técnica implica el uso de calor (pasteurización a 85°C/10 min), adición de dos sustancias químicas, las cuales son un acidulante (ácido cítrico hasta bajar el pH a un nivel de 3,5) y un conservante (sorbato de potasio en una cantidad de 0,05% p/v), además se realiza un envasado en botella de color ámbar generando vacío en el interior.

El consumidor es el mejor calificador y es el que expresa su satisfacción o insatisfacción respecto a las características de calidad del producto, esto está vinculado directamente a la aceptación o rechazo. En el transcurso de los años, los consumidores de la bebida en estudio han brindado sus opiniones sobre el producto consumido, encontrándose que más del 50 % se encuentran insatisfechos por el bajo nivel de pH (3,5) de la bebida, sobre todo aquellos consumidores que tienen problemas gástricos. Además, se ha concluido que la adición de ácido cítrico con el objetivo de bajar el pH original de la bebida (6,2), cambia de una forma significativa las características organolépticas originales de sabor, color y aromas del producto.

Con el fin de satisfacer las exigencias de los consumidores de la bebida en estudio, se ha propuesto realizar mejoras en la técnica de conservación actual, para esto se considera mantener el uso de calor (pasteurización), el envase, el espacio de vacío y el

conservante (sorbato de potasio 0,05% p/v) y se propone modificar el pH a un nivel más alto (4,2); asimismo cambiar el acidulante (ácido cítrico) para evaluar otros tipos; por ejemplo, el ácido tartárico, ácido málico y ácido fumárico, que además de acidulantes son antioxidantes (Maestro y Borja, 1993; Pokorny, Yanishlieva y Gordon, 2005).

La relevancia del estudio se fundamenta en la experimentación y análisis que trae aparejado, dado que se hará uso de la cinética química aplicada a los alimentos para estudiar la conservación o estabilidad de la bebida en estudio, mediante pruebas aceleradas por temperatura de almacenamiento. Este estudio permitirá observar de manera experimental, si el tipo de acidulante genera un efecto de mejora significativa en la conservación de los compuestos fenólicos totales, antocianinas y propiedades sensoriales de la bebida en estudio. Por lo tanto se propuso considerar los siguientes objetivos:

Evaluar el efecto de la temperatura de almacenamiento y el tipo de acidulante en la conservación de una bebida comercial a base del extracto acuoso de maíz morado (*Zea mays L.*) y plantas medicinales.

Caracterizar la bebida en estudio mediante la evaluación de sus componentes bioactivos, análisis microbiológico, fisicoquímico, proximal y sensorial.

Obtener muestras de la bebida en estudio con diferentes tipos de acidulante (ácido tartárico, ácido fumárico y ácido málico) y almacenarlas a temperaturas controladas de 37 y 43°C.

Determinar la concentración de antocianinas y fenoles totales durante el almacenamiento controlado de la bebida en estudio y evaluar sus características sensoriales de color, olor, sabor y apariencia.

Determinar el orden de reacción y las constantes de velocidad de degradación de los compuestos fenólicos totales y las antocianinas de la bebida en estudio. Asimismo, determinar su tiempo de vida media.

I. FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1. Alimentos funcionales

En la sociedad actual, los desequilibrios y desórdenes alimentarios están relacionados con la aparición de un gran número de enfermedades. Como consecuencia de esta situación, surgen los alimentos funcionales que pueden compensar los desequilibrios alimentarios y garantizan las ingestas de nutrientes recomendadas por los especialistas en nutrición (Aranceta y Serra, 2003).

Se consideran alimentos funcionales aquellos que, con independencia de aportar nutrientes, han demostrado científicamente que afectan beneficiosamente a una o varias funciones del organismo, de manera que proporcionan un mejor estado de salud y bienestar. Estos alimentos, además, ejercen un papel preventivo ya que reducen los factores de riesgo que provocan la aparición de enfermedades (Cadaval, Escauriaza, Barrutia, Rodrigo y Aranceta, 2005; Cámpora, 2016; Hasler, 2002).

Algunas de las principales funciones de los alimentos funcionales, son las relacionadas con un óptimo crecimiento y desarrollo, la función del sistema cardiovascular, los antioxidantes, el metabolismo de xenobióticos, el sistema gastrointestinal, entre otros (Aguilera *et al.*, 2007; Morales, Gonzáles y Salas, 2002).

Los alimentos funcionales pueden ser manufacturados o tradicionales (aceite de oliva, tomate, legumbres). Entre los ejemplos de alimentos funcionales se pueden mencionar los que están enriquecidos con vitaminas y minerales, como los cereales o los lácteos. Otros alimentos tienen modificado alguno de sus componentes, como los ácidos grasos o la fibra, e incluso valores añadidos en base a su contenido en ácidos grasos $\omega 3$, ácido linoleico conjugado, luteína, isoflavonas, etc. (Cadaval *et al.*, 2005; Cámpora, 2016; Howlett, 2008).

1.2. Bebidas funcionales

El agua representa gran porcentaje del peso en el cuerpo humano y la mayor fuente de agua la encontramos en comidas y bebidas, por esta razón la industria trabaja en la producción de bebidas funcionales o con adición de nutraceuticos (calcio de leche, omegas, proteína aislada de soya), y otros ingredientes que le confieren beneficios específicos que pueden ser declarados en el producto, esto proporciona a los consumidores una manera conveniente y de bajo costo para satisfacer necesidades específicas de la salud (Kausar, Saeed, Ahmad y Salam, 2012; Naranjo, 2008).

Las bebidas funcionales se pueden clasificar de diferentes modos. Según el tipo de población al que van destinadas (bebidas apropiadas para diabéticos, reconstituyentes o hidratantes, energizantes, entre otras) el beneficio derivado de su consumo y los ingredientes que las caracterizan (bebidas orgánicas o naturales, relajantes, mitigantes del envejecimiento, reductoras de colesterol, entre otras). En la Tabla 1 se presenta la clasificación general de bebidas funcionales.

Tabla 1
Clasificación general de bebidas funcionales

Propiedad Funcional	Características
Control de peso o apropiadas para diabéticos	Se sustituyen azúcares por edulcorantes artificiales (bebidas light). Contienen polisacáridos que tienen el efecto de provocar un índice glucémico bajo.
Orgánicas/Naturales	Se elaboran de vegetales cultivados en ausencia de pesticidas o abonos químicos y procesados sin conservadores o aditivos químicos.
Energizantes/Revitalizantes.	Aceleran el sistema nervioso simpático. Se les añade cafeína o algún otro alcaloide estimulante. Puede añadirseles ginseng, mate y guaraná.
Reductoras de colesterol	Se les añade estanol o sus esteres los fitoesteroles.
Relajantes	Elaboradas a base de hierbas con opiáceos en bajas concentraciones.
Reconstituyentes/Hidratantes	Aportan valor energético y un índice glucémico alto. Añadidas con hidrolizados de proteínas vegetales o animales. Se formulan para grupos específicos: niños, ancianos, mujeres, deportistas, etc.
Estética	Contienen aloe vera, coenzima Q ₁₀ , vitamina E, etc.
Mitigantes del envejecimiento	Se les adicionan ácidos grasos omega-3, omega-6 o compuestos fenólicos que actúan como antioxidantes.
Salud inmunológica	Elaboradas a base de prebióticos, probióticos, B-glucanos, vitamina C, zinc, carnitina, magnesio, etc.
Salud intestinal	Contienen fibras solubles e insolubles, inulina y probióticos.
Salud ósea	Productos lácteos conteniendo calcio, fósforo, magnesio, vitamina D ₃ , zinc.

Nota. Adaptado de Calvo, Gómez, Lopez y Royo (2012).

1.3. Compuestos fenólicos

Los alimentos funcionales de origen vegetal representan una fuente potencial de componentes fitoquímicos bioactivos que poseen efectos farmacológicos terapéuticos. Estos componentes se encuentran abundantemente en muchas clases de plantas, frutas y verduras. Entre los componentes fitoquímicos o sustancias bioactivas se encuentran los compuestos fenólicos, flavonoides, carotenoides, fitoesteroles, terpenos, lignanos, ácidos grasos esenciales, taninos, etc. (Drago, López y Saíenz, 2006).

Son moléculas que tienen uno o más anillos aromáticos y, al menos, un sustituyente hidroxilo. Junto con las vitaminas, los compuestos fenólicos se consideran importantes antioxidantes en la dieta. Estas propiedades antioxidantes son el motivo de sus posibles implicaciones en la salud humana, como son la prevención del cáncer, enfermedades cardiovasculares o incluso de enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer. Adicionalmente a la capacidad antioxidante de estos compuestos, se les atribuyen propiedades antiinflamatorias, antialérgica, antitrombóticas, antimicrobianas y antineoplásicas (Badui, 2006; Drago *et al.*, 2006; Gimeno, 2004; Valencia *et al.*, 2017).

Los compuestos fenólicos se clasifican en dos grandes grupos: flavonoides y no flavonoides. En el grupo de los flavonoides se encuentran los flavonoles, flavonas, flavan-3-ols, isoflavonas, flavanonas, dihidroflavonoles, antocianinas y chalconas. Mientras que en el grupo de los no flavonoides están los ácidos hidroxibenzoicos, ácidos hidroxicinámicos, polifenoles volátiles, estilbenos y compuestos diversos (lignanos y cumarinas) (Peñarrieta, Tejeda, Mollinedo, Vila y Bravo, 2014; Valencia *et al.*, 2017).

1.3.1. *Flavonoides*

De todos los compuestos fenólicos, el grupo de los flavonoides es el más extendido en la naturaleza y dentro de ellos, los flavonoles son los que poseen una mayor actividad antioxidante. Estudios epidemiológicos han demostrado que una ingestión rica en flavonoides se correlaciona con un menor riesgo de muchas enfermedades, incluyendo enfermedades crónicas como la enfermedad cardiovascular, hipertensión, cáncer, diabetes, úlcera estomacal y duodenal (Gimeno, 2004; Ruidavets *et al.*, 2000; Yao *et al.*, 2004). Otras actividades que merecen ser destacadas son sus acciones antivirales, antialérgicas, antitrombótica y antiinflamatoria (Martínez, Gonzáles, Culebras y Tuñón, 2002).

El consumo de productos alimenticios que contienen altas cantidades de flavonoides, disminuye el riesgo de contraer varios tipos de cánceres (cáncer de mama, cáncer de próstata, entre otros). Los flavonoides a los que particularmente se les atribuye esta propiedad son la luteolina, quercetina, kaempferol, apigenina y taxifolina, los cuales inhiben la lipogénesis y la formación de células cancerígenas (Brusselmans, Vrolix, Verhoeven y Swinnen, 2005; Kuhajda *et al.*, 2000).

Las flavonas (crisina, baicaleina, y galangina), las flavanonas (naringenina) e isoflavonas (genisteina, biocanina A) inhiben la actividad de la aromatasas (CYP19), disminuyendo la biosíntesis de estrógeno y produciendo efecto antiestrogénico, importantes en el cáncer de próstata y de mama (Moon, Wang y Morris, 2006).

Muchos flavonoides de los alimentos se polimerizan en las propias plantas; estos polímeros se conocen como taninos (Sarría, 2005). Diferentes taninos aislados de plantas comestibles y no comestibles, han mostrado una fuerte capacidad biológica como antitumorales, antimutágenos, antidiabéticos, antimicrobianos, antibióticos,

propiedades quimio-terapéuticas y anti-inflamatorias asociados a su capacidad antioxidante (Olivas *et al.*, 2015).

Las antocianinas pertenecen al grupo de los flavonoides y representan el grupo más importante de pigmentos hidrosolubles, ampliamente distribuidos en el reino vegetal (Fennema, 1993). Químicamente las antocianinas son glucósidos de las antocianidinas. Están constituidas por una aglicona (antocianidina) unida a un azúcar por medio de un enlace β -glucosídico (figura 1). La estructura química básica de estas agliconas es el ión flavilio (Badui, 2006), que consta de dos grupos aromáticos: un benzopirilio (A) y un anillo fenólico (B); el flavilio normalmente funciona como un catión (Badui, 2006).

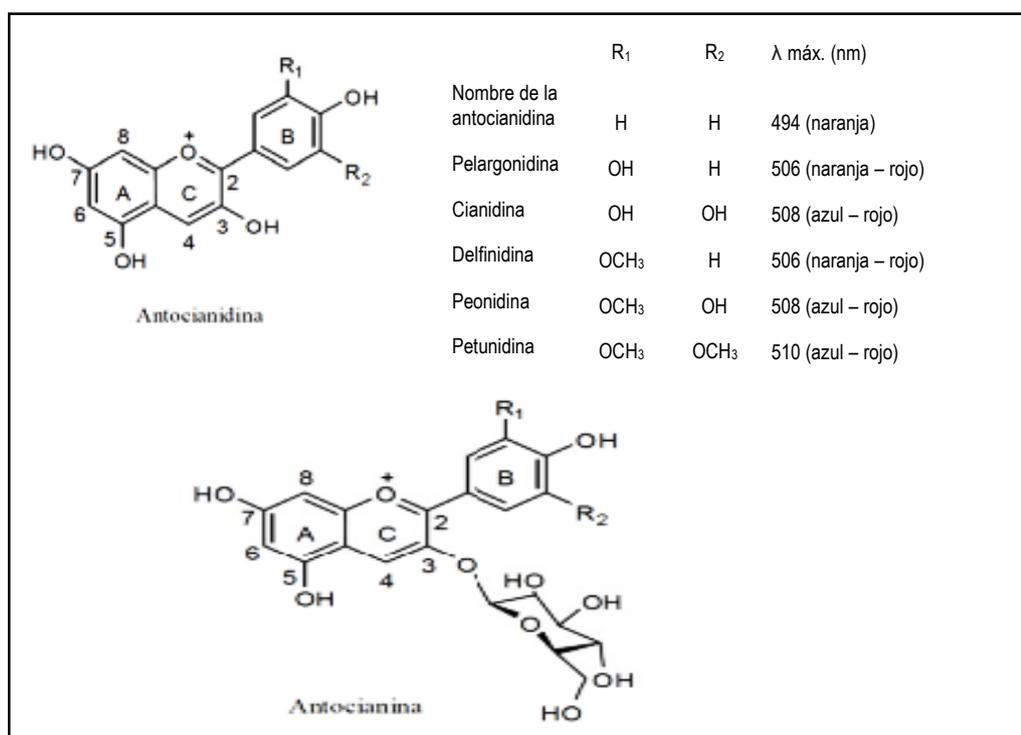


Figura 1. Estructura general de las antocianinas. Recuperado de Guzmán, Ortega y Cecilia (2010).

Las antocianinas son responsables de los colores, rojo, violeta y azul presentes en muchas frutas (Hillebrand, Schwarz y Winterhalter, 2004). Se han reportado alrededor de 635 antocianinas diferentes, con variadas estructuras base. Como se observa en la

figura 1, las variaciones estructurales del anillo B resultan en seis antocianinas más frecuentes en plantas superiores. Las cuales son la pelargonidina, peonidina, cianidina, malvidina, petunidina y delphinidina (Castañeda y Guerrero, 2015).

El interés en los pigmentos antociánicos se ha intensificado recientemente debido a sus propiedades farmacológicas y terapéuticas (Astrid, 2008; Badui, 2006). Durante el paso del tracto digestivo al torrente sanguíneo de los mamíferos, las antocianinas permanecen intactas (Miyazawa, Nakagawa, Kudo, Muraishi y Someya, 1999) y ejercen efectos terapéuticos conocidos que incluyen la reducción de la enfermedad coronaria, efectos anticancerígenos, antitumorales, antiinflamatorios y antidiabéticos; además del mejoramiento de la agudeza visual y del comportamiento cognitivo (Kamei *et al.*, 1998; Koide, Kamei, Hashimoto, Kojima y Hasegawa, 1997; Wang y Jiao, 2000; Wang y Mazza, 2002).

Los efectos terapéuticos de las antocianinas están relacionados con su actividad antioxidante. Estudios con fracciones de antocianinas provenientes del vino de uva roja han demostrado que estas son efectivas en atrapar especies reactivas del oxígeno, además de inhibir la oxidación de lipoproteínas y la agregación de plaquetas (Ghiselli, Nardini, Baldi y Scaccini, 1998).

1.4. Bebida a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales

Es un producto elaborado por la empresa “Vida Saludable del Perú E.I.R.L”, viene siendo comercializada en el mercado por más de 4 años. En el transcurso del tiempo, su demanda ha venido aumentando por los efectos beneficiosos para la salud debido principalmente a los compuestos fenólicos y antocianinas que aporta el maíz morado y las plantas medicinales (Otiniano, 2012; Toso, Toribio, Mengelle y Boeris, 2007), la

bebida es envasada y comercializada en botellas de vidrio color ámbar (capacidad 550 ml).



Figura 2. Bebida a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales. Recuperado de “Vida Saludable del Perú E.I.R.L”.

1.4.1. *Materia prima*

La materia prima utilizada en la elaboración de la bebida a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales se describe a continuación:

Maíz morado (*Zea mays L.*). Es una variedad genética de maíz peruano, constituido en un 85% por grano y 15% por coronta (tusa). Este fruto contiene el pigmento denominado antocianina (entre 1,5% y 6,0%), que pertenece al grupo de los flavonoides. Debido a su alto contenido de antocianinas (cianin-3-glucosa, que es su principal colorante) y compuestos fenólicos actúa como un poderoso antioxidante natural y anticancerígeno, teniendo además propiedades funcionales debido a estos compuestos bioactivos (Guillén, Mori y Paucar, 2014; Otiniano, 2012).

El maíz morado tiene una composición rica en fitoquímicos, que aportan beneficios a la salud al incluirlo en la dieta, tales como, enfermedades cardiovasculares (hipertensión arterial), reducción del colesterol, lucha contra la diabetes, siendo el más resaltante la acción antioxidante (antiarrugas) (Guillén *et al.*, 2014).

Canutillo (*Equisetum giganteum* L.). Equisetum es un género de helechos de distribución mundial y de mayor riqueza en el hemisferio norte. Ha sido empleada por la medicina popular principalmente como diurética y en el tratamiento de litiasis renal (Murillo, 1983; Schulz, 1997; Xifreda, 1982).

Lahitte y Hurrel (1980) han mencionado otros usos como astringente, antidiarreico, antivenéreo, hepático y digestivo. Se han identificado a través de estudios fitoquímicos por espectrometría de masas la presencia de flavonoides como la quercetina (Francescato, Debenedetti, Schwanz, Bassani y Henriques, 2013). Estos compuestos fenólicos tienen actividad antiulcerogénica comprobada (Toso *et al.*, 2007).

Matico (*Piper aduncum*). Se le atribuyen propiedades medicinales como antisépticas y cicatrizantes de heridas. Contiene flavonoides y otros compuestos fenólicos, que le confieren efecto antioxidante y protector del hígado frente a los agentes tóxicos. También contiene taninos, los que poseen propiedades similares a la de los flavonoides sobre los radicales libres de oxígeno, y por consiguiente actividad hepatoprotectora (Abreu, Rodríguez, Morgado y Cao, 2012).

En estudios realizados se identificó la presencia de metabolitos secundarios, tales como saponinas, alcaloides y compuestos fenólicos, entre taninos y flavonoides, poderosos antioxidantes y poseen diversas actividades antiinflamatorias (Arroyo *et al.*, 2012).

Manayupa (*Demodium molliculum*). Planta oriunda del Perú y de crecimiento en la región andina, es utilizada como diurética, depurativa de la sangre, antihemorrágica, antiséptica curadora de heridas, antidisentérica, antiinflamatoria de las vías urinarias, hígado y riñones. Presenta entre sus compuestos, saponinas y una cantidad apreciable de flavonoides (Acero, Millones, Ticona y Torres, 2012; Lozano *et al.*, 2001).

Llantén (*Plantago major*). Entre los múltiples beneficios de esta planta en el campo de la salud humana, se encuentran sus propiedades antiinflamatorias, antibacterianas, antihemorrágicas y astringentes; también como cicatrizante de heridas, tanto internas como externas (Blanco, Saborío y Garro, 2008).

Las investigaciones, han revelado la presencia de mucílagos, pectinas, catalpol, taninos y flavonoides (apigenina, luteolina y escutellarina). La aucubigenina, es el compuesto de mayor relevancia (principio activo) y se cree que es el responsable de la actividad antibacteriana de la planta. Además, contiene sustancias como: ácido salicílico, sales minerales de potasio y zinc (Hoffmann y Pamplona, 2004; Pinto y Bustamante, 2008; Rodríguez *et al.*, 2014).

1.4.2. Proceso productivo

La bebida se elabora extrayendo el zumo del maíz morado y plantas medicinales, seguido de una dilución, homogenización, filtración y pasteurización. En la figura 3 se muestra el diagrama de flujo del proceso de elaboración de la bebida en estudio.

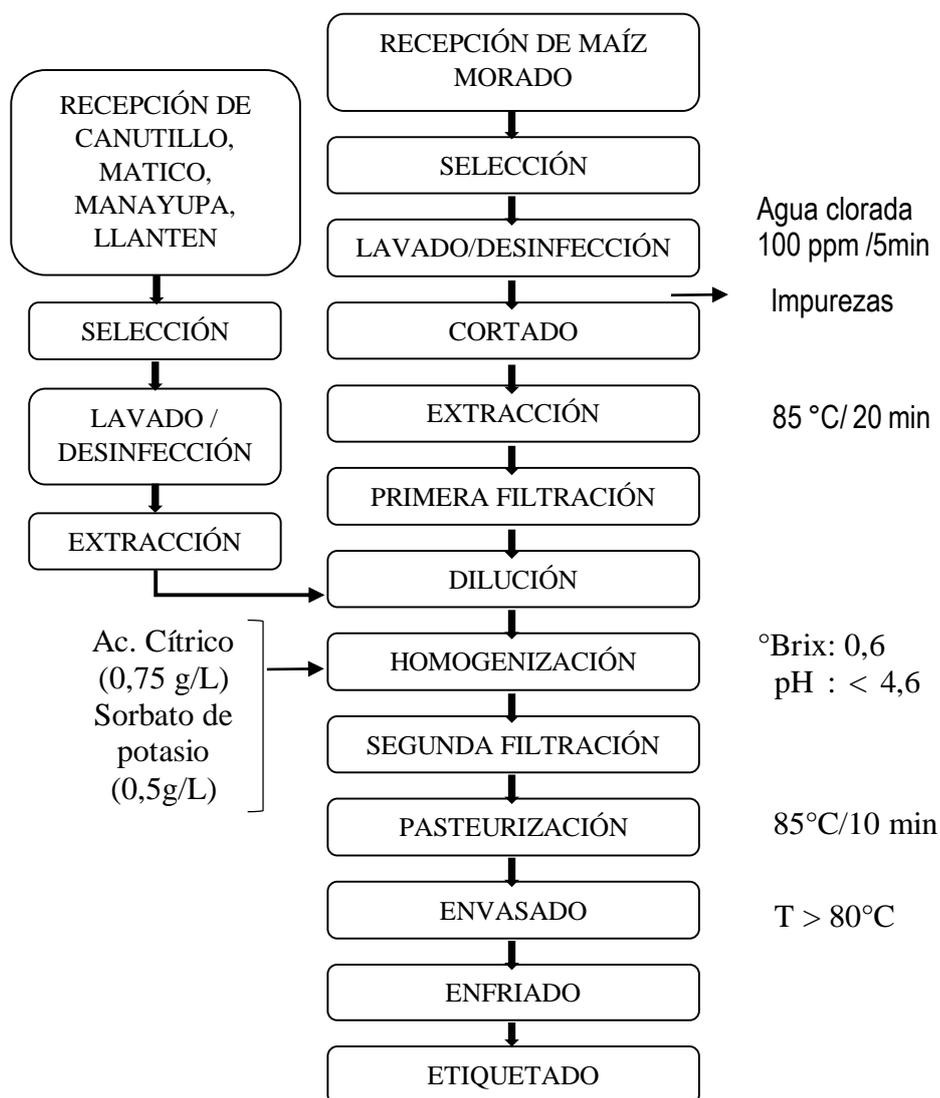


Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la bebida a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales. Recuperado de Vida Saludable del Perú E.I.R.L.

Recepción de materia prima. Las mazorcas de maíz morado se reciben en la empresa en cajas de madera y las plantas medicinales en cajas de cartón. La materia prima luego es pesada para determinar el rendimiento.

Selección. Esta operación consiste en eliminar la materia prima que presenta daños físicos y/ contaminación por microorganismos.

Lavado y desinfección. La materia prima seleccionada, se lava con abundante agua para remover las impurezas presentes; luego son desinfectadas por inmersión en una solución de hipoclorito de sodio.

Desgranado/troceado. Esta operación consiste en preparar las mazorcas de maíz morado para una mejor extracción del zumo. Se separa el grano de maíz de la coronta y esta última es troceada en piezas más pequeñas.

Extracción. Esta operación consiste el tratamiento térmico de los granos y corontas de maíz con agua a 85°C, durante 20 minutos.

Primera filtración. Consiste en obtener el zumo de los frutos de maíz morado libre de semillas y corontas.

Dilución. El extracto de los granos y corontas de maíz morado es diluido con una infusión de plantas medicinales según formulación de la empresa.

Homogenización. En esta etapa del proceso se adicionan, los ingredientes y aditivos según formulación de la empresa. Esta operación consiste en remover la mezcla hasta lograr la completa disolución de los ingredientes y aditivos, de esta manera obtener una mezcla homogénea.

Segunda filtración. Esta operación consiste en separar las partículas que se encuentre en suspensión, utilizando de un lecho poroso.

Pasteurización. Esta operación se realiza con la finalidad de reducir la carga microbiana y asegurar la inocuidad del producto, a una temperatura de 85°C por 10 minutos.

Envasado. Se realiza en caliente a temperatura no menor a los 80°C.

Enfriado. El producto debe ser enfriado rápidamente para conservar su calidad y asegurar la formación de vacío dentro de la botella.

Etiquetado. Constituye la etapa final del proceso, la etiqueta incluye la información sobre el producto.

1.5. Estudio de estabilidad de alimentos

Para realizar un estudio de estabilidad en los alimentos es oportuno definir entender las diferencias entre estudios de estabilidad y vida útil. La vida útil es el período de tiempo finito desde la producción y empaque hasta el consumo en el cual el producto mantiene o conserva las características sensoriales de olor, sabor, aroma y textura, incluyendo el punto de vista sanitario, funcional y nutricional; en todo este tiempo el producto debe estar por encima de los límites de calidad previamente establecidos como aceptables (Hough y Fiszman, 2005; Valero, Carrasco y García, 2012; Vidaurre, 2014).

Según El Instituto de Ciencia de Tecnología- IFST (1993), la vida útil está íntimamente relacionada con la seguridad alimentaria. Sin embargo, la vida útil no debe depender de la inocuidad, sino de la calidad del alimento (características aceptables). Por lo tanto, la vida útil termina cuando no es capaz de satisfacer necesidades específicas del consumidor por problemas de calidad.

Un estudio de vida útil, básicamente, tiene como objetivo calcular el valor de tiempo durante el cual el producto alimenticio es aceptable para el consumo en condiciones de almacenamiento específicas. Este intervalo de tiempo, es decir, la vida útil de un alimento, se deriva de la función de la tasa de descomposición de calidad del alimento con el límite de aceptabilidad. La evaluación del tiempo de vida útil de un producto alimenticio requiere necesariamente conocer estos dos parámetros (Vidaurre, 2014).

Hay muchos trabajos científicos que afirman ser estudios de vida útil, pero no presentan datos de predicción de vida en anaquel. La razón principal es que se pierde

la identificación del límite de aceptabilidad y son por lo tanto incapaces de estimar o predecir la vida útil de los alimentos. En la mayoría de los casos, estos trabajos analizan las tasas de descomposición de la calidad o sólo se centran en proporcionar amplias descripciones de la evolución de los indicadores de calidad. Estos estudios abordan la estabilidad de los alimentos en lugar de cuestiones de vida útil (Nicoli, 2012).

La diferencia entre estudios de estabilidad y vida en anaquel es de gran importancia para evitar malentendidos básicos. En experimentos de estabilidad, la estimación de la tasa de descomposición de calidad de los alimentos es una preocupación primaria, mientras que, en los estudios de vida útil, es la estimación y/o predicción del tiempo de pérdida de la calidad del alimento (Vidaurre, 2014).

Aunque no es adecuado utilizar datos de los estudios de estabilidad, para los estudios de vida en anaquel; los experimentos de estabilidad pueden ser de cierta utilidad, en el caso de nuevos productos, ya que se pueden realizar antes de un estudio de vida útil para una mejor comprensión del comportamiento de los cambios que sufrirá el alimento cuando será almacenado. En particular, las pruebas de estabilidad se pueden aplicar para identificar los descriptores de calidad y el límite de aceptabilidad relevante para ser utilizado posteriormente en estudios de vida útil. Además, las pruebas de estabilidad se pueden realizar en lugar de estudios de vida útil cuando el objetivo es la identificación de soluciones tecnológicas dirigidas a ampliar la estabilidad del producto (Vidaurre, 2014).

1.6. Tipos de deterioro de los alimentos

1.6.1. *Aspecto químico*

Existen reacciones con el mismo alimento o con especies externas, entre las diversas reacciones de aspecto químico tenemos: enzimáticas, no enzimáticas, hidrolíticas, lipolíticas, reacciones de oxidación por el oxígeno que ocasiona la rancidez, pérdidas de valor nutritivo y desarrollo de compuestos potencialmente tóxicos (Singh, 1994).

1.6.2. *Aspecto microbiológico*

La carga microbiana al inicio del almacenamiento, el contenido de humedad, el pH, la presencia de conservantes, como la temperatura de almacenamiento, son los factores para el crecimiento de los microorganismos que en algunos casos cambian las características organolépticas y posteriormente problemas con la salud del consumidor (Singh, 1994).

1.6.3. *Aspecto físico*

Dentro de los deterioros físicos tenemos la migración de la humedad que es una de las principales causas de deterioro, así mismo la quemadura por frío, la migración de grasa de un componente a otro. Los cambios físicos y la migración de los componentes químicos de los materiales de empaque también puede producir contaminaciones dando lugar a cambios microbiológicos y químicos (Singh, 1994).

1.7. Factores que influyen en el deterioro de los alimentos

El tiempo de vida en anaquel tiende a ser afectado por diversos factores que se pueden clasificar en factores intrínsecos y factores extrínsecos (Kilcast y Subramaniam, 2011).

1.7.1. *Factores intrínsecos*

Estas son las características fisicoquímicas, propias del alimento, por lo que tienen una acción preponderante sobre el crecimiento de los microorganismos, estos incluyen los siguientes (Alzamora, 1997).

- La actividad de agua (aw).
- Nutrientes
- pH
- Oxígeno disponible.
- El Potencial Redox (Eh).
- Microflora natural y recuentos microbiológicos sobrevivientes.
- Bioquímica natural y la formulación del producto (enzimas, reactantes químicos).
- El uso de conservantes en la formulación del producto (por ejemplo, sal, aditivos, etc.).

1.7.2. Factores extrínsecos

Se refieren a las condiciones de almacenaje de los alimentos y a las condiciones ambientales o de transporte.

- Temperatura.
- Vitaminas.
- Humedad relativa (HR).
- Luz (UV e IR).
- Carga microbiana ambiental durante la elaboración, almacenamiento y distribución.
- Composición de la atmosfera dentro de un envase.
- Tratamiento térmico posterior (por ejemplo, el recalentamiento o cocinar antes de su consumo).
- Manejo del consumidor.

Todos estos factores pueden operar de una manera interactiva y con frecuencia impredecible, a la posibilidad de interacciones debe ser investigada (Kilcast y Subramaniam, 2011).

1.8. Indicadores de calidad

El correcto estudio de la vida útil de un producto depende en gran parte de la buena comprensión del evento o reacción que tenga el impacto más importante sobre la calidad de los alimentos durante las condiciones de almacenamiento previstas para el producto envasado. La prevalencia de un fenómeno de deterioro (biológico, químico o físico) sobre los demás depende de los efectos integrados, de las operaciones del proceso, del envasado y las condiciones de almacenamiento (Vidaurre, 2014; Nicoli, 2012).

La clave para ahorrar tiempo y dinero va a depender de monitoreo adecuado de la evolución de un determinado evento durante el almacenamiento, utilizando metodologías químicas, físicas, biológicas, analíticas, instrumentales y sensoriales para obtener buenos resultados (Nicoli, 2012).

Para realizar un correcto estudio de vida en anaquel es necesario escoger la metodología adecuada y esta debe cumplir con, la precisión requerida; rapidez de la metodología, facilidad y costo, la cantidad de muestra necesaria para el análisis, y la disponibilidad de los recursos internos (instrumentos y los operadores) (Nicoli, 2012).

Por ejemplo, las reacciones oxidativas pueden ser monitoreadas utilizando desde metodologías simples y de bajo costo como: índice de peróxidos, dienos conjugados, índice de anisidina, u otras metodologías más sofisticadas dirigidas a cuantificar marcadores de oxidación específicos a través del análisis por cromatografía de gases (GC), eventualmente junto con espectrometría de masas (GC-MS) (Nicoli, 2012).

Tabla 2
Diferentes tipos de deterioro con algunos indicadores relevantes

Tipos de deterioro	Reacciones	Indicadores
Químico	Oxidación de grasas y aceites.	Índice de peróxidos. Dienos conjugados. Compuestos de carbonilo volátiles.
	La oxidación del pigmento del color.	Propiedades de la imagen. La concentración del compuesto seleccionado.
	Pardeamiento no enzimático del color.	Absorbancia. Propiedades de la imagen.
	Vitamina / degradación bioactiva.	La concentración del compuesto seleccionado.
Biológico	La actividad enzimática de color.	Las propiedades reológicas. Propiedades mecánicas.
	Microbiológico	Recuento total microbiano. Recuento de microorganismos definidos.
Físico	Cristalización	Propiedades calorimétricas.
	Pérdida de humedad/ganancia.	Contenido de humedad. Actividad de agua. Análisis de textura.
	Cambios en la textura.	Propiedades mecánicas. Propiedades reológicas.
	Separación de fases.	Propiedades visuales. Propiedades de la imagen.

Nota. Adaptado de Vidaurre (2014).

En la Tabla 2 se muestra ejemplos de indicadores prácticos en la tarea de buscar un indicador crítico adecuado, estos son indicadores químicos, biológicos y físicos, que se pueden utilizar para monitorear la disminución de la calidad asociada con un evento específico de deterioro durante el almacenamiento del alimento (Nicoli, 2012).

1.9. Cinética química del deterioro de los alimentos

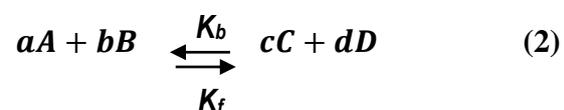
Durante el procesamiento y almacenamiento se producen algunas reacciones que dan como resultado la pérdida de la calidad, mientras que otras reacciones dan lugar a la formación de sabores o colores indeseados. Esto indica que cada alimento tiene un periodo de tiempo determinado desde su producción, durante el cual mantiene un nivel de cualidades organolépticas, nutricionales y de seguridad (Casp y Abril, 2003; Labuza, 1984).

Labuza (1984) menciona que la cinética química es una ciencia que involucra el estudio de los mecanismos de reacción y velocidades de reacción. En general, las velocidades de reacción pueden ser determinadas conociendo la concentración de los reactantes o los productos de las reacciones. Por ejemplo, supongamos que tenemos la siguiente reacción:



Dónde:

A es un reactante; C, es el producto; K_f, es la constante de velocidad hacia adelante. También podemos encontrar reacciones químicas más complejas; por ejemplo, de este tipo:



En este caso A reacciona con B para formar dos productos, C y D los cuales; a su vez, también reaccionan con una velocidad constante hacia atrás, k_b . Las letras minúsculas indican que existe más de una molécula para cada componente actuando en la reacción. Así la ecuación estándar que definiría la tasa de pérdida de los reactivos o de la ganancia de cualquiera de los componentes se podría anotar de la siguiente manera:

$$\frac{-dA}{a dt} = \frac{-dB}{b dt} = \frac{-dC}{c dt} = \frac{-dD}{d dt} = kf[A]^a[B]^b - k_b[C]^c[D]^d \quad (3)$$

Técnicamente parece imposible la resolución de la ecuación anterior, pero se puede dar solución si seleccionamos la condición con la que se desarrolla la reacción ya sea hacia adelante o hacia atrás. En la mayoría de casos k_b es insignificante en comparación con k_f , para el periodo de tiempo de interés práctico; es decir [C] y [D] son muy pequeños lo cual nos permite tratar la reacción como irreversible.

1.9.1. Orden de reacción

Es el factor exponencial (n) que acompaña a las concentraciones y representa al número de moléculas que participan bajo la forma de reactivos (Labuza, 1984).

$$\frac{-d[A]}{dt} = k[A]^n \quad (4)$$

$$\frac{-d[A]}{dt} = k[A]^n \quad (5)$$

Donde k es la constante de velocidad de reacción, n es orden de la reacción y los factores [A] y [B] pueden ser cuantificables química, física, microbiológica o sensorialmente.

1.9.2. Velocidad de reacción

Mide el cambio en la concentración de un reactivo como una función del tiempo, estos pueden ser medidos y monitoreados, por ejemplo: la desaparición de un compuesto, la

aparición de un producto desagradable o evaluando los cambios en las propiedades fisicoquímicas del sistema (Labuza y Fu, B., 1997; Vidaurre, 2014).

1.9.3. Tipos de reacciones en sistemas alimentarios

Orden cero. La cinética de orden cero ($n = 0$) es útil para describir reacciones como la degradación enzimática, el pardeamiento no enzimático y la oxidación lipídica (Labuza, 1984).

$$[A] = [A_0] \pm kt \quad (6)$$

Primer orden. Entre las reacciones que siguen una cinética de primer orden tenemos, por ejemplo: la degradación de vitaminas, produciendo una disminución en el valor nutricional del alimento o la degradación de antocianinas durante el almacenamiento de alimentos coloreados (Labuza, 1984).

$$[A] = [A_0] e^{\pm kt} \quad (7)$$

Segundo orden. Este tipo de reacciones de segundo orden no son tan frecuentes en sistemas alimentarios, debido a la naturaleza biomolecular de las reacciones (Martinus, A. J. S, 2009).

$$1/[A] = 1/[A_0] \pm k.t \quad (8)$$

Donde: $[A_0]$ es la concentración inicial del atributo medido y $[A]$ la concentración del atributo medido a un tiempo t , y k es una constante de velocidad (para la ecuación 6, 7 y 8).

1.10. Pruebas de vida útil acelerada

Cuando se presume que el tiempo de vida útil de alimento es largo (por ejemplo, de un año a más) surge la necesidad de determinar el tiempo de vida útil reduciendo los

tiempos de los ensayos y los resultados. En tal sentido se puede utilizar las pruebas de vida útil aceleradas ASLT (Accelerated Shelf Life Test). Este método también sirve por ejemplo cuando se desea evaluar el efecto de un cambio (un nuevo espesante, diferente temperatura de esterilización, etc.) en la estructura y/o tratamiento del producto (Kilcast y Subramaniam, 2011).

El ASLT implica acelerar las condiciones normales de almacenamiento del alimento o bebida y utiliza con frecuencia los modelos cinéticos, además de otros modelos complementarios para extrapolar el tiempo de vida útil determinado a condiciones normales o reales (Kilcast y Subramaniam, 2011; Singh y Cadwallader, 2003).

1.10.1. Modelo de Arrhenius

Es el mejor modelo aceptado con validez comprobada experimentalmente que logra describir la influencia de la temperatura sobre la constante de velocidad de reacción (Casp y Abril, 2003).

$$k = k_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (9)$$

$$\ln k = \ln k_0 - \left(\frac{E_0}{R}\right) \cdot \left(\frac{1}{T}\right) \quad (10)$$

Donde: k es la constante de velocidad de reacción, k_0 es el factor pre-exponencial, E_a es la energía de activación, R es la constante de los gases (1,987 cal/K mol) y T es la temperatura absoluta en kelvin (K).

1.10.2. Modelo Q_{10}

Kilcast y Subramaniam (2011) señalan que el modelo Q_{10} es uno de los más utilizados para predecir el tiempo de vida útil, considerando la temperatura como el factor de abuso, para acelerar las reacciones en los alimentos.

El factor adimensional “ Q_{10} ” se define como: la variación de la velocidad de reacción cada 10°C y se expresa de la siguiente manera:

$$Q_{10} = \frac{\text{Tiempo de vida a la temperatura } T}{\text{Tiempo de vida a la temperatura } T+10} \quad (11)$$

$$Q_{10} = \frac{k_{T+10}}{k_T} \quad (12)$$

Dónde T es la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y k es la constante de velocidad de reacción.

Si una velocidad de reacción se duplica con un cambio de temperatura de 10°C , entonces el valor de $Q_{10} = 2$. Para la reacción de degradación enzimática, degradación de pigmentos naturales, pardeamiento no enzimático y tasa de crecimiento microbiano, el valor de Q_{10} es generalmente alrededor de 2. Esto también se puede interpretar como el aumento de tiempo de vida en anaquel en un factor de 2, si se reduce 10°C el almacenamiento del producto (Casp y Abril, 2003).

Casp y Abril (2003) indican que a temperaturas diferentes de los 10°C el valor de Q_{10} se puede determinar de la siguiente manera:

$$Q_{10}^{\Delta T/10} = \frac{k_2}{k_1} = \frac{T_1}{T_2} \quad (13)$$

El valor Q_{10} siempre será mayor que la unidad y su interpretación lógica, indica la sensibilidad de la velocidad de reacción a la temperatura (Kilcast y Subramaniam, 2011).

Cabe resaltar que este modelo no necesita del cálculo del factor pre-exponencial (k_0) como se realiza en el modelo de Arrhenius y que sólo necesita de dos temperaturas de experimentación lo cual limita su aplicabilidad.

1.11. Evaluación sensorial de los alimentos

1.11.1. Propiedades sensoriales

Color. Es la impresión que produce en la vista los rayos de la luz reflejada por un cuerpo, convirtiéndose en un atributo del mismo y por ende, en una propiedad sensorial (Ancieta, 2016; Ureña, D'Arrigo y Girón 1999).

Según Ancieta (2016), el color de un objeto tiene tres características: el tono, la intensidad y el brillo.

El tono, el cual está determinado por el valor exacto de la longitud de onda de la luz reflejada. Unos cuantos nanómetros de diferencia significa la mezcla con otro color y, por lo tanto, un tono diferente.

La intensidad, la cual depende de la concentración de las sustancias colorantes dentro del objeto o alimento.

El brillo, que es dependiente de la cantidad de luz que es reflejada por el cuerpo, en comparación con la luz que incide sobre él.

Olor. Es la percepción por medio de la nariz de sustancias volátiles liberadas en los alimentos; dicha propiedad en la mayoría de las sustancias olorosas es diferente para cada una. En la evaluación sensorial es muy importante que no haya contaminación cruzada (Ancieta, 2016).

El olor es generalmente evaluado mediante la técnica del "Sniffing", que resulta de la combinación del análisis sensorial olfativo con el análisis instrumental realizado con un cromatógrafo de gases (Ureña *et al.*, 1999).

Apariencia. El tamaño y la forma de las raciones de los alimentos, generalmente se detecta a través de la vista que comprende el color, el brillo, la forma, estado, tamaño y puede dar una idea de textura, todo ello define el aspecto exterior que presentan los

alimentos en general. La apreciación de la conjunción de todos estos atributos resulta ser de relevante importancia en la aceptación del alimento para su consumo (Ancieta, 2016; Ureña *et al.*, 1999).

Sabor. El sabor puede ser definido como la totalidad de la experiencia sensorial que se produce en la boca, esta propiedad de los alimentos es muy compleja, ya que combina cuatro propiedades: olor, aroma, gusto y textura por lo tanto su medición y apreciación son más complejas que las de cada propiedad por separado. El sabor, es definido como la interpretación psicológica de la respuesta fisiológica a estímulos físicos y químicos, causados por la presencia de componentes volátiles y no volátiles del alimento saboreado en la boca (Breslin y Spector, 2008; Ureña *et al.*, 1999).

1.11.2. Estudio de la estabilidad de un alimento durante su almacenaje

Ureña *et al.* (1999) señalan que la estabilidad de un producto desde su producción hasta su consumo es esencial para satisfacer la expectativa del consumidor, ya que de las transformaciones fisicoquímicas, biológicas y microbiológicas que se den durante este periodo dependerá finamente su mayor o menor aceptación y preferencia. Para conocer dicha evolución se realizan pruebas de vida en anaquel, que consisten en almacenar muestras representativas del producto a condiciones controladas de almacenamiento.

Las evaluaciones sensoriales aplicadas a estas pruebas se realizan aplicando análisis descriptivos en base a la comparación con un producto estándar, siendo sus resultados correlacionados con valores obtenidos por métodos físicos o químicos.

Las muestras representativas son generalmente evaluadas siguiendo la secuencia lógica:

Mediante análisis discriminativos, se determina si hay diferencia entre las muestras almacenadas a diferentes tiempos y el estándar, si no hay diferencias significativas, se asume la estabilidad del producto.

Con análisis descriptivos, usados solos o en conjunción con los discriminativos, se podrá caracterizar y/o cuantificar los cambios que puedan haber ocurrido durante el almacenamiento.

Finalmente, con análisis afectivos se determinará la aceptación de los productos almacenados.

1.11.3. Clasificación de los análisis sensoriales

Los análisis sensoriales pueden clasificarse, según el objetivo del trabajo de evaluación sensorial planificado, en: análisis orientados al producto y análisis orientados al consumidor.

Pruebas orientadas al producto. En las pruebas orientadas al producto, se emplean pequeños paneles entrenados que funcionan como instrumentos de medición. Los paneles entrenados se utilizan para identificar diferencias entre productos alimenticios similares o para medir la intensidad de características tales como el sabor (olor y gusto), textura o apariencia. Por lo general, estos paneles de 5 a 15 panelistas seleccionados por su agudeza sensorial (Watts, Ylimaki, Jeffery y Elías, 1992).

Los análisis orientados a los productos pueden ser: discriminativos para determinar diferencias, descriptivos para categorizar muestras y descriptivos para determinar perfiles sensoriales.

En los análisis discriminativos para determinar diferencias, el juez analiza y determina si hay semejanzas entre muestras, ya sea al asignarles categorías o por simple definición.

En los análisis descriptivos para categorizar muestras, el juez analiza y da categorías a las muestras según la apreciación de intensidad con la que se percibe el estímulo.

En los análisis descriptivos para obtener perfiles sensoriales, el juez analiza las muestras apreciando, identificando y midiendo los atributos o características sensoriales de determinada propiedad sensorial.

Pruebas orientadas al consumidor. En este tipo de pruebas no se emplean panelistas entrenados ni seleccionados por su agudeza sensorial; sin embargo, los panelistas deben ser usuarios del producto (Watts *et al.*, 1992).

Los análisis orientados al consumidor pueden ser: discriminativos para determinar el grado de percepción y afectivos.

En los análisis discriminativos para determinar el grado de percepción, el juez es evaluado en cuanto a su capacidad psico-somática para apreciar, identificar y medir determinados estímulos, causados por la percepción de propiedades sensoriales y sus atributos.

En los análisis afectivos, el juez evalúa la muestra y manifiesta si su apreciación le induce a aceptarla y/o preferirla sobre otras.

1.11.4. Escalas de calificación

Las escalas de calificación permiten transformar las categorías asignadas a las muestras por los jueces, como respuestas a la intensidad del estímulo percibido, a valores numéricos para su análisis estadístico correspondiente. Las escalas se clasifican, según la forma como se presentan para el análisis sensorial, en: adimensionadas, dimensionadas relativas y dimensionadas absolutas (Ureña *et al.*, 1999).

Escala adimensionada. Las categorías están definidas por números que representan a nombres o posiciones, siendo estas últimas distribuidas sin un criterio cuantitativo proporcional y determinadas según la magnitud que le atribuye el juez al estímulo percibido a este de escalas pertenecen las llamadas nominales y de ordenamiento (Watts *et al.*, 1992), así como también las denominadas no estructuradas (Anzaldúa, 1994).

Escala dimensionada relativa. Las categorías están definidas por números que representan posiciones distribuidas con un criterio proporcional definido. Este tipo de escalas pertenecen las de intervalo (Anzaldúa, 1994; Watts *et al.*, 1992), como las de categorías, lineales, gráficas, estructuradas y estándar.

Escala dimensionada absoluta. Las categorías están definidas por números que representan posiciones distribuidas con un criterio proporcional cuantitativo, existiendo un valor “cero” real que representa la no existencia del atributo sensorial analizado. Es decir, que los intervalos entre posiciones tienen igual dimensión, permitiendo concluir que una posición es tantas veces la otra.

1.11.5. Análisis descriptivos para categorizar muestras

Categorización cualitativa. Para este tipo de análisis se requiere presentar al jurado una escala adimensionada, la que hará uso para manifestar la mayor o menor intensidad de un determinado atributo sensorial presente en cada muestra a categorizar. Los jueces reciben muestras codificadas de forma simultánea o secuencialmente, pudiendo alterarse la secuencia para cada juez. El análisis estadístico no paramétrico o paramétrico determinará la existencia de diferencias significativas entre las puntuaciones otorgadas a las muestras por los jueces. La hoja de calificaciones puede ser como la que se presenta en la figura 4 (Ureña *et al.*, 1999).

Nombre de juez:.....	Fecha:.....												
Muestra evaluada:.....	Prueba N°:.....												
<p>Clasifique las cuatro muestras según la escala que se presenta, escribiendo su código en el casillero correspondiente según la intensidad de acidez que perciba y sepárelas por coma si son más de dos las que ubique en un mismo casillero.</p>													
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Escala</th> <th style="width: 50%;">Clasificación de muestras</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Extremadamente ácido</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Muy ácido</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Ácido</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Poco ácido</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Nada ácido</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Escala	Clasificación de muestras	Extremadamente ácido		Muy ácido		Ácido		Poco ácido		Nada ácido	
Escala	Clasificación de muestras												
Extremadamente ácido													
Muy ácido													
Ácido													
Poco ácido													
Nada ácido													
Comentario:.....													

Figura 4. Hoja de calificaciones para una categorización cualitativa. Recuperado de Ureña *et al.* (1999).

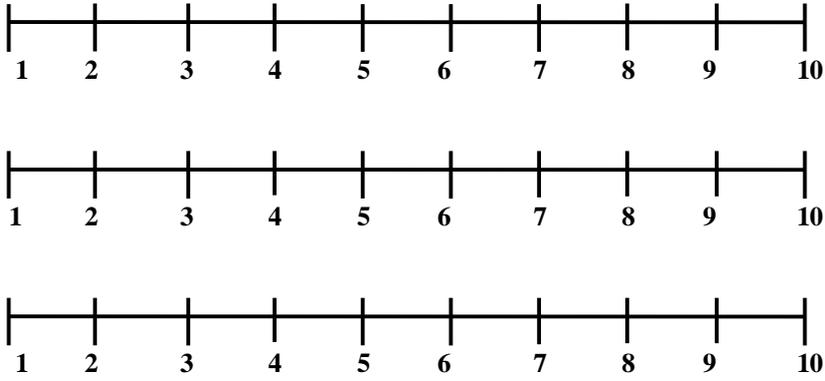
Categorización cuantitativa relativa. En este tipo de análisis se requiere presentar al jurado una escala dimensionada relativa o una adimensionada normalizada. Los jueces reciben las muestras codificadas todas a la vez o secuencialmente, para proceder a percibir y asignar una puntuación acorde a la intensidad del estímulo promovido por determinado atributo, sin que esta represente una diferencia proporcional a una magnitud física. El análisis estadístico de los datos es usado para determinar la no existencia de diferencias significativas entre las puntuaciones otorgadas por los jueces. La hoja de calificaciones puede ser como la que se presenta en la figura 5 (Ureña *et al.*, 1999).

Nombre de juez: Fecha:

Muestra evaluada:..... Prueba N°:.....

Clasifique las tres muestras utilizando las escalas que se presentan, dibujando el símbolo sobre la línea según la intensidad de dulzura que perciba.

ESCALAS DE INTENSIDAD DE DULZURA



Comentario:.....

Figura 5. Hoja de calificaciones para una categorización cuantitativa relativa .Recuperado de Ureña *et al.* (1999).

Categorización cuantitativa absoluta. En este tipo de análisis la escala utilizada es absoluta, con lo que el juez puede entonces categorizar las muestras considerando no solo la diferencia proporcional de intensidad sino también considerar un punto de partida como lo es el valor “cero”, que indicará la no existencia del atributo analizado y, a partir de ello, determinar en cuan intenso es un estímulo del otro con puntuaciones que reflejen razones o proporciones de intensidad sensorial posibles de correlacionar con las de una magnitud física. La hoja de calificaciones puede ser como la que se presenta en la figura 6 (Ureña *et al.*, 1999).

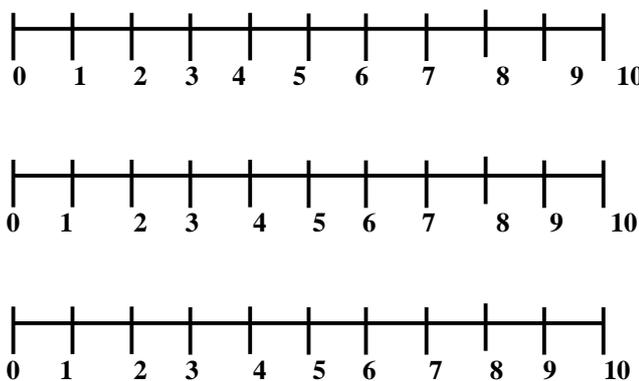
Nombre de juez:.....	Fecha:.....
Muestra evaluada:.....	Prueba N°:.....
<p>Clasifique las cuatro muestras según la escala que se presentan, dibujando el símbolo sobre la línea según la intensidad de dureza que perciba al primer mordisco con los incisivos.</p>	
<p>ESCALAS DE INTENDIDAD DE DUREZA</p> 	
Comentario:.....	

Figura 6. Hoja de calificaciones para una categorización cuantitativa absoluta. Recuperado de Ureña *et al.* (1999).

1.11.6. Clasificación de los jueces en la evaluación sensorial de los alimentos

El juez es el ente analista y calificador en las pruebas de evaluación sensorial, que se sirve solo de la capacidad de percepción desarrollada y habituada de sus sentidos para reconocer, identificar, medir y valorar las propiedades o atributos organolépticos o sensoriales (Ureña *et al.*, 1999).

Los jueces pueden ser clasificados según su labor de análisis sensorial en juez experto, juez entrenado, juez semientrenado y juez consumidor.

Juez experto. Persona con gran experiencia en probar un determinado tipo de alimento, y posee una gran sensibilidad para percibir las diferencias entre muestras y para distinguir y evaluar las características del alimento.

Juez entrenado. Persona con bastante habilidad para la detección de alguna propiedad sensorial y que ha recibido cierta enseñanza teórica y práctica acerca de la evaluación sensorial. El juez es apto para analizar alimentos en análisis descriptivos o discriminativos complejos (comparaciones múltiples, de ordenamiento, entre otras) (Ancieta, 2016; Ureña *et al.*, 1999).

Las pruebas con este tipo de jueces por lo general estarán compuestas de 3 a 10, de 7 a 15 y de 4 a 8 miembros según el IFT (1974), Larmond (1977) y Guerrero (1995), respectivamente.

Juez semientrenado o de laboratorio. Persona que ha recibido entrenamiento teórico, que realiza pruebas sensoriales con frecuencia y participa en pruebas sencillas que no requieren de una definición muy precisa de términos o escalas (Ancieta, 2016; Ureña *et al.*, 1999).

Las pruebas con este tipo de jueces deben efectuarse según Larmond (1977), con un mínimo de 10 jueces y un máximo de 20 jueces o cuanto mucho 25, y de 8 a 25 según la IFT (1974).

Juez consumidor. Personas (consumidores habituales o potenciales) que por lo general son tomadas al azar, ya sea en una calle, en una tienda, etc.

El jurado puede estar conformado por no menos de 80 (IFT, 1974) y de 40 según Anzaldúa (1994). Sin embargo, un número de 30 jueces para que la evaluación de sus apreciaciones tenga validez según Ellis (1968) y ASTM (1968).

1.11.7. Proceso de formación de jueces en la evaluación sensorial de los alimentos

Según Espinosa (2007), el proceso de formación de jueces cuenta con 4 etapas:

Preselección. Esta etapa permite conocer aspectos personales que pueden influir en el desempeño de los futuros jueces, se basa fundamentalmente en la realización de

entrevistas a los candidatos con el propósito de evaluar la salud, disponibilidad, interés y motivación de los mismos.

Se explica al candidato las características generales de la evaluación que debe realizar y la responsabilidad que en ella tiene el analista sensorial. Generalmente se ofrece un cuestionario donde se recogen los datos de interés que permiten decir si el juez continúa o no a la etapa de selección. Se someterán a esta etapa aquellas personas con edades comprendida entre 18 y 50 años, que sean de ambos sexos y que su trabajo les permita dedicar tiempo a la actividad de evaluación sensorial.

Selección. El principal objetivo de la etapa de selección, es familiarizar a los candidatos con los métodos del análisis sensorial y también con los materiales que se emplean en las evaluaciones. Según Ancieta (2016), los métodos más frecuentes para seleccionar y entrenar jueces son los siguientes:

Análisis de percepción; con las que se determina la capacidad de reacción ante estímulos generados por las propiedades sensoriales de la muestra. Por ejemplo, determinación cinco sabores básicos.

Análisis discriminativos; por los que se determinan la habilidad para detectar variaciones específicas entre muestras y el grado de reproducibilidad de tales juicios.

Análisis descriptivos; que permiten determinar la habilidad para percibir la presencia e intensidad de los atributos organolépticos.

Entrenamiento. El adiestramiento de los jueces seleccionados es una tarea muy importante que tiene como objetivos los siguientes:

- Familiarizar a los individuos en el procedimiento de evaluación sensorial según las pruebas que se empleen.

- Mejorar la habilidad individual de los jueces para reconocer, identificar y cuantificar los atributos sensoriales.
- Lograr una alta sensibilidad de los evaluadores y desarrollarles la capacidad para memorizar los distintos atributos que se evalúan a cada alimento.
- Conseguir juicios precisos y reproducibles.
- Homogenizar la respuesta del equipo.
- Lograr que los jueces dejen sus preferencias personales en función de dar criterios objetivos y exactos.

Esta etapa debe iniciarse con una fase teórica donde se les explique a los futuros jueces los objetivos del trabajo, los aspectos básicos que rigen la evaluación sensorial y las principales características del producto a evaluar, relacionando las diferentes características de este con cada una de las etapas del proceso productivo.

Posteriormente se procede a la familiarización de los jueces con el producto y a la realización de evaluaciones repetidas empleando para ello diferentes pruebas de evaluación sensorial. El período de tiempo y el número de sesiones de trabajo depende del comportamiento que se vaya obteniendo con el equipo.

Evaluación. Se hace necesario que los jueces una vez adiestrados, se sometan a comprobaciones periódicas que garanticen la confiabilidad de los resultados.

Para cumplir dicho objetivo se emplean métodos estadísticos matemáticos que permiten comprobar la consistencia individual de los jueces y/o la uniformidad del equipo. Se han descrito y ampliamente utilizados para este fin, la prueba de análisis secuencial, análisis de varianza (ANOVA), estadística multivariada (MANOVA), análisis de correlación, etc.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque.

Los análisis fisicoquímicos y sensoriales se realizaron en los laboratorios de Química Analítica - Fotometría y Fisicoquímica de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque y en las instalaciones de la misma empresa que elabora el producto.

2.2. Materiales reactivos y equipos

2.2.1. *Materiales de laboratorio*

- Tubos de ensayo 16x160 mm.
- Placa Petri.
- Asas microbiológicas (anillo y L).
- Mechero
- Lámina porta objeto.
- Bureta de 25 y 50 ml c/u.
- Embudos de vidrio y plástico.
- Agitador de vidrio.
- Probetas
- Termómetro
- Crisoles de porcelana.
- Agita tubos (vortex).
- Matraz aforado de 25, 50 y 10 ml.
- Vasos de precipitado de 50 ml.

- Pipetas de 1, 5 y 10 ml.
- Tubos de ensayo con tapón.
- Pinzas metálicas.
- Matraz Erlenmeyer.
- Gradillas
- Picetas
- Cubetas de plástico de 3 mL para espectrofotometría visible.
- Papel de filtro (Whatman N° 40 o equivalente).
- Capsulas de vidrio, porcelana o metálica con tapa.

2.2.2. Otros materiales

- Vasos descartables.
- Focos 100 w.
- Pegatinas
- Culer
- Lapiceros
- Cinta de embalaje.
- Botellas de vidrio ámbar (500, 250 y 10 ml).
- Formatos para análisis sensorial.

2.2.3. Reactivos

- Agar Cloranfenicol - dextrosa - extracto de levadura.
- Reactivos Tinción de Gram.
- Agua destilada.
- Ácido Clorhídrico (HCl).
- Buffer acetato de Sodio 0.4 M, pH 4.5.

- Buffer cloruro de potasio 0.025 M, pH 1.
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4).
- Solución de Yodo 1%.
- Hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 y 1 N.
- Éter de petróleo.
- Reactivo de Folin-Ciocalteau.
- Carbonato sódico (Na_2CO_3) 20% p/v
- Tiosulfato de sodio ($5\text{H}_2\text{O}$).
- Ácido bórico (H_3BO_3).
- Azul de metileno.
- Rojo de metilo.

2.2.4. Equipos

- Refractómetro ATAGO PAL-3.
- Potenciómetro HANNA.
- Balanza analítica KERN (sensibilidad 0.0001).
- Estufa de incubación reguladora MEMMERT.
- Incubadoras provistas de termostato MT-512
- Extractor tipo Soxhlet.
- Horno de mufla THERMOLYNE.
- Equipo Kjeldahl.
- Baño María THELCO modelo 82.
- Espectrofotómetro GENESYS 10 UV-visible (Laboratorio de Química Analítica y Fotometría).
- Desecador con deshidratante adecuado.

2.3. Metodología experimental

2.3.1. Caracterización fisicoquímica de la bebida comercial a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales

En la tabla 3 se especifica las características del análisis fisicoquímico realizado a la bebida en estudio con su respectivo método de evaluación.

Tabla 3

Características fisicoquímicas evaluadas a la bebida en estudio

Determinaciones	Unidades	Norma o Referencia
Determinación de pH	pH	Método 983.23.A.O.A.C. (1997). Potenciométrico.
Sólidos solubles	°Brix	Lectura directa en un refractómetro Portátil RHBO-80.Metodo 932.12 A.O.A.C. (1997).

Nota. Elaboración propia (2018).

2.3.2. Evaluación de los componentes bioactivos de la bebida comercial a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales

En la tabla 4 se especifica los componentes bioactivos evaluados a la bebida en estudio con su respectivo método de evaluación.

Tabla 4

Componentes bioactivos de la bebida en estudio

Determinaciones	Unidades	Norma o Referencia
Concentración de antocianinas	ppm de Cianidina -3-glucósido	Método de pH diferencial (Giusti y Wrolstad, 2003).
Concentración de fenoles	ppm de ácido gálico	Método de Folin-Ciocalteu (Palomino, García, Gil, Rojano y Durango, 2009).

Nota. Elaboración propia (2018).

2.3.3. Caracterización microbiológica de la bebida comercial a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales

En la tabla 5 se especifica las características del análisis microbiológico realizado a la bebida en estudio con su respectivo método de evaluación.

Tabla 5
Características microbiológicas evaluadas a la bebida en estudio

Determinaciones	Unidades	Norma o Referencia
Enumeración de levaduras	UFC/ml	Microorganismos de los alimentos 1. Su significado y métodos de enumeración. ICMSF. Pág. 165-167. 2a ed. Reimpresión 2000 (Editorial Acribia): 198: Recuentos de mohos y levaduras. Método de recuento de levaduras y mohos por siembra en placa en todo el medio.
Enumeración de microorganismos aerobios mesófilos	UFC/ml	Microorganismos de los alimentos 1. Su significado y métodos de enumeración. ICMSF. Pág. 165-167. 2a ed. Reimpresión 2000 (Editorial Acribia): 1983: Enumeración de microorganismos aerobios mesófilos. Método de recuento en placa. Método 1. Recuento estándar en placa. Recuento en placa por siembra en todo el medio o recuento en placa de microorganismos aerobios.
Enumeración de coliformes totales	NMP/ml	Microorganismos de los alimentos 1. Su significado y métodos de enumeración ICMSF Pág. 131-134. 2a ed. Reimpresión 2000 (Editorial Acribia): 1983: bacterias coliformes, recuento de coliformes: técnica del número más probable (NMP). Método 1. (Norteamericano).

Nota. Recuperado de Vida Saludable del Perú E.I.R.L.

2.3.4. *Caracterización proximal de la bebida comercial a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales*

En la tabla 6 se especifica las características del análisis proximal realizado a la bebida en estudio con su respectivo método de evaluación.

Tabla 6
Composición proximal de la bebida en estudio

Determinaciones	Unidades	Norma o Referencia
Proteínas	g	Método 984.13 A.O.A.C. (2005). Método de Kjeldhal
Grasa	g	Método 2003.05 A.O.A.C. (2005).
Carbohidratos	g	Se determinarán por diferencia, es decir el remanente después de deducir la grasa, la ceniza y la proteína cruda del contenido total de sólidos.
Cenizas	mg	Mediante la incineración de la muestra se destruye la materia, cuya cantidad exacta se determina por diferencia de peso. Método 942.05 A.O.A.C. (2005).

Nota. Elaboración propia (2018).

2.3.5. *Caracterización sensorial de la bebida comercial a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales*

La caracterización sensorial se realizó mediante una prueba sensorial de categorización cuantitativa relativa y mediante 8 jueces semientrenados, quienes evaluaron atributos de olor, color, sabor y apariencia de la bebida en estudio (25 ml de muestra para cada juez).

El objetivo de la prueba sensorial de categorización cuantitativa relativa es que el juez asigne una puntuación a la muestra presentada de acuerdo a una escala lineal dimensionada que cuenta con puntos proporcionales, un valor mínimo de **1**, indica que

la intensidad del atributo sensorial analizado es “baja” y un valor máximo de **9**, indica que la intensidad del atributo sensorial es “alta”. Los formatos utilizados para el análisis sensorial por categorización cuantitativa relativa prueba sensorial se detallan en Anexo V.

Para la evaluación sensorial de la bebida en estudio, fue necesario formar previamente un panel sensorial (8 jueces semientrenados), quienes recibieron una instrucción teórica y práctica. Se realizó de acuerdo a las siguientes etapas: reclutamiento, selección y entrenamiento de los jueces, según lo descrito por Flores (2015).

Reclutamiento. La etapa de reclutamiento se realizó entre los estudiantes de la universidad Pedro Ruiz Gallo, estudiantes de Ingeniería de Industrias Alimentarias y amigos, a quienes se les realizó una invitación explicándoles el objetivo general del entrenamiento sensorial.

Se realizó una clase teórica de 20 minutos, en la que se explicó la importancia de la evaluación sensorial de los alimentos, el funcionamiento de los sentidos y las propiedades sensoriales (aroma, color, olor, apariencia, sabor y textura). El procedimiento se muestra en el Anexo I.

Selección. La selección entre las personas que accedieron a participar en el proceso de entrenamiento para pertenecer al panel sensorial se realizó en base a los siguientes requisitos:

- Interés y motivación.
- Conocimientos y aptitudes para interpretar y expresar sus percepciones sensoriales.
- Responsabilidad y disponibilidad ante el cronograma de pruebas sensoriales y actividades relacionadas a la evaluación sensorial.

Entrenamiento. El entrenamiento se basó en proporcionar a los jueces los elementos principales de las técnicas utilizadas en el análisis sensorial y desarrollar su aptitud para detectar, reconocer y describir los estímulos sensoriales.

Las pruebas sensoriales con las que se determinaron si los panelistas poseen habilidades y son aptos para evaluar los alimentos, fueron: prueba de identificación de sabores y prueba triangular.

En la prueba de identificación de sabores, se realizó un reconocimiento teórico y práctico de los conceptos de una solución de sabor ácido amargo, fermentado, herbáceo, picante, insípido y astringente; por lo cual, se preparó soluciones a distintas concentraciones, y cada una de las muestras fueron codificadas usando letras en orden alfabético (A-L), como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7
Concentración de soluciones utilizadas en la prueba sensorial de sabor

Muestra	Sabor	Ingredientes (%)
A	ácido	0,02 ácido cítrico
B	ácido	0,03 ácido cítrico
C	amargo	0,02 cafeína
D	amargo	0,03 cafeína
E	fermentado	0,02 vinagre de manzana
F	fermentado	0,03 vinagre de manzana
G	herbáceo	0,08 albaca
H	herbáceo	0,15 albaca
I	astringente	0,08 té
J	astringente	0,15 té
K	picante	0,02 matico
L	picante	0,03 matico

Nota. Elaboración propia (2018).

A cada juez se le presentó una bandeja con 12 muestras ordenadas en forma aleatoria en vasos de plástico transparente (25 ml de muestra) codificados con letras y un vaso de agua para neutralizar entre muestras. Los formatos de evaluación se muestran en el Anexo II.

Se consideraron como respuestas correctas aquellas en la que los jueces logran identificar el gusto. El porcentaje de aciertos se calculó dividiendo la sumatoria de las respuestas correctas entre el total de muestras evaluadas.

En la prueba sensorial triangular, se presentó una muestra de la bebida en estudio (bebida a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales), en la cual los jueces identificaron el color, olor, sabor y apariencia; luego se realizaron pruebas triangulares de diferencia en cuanto al sabor y color de acuerdo al siguiente procedimiento:

Para cada una de estas pruebas se prepararon dos muestras, con una leve diferencia entre ellas, como se muestra en la tabla 8. Luego se formaron tríos de acuerdo a las seis combinaciones posibles que se muestran a continuación:

AAB ABA BAA ABB BAB BBA

A cada juez se le presentó una bandeja con un trío de muestras cuya combinación fue escogida al azar. Los jueces evaluaron las muestras de izquierda a derecha para responder a la siguiente pregunta: ¿Cuál es la muestra diferente? El formato de evaluación se muestra en el Anexo III.

Tabla 8

Producto evaluado con su respectiva diferencia aplicada

Número de Prueba	Producto	Diferencia aplicada (%)
1	bebida en estudio	10 agua
2	bebida en estudio	15 agua
3	bebida en estudio	20 agua

Nota. Elaboración propia (2018).

Se consideraron como respuestas correctas aquellas en la que los jueces logran identificar el gusto. El porcentaje de aciertos se calculó dividiendo la sumatoria de las respuestas correctas entre el total de muestras evaluadas.

De un total de 16 personas incorporadas, solo 12 cumplieron con los requisitos de la etapa de selección anteriormente descrita, de las cuales 8 fueron las personas elegidas para formar parte del panel sensorial en base a los siguientes criterios:

- Habilidad para percibir una propiedad, identificarla, medurla y/o discriminarla.
- Interés por participar en el logro de los objetivos planteados en el estudio sensorial de la presente investigación.
- Eficiencia en la aplicación de los conocimientos sobre la técnica de percepción y del método de análisis.
- Honestidad en su apreciación, demostrada con una calificación cabal.
- Asistencia a las pruebas sensoriales aplicadas.
- Cumplir con el porcentaje mínimo de aciertos para cada prueba sensorial.

En la tabla 9 se presenta los criterios para la elección de los jueces, de acuerdo al porcentaje mínimo de aciertos para cada prueba sensorial aplicada y la asistencia de cada participante.

Tabla 9

Criterios para la elección de los jueces de acuerdo al porcentaje mínimo de aciertos y asistencia

Pruebas sensoriales	Porcentaje mínimo de aciertos (%)	Asistencia (%)
Prueba de identificación de sabores	60	80
Prueba triangular	60	80

Nota. Adaptado de Flores (2015).

2.3.6. *Obtención de la bebida en estudio*

Se elaboraron 161 unidades de bebida a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales en la empresa Vida Saludable del Perú E.I.R.L., de la cuales 5 unidades fueron elaboradas sin acidulantes y conservantes químicos (muestras patrón para la evaluación sensorial) y 156 unidades fueron elaboradas con diferentes tipos de acidulantes (tartárico, fumárico y málico), como se indica en la tabla 10.

Tabla 10

Muestras de la bebida en estudio elaborada con diferentes tipos de acidulantes

Bebida en estudio con acidulantes	Concentración del acidulante (g/L)	pH	Total de muestras
Bebida con ácido tartárico (AT)	0,7	4,2	52 unidades
Bebida con ácido málico (AM)	0,6	4,2	52 unidades
Bebida con ácido fumárico (AF)	0,4	4,2	52 unidades

Nota. Elaboración propia 2018.

Las muestras de la bebida en estudio elaborada con diferentes tipos de acidulantes especificadas en la tabla 10, fueron obtenidas según el diagrama de flujo presentado en la figura 7.

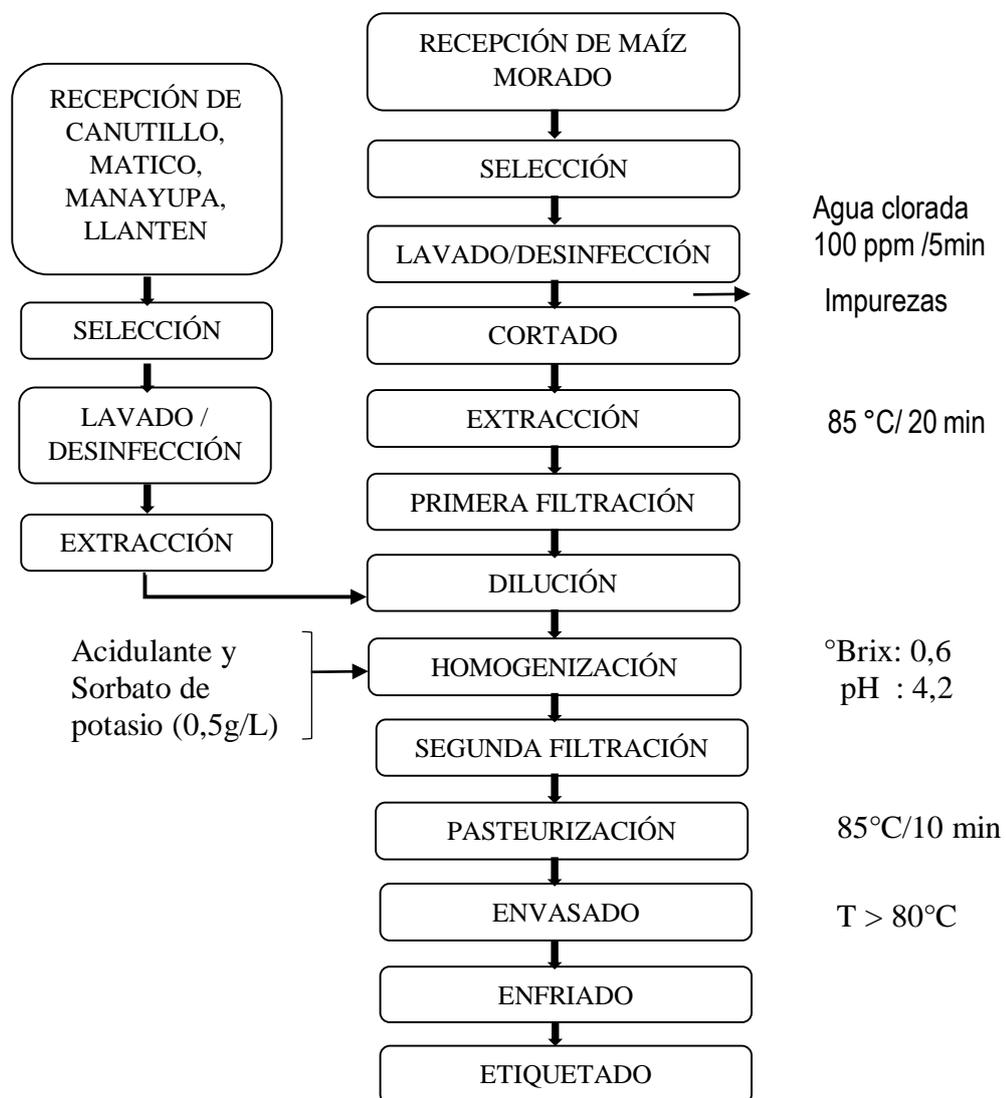


Figura 7. Diagrama de flujo para la elaboración de la bebida en estudio con diferentes tipos de acidulantes (tartárico, fumárico y málico). Recuperado de Vida Saludable del Perú E.I.R.L.

Las muestras fueron envasadas en botellas de vidrio color ámbar de capacidad 500 ml (muestras patrón para evaluación sensorial), capacidad 250 ml (muestras elaboradas con acidulantes para evaluación sensorial) y capacidad de 10 ml (muestras elaboradas con acidulantes para la determinación de fenoles totales y antocianinas).

2.3.7. Almacenamiento de la bebida en estudio

De un total de 156 muestras de la bebida en estudio elaboradas con diferentes tipos de acidulantes (tartárico, fumárico y málico), 12 unidades de muestreo fueron almacenadas a temperatura de 1°C y 144 unidades fueron almacenadas en incubadoras a temperaturas de 37 y 43°C.

En la tabla 11 se especifica la cantidad de unidades de muestreo almacenadas:

Tabla 11

Unidades de muestreo de la bebida elaborada con diferentes tipos de acidulantes durante su almacenamiento a 37 y 43°C

Tiempo (horas)	Tipo de acidulante y temperatura de almacenamiento					
	Ácido tartárico		Ácido fumárico		Ácido málico	
	37°C	43°C	37°C	43°C	37°C	43°C
0	4 AT		4 AF		4 AM	
5	4 AT	4 AT	4 AF	4 AF	4 AM	4 AM
10	4 AT	4 AT	4 AF	4 AF	4 AM	4 AM
15	4 AT	4 AT	4 AF	4 AF	4 AM	4 AM
20	4 AT	4 AT	4 AF	4 AF	4 AM	4 AM
25	4 AT	4 AT	4 AF	4 AF	4 AM	4 AM
30	4 AT	4 AT	4 AF	4 AF	4 AM	4 AM

Nota. Elaboración propia (2018).

4AT: cuatro muestras de la bebida elaborada con ácido tartárico; 4AF: cuatro muestras de la bebida elaborada con ácido fumárico; 4AM: cuatro muestras de la bebida elaborada con ácido málico.

Según la tabla 11 las muestras fueron almacenadas de la siguiente manera:

4 unidades de muestreo por cada uno de los tres tipos de acidulante a las 0 horas de almacenamiento.

Incubadora a 37°C: 4 unidades de muestreo por cada uno de los tres tipos de acidulante a las 5, 10, 15, 20, 25 y 30 horas de almacenamiento).

Incubadora a 43°C: 4 unidades de muestreo por cada uno de los tres tipos de acidulante a las 5, 10, 15, 20, 25 y 30 horas de almacenamiento.

2.3.8. Determinación de los componentes bioactivos de la bebida en estudio durante su almacenamiento controlado

Durante el almacenamiento de las unidades de muestreo a temperaturas controladas, se cuantificó la concentración de antocianinas (ppm de cianidina-3-glucósido) y fenoles totales (ppm de ácido gálico) presentes en la bebida elaborada con diferentes tipos de acidulantes (tartárico, fumarico y malico). Estos análisis se realizaron cada 5 horas por cada tipo de acidulante y temperatura de almacenamiento.

El procedimiento para determinar el contenido de antocianinas y fenoles totales se describe a continuación:

Determinación de antocianinas, método de pH diferencial según Giusti y Wrolstad (2003). Se extrajo dos alícuotas (de 1 ml c/u) de la bebida en estudio. Una alícuota se diluyó con buffer de pH 4,5 y la otra con buffer de pH 1,0, hasta 5 ml de solución. La absorbancia se midió tres veces a 510 y 700 nm, usando un espectrofotómetro UV-visible. El contenido total de antocianinas se expresó de acuerdo con la siguiente ecuación.

$$[AC_t] = \frac{AxMxFDx1000}{\epsilon x I}$$

Dónde:

[AC_t] = ppm de Cianidina -3-glucósido

A = (A₅₁₀ – A₇₀₀) pH 1,0 – (A₅₁₀ – A₇₀₀) pH 4,5

M (peso molecular) = 449,2 g/ mol de cianidina -3- glucósido

FD = factor de dilución

I = ancho de la celda en cm.

ε = 26900 coeficiente de extinción molar en L/mol/ cm e cianidina -3- glucósido.

Determinación de fenoles totales, método de Folin-Ciocalteu según Palomino, García, Gil, Rojano y Durango (2009). Se colocó 0,2 ml de la bebida en estudio en un matraz aforado, y se añadió 2,5 ml de reactivo Folin-Ciocalteu. Se mezcló y se dejó reaccionar por un lapso de tiempo de tres minutos en ausencia de luz a temperatura ambiente. Se agregó 5 ml de carbonato de sodio (Na_2CO_3 al 20% p/v) y se aforó con agua desionizada a 50 ml.

La mezcla se dejó reposar por 30 minutos en ausencia de luz a temperatura ambiente, una vez transcurrido este tiempo se midió su absorbancia a 765 nm con el espectrofotómetro UV-visible.

El contenido de compuestos fenólicos en la muestra se expresó como ppm de ácido gálico, y la determinación se realizó por triplicado. La cuantificación e interpretación de los resultados se realizó de acuerdo a la curva de calibración absorbancia versus ácido gálico que se presenta en la figura 8.

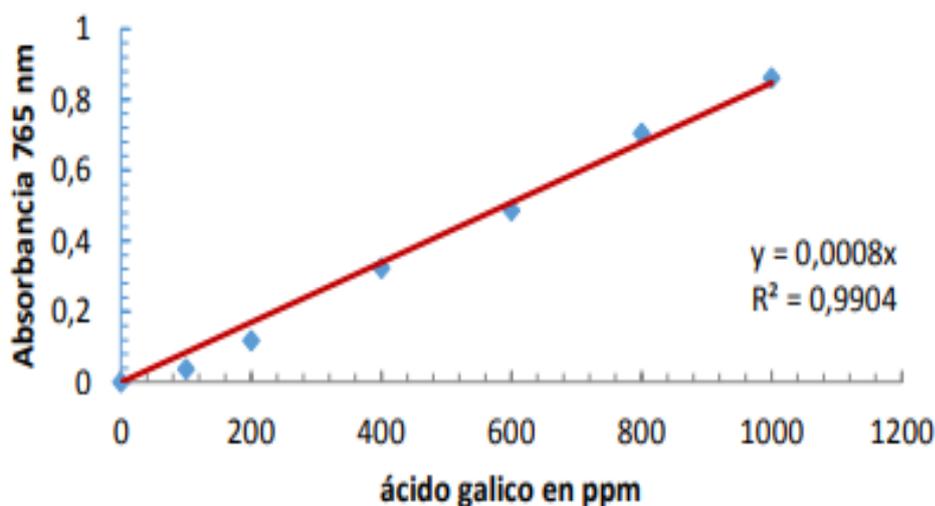


Figura 8. Curva de calibración absorbancia versus ácido gálico. Recuperado de Cofré (2015).

2.3.9. Evaluación sensorial de la bebida en estudio durante su almacenamiento controlado

Durante el almacenamiento de las unidades de muestreo, se evaluó el sabor, color, olor y la apariencia de la bebida en estudio elaborada con diferentes acidulantes, mediante una prueba sensorial de categorización cuantitativa relativa y aceptabilidad pareada como lo indica Ureña *et al.* (1999).

Se procedió a retirar las muestras de las incubadoras para ser evaluadas por 8 jueces semientrenados; aproximadamente 25 ml de muestra se sirvieron en vasos de plástico para cada juez. Estos análisis se realizaron cada 5 horas por cada tipo de acidulante y temperatura de almacenamiento.

Las muestras patrón fueron codificadas con la letra “P” y las muestras elaboradas con los diferentes tipos de acidulantes fueron identificadas con los códigos que se muestran en el Anexo IV.

Análisis sensorial por categorización cuantitativa relativa. El objetivo de esta prueba es que el juez categorice las muestras presentadas en una escala lineal dimensionada teniendo como referencia una muestra patrón (bebida en estudio sin acidulantes y conservantes químicos). Esta escala cuenta con 10 puntos proporcionales, un valor mínimo de **1**, indica que el atributo analizado en la muestra es “extremadamente diferente a la muestra patrón”, y un valor máximo de **10**, indica que el atributo analizado es “nada diferente a la muestra patrón”.

Prueba sensorial por aceptabilidad pareada. En esta prueba se le pide al juez que emita un juicio de aceptación o rechazo al analizar un determinado atributo (color, olor, sabor y apariencia) de la muestra presentada, teniendo los atributos sensoriales de la muestra patrón.

Los formatos utilizados para la prueba sensorial por categorización cuantitativa relativa y aceptabilidad pareada se detallan en Anexo VI.

2.3.10. Determinación del orden de reacción y las constantes de velocidad de degradación de fenoles totales y antocianinas.

Mediante estadísticas de regresión lineal simple se determinó el orden de reacción para la degradación de fenoles y antocianinas de la bebida en estudio. Conociendo el orden de reacción se determinó las constantes de velocidad a las temperaturas de 37 y 43°C.

2.3.11. Evaluación del tiempo de vida media de fenoles totales y antocianinas.

Mediante el modelo cinético de mayor ajuste a los datos (cinética de orden 1), se determinó las constantes de velocidad y el tiempo de vida media a las temperaturas de 37 y 43°C, por cada tipo de acidulante (tartárico, fumárico y málico).

Con los tiempos de vida media obtenidos a las temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C y mediante el modelo Q_{10} (Ec.13), determinamos el tiempo de vida media a la temperatura de 4, 10 y 26°C, por cada tipo de acidulante.

2.3.12. Análisis estadístico

La precisión y exactitud de los resultados obtenidos se determinó calculando la desviación estándar (S) y el error absoluto (E), respectivamente.

Los datos obtenidos mediante el diseño experimental factorial fueron evaluados mediante el Software Statgraphics Centurión XVI, utilizando la herramienta de análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza de 95%, y la prueba de Tukey para determinar la diferencia existente entre pares de tratamientos. Se realizó un análisis de regresión lineal simple para determinar la bondad de ajuste de los datos experimentales mediante el coeficiente de determinación (R^2) y el error cuadrado medio (ECM).

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Caracterización fisicoquímica de la bebida comercial a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales

En la tabla 12 se presenta los resultados del análisis fisicoquímico realizado a la bebida en estudio.

Tabla 12

Resultados de las características fisicoquímicas evaluadas a la bebida en estudio

Determinaciones	Unidades	Cantidad
Determinación de pH	pH	6,2
Sólidos solubles	°Brix	0,4

Nota. Elaboración propia (2018).

3.2. Evaluación de los componentes bioactivos de la bebida comercial a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales.

En la tabla 13 se presenta los resultados de la determinación de los componentes bioactivos de la bebida en estudio.

Tabla 13

Resultados de la evaluación de los componentes bioactivos de la bebida en estudio

Determinaciones	Unidades	Cantidad
Concentración de antocianinas	ppm de cianidina-3-glucósido	15,69
Concentración de fenoles	ppm de ácido gálico	263,33

Nota. Elaboración propia (2018).

3.3. Caracterización microbiológica de la bebida comercial a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales

En la tabla 14 se presenta los resultados del análisis microbiológico realizado a la bebida en estudio.

Tabla 14*Resultados de las características microbiológicas evaluadas a la bebida en estudio*

Determinaciones	Unidades	M1
Enumeración de levaduras	UFC/ml	<1*
Enumeración de microorganismos aerobios mesófilos	UFC/ml	<1*
Enumeración de coliformes totales	NMP/ml	<3

Nota. Recuperado de Vida Saludable del Perú E.I.R.L.

*REPE (Recuento estándar en placa estimado).

M1: Resultado

3.4. Caracterización proximal de la bebida comercial a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales

En la tabla 15 se presenta los resultados del análisis proximal realizado a la bebida en estudio.

Tabla 15*Resultados de la composición proximal de la bebida en estudio*

Determinaciones	Unidades	Cantidad
Proteínas	g	0,0
Grasa	g	0,0
Carbohidratos	g	0,0
Cenizas	mg	10,0

Nota. Elaboración propia (2018).

3.5. Caracterización sensorial de la bebida comercial a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales

En las tablas 16, 17, 18 y 19 se presenta los resultados obtenidos de la evaluación sensorial de los atributos de color, olor, sabor y apariencia de la bebida en estudio.

Tabla 16

Porcentaje e intensidad promedio de la evaluación sensorial del color de la bebida en estudio

Análisis sensorial para color		
Color	Jueces (%)	Intensidad promedio
Cobrizo	50,00	4,5
Café	12,50	6,0
Ámbar	25,00	4,0
Rojo Pardo	12,50	8,0
Ámbar pálido	0,00	0,0
Total	100,00	

Nota. Elaboración propia (2018).

Como se muestra en la tabla 16, el 50 % de 8 panelistas indicaron que el color de la bebida es cobrizo con una intensidad promedio de 4,5. En el Anexo I se muestran imágenes representativas de los 5 colores (cobrizo, café, ámbar, rojo pardo y ámbar pálido) mencionados en la tabla 16 para caracterizar el color de la bebida en estudio.

Tabla 17

Porcentaje e intensidad promedio de la evaluación sensorial del olor de la bebida en estudio

Análisis sensorial para olor		
Olor	Jueces (%)	Intensidad promedio
Herbáceo	100,00	4,6
Inoloro	0,00	0,0
Ácido	0,00	0,0
Fermentado	0,00	0,0
Fétido	0,00	0,0
Total	100,00	

Nota. Elaboración propia (2018).

Como se muestra en la tabla 17, el 100 % de 8 panelistas indicaron que el olor de la bebida es herbáceo con una intensidad promedio de 4,6. En el Anexo I se muestra la definición de cada uno de los términos (herbáceo, inoloro, ácido, fermentado y fétido) mencionados en la tabla 17 para caracterizar el olor de la bebida en estudio.

Tabla 18

Porcentaje e intensidad promedio de la evaluación sensorial del sabor de la bebida en estudio

Análisis sensorial para sabor		
Sabor	Jueces (%)	Intensidad promedio
Herbáceo	87,50	5,6
Astringente	12,50	5
Picante	0,00	0
Insípido	0,00	0
Fermentado	0,00	0
Amargo	0,00	0
Ácido	0,00	0
Total	100,00	

Nota. Elaboración propia (2018).

Como se muestra en la tabla 18, el 87,50 % de 8 panelistas indicaron que el sabor de la bebida es herbáceo con una intensidad promedio de 5,6. En el Anexo I se muestra la definición de cada uno de los términos (herbáceo, astringente, picante, insípido, fermentado, amargo y ácido) mencionados en la tabla 18 para caracterizar el sabor de la bebida en estudio.

Tabla 19

Porcentaje e intensidad promedio de la evaluación sensorial de apariencia de la bebida en estudio

Análisis sensorial para apariencia		
Apariencia	Jueces (%)	Intensidad promedio
Limpio	62,500	7,6
Claro	37,500	2,3
Ligeramente turbio	0,001	0
Turbio	0,001	0
Total	100,000	

Nota. Elaboración propia (2018).

Como se muestra en la tabla 19, el 62,50 % de 8 panelistas indicaron que la apariencia de la bebida es limpio con una intensidad promedio de 7,6. En el Anexo I se muestra la definición de cada uno de los términos (limpio, claro, ligeramente turbio y turbio) mencionados en la tabla 19 para caracterizar la apariencia de la bebida en estudio.

3.6. Concentración de antocianinas de la bebida en estudio durante su almacenamiento controlado

Tabla 20

Concentración de antocianinas de la bebida en estudio a diferentes temperaturas de almacenamiento para los tres tipos de acidulantes

Antocianinas (ppm de cianidina- 3-glucósido)						
Tiempo (h)	Ácido tartárico		Ácido fumárico		Ácido málico	
	37°C	43°C	37°C	43°C	37°C	43°C
0	41,44	41,44	41,44	41,44	41,44	41,44
5	38,07	37,63	37,10	38,99	40,38	34,15
10	36,51	32,84	33,09	32,23	34,46	35,04
15	34,71	31,48	30,75	29,22	33,51	30,98
20	33,87	30,70	30,39	29,03	33,20	26,66
25	29,75	28,44	29,75	26,94	30,39	26,66
30	29,61	28,92	27,02	26,63	27,58	24,55

Nota. Las absorbancias obtenidas y el número de ensayos realizados para la determinación de antocianinas en la bebida durante su almacenamiento controlado y el análisis de varianza se detallan en el Anexo VII.

Elaboración propia (2018).

Se analizó los resultados de la concentración de las antocianinas presentes en la bebida en estudio mediante un análisis de varianza multifactorial. Se concluyó que existen diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las unidades de muestreo almacenadas a diferentes temperaturas (37 y 43°C). Asimismo, que el tipo de acidulante (tartárico, málico y fumárico) y el tiempo de almacenamiento tienen un efecto estadísticamente significativo ($P < 0,05$) en la concentración de antocianinas, con un 95% de nivel de confianza.

Se realizó pruebas de múltiple rango para la concentración de antocianinas de la bebida en estudio, mediante el método de Tukey, para determinar la diferencia entre tratamientos por cada tipo de acidulante (tartárico, fumárico y málico). Se concluyó

que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con ácido tartárico y ácido fumárico, con 95% de nivel de confianza.

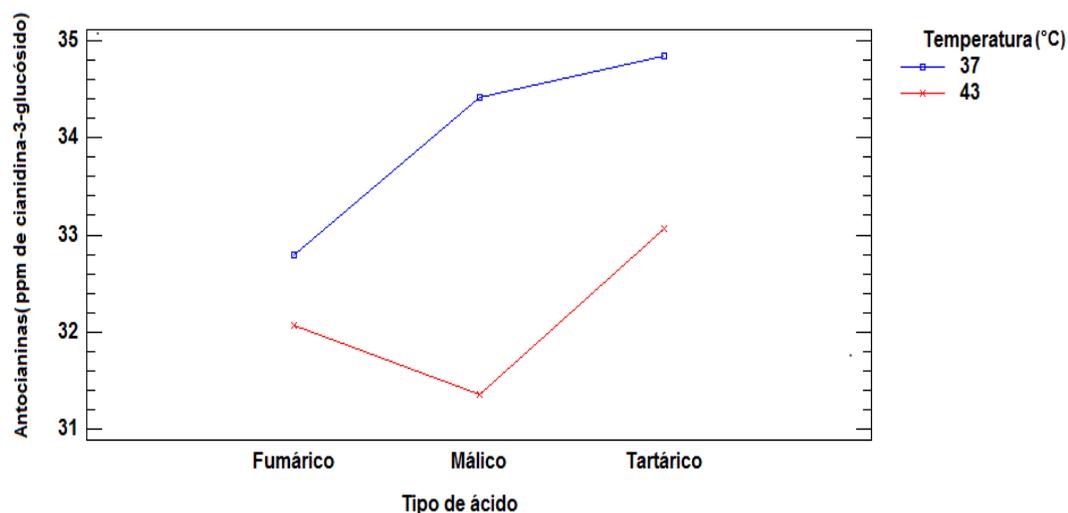


Figura 9. Influencia del tipo de acidulante y la temperatura de almacenamiento en la degradación de antocianinas de la bebida en estudio. Elaboración propia (2018).

Mediante un análisis de varianza multifactorial, se concluyó que la influencia tipo de acidulante (tartárico, fumárico y málico) en la degradación de antocianinas de la bebida en estudio, no depende del nivel de temperatura de almacenamiento (37 y 43°C) (ver figura 9).

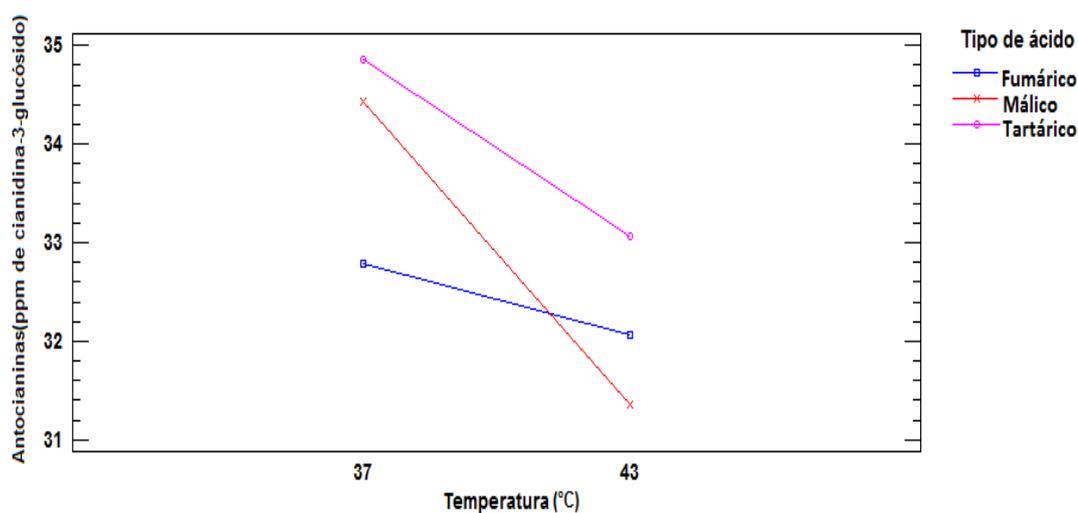


Figura 10. Influencia de la temperatura de almacenamiento y el tipo de acidulante en la degradación de antocianinas de la bebida en estudio. Elaboración propia (2018).

Mediante un análisis de varianza multifactorial, se concluyó que la influencia de la temperatura de almacenamiento (37 y 43 °C) en la degradación de antocianinas de la bebida en estudio, no depende del tipo de acidulante (tartárico, fumárico y málico) (ver figura 10).

Según los resultados, presentados en la tabla 20, la temperatura de almacenamiento tiene un efecto significativo ($P < 0,05$) en la degradación de las antocianinas, por lo que la degradación es menor a la temperatura de 37°C, en comparación a la temperatura de 43°C. Estos resultados son similares a los realizados por Arrazola, Herazo y Alvis (2013) quienes evaluaron el efecto de la temperatura (4 y 25°C) en la estabilidad de las antocianinas de berenjena (*Solanum melongena L.*) en una bebida a base de Aloe vera durante su almacenamiento, siendo la temperatura de 25 °C la que produjo mayor velocidad de degradación. De la misma forma, Martínez, Rojas, Borda, Hastamorir y Medina (2011) determinaron que la degradación de antocianinas en jugo de agraz (*Vaccinium meridionale Sw.*) a temperaturas de almacenamiento de 4, 17 y 37°C, es acelerada con el incremento de la temperatura. Asimismo, Kirca, ozkan y Cemeroglu (2002) concluyeron que la degradación de las antocianinas de zanahorias negras en jugo de naranja rubio a 70, 80 y 90°C, es muy dependiente de la temperatura, siendo más rápida a temperaturas altas.

Suganya, Saravanakumar y Mohandas (2012) obtuvieron resultados similares al evaluar efecto de la temperatura en la estabilidad de antocianinas de sorgo rojo (*sorghum bicolor*). Del mismo modo, Quiroz (2017) determinó que la degradación de antocianinas en los extractos obtenidos a partir de los desechos del proceso de elaboración de jugo de arándanos (*Vaccinium myrtillus L.*) y de las corontas de maíz morado (*Zea mays L.*), aumenta con el incremento de la temperatura.

Por otra parte según los resultados obtenidos en la tabla 20, se determinó que el tipo de acidulante (tartárico, fumárico y málico) tiene un efecto significativo ($P < 0,05$) en la degradación de antocianinas. Sin embargo, en literatura consultada no se encontraron estudios donde se evalúe el efecto del tipo de acidulante en la degradación de antocianinas.

En cuanto **orden de reacción** de las antocianinas (durante el almacenamiento), los resultados muestran en la tabla 21.

Tabla 21

Regresión lineal simple para la degradación de antocianinas por cada temperatura y tipo de acidulante a partir de los datos experimentales de concentración versus tiempo

Cinética de reacción	Temperatura de almacenamiento			
	37 °C		43 °C	
	R^2	ECM	R^2	ECM
Ácido Tartárico				
Orden 0	0,965	0,552	0,875	2,462
Orden 1	0,964	0,504	0,898	1,908
Orden 2	0,957	0,525	0,918	1,498
Ácido Málico				
Orden 0	0,939	1,315	0,916	2,558
Orden 1	0,946	1,204	0,937	2,054
Orden 2	0,945	1,205	0,948	1,794
Ácido Fumárico				
Orden 0	0,900	2,076	0,879	3,604
Orden 1	0,925	1,573	0,904	2,670
Orden 2	0,943	1,172	0,926	2,066

Nota. Elaboración propia (2018).

R^2 : Coeficiente de determinación lineal.

ECM: Error cuadrado medio.

Según los resultados mostrados en la tabla 21, se puede afirmar que la degradación de las antocianinas de la bebida en estudio sigue una cinética de primer orden; ya que el

modelo cinético de primer orden explica con el menor error (ECM) y un mayor ajuste a los datos de concentraciones obtenidas a las diferentes temperaturas de almacenamiento y acidulantes utilizados. Por ejemplo, a la temperatura de almacenamiento de 37°C con la presencia de ácido tartárico, se puede observar que el coeficiente (R^2) indica que la degradación de las antocianinas de la bebida en estudio es explicada con un 96,4% y con el mínimo error (0,504) por la cinética de primer orden.

Estos resultados son similares a los realizados por Quiroz (2017) quien determinó que la degradación de antocianinas en extractos obtenidos a partir de desechos del proceso de elaboración de jugo de arándanos (*Vaccinium myrtillus L.*) y de las corontas de maíz morado (*Zea mays L.*) a diferentes temperaturas de almacenamiento (30-60°C), presentan una cinética de primer orden. Asimismo concuerdan con los estudios realizados por Torres y Vidaurre (2015) quienes evaluaron la cinética de degradación de antocianinas en una bebida funcional a base de arándano azul (*Vaccinium corymbosum L.*) a temperaturas de almacenamiento 30, 40 y 50°C.

Hurtado y Pérez (2014) obtuvieron resultados similares al evaluar la cinética de degradación de antocianinas en extractos acuosos del fruto de Capulí a diferentes condiciones de almacenamiento. De igual forma, otros autores que evaluaron la degradación de antocianinas de zanahorias negras en jugo de naranja rubio y en productos funcionales a base de naranja sanguínea, zarzamora y extractos de roselle, durante su almacenamiento (30- 90°C), confirman que la degradación de antocianinas se ajusta a una cinética de degradación de primer orden (Cisse, Vaillant, Acosta, Claudie y Dornier, 2009; Kirca *et al.*, 2002).

Flores y Flores (2018) mencionan que las antocianinas de bebidas obtenidas a partir de combinaciones de extractos de corontas de maíz morado (*Zea mays L.*) y uña de gato (*Uncaria tomentosa sp*), durante su almacenamiento (4 y 18°C), se degradan mediante una cinética de primer orden. Otros autores también coinciden con estos resultados al evaluar la degradación de antocianinas en extractos de arándanos (variedad O'Neal) y en jugo de agraz (*Vaccinium meridionale Sw*) durante su almacenamiento a diferentes temperaturas (4-37°C) (Martínez *et al.*, 2011; Zapata, 2014).

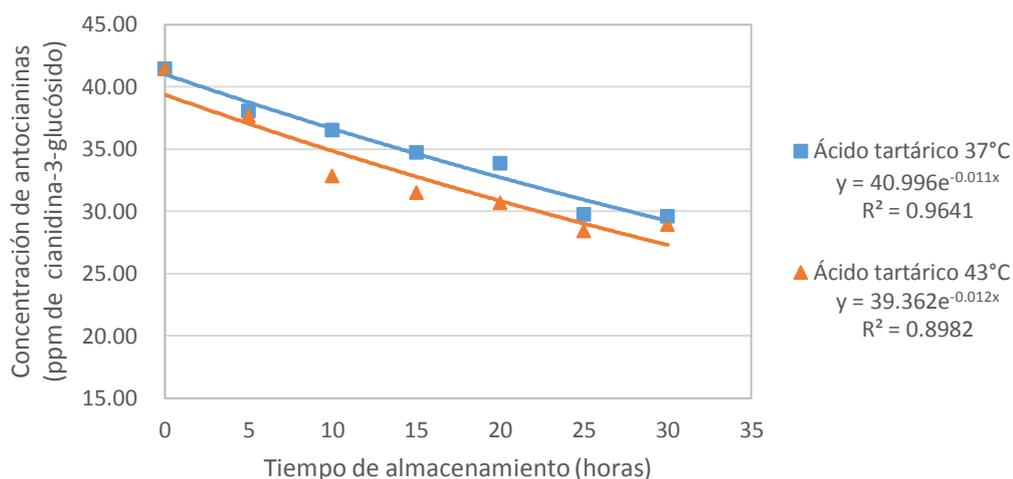


Figura 11. Concentración de antocianinas (ppm de cianidina-3-glucósido) versus el tiempo de almacenamiento a 37 y 43°C- Ácido tartárico. Elaboración propia (2018).

En la figura 11 se puede observar que la razón de cambio de la concentración de antocianinas de la bebida en estudio respecto al tiempo y tipo de acidulante (ácido tartárico) es mayor a la temperatura de 43°C y menor a la temperatura de 37 °C.

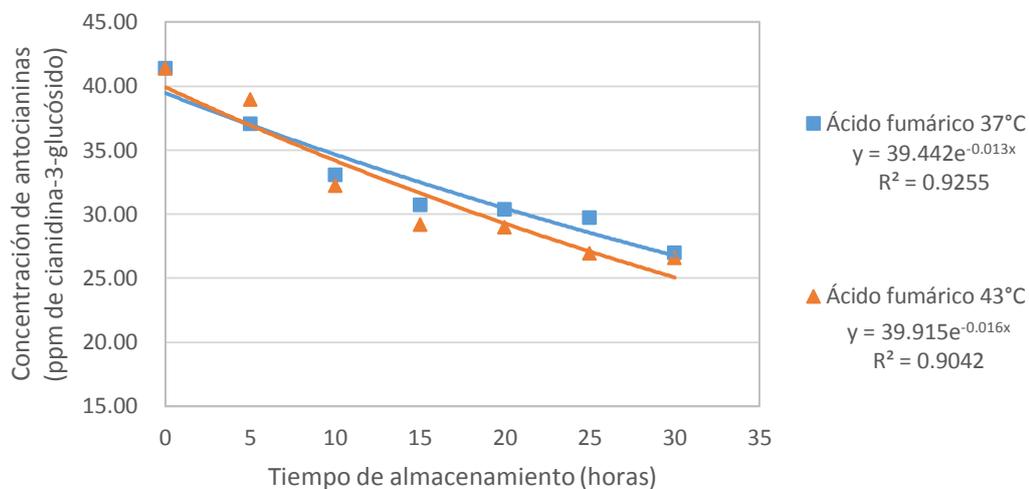


Figura 12. Concentración de antocianinas (ppm de cianidina-3-glucósido) versus el tiempo de almacenamiento a 37 y 43°C-Ácido fumárico. Elaboración propia (2018).

En la figura 12 se puede observar que la razón de cambio de la concentración de antocianinas de la bebida en estudio respecto al tiempo y tipo de acidulante (ácido fumárico) es mayor a la temperatura de 43°C y menor a la temperatura de 37 °C.

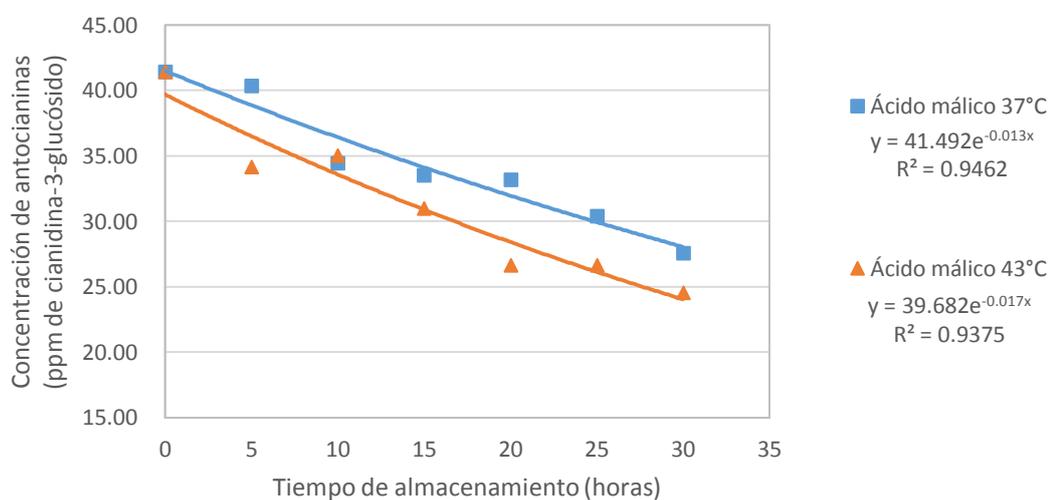


Figura 13. Concentración de antocianinas (ppm de cianidina-3-glucósido) versus el tiempo de almacenamiento a 37 y 43°C-Ácido málico. Elaboración propia (2018).

En la figura 13 se puede observar que la razón de cambio de la concentración de antocianinas de la bebida en estudio respecto al tiempo y tipo de acidulante (ácido málico) es mayor a la temperatura de 43°C y menor a la temperatura de 37 °C.

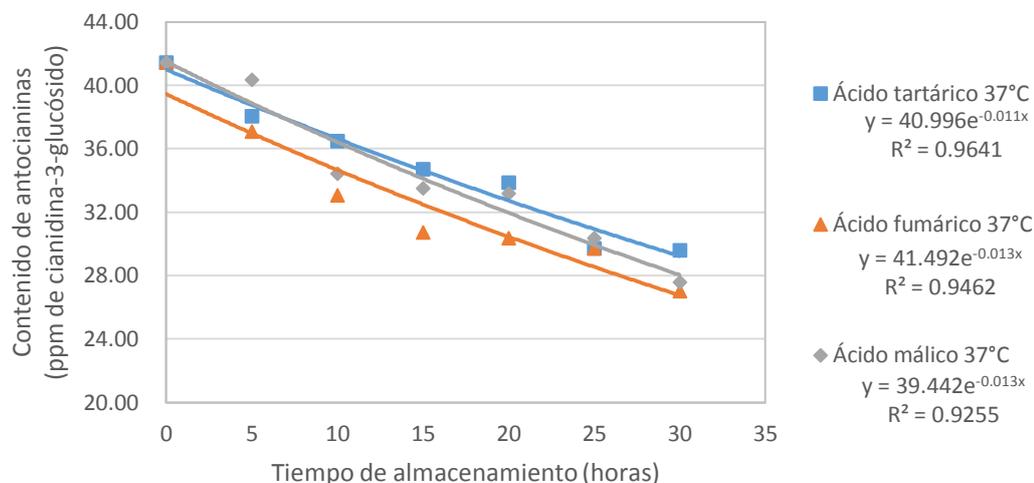


Figura 14. Concentración de antocianinas (ppm de cianidina-3-glucósido) versus el tiempo de almacenamiento de 37°C - Ácido tartárico, Ácido fumárico y Ácido málico. Elaboración propia (2018).

En la figura 14 se puede observar que la razón de cambio de la concentración de antocianinas de la bebida en estudio, durante el tiempo de almacenamiento a 37°C, es menor con la presencia de ácido tartárico, en comparación con la presencia de ácido málico y fumárico.

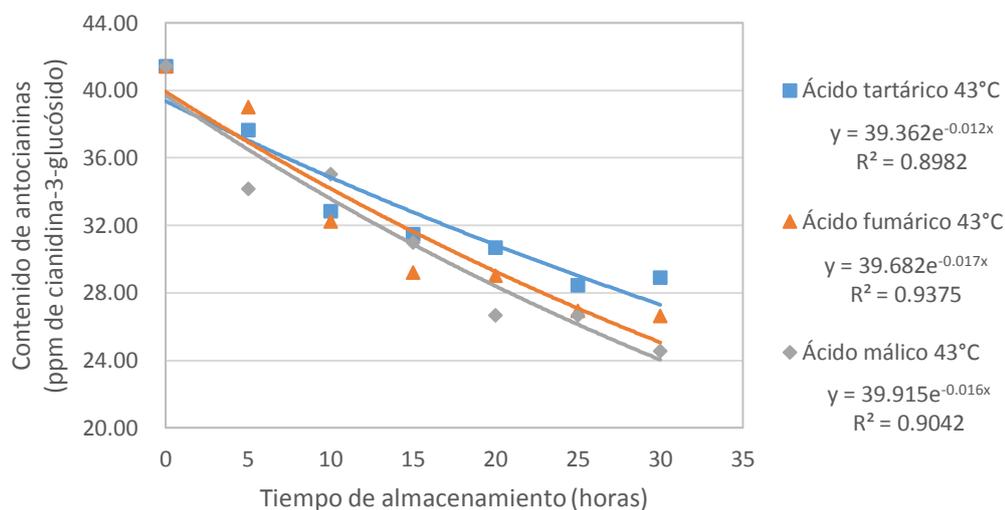


Figura 15. Concentración de antocianinas (ppm de cianidina-3-glucósido) versus el tiempo de almacenamiento de 43°C - Ácido tartárico, Ácido fumárico y Ácido málico. Elaboración propia (2018).

En la figura 15 se puede observar que la razón de cambio de la concentración de antocianinas de la bebida en estudio, durante el tiempo de almacenamiento a 43°C, es

menor con la presencia de ácido tartárico, en comparación con la presencia de ácido fumárico y málico.

3.6.1. Determinación del tiempo de vida media de antocianinas

En las tablas 22 y 23 se muestran los resultados de la determinación del tiempo de vida media mediante el modelo Q_{10} .

Tabla 22

Tiempo de vida media de antocianinas por cada tipo de acidulante y temperatura de almacenamiento de 37 y 43°C

Tipo de ácido	Temperatura de almacenamiento		Factor Q_{10}
	37°C	43°C	
	$t_{1/2}$ (h)	$t_{1/2}$ (h)	
Ácido tartárico	62	57	1,15
Ácido fumárico	54	45	1,36
Ácido málico	53	41	1,53

Nota. Elaboración propia (2018).

$t_{1/2}$ (h): tiempo de vida media (horas).

Se utilizó la ecuación cinética de orden 1 (Ec.7) con el objetivo de obtener las constantes de velocidad de degradación de antocianinas a las temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C para los tres tipos de acidulante (tartárico, fumárico y málico) que fueron necesarias para la determinación del tiempo de vida media, como se muestra en la tabla 22.

Tabla 23

Tiempo de vida media de las antocianinas por cada tipo de acidulante a temperaturas de almacenamiento de 4, 10 y 26°C

Tipo de ácido	Temperatura de almacenamiento		
	4°C	10 °C	26°C
	$t_{1/2}$ (h)	$t_{1/2}$ (h)	$t_{1/2}$ (h)
Ácido tartárico	98	91	72
Ácido fumárico	147	123	75
Ácido málico	218	168	85

Nota. Elaboración propia (2018).

$t_{1/2}$ (h): tiempo de vida media (horas).

Con los tiempos de vida media obtenidos en la tabla 22 a las temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C y mediante el modelo Q_{10} (Ec.13) determinamos el tiempo de vida media de las antocianinas a las temperaturas de 4, 10 y 26°C para los tres tipos de acidulantes, como se muestra en la tabla 23.

Según los resultados mostrados en la tabla 22 y 23, el tiempo de vida media para antocianinas de la bebida en estudio es menor a medida que aumenta la temperatura. Así mismo se observa que con la presencia de ácido málico en la bebida, las antocianinas son más sensibles a la temperatura, en comparación con los otros ácidos, ya que se presenta un mayor factor Q_{10} .

Por otra parte según los resultados mostrados en la tabla 22 y 23, se puede observar que con la presencia de ácido tartárico en la bebida se obtiene mayor tiempo de vida media para las antocianinas a temperaturas altas de almacenamiento (37 y 43°C) y menor tiempo de vida media a temperaturas bajas de almacenamiento (4, 10 y 26°C), en comparación con los tiempos de vida media obtenidos, con la presencia de ácido málico y ácido fumárico en la bebida a las mismas temperaturas de almacenamiento.

Según los resultados obtenidos, se puede afirmar que el ácido málico conserva mejor o brinda mayor tiempo de vida media a las antocianinas de la bebida en estudio a temperaturas bajas de almacenamiento (menor o igual a 26°C). A medida que baja la temperatura, la ventaja que presenta el ácido málico en la conservación de las antocianinas es pequeña en comparación con los otros acidulantes (tartárico y fumárico), pero es estadísticamente significativa.

Diversos estudios confirman que a temperaturas bajas de almacenamiento, las antocianinas presentan mayor tiempo de vida media, por ejemplo, Martínez *et al.* (2011) determinó que el tiempo de vida media ($t_{1/2}$) para antocianinas en jugo de agraz

(*Vaccinium meridionale Sw.*) durante su almacenamiento a temperatura de refrigeración (4°C) es de 890 h y a temperatura de 37°C es de 117.6 h.

Arrazola *et al.* (2013) obtuvieron resultados similares para la degradación de extractos de antocianinas de berenjena (*Solanum melongena L.*) en una bebida a base de Aloe vera, el tiempo de vida media ($t_{1/2}$) fue de 957 h y 167 h a temperaturas de almacenamiento de 4 y 26 °C respectivamente. Asimismo, Kirca *et al.* (2002) determinaron valores de tiempo de vida media ($t_{1/2}$) de 108, 89, 53, 37 y 30 h a temperaturas de almacenamiento 4, 10, 26, 37 y 43 °C respectivamente.

Los tiempos de vida media obtenidos por los autores antes mencionados, Martínez *et al.* (2011) y Arrazola *et al.* (2013) para antocianinas en jugo de agraz y antocianinas de berenjena en una bebida a base de Aloe vera respectivamente; son superiores a los tiempos de vida media obtenidos para las antocianinas de la bebida en estudio; sin embargo, Kirca *et al.* (2002) obtuvieron tiempos de vida media inferiores para antocianinas de zanahorias negras en jugo de naranja rubio. Los diferentes valores de vida media obtenidos para las antocianinas está directamente relacionado con su estabilidad, la cual es afectada por varios factores tales como, la temperatura de almacenamiento (degradación más rápida a temperaturas altas), el tipo de antocianinas y las materias primas, ya que algunas especies contienen antocianinas más resistentes, por ejemplo, las antocianinas aciladas contenidas en algunas especies como boniatos rojos, son más resistentes que las presentes en el maíz morado, con alto contenido de antocianinas no aciladas (Cevallos y Cisneros, 2003; Hellstrom, Pirjo y Karjalainen, 2013).

3.7. Concentración de fenoles totales de la bebida en estudio durante su almacenamiento controlado

Tabla 24

Concentración de compuestos fenólicos de la bebida en estudio a diferentes temperaturas de almacenamiento para los tres tipos de acidulantes

Tiempo (h)	Fenoles (ppm de ácido gálico)					
	Ácido tartárico		Ácido fumárico		Ácido málico	
	37°C	43°C	37°C	43°C	37°C	43°C
0	244,17	244,17	244,17	244,17	244,17	244,17
5	234,58	212,50	222,92	220,83	238,75	219,58
10	233,33	210,42	216,67	217,92	234,17	215,42
15	229,17	205,83	214,58	212,50	227,50	212,08
20	206,67	199,58	213,33	201,25	217,50	202,50
25	201,67	188,33	211,25	200,83	208,33	186,25
30	201,25	187,92	186,67	182,92	202,50	185,42

Nota. Las absorbancias obtenidas y el número de ensayos realizados para la determinación de fenoles totales de la bebida en estudio durante su almacenamiento controlando y el análisis de varianza se detallan en el Anexo VIII.

Elaboración propia (2018).

Se analizó los resultados de la concentración de fenoles totales de la bebida en estudio mediante un análisis de varianza multifactorial. Se concluyó que existen diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las unidades de muestreo almacenadas a diferentes tiempos, con un 95% de nivel de confianza. Asimismo que el tipo de acidulante (tartárico, málico y fumárico) y las temperaturas de almacenamiento (37°C y 43°C) tienen un efecto estadísticamente significativo ($P < 0,05$) en la concentración de fenoles, con un 95% de nivel de confianza.

Se realizó pruebas de múltiple rango para la concentración de fenoles totales de la bebida en estudio, mediante el método de Tukey para determinar la diferencia entre tratamientos por cada tipo de acidulante (tartárico, fumárico y málico). Se concluyó

que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con ácido fumárico y ácido málico, con 95% de nivel de confianza.

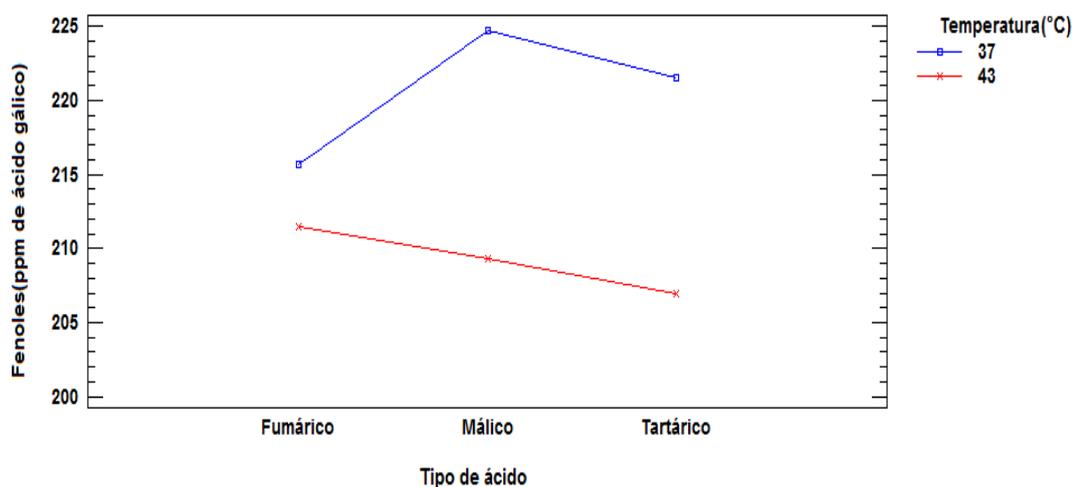


Figura 16. Influencia del tipo de acidulante y la temperatura de almacenamiento en la degradación de fenoles de la bebida en estudio. Elaboración propia (2018).

Mediante un análisis de varianza multifactorial, se concluyó que la influencia tipo de acidulante (tartárico, fumárico y málico) en la degradación de fenoles totales de la bebida en estudio, depende del nivel de temperatura de almacenamiento (37 y 43°C) (ver figura 16).

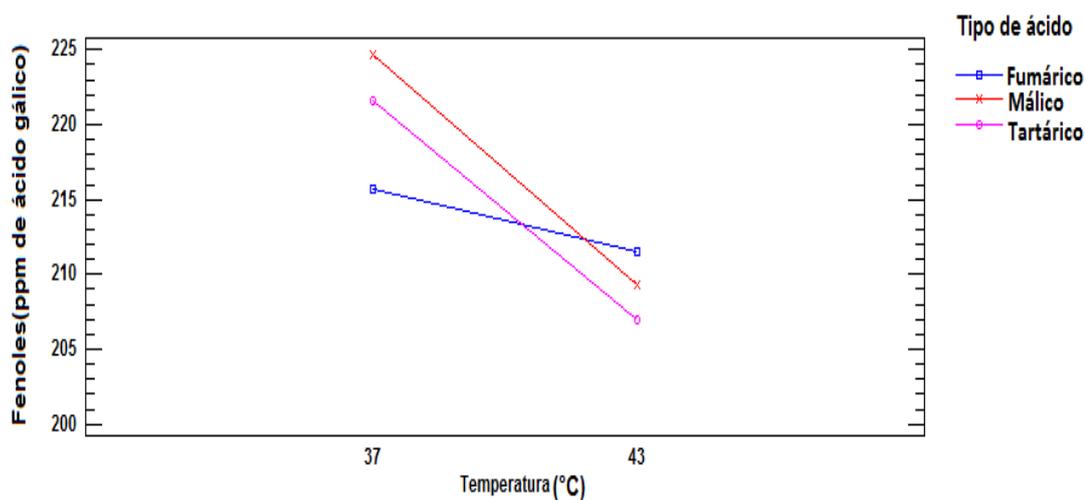


Figura 17. Influencia de la temperatura de almacenamiento y el tipo de acidulante en la degradación de fenoles de la bebida en estudio. Elaboración propia (2018).

Mediante un análisis de varianza multifactorial se concluyó que la influencia de la temperatura de almacenamiento (37 y 43 °C) en la degradación de fenoles totales de la bebida en estudio, depende del tipo de acidulante (tartárico, fumárico y málico)(ver figura 17).

Según los resultados presentados en la tabla 24, la temperatura de almacenamiento tiene un efecto significativo ($P < 0,05$) en la degradación de fenoles totales, por lo que la degradación es menor a la temperatura de 37°C, en comparación a la temperatura de 43°C. Estos resultados son similares a los realizados por Srivastava, Akoh, Yi, Fischer y Krewer (2007) quienes mencionan que las condiciones de almacenamiento (mayor degradación a temperaturas altas) afectan significativamente el contenido de sustancias bioactivas, sin embargo, las pérdidas en fenoles totales son menores cuando se almacenan a bajas temperaturas en el caso de arándanos, jugo de Murta (*Ugni molinae Turcz*) y extracto de mango (*Mangifera indica L.*) (Mathias, 2014; Reyes, 2014).

Otros estudios realizados por Camelo y Sotelo (2012) quienes evaluaron la estabilidad de una bebida de pulpa de borojó (*Borojoa patinoi*) a temperaturas de almacenamiento de 4, 17 y 37 °C, indicaron que el almacenamiento de la bebida a 4° C, permitió una mejor retención de los compuestos fenólicos. Del mismo modo Moldovan, Popa y David (2016) quienes evaluaron la influencia de la temperatura de almacenamiento (2, 22, 55 y 75°C) en extractos de frutas de Cerezo Cornelio (*Cornus mas L.*),determinaron que la temperatura de almacenamiento tiene un efecto significativo ($p < 0,05$) en el contenido fenólico total.

Según los resultados mostrados en la tabla 24, el tipo de acidulante (tartárico, fumárico y málico) tiene un efecto significativo ($P < 0,05$) en la degradación de fenoles totales;

sin embargo, en literatura consultada no se encontraron estudios donde se evalúe el efecto del tipo de acidulante en la degradación de compuestos fenólicos.

Tabla 25

Regresión lineal simple para la degradación de fenoles totales por cada temperatura y tipo de acidulante a partir de los datos experimentales de concentración versus tiempo

Cinética de reacción	Temperatura de almacenamiento			
	37 °C		43 °C	
	R^2	ECM	R^2	ECM
Ácido Tartárico				
Orden 0	0,917	22,703	0,846	48,150
Orden 1	0,913	23,388	0,872	43,791
Orden 2	0,909	24,802	0,894	40,093
Ácido Málico				
Orden 0	0,985	3,121	0,930	25,287
Orden 1	0,981	8,123	0,939	23,124
Orden 2	0,975	6,109	0,943	21,608
Ácido Fumárico				
Orden 0	0,818	45,18	0,925	23,993
Orden 1	0,813	45,07	0,930	22,875
Orden 2	0,803	44,97	0,929	22,082

Nota. Elaboración propia (2018).

R^2 : Coeficiente de determinación lineal.

ECM: Error cuadrado medio.

Según los resultados mostrados en la tabla 25, se puede afirmar que la degradación de los fenoles de la bebida en estudio sigue una cinética de primer orden; ya que el modelo cinético de primer orden explica con el menor error (ECM) y un mayor ajuste a los datos de concentraciones obtenidas a las diferentes temperaturas de almacenamiento y acidulantes utilizados. Por ejemplo a la temperatura de almacenamiento de 43°C con la presencia de ácido fumárico, se puede observar que el coeficiente (R^2) indica que la

degradación de fenoles totales de la bebida en estudio es explicada con un 93% y con el mínimo error (22,875) por la cinética de primer orden.

Estos resultados son similares a los realizados por Camelo y Sotelo (2012) quienes determinaron que la degradación de compuestos fenólicos en una bebida de pulpa de borojó (*Borojoa patinoi*) durante su almacenamiento a diferentes temperaturas (4, 17 y 37 °C), presenta una cinética de primer orden. Asimismo, concuerdan con los estudios realizados por Torres y Vidaurre (2015) quienes determinaron que la degradación de los compuestos fenólicos en una bebida funcional a base de arándano azul (*Vaccinium corymbosum L.*) a diferentes condiciones de almacenamiento (30, 40 y 50°C), sigue una cinética de primer orden.

Moldovan, Popa y David (2016) obtuvieron resultados similares al evaluar la cinética de degradación del contenido fenólico total extractos de frutas de Cerezo Cornelio (*Cornus más L.*) a diferentes condiciones de almacenamiento (2, 22, 55 y 75°C). De igual forma, Uurrea, Eim, Rosello y Simal (2012) quien realizó un estudio de la cinética de degradación de fenoles totales durante el secado convectivo de zanahoria (*Daucus carota V. Nantesa*), en un rango de temperatura de 40 a 90°C, determinó que se ajusta a una cinética de primer orden.

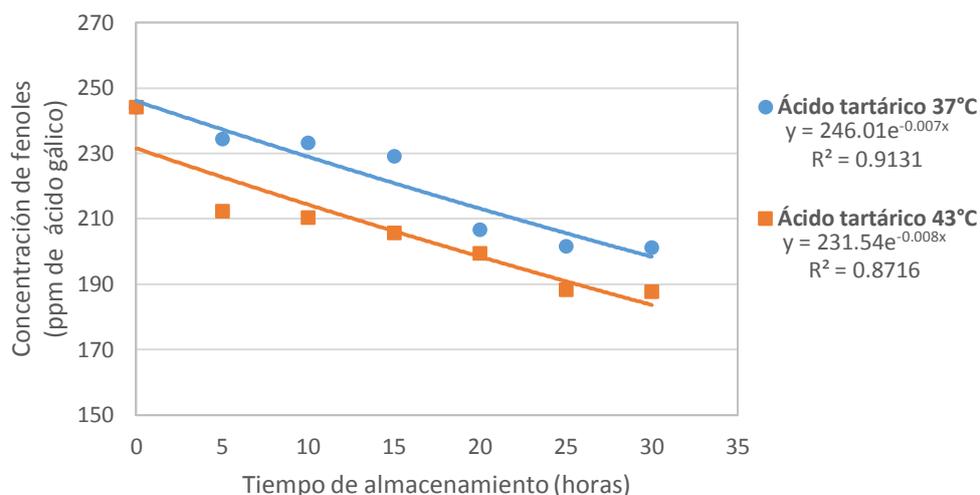


Figura 18. Concentración de fenoles totales (ppm de ácido gálico) versus el tiempo de almacenamiento a 37 y 43°C- Ácido tartárico. Elaboración propia (2018).

En la figura 18 se puede observar que la razón de cambio de la concentración de fenoles totales de la bebida en estudio respecto al tiempo y tipo de acidulante (ácido tartárico) es mayor a la temperatura de 43°C y menor a la temperatura de 37 °C.

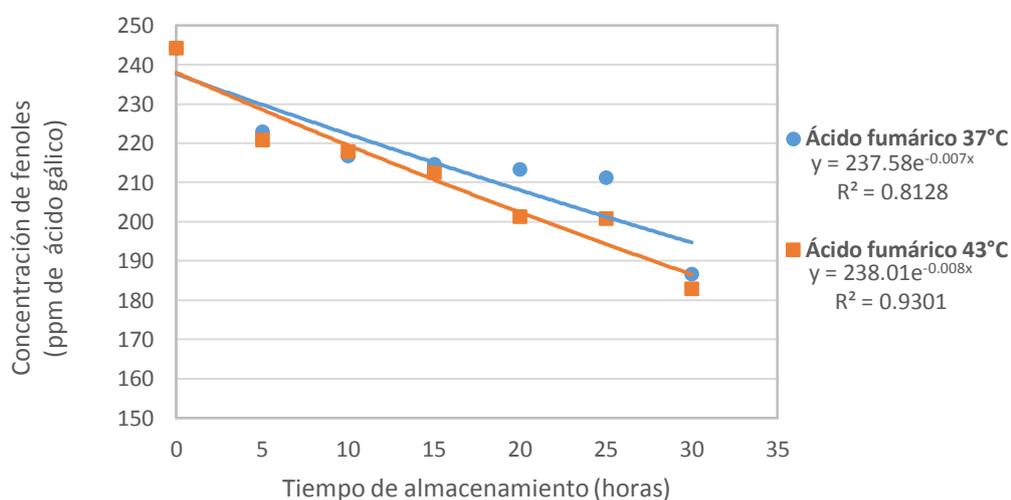


Figura 19. Concentración de fenoles totales (ppm de ácido gálico) versus el tiempo de almacenamiento a 37 y 43°C-Ácido fumárico. Elaboración propia (2018).

En la figura 19 se puede observar que la razón de cambio de la concentración de fenoles totales de la bebida en estudio respecto al tiempo y tipo de acidulante (ácido fumárico) es mayor a la temperatura de 43°C y menor a la temperatura de 37°C.

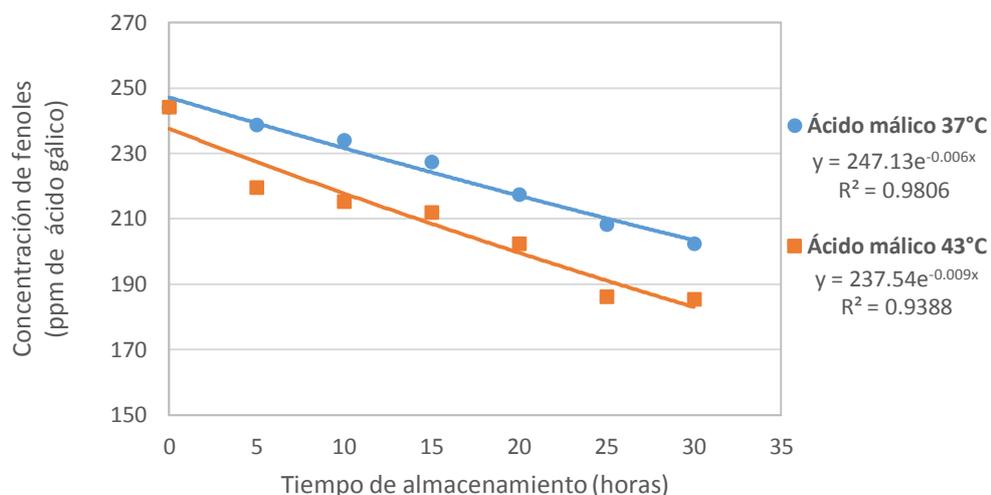


Figura 20. Concentración de fenoles totales (ppm de ácido gálico) versus el tiempo de almacenamiento a 37 y 43°C-Ácido málico. Elaboración propia (2018).

En la figura 20 se puede observar que la razón de cambio de la concentración de fenoles totales de la bebida en estudio respecto al tiempo y tipo de acidulante (ácido málico) es mayor a la temperatura de 43°C y menor a la temperatura de 37°C.

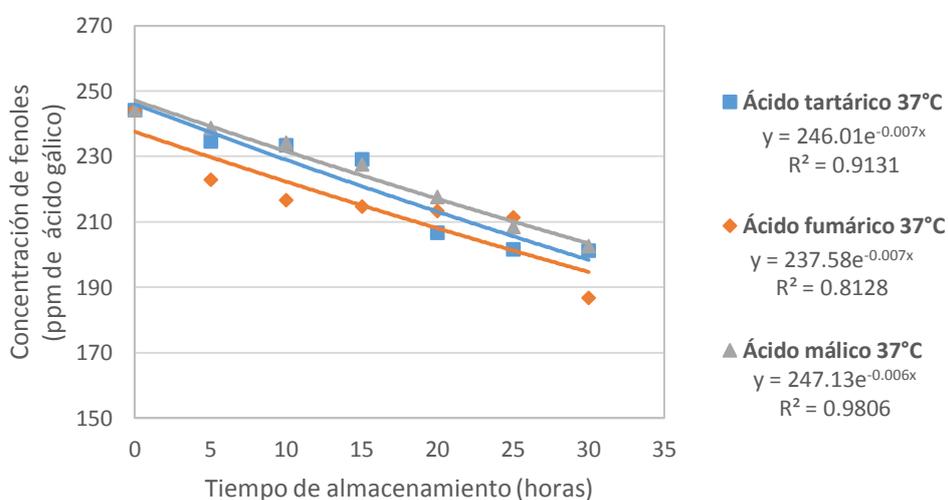


Figura 21. Concentración de fenoles totales (ppm de ácido gálico) versus el tiempo de almacenamiento de 37°C-Ácido tartárico, Ácido fumárico y Ácido málico. Elaboración propia (2018).

En la figura 21 se puede observar que la razón de cambio de la concentración de fenoles totales de la bebida en estudio, durante el tiempo de almacenamiento a 37°C,

es menor con la presencia de ácido málico, en comparación con la presencia de fumárico y tartárico.

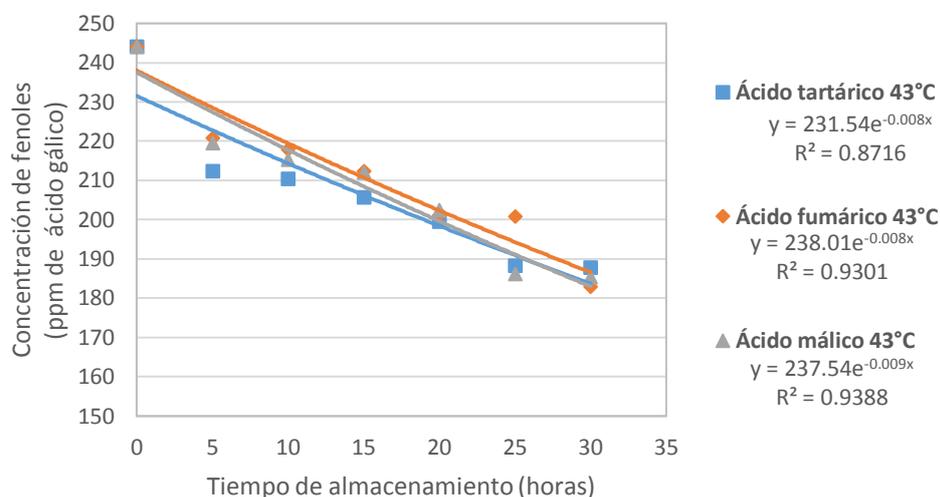


Figura 22. Concentración de fenoles totales (ppm de ácido gálico) versus el tiempo de almacenamiento de 43°C-Ácido tartárico, Ácido fumárico y Ácido málico. Elaboración propia (2018).

En la figura 22 se puede observar que la razón de cambio de la concentración de fenoles totales de la bebida en estudio, durante el tiempo de almacenamiento a 43 °C, es menor con la presencia de ácido fumárico, en comparación con la presencia de málico y tartárico.

3.7.1. Determinación del tiempo de vida media de fenoles totales

En las tablas 26 y 27 se muestran los resultados de la determinación del tiempo de vida media mediante el modelo Q_{10} .

Tabla 26

Tiempo de vida media de fenoles totales por cada tipo de acidulante a temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C

Tipo de ácido	Temperatura de almacenamiento		Factor Q_{10}
	37°C $t_{1/2}$ (h)	43°C $t_{1/2}$ (h)	
Ácido tartárico	97	90	1,13
Ácido fumárico	105	85	1,40
Ácido málico	100	80	1,45

Nota. Elaboración propia (2018).

$t_{1/2}$ (h): tiempo de vida media (horas).

Se utilizó la ecuación cinética de orden 1 (Ec.7) con el objetivo de obtener las constantes de velocidad de los compuestos fenólicos a las temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C para los tres tipos de acidulante (tartárico, fumárico, málico) que fueron necesarias para la determinación del tiempo de vida media, como se muestra en la tabla 26.

Tabla 27

Tiempo de vida media de fenoles totales por cada tipo de acidulante a temperaturas de almacenamiento de 4, 10 y 26°C

Tipo de ácido	Temperatura de almacenamiento		
	4°C $t_{1/2}$ (h)	10 °C $t_{1/2}$ (h)	26°C $t_{1/2}$ (h)
Ácido tartárico	145	134	111
Ácido fumárico	317	259	151
Ácido málico	336	269	149

Nota. Elaboración propia (2018).

$t_{1/2}$ (h): tiempo de vida media (horas).

Con los tiempos de vida media obtenidos en la tabla 26 a las temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C y mediante el modelo Q_{10} (Ec.13) determinamos los tiempos de vida media de los compuestos fenólicos a las temperaturas de 4, 10 y 26°C para los tres tipos de acidulantes, como se muestra en la tabla 27.

Según los resultados mostrados en la tabla 26 y 27, el tiempo de vida media para los compuestos fenólicos de la bebida en estudio es menor a medida que aumenta la temperatura.

Por otra parte se puede observar que con la presencia de ácido tartárico en la bebida se obtiene mayor tiempo de vida media a temperatura de almacenamiento de 43°C y menor valor de vida media a temperaturas de almacenamiento de 4, 10 y 26 y 37°C en comparación a los valores de vida media obtenidos con la presencia de ácido málico y fumárico en la bebida a las mismas temperaturas de almacenamiento. Así mismo se

observa que con la presencia de ácido málico en la bebida, los fenoles totales son más sensibles a la temperatura en comparación con los otros ácidos, ya que se presenta un mayor factor Q_{10} .

Según los resultados obtenidos, se puede afirmar que el ácido málico conserva mejor o brinda mayor tiempo de vida media a los compuestos fenólicos presentes en la bebida a temperaturas bajas de almacenamiento (menor a 26°C). A medida que baja la temperatura, la ventaja que presenta el ácido málico en la conservación de los compuestos fenólicos es pequeña en comparación con los otros acidulantes (tartárico y málico), pero es estadísticamente significativa.

Otros autores también determinaron que a temperaturas bajas de almacenamiento, los compuestos fenólicos presentan mayor tiempo de vida media, por ejemplo, Torres y Vidaurre (2015) determinaron tiempos de vida media ($t_{1/2}$) de 3579, 3539, 3499, 982 y 604 h para fenoles totales en una bebida funcional a base arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.), a temperaturas de almacenamiento de 4, 10, 26, 37 y 43°C respectivamente; sin embargo, los tiempos de vida media obtenidos por estos autores son superiores, en comparación a los tiempos de vida media obtenidos para los compuestos fenólicos de la bebida en estudio. Los diferentes valores de tiempo de vida media obtenidos para los compuestos fenólicos está directamente relacionado con su estabilidad, la cual es afectada por varios factores, tales como, las materias primas, la temperatura de almacenamiento (degradación más rápida a temperaturas altas) y el tipo de compuestos fenólicos (Srivastava *et al.*, 2007; Markakis, 1982).

3.8. Evaluación sensorial de la bebida en estudio durante su almacenamiento controlado

En las tablas 28, 29, 30 y 31 se muestran los resultados de la evaluación sensorial del color, sabor, apariencia y olor de la bebida respectivamente. Los jueces evaluaron muestras de bebida con diferentes tipos de acidulantes en comparación con una muestra patrón (bebida en estudio sin acidulantes y conservantes químicos), mediante una escala lineal de 10 puntos, donde un valor mínimo igual a 1, indicó que el atributo analizado en la muestra es “extremadamente diferente a la muestra patrón” y un valor máximo de 10, indicó que el atributo analizado es “nada diferente a la muestra patrón”, así mismo el juez indicó si acepta o no acepta la muestra presentada, teniendo como referencia el color, sabor, apariencia y olor de la muestra patrón respectivamente.

3.8.1. Evaluación del color de la bebida en estudio

Tabla 28

Puntaje promedio de la evaluación sensorial del color de la bebida en estudio por cada tipo de acidulante y temperatura de almacenamiento

Tiempo (h)	Tipo acidulante y temperatura de almacenamiento					
	Ácido tartárico		Ácido fumárico		Ácido málico	
	37°C	43°C	37°C	43°C	37°C	43°C
0	5,50	5,50	5,63	5,63	5,75	5,75
5	5,50	6,00	6,50	6,88	6,50	7,00
10	5,25	5,75	6,00	6,00	6,00	6,25
15	6,13	6,50	6,50	6,75	6,75	7,13
20	6,13	6,25	6,63	7,00	7,00	7,00
25	6,63	6,75	6,88	7,00	6,75	7,13
30	6,75	6,50	6,88	7,00	7,13	7,63

Nota. Los resultados de la evaluación sensorial de cada juez sobre el color de la bebida durante su almacenamiento controlado y el análisis de varianza se detallan en el Anexo IX. Elaboración propia (2018).

Se analizó los resultados de la evaluación sensorial del color de la bebida en estudio mediante un análisis de varianza multifactorial. Se concluyó que no existen diferencias significativas ($P > 0,05$) entre las unidades de muestreo almacenadas a diferentes temperaturas (37 y 43°C), con un 95% de nivel de confianza. Asimismo, que el tipo de acidulante (tartárico, málico y fumárico) y el tiempo de almacenamiento tienen un efecto estadísticamente significativo ($P < 0,05$) en el atributo “color”, con un 95% de nivel de confianza.

Se realizó pruebas de múltiple rango para el color de la bebida en estudio, mediante el método de Tukey para determinar la diferencia entre tratamientos por cada tipo de acidulante (tartárico, fumárico y málico). Se concluyó que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con ácido málico y ácido tartárico, con 95% de nivel de confianza.

El color característico de la bebida en estudio es proporcionado por los compuestos fenólicos (especialmente los pigmentos antocianicos) presentes en las materias primas (maíz morado y plantas medicinales) utilizadas para su producción, pues no se cuenta con el uso de colorantes químicos, por lo que la degradación de compuestos fenólicos y antocianinas por efecto de la temperatura implicaría cambios en el color de la bebida. Según lo señalado por Horbowicz, Kosson, Grzesiuk y Debski (2008) cuando la temperatura se incrementa induce una destrucción lenta de los pigmentos, es posible que las antocianinas pierdan el color o transformarse en compuestos de color café.

Según los resultados presentados en la tabla 20 y 24, respecto a la degradación de antocianinas y fenoles totales de la bebida en estudio durante su almacenamiento, se confirmó experimentalmente y mediante estudios realizados por otros autores que la temperatura es un factor que influye en la degradación de estos compuestos bioactivos;

sin embargo el efecto estadísticamente significativo ($P < 0,05$) que tiene la temperatura en concentración de fenoles totales y antocianinas, no es percibido sensorialmente a través del color.

Por otra parte, anteriormente se determinó que el tipo de acidulante (tartárico, fumárico y málico) influye significativamente en la degradación de los compuestos fenólicos, de la misma forma, según los resultados presentados en la tabla 28, se determinó que el tipo de acidulante influye de manera significativa ($P < 0,05$) en el color de la bebida en estudio. De esta manera considerando la relación que existe entre los compuestos fenólicos, antocianinas y el color de la bebida en estudio, se puede indicar que el acidulante más apropiado para conservar este atributo sensorial (color), es el ácido málico, pues con la presencia de este acidulante las antocianinas presentan mayor tiempo de vida media a temperaturas bajas de almacenamiento (menores a la temperatura ambiente).

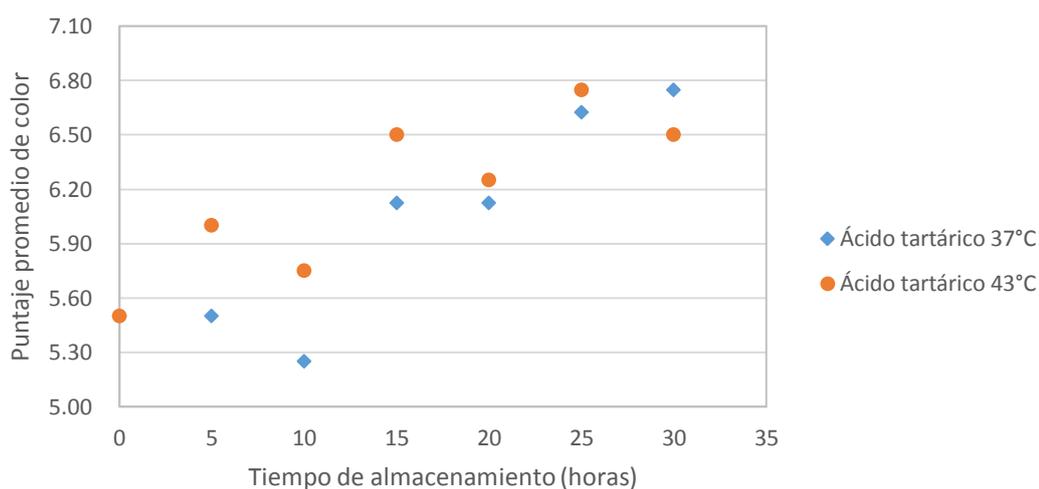


Figura 23. Representación gráfica de la evaluación sensorial del color en la bebida a temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C - Acido tartárico. Elaboración propia (2018).

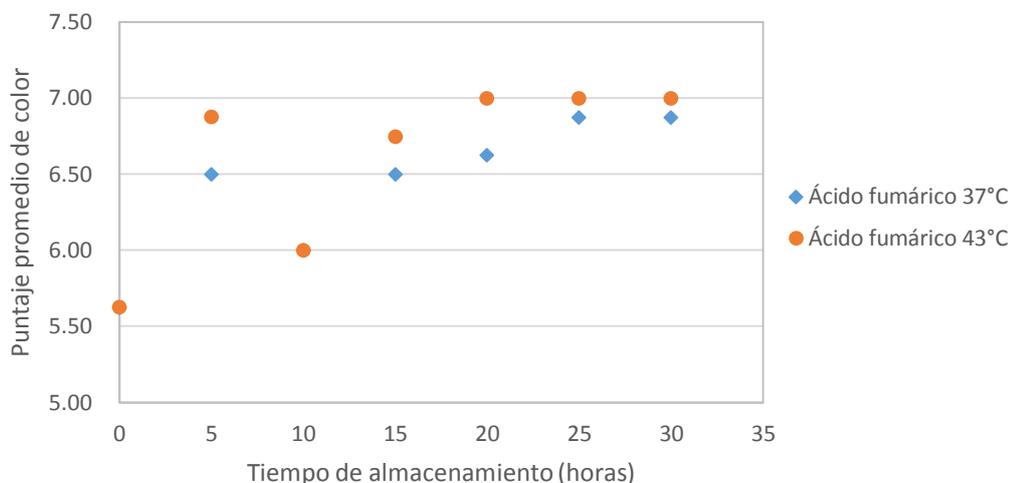


Figura 24. Representación gráfica de la evaluación sensorial del color en la bebida a temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C – Ácido fumárico. Elaboración propia (2018).

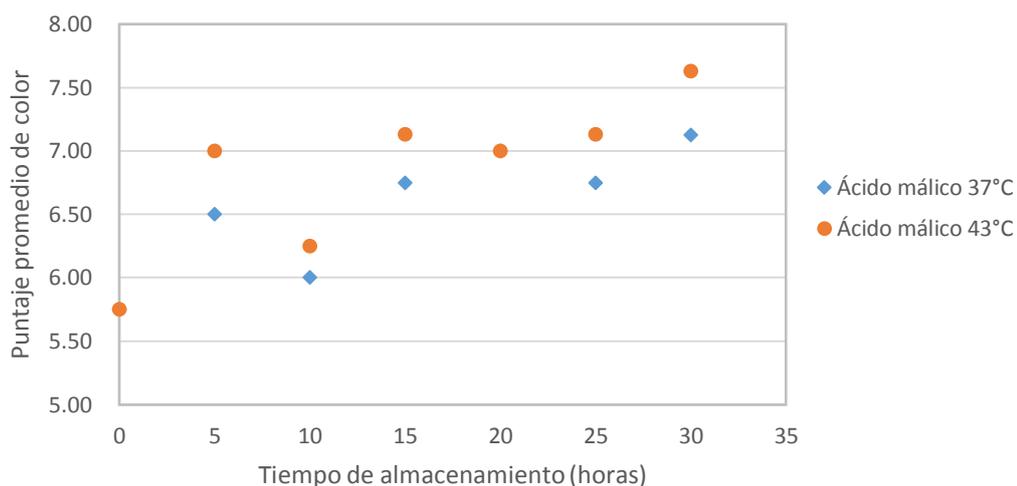


Figura 25. Representación gráfica de la evaluación sensorial del color en la bebida a temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C - Ácido málico. Elaboración propia (2018).

En las figuras 23, 24 y 25 se observa que los jueces calificaron el color de la muestra presentada con puntajes promedio más altos a medida que aumenta las horas de almacenamiento, indicando que la muestra presentada es más parecida a la muestra patrón respecto al atributo evaluado (color). Así mismo en los resultados mostrados en la tabla 28, se observa que las muestras de bebida que contenían ácido málico

obtuvieron puntajes promedio más altos respecto a las muestras con los otros acidulantes (fumárico y tartárico).

En los alimentos o soluciones acuosas ácidas predomina la forma más estable de las antocianinas (el catión flavilio, de color rojo intenso), mientras que al incrementar el pH se reduce la intensidad de color, dando lugar a un equilibrio entre la pseudobase carbinol o hemicetal y la forma chalcona, formas incoloras bastante inestables (Badui, 2006; Zapata, 2014; Hutchings, 1999; Fennema, 2000). Los puntajes promedio de los panelistas respecto a la evaluación sensorial del color de la bebida en estudio, pueden ser correlacionados con los cambios de color de antocianinas debido a su estructura química e influencia del pH, ya que con la adición de acidulantes a la bebida en estudio se obtuvo un pH final de 4,2, generando un cambio de color (color más intenso).

Considerando la influencia de pH en el color de las antocianinas, se puede afirmar que los panelistas percibieron mayor diferencia entre el color de la muestra patrón (bebida en estudio sin acidulantes, pH inicial: 6,2) y el color de las muestras de bebida en estudio con acidulantes (pH final:4,2) al inicio de su almacenamiento, por lo que calificaron con puntajes bajos, mientras que a mayor horas de almacenamiento se originó una pérdida de intensidad en el color de las muestras de bebida en estudio con acidulantes, ocasionando que el color de estas muestras sea más parecido al color característico de la muestra patrón, por lo que calificaron con puntajes altos.

Es importante indicar que el pH (4,2) de la bebida en estudio con la presencia de los acidulantes, se mantuvo constante durante el almacenamiento ensayado, por lo que las pérdidas de intensidad de color de las muestras de la bebida en estudio elaboradas con los diferentes tipos de acidulantes, se puede haber originado debido a reacciones de degradación de los compuestos fenólicos y antocianinas a través del tiempo de

almacenamiento; por ejemplo, Zapata (2014) menciona que las antocianinas poseen menor resistencia frente a altas temperaturas durante cortos tiempos, que a bajas temperaturas por largos periodos. Asimismo, Fernández (1995) señala que en el rango de pH de 2 a 4, la principal vía de degradación térmica de las antocianinas es la hidrólisis de la molécula de azúcar, seguido por la transformación de la antocianidina resultante a una calcona o alfa-dicetona (formas incoloras). La copigmentación (condensación de antocianinas consigo mismas u otros compuestos fenólicos) también puede acelerar o retardar la degradación de las antocianinas (Fennema, 2000).

Según los resultados mostrados en la tabla 29 y 30, el color de las muestras de bebida en estudio con los diferentes tipos de acidulantes presentan porcentajes altos de aceptación por los jueces durante las 30 horas de almacenamiento, por lo que se puede afirmar que el tipo de acidulante (tartárico, málico y fumárico) permite conservar el color de la bebida (mayor estabilidad de antocianinas y compuestos fenólicos) durante el almacenamiento ensayado, siendo mayor la conservación de este atributo sensorial con la presencia de ácido málico.

Tabla 29

Resultados de aceptabilidad del color de la bebida en estudio por cada tipo de acidulante a temperatura de almacenamiento de 37°C

Tiempo (h)	Porcentaje de aceptabilidad					
	Ácido tartárico		Ácido fumárico		Ácido málico	
	Acepto (%)	No acepto (%)	Acepto (%)	No acepto (%)	Acepto (%)	No acepto (%)
0	75,0	25,0	75,0	25,0	75,0	25,0
5	87,5	12,5	100,0	0,0	100,0	0,0
10	75,0	25,0	75,0	25,0	75,0	25,0
15	87,5	12,5	87,5	12,5	87,5	12,5
20	87,5	12,5	100,0	0,0	100,0	0,0
25	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
30	87,5	12,5	87,5	12,5	100,0	0,0
% Promedio	85,7	14,3	89,3	10,7	91,1	8,9

Nota. Elaboración propia (2018).

Según los resultados mostrados en la tabla 29, el color de la bebida en estudio es aceptable por los panelistas durante las 30 horas de almacenamiento a 37°C, siendo mayor la aceptabilidad con la presencia de ácido málico en la bebida (91,1% de aceptabilidad promedio) en comparación con los promedios de aceptabilidad de los otros acidulantes (tartárico y fumárico).

Tabla 30

Resultados de aceptabilidad del color de la bebida en estudio por cada tipo de acidulante a temperatura de almacenamiento de 43°C

Tiempo (h)	Porcentaje de aceptabilidad					
	Ácido tartárico		Ácido fumárico		Ácido málico	
	Acepto (%)	No acepto (%)	Acepto (%)	No acepto (%)	Acepto (%)	No acepto (%)
0	75,0	25,0	75,0	25,0	75,0	25,0
5	87,5	12,5	87,5	12,5	100,0	0,0
10	75,0	25,0	75,0	25,0	75,0	25,0
15	87,5	12,5	87,5	12,5	87,5	12,5
20	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
25	87,5	12,5	100,0	0,0	100,0	0,0
30	87,5	12,5	100,0	0,0	100,0	0,0
% Promedio	85,7	14,3	89,3	10,7	91,1	8,9

Nota. Elaboración propia (2018).

Según los resultados mostrados en la tabla 30, el color de la bebida en estudio es aceptable por los panelistas durante las 30 horas de almacenamiento a 43°C, siendo mayor la aceptabilidad con la presencia de ácido málico en la bebida (91,1 % de aceptabilidad promedio) en comparación con los promedios de aceptabilidad de los otros acidulantes (tartárico y fumárico).

3.8.2. Evaluación del sabor de la bebida en estudio

Tabla 31

Puntaje promedio de la evaluación sensorial del sabor de la bebida en estudio por cada tipo de acidulante y temperatura de almacenamiento

Tiempo (h)	Tipo acidulante y temperatura de almacenamiento					
	Ácido tartárico		Ácido fumárico		Ácido málico	
	37°C	43°C	37°C	43°C	37°C	43°C
0	2,88	2,88	2,50	2,50	2,63	2,63
5	2,50	2,25	3,00	3,63	3,75	3,25
10	3,88	3,13	3,75	3,75	3,88	4,00
15	3,00	3,13	4,63	4,38	4,00	4,25
20	3,63	3,63	4,50	4,50	4,63	4,13
25	3,88	3,25	4,38	4,25	4,50	4,88
30	4,50	5,75	5,13	4,75	4,88	4,88

Nota. Los resultados de la evaluación sensorial de cada juez sobre el sabor de la bebida durante su almacenamiento controlado y el análisis de varianza se detallan en el Anexo X.Elaboración propia (2018).

Se analizó los resultados de la evaluación sensorial de sabor de la bebida en estudio mediante un análisis de varianza multifactorial. Se concluyó que existen diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las unidades de muestreo almacenadas a diferentes tiempos, con un 95% de nivel de confianza. Asimismo que el tipo de acidulante (tartárico, málico y fumárico) y las temperaturas de almacenamiento (37 y 43°C) no tienen un efecto estadísticamente significativo ($P > 0,05$) en el atributo “sabor”, con un 95% de nivel de confianza.

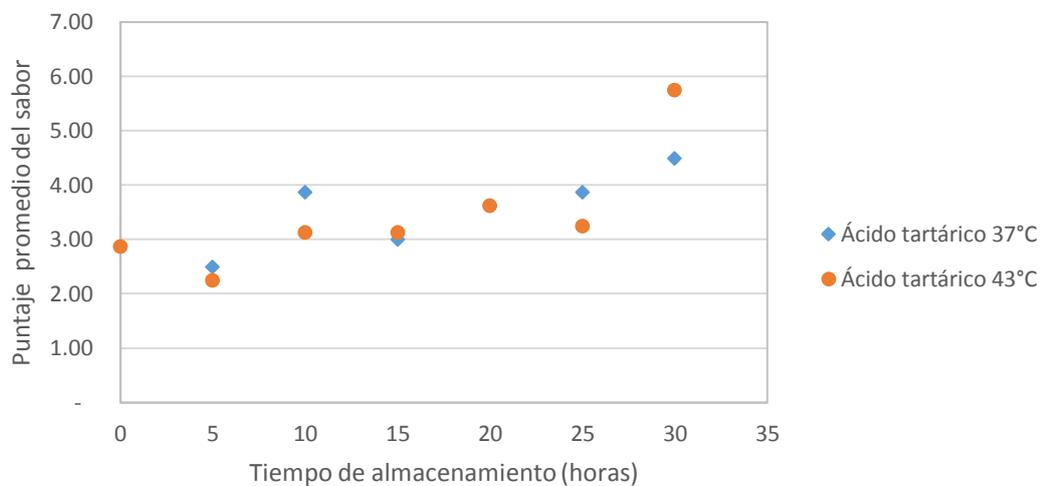


Figura 26. Representación gráfica de la evaluación sensorial del sabor en la bebida a temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C - Acido tartárico. Elaboración propia (2018).

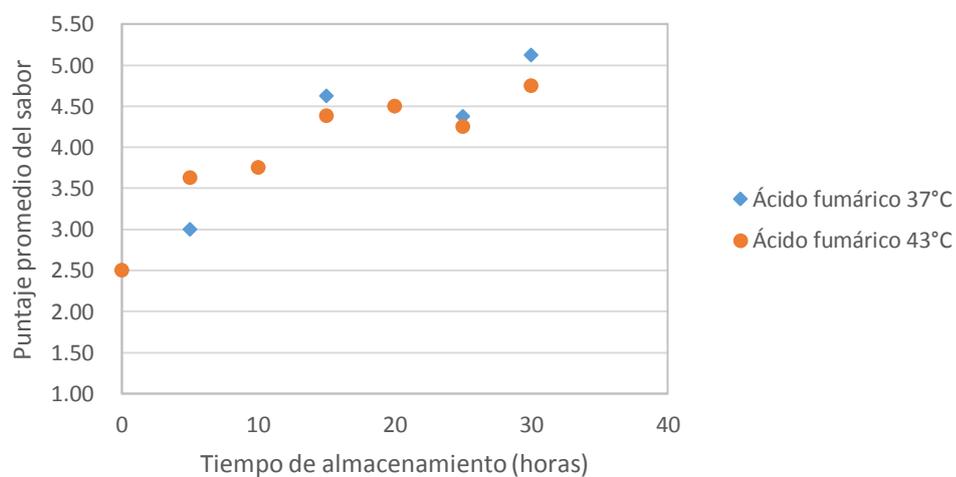


Figura 27. Representación gráfica de la evaluación sensorial del sabor en la bebida a temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C - Acido fumárico. Elaboración propia (2018).

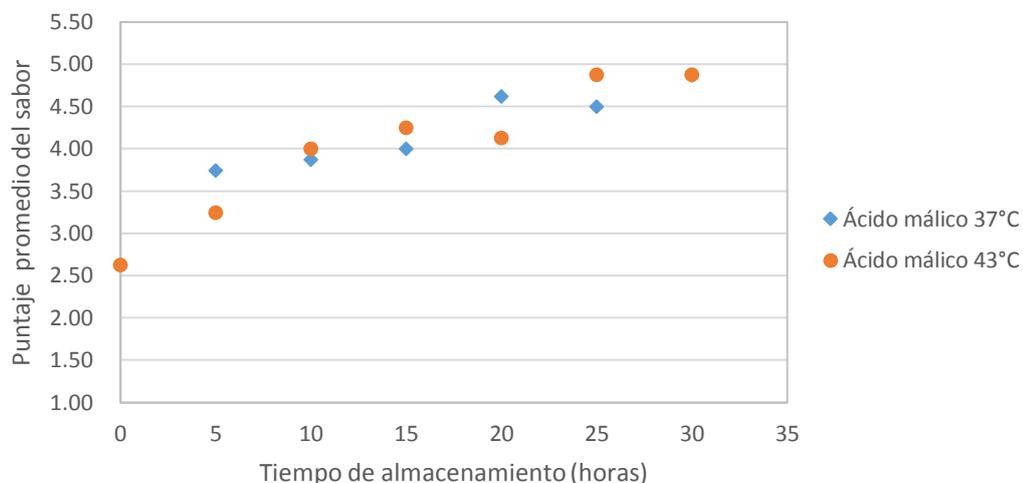


Figura 28. Representación gráfica de la evaluación sensorial del sabor en la bebida a temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C - Acido málico. Elaboración propia (2018).

Tabla 32

Resultados de aceptabilidad del sabor de la bebida en estudio por cada tipo de acidulante a temperatura de almacenamiento de 37°C

Tiempo (h)	Porcentaje de aceptabilidad					
	Ácido tartárico		Ácido fumárico		Ácido málico	
	Acepto (%)	No acepto (%)	Acepto (%)	No acepto (%)	Acepto (%)	No acepto (%)
0	37,5	62,5	37,5	62,5	37,5	62,5
5	25,0	75,0	25,0	75,0	62,5	37,5
10	37,5	62,5	50,0	50,0	62,5	37,5
15	50,0	50,0	50,0	50,0	37,5	62,5
20	50,0	50,0	62,5	37,5	62,5	37,5
25	50,0	50,0	37,5	62,5	62,5	37,5
30	50,0	50,0	75,0	25,0	62,5	37,5
% Promedio	42,9	57,1	48,2	51,8	55,4	44,6

Nota. Elaboración propia (2018).

Según los resultados mostrados en la tabla 32, el sabor de la bebida en estudio es aceptable por los panelistas durante las 30 horas de almacenamiento a 37°C, siendo mayor la aceptabilidad con la presencia de ácido málico en la bebida (55,4 % de aceptabilidad promedio) en comparación con los promedios de aceptabilidad de los otros acidulantes (tartárico y fumárico).

Tabla 33

Resultados de aceptabilidad del sabor de la bebida en estudio por cada tipo de acidulante a temperatura de almacenamiento de 43°C

Tiempo(h)	Porcentaje de aceptabilidad					
	Ácido tartárico		Ácido fumárico		Ácido málico	
	Acepto (%)	No acepto (%)	Acepto (%)	No acepto (%)	Acepto (%)	No acepto (%)
0	37,50	62,50	37,50	62,50	37,50	62,50
5	25,00	75,00	50,00	50,00	37,50	62,50
10	25,00	75,00	50,00	50,00	62,50	37,50
15	37,50	62,50	50,00	50,00	50,00	50,00
20	50,00	50,00	62,50	37,50	50,00	50,00
25	37,50	62,50	37,50	62,50	62,50	37,50
30	87,50	12,50	62,50	37,50	75,00	25,00
% Promedio	42,90	57,10	50,00	50,00	53,60	46,40

Nota. Elaboración propia (2018).

Según los resultados mostrados en la tabla 33 el sabor de la bebida en estudio es aceptable por los panelistas durante las 30 horas de almacenamiento a 43°C, siendo mayor la aceptabilidad con la presencia de ácido málico en la bebida (53,6 % de aceptabilidad promedio) en comparación con los promedios de aceptabilidad de los otros acidulantes (tartárico y fumárico).

3.8.3. Evaluación de la apariencia para la bebida en estudio

Tabla 34

Puntaje promedio de la evaluación sensorial de la apariencia para la bebida en estudio por cada tipo de acidulante y temperatura de almacenamiento

Tiempo (h)	Tipo acidulante y temperatura de almacenamiento					
	Ácido tartárico		Ácido fumárico		Ácido málico	
	37°C	43°C	37°C	43°C	37°C	43°C
0	6,75	6,75	5,88	5,88	6,63	6,63
5	7,63	7,88	7,38	7,38	7,50	8,13
10	7,75	8,00	7,38	7,75	7,25	7,38
15	7,88	8,00	7,38	7,25	7,25	7,88
20	7,75	7,38	7,50	6,50	7,63	6,88
25	7,50	7,88	7,63	7,25	6,88	7,63
30	7,63	7,13	8,00	8,13	7,38	7,38

Nota. Los resultados de la evaluación sensorial de cada juez respecto a la apariencia de la bebida durante su almacenamiento controlado y el análisis de varianza se detallan en el Anexo XI.

Elaboración propia (2018).

Se analizó los resultados de la evaluación sensorial de apariencia de la bebida en estudio mediante un análisis de varianza multifactorial. Se concluyó que existen diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las unidades de muestreo almacenadas a diferentes tiempos, con un 95% de nivel de confianza. Asimismo, que el tipo de acidulante (tartárico, málico y fumárico) y las temperaturas de almacenamiento (37 y 43°C) no tienen un efecto estadísticamente significativo ($P > 0,05$) en el atributo “apariencia”, con un 95% de nivel de confianza.

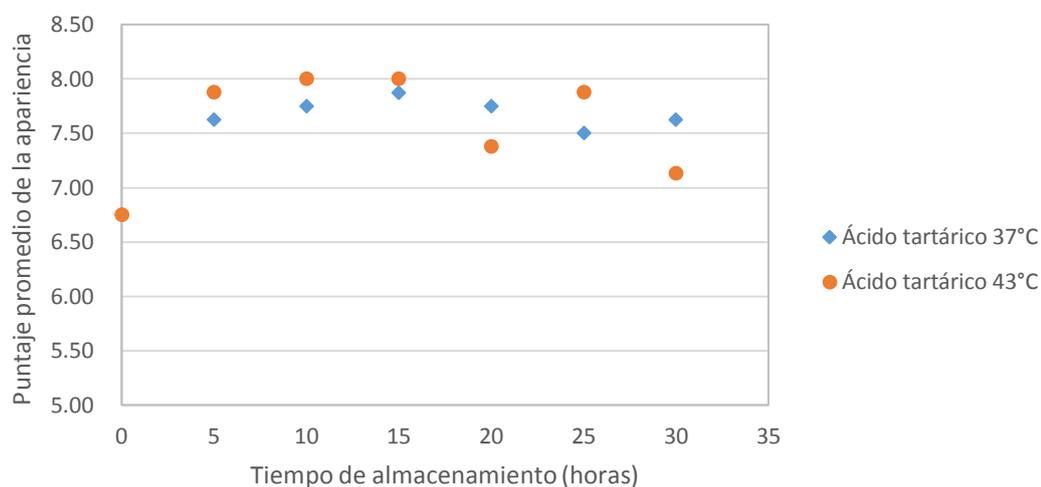


Figura 29. Representación gráfica de la evaluación sensorial de apariencia de la bebida en estudio temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C - Acido tartárico. Elaboración propia (2018).

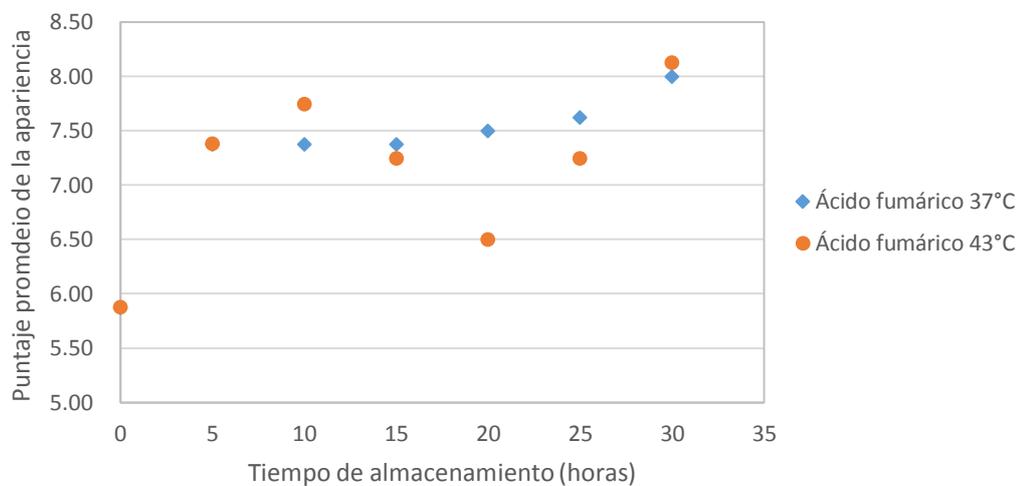


Figura 30. Representación gráfica de la evaluación sensorial de apariencia de la bebida en estudio temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C - Acido fumárico. Elaboración propia (2018).

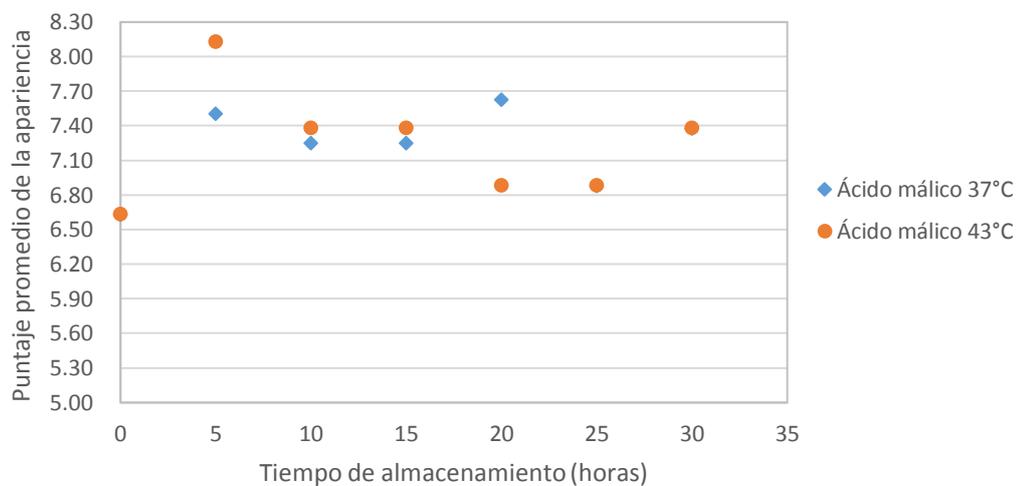


Figura 31. Representación gráfica de la evaluación sensorial de apariencia de la bebida en estudio temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C – Acido málico. Elaboración propia (2018).

Tabla 35

Resultados de aceptabilidad de la apariencia para la bebida en estudio por cada tipo de acidulante a temperatura de almacenamiento de 37°C

Tiempo(h)	Porcentaje de aceptabilidad					
	Ácido tartárico		Ácido fumárico		Ácido málico	
	Acepto (%)	No acepto (%)	Acepto (%)	No acepto (%)	Acepto (%)	No acepto (%)
0	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00
5	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00
10	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00
15	100,00	0,00	87,50	12,50	100,00	0,00
20	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00
25	100,00	0,00	100,00	0,00	87,05	12,50
30	100,00	0,00	100,00	0,00	87,05	12,50
% Promedio	100,00	0,00	98,20	1,80	96,04	3,60

Nota. Elaboración propia (2018).

Según los resultados mostrados en la tabla 35, la apariencia de la bebida en estudio es aceptable por los panelistas durante las 30 horas de almacenamiento a 37°C, siendo mayor la aceptabilidad con la presencia de ácido tartárico (100% de aceptabilidad promedio) en comparación con los promedios de aceptabilidad de los otros acidulantes (málico y fumárico).

Tabla 36

Resultados de aceptabilidad de la apariencia para la bebida en estudio por cada tipo de acidulante a temperatura de almacenamiento de 43°C

Tiempo(h)	Porcentaje de aceptabilidad					
	Ácido tartárico		Ácido fumárico		Ácido málico	
	Acepto (%)	No acepto (%)	Acepto (%)	No acepto (%)	Acepto (%)	No acepto (%)
0	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00
5	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00
10	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00
15	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00
20	100,00	0,00	87,50	12,50	87,50	12,50
25	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00
30	87,50	12,50	100,00	0,00	87,50	12,50
% Promedio	98,20	1,80	98,20	1,80	96,40	3,60

Nota. Elaboración propia (2018).

Según los resultados mostrados en la tabla 36, la apariencia de la bebida en estudio es aceptable por los panelistas durante las 30 horas de almacenamiento a 43°C, siendo mayor la aceptabilidad con la presencia de tartárico y fumárico en la bebida (98,2 % de aceptabilidad promedio para ambos tratamientos) en comparación con el promedio de aceptabilidad del ácido málico.

3.8.4. Evaluación del olor de la bebida en estudio

Tabla 37

Puntaje promedio de la evaluación sensorial del olor de la bebida en estudio por cada tipo de acidulante y temperatura de almacenamiento

Tiempo (h)	Tipo acidulante y temperatura de almacenamiento					
	Ácido tartárico		Ácido fumárico		Ácido málico	
	37°C	43°C	37°C	43°C	37°C	43°C
0	6,50	6,50	6,88	6,88	6,88	6,88
5	6,63	6,50	6,63	7,38	7,50	6,63
10	6,88	7,00	7,25	7,25	7,50	7,25
15	7,00	6,88	7,25	7,38	8,00	8,00
20	6,50	6,50	6,75	7,00	7,25	7,00
25	7,00	7,00	6,88	7,38	8,00	7,63
30	7,63	7,38	7,50	7,75	7,75	7,50

Nota. Los resultados de la evaluación sensorial de cada juez sobre el olor de la bebida durante su almacenamiento controlado y el análisis de varianza detallan en el Anexo XII. Elaboración propia (2018).

Se analizó los resultados de la evaluación sensorial de olor de la bebida en estudio mediante un análisis de varianza multifactorial. Se concluyó que no existen diferencias significativas ($P > 0,05$) entre las unidades de muestreo almacenadas a diferentes temperaturas (37 y 43°C), con un 95% de nivel de confianza. Asimismo, que el tipo de acidulante (tartárico, málico y fumárico) y el tiempo de almacenamiento tienen un efecto estadísticamente significativo ($P < 0,05$) en el atributo “olor”, con un 95% de nivel de confianza.

Se realizó pruebas de múltiple rango para el olor en la bebida en estudio, mediante el método de Tukey para determinar la diferencia entre tratamientos por cada tipo de acidulante (tartárico, fumárico y málico). Se concluyó que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con ácido málico y ácido tartárico, con 95% de nivel de confianza.

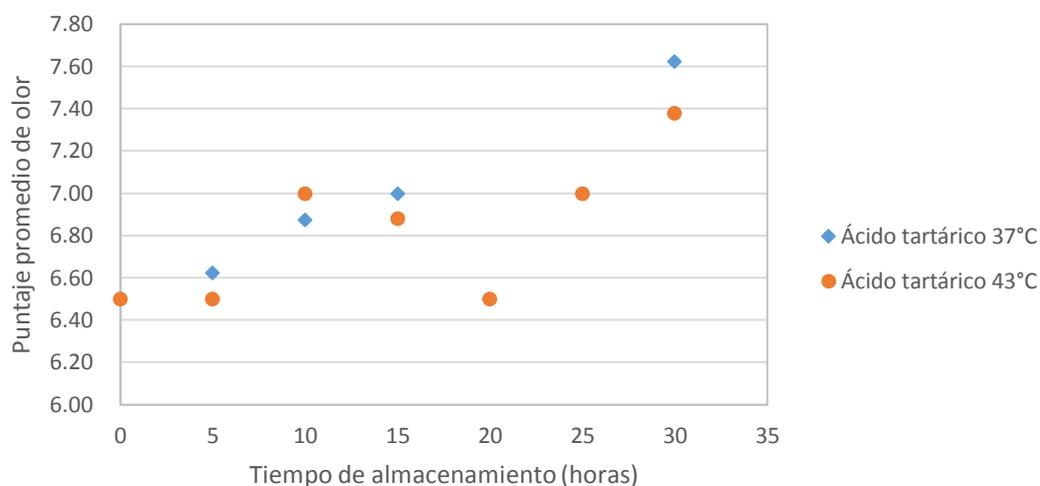


Figura 32. Representación gráfica de la evaluación sensorial del olor en la bebida a temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C – Ácido tartárico. Elaboración propia (2018).

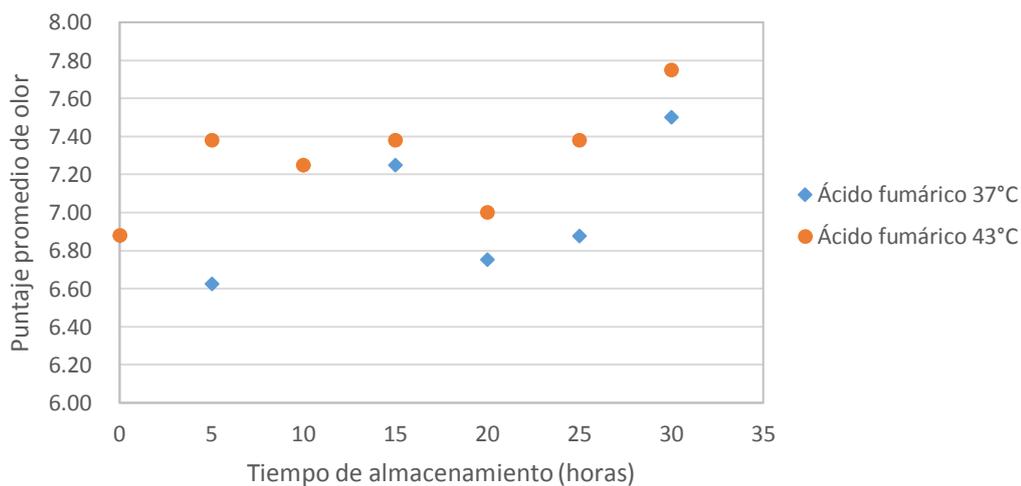


Figura 33. Representación gráfica de la evaluación sensorial del olor en la bebida a temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C – Ácido fumárico. Elaboración propia (2018).

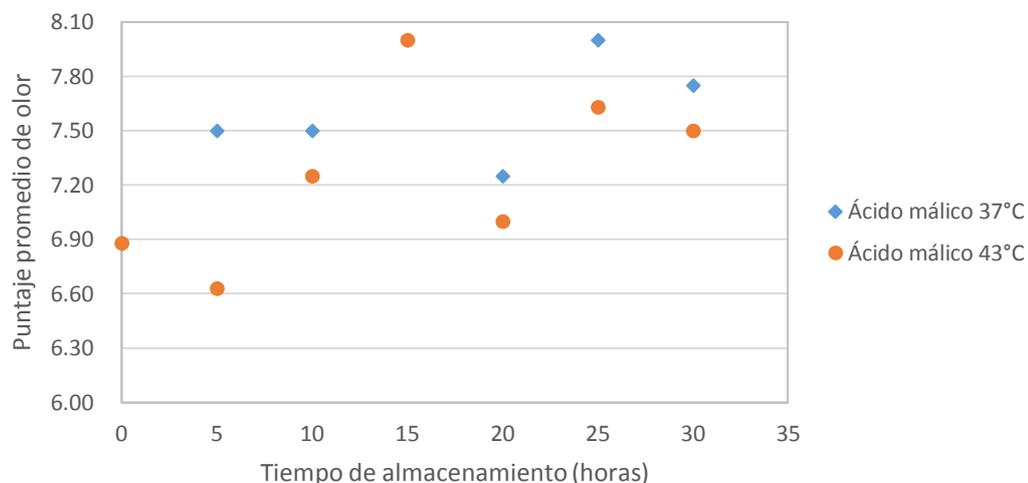


Figura 34. Representación gráfica de la evaluación sensorial del olor en la bebida a temperaturas de almacenamiento de 37 y 43°C – Ácido málico. Elaboración propia (2018).

Tabla 38

Resultados de aceptabilidad de olor para la bebida en estudio por cada tipo de acidulante a temperatura de almacenamiento de 37°C

Tiempo (h)	Porcentaje de aceptabilidad					
	Ácido tartárico		Ácido fumárico		Ácido málico	
	Acepto (%)	No acepto (%)	Acepto (%)	No acepto (%)	Acepto (%)	No acepto (%)
0	75,00	25,00	87,50	12,50	87,50	12,50
5	75,00	25,00	87,50	12,50	87,50	12,50
10	87,50	12,50	87,50	12,50	87,50	12,50
15	87,50	12,50	87,50	12,50	87,50	12,50
20	87,50	12,50	87,50	12,50	87,50	12,50
25	87,50	12,50	87,50	12,50	87,50	12,50
30	87,50	12,50	87,50	12,50	87,50	12,50
% Promedio	83,93	16,07	87,50	12,50	87,50	12,50

Nota. Elaboración propia (2018).

Según los resultados mostrados en la tabla 38, el olor de la bebida en estudio es aceptable por los panelistas durante las 30 horas de almacenamiento a 37°C, siendo mayor la aceptabilidad con la presencia de ácido fumárico y ácido málico en la bebida (87.50 % de aceptabilidad promedio) en comparación con el promedio de aceptabilidad del ácido tartárico.

Tabla 39

Resultados de aceptabilidad del olor para la bebida en estudio utilizando los tres tipos de acidulantes a temperatura de almacenamiento de 43°C

Tiempo (h)	Porcentaje de aceptabilidad					
	Ácido tartárico		Ácido fumárico		Ácido málico	
	Acepto (%)	No acepto (%)	Acepto (%)	No acepto (%)	Acepto (%)	No acepto (%)
0	75,00	25,00	87,50	12,50	87,50	12,50
5	87,50	12,50	100,00	0,00	75,00	25,00
10	87,50	12,50	87,50	12,50	87,50	12,50
15	87,50	12,50	87,50	12,50	87,50	12,50
20	87,50	12,50	87,50	12,50	87,05	12,50
25	87,50	12,50	87,50	12,50	87,50	12,50
30	87,50	12,50	100,00	0,00	87,50	12,50
% Promedio	85,71	14,29	91,07	8,93	85,71	14,29

Nota. Elaboración propia (2018).

Según los resultados mostrados en la tabla 39, el olor de la bebida en estudio es aceptable por los panelistas hasta las 30 horas de almacenamiento a 43°C, siendo mayor la aceptabilidad con la presencia de ácido fumárico en la bebida (91,07 % de aceptabilidad promedio) en comparación con los promedios de aceptabilidad de los otros acidulantes (tartárico y málico).

De manera general, según los resultados de la evaluación sensorial y determinación de fenoles totales y antocianinas durante el almacenamiento ensayado de la bebida en estudio, el ácido málico permitió obtener mayor tiempo de vida media para la concentración de antocianinas y fenoles totales a temperaturas bajas de almacenamiento (menor o igual a 26°C) en comparación con los otros acidulantes (tartárico y fumárico). No se hallaron diferencias significativas mediante la evaluación sensorial del sabor y apariencia entre los tratamientos con los tres tipos de acidulantes. Sin embargo, se hallaron diferencias significativas mediante la evaluación del color y olor, entre los tratamientos con ácido málico y tartárico. Asimismo, la presencia de

ácido málico en la bebida permitió obtener mayor porcentaje promedio de aceptabilidad (teniendo en cuenta una muestra patrón de la bebida) por los panelistas durante las 30 horas de almacenamiento ensayadas, en comparación con los tratamientos con ácido fumárico y tartárico. De esta manera se puede afirmar que el ácido málico permite conservar mejor las características sensoriales y compuestos bioactivos (fenoles totales y antocianinas) de la bebida en estudio.

Por otra parte según los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis planteada, la cual afirma que la temperatura de almacenamiento (37 y 43°C) y el tipo de acidulante (tartárico, fumárico y málico) tienen un efecto significativo en la conservación de la bebida en estudio. Asimismo, se acepta la hipótesis, la cual afirma que el ácido málico tiene un mejor efecto conservador (de los compuestos fenólicos totales, antocianinas y propiedades sensoriales de la bebida en estudio) respecto al ácido tartárico y fumárico. Del mismo modo, se acepta la hipótesis, la cual afirma que los fenoles totales y antocianinas de la bebida en estudio, se degradan (durante el almacenamiento) siguiendo una cinética de primer orden. Por lo tanto, se rechazan las otras hipótesis planteadas.

IV. CONCLUSIONES

Se determinó que la temperatura de almacenamiento y el tipo de acidulante (tartárico, fumárico y málico) tienen un efecto significativo en la conservación de la bebida a base del extracto acuoso de maíz morado (*Zea mays L.*) y plantas medicinales. El incremento de la temperatura acelera la degradación de los compuestos fenólicos y antocianinas presentes en la bebida y también genera un cambio en la propiedad sensorial de color. El ácido tartárico tiene un mejor efecto conservador (de los compuestos fenólicos totales, antocianinas y propiedades sensoriales de la bebida en estudio) respecto al ácido fumárico y málico a temperaturas altas de almacenamiento (mayor a 26 °C). El ácido málico tiene un mejor efecto conservador (de los compuestos fenólicos totales, antocianinas y propiedades sensoriales de la bebida en estudio) respecto al ácido tartárico y fumárico a temperaturas de almacenamiento menores a 26°C.

Se caracterizó la bebida en estudio mediante evaluación de sus componentes bioactivos: fenoles totales (263,33 ppm de ácido gálico) y antocianinas (15,69 ppm de cianidina-3-glucósido); análisis microbiológico: enumeración de levaduras (<1UFC/ml), microorganismos aerobios mesófilos (<1UFC/ml) y coliformes totales (<3 NMP/ml); análisis fisicoquímico: pH (6,2) y °Brix (0,4); análisis proximal: proteínas (0,0 g), grasas (0,0 g), carbohidratos (0,0 g) y cenizas (10 mg). Así mismo mediante evaluación sensorial por 8 jueces semientrenados se determinó que el color de la bebida es cobrizo, de apariencia limpia, con sabor y olor herbáceo.

Se elaboraron muestras de la bebida en estudio con diferentes tipos de acidulantes (tartárico, fumárico y málico, hasta llegar a un pH de 4,2.), las cuales fueron previamente pasteurizadas (85°C por 10 min), utilizando sorbato de potasio

(0,05% p/v) como conservante químico. Posteriormente las muestras fueron envasadas generando vacío en frascos de vidrio color ámbar correctamente codificadas y se almacenaron (144 muestras en total) en incubadoras provistas de termostato durante 30 h a temperaturas de 37 y 43°C.

Se logró determinar la concentración de antocianinas, fenoles totales y evaluar los atributos sensoriales (color, olor, sabor y apariencia, mediante pruebas sensoriales de categorización cuantitativa relativa y aceptabilidad pareada) de la bebida en estudio con diferentes tipos de acidulantes (tartárico, fumárico y málico) durante su almacenamiento a temperaturas de 37 y 43°C. Las respectivas evaluaciones sensoriales y la determinación de fenoles totales y antocianinas, se realizaron cada 5 horas durante 30 h, cuyos resultados indicaron que la degradación de fenoles totales y antocianinas es mayor a medida que se incrementa la temperatura y tiempo de almacenamiento. Asimismo, se determinó que el tipo de acidulante (tartárico, málico y fumárico) tiene un efecto estadísticamente significativo ($P < 0,05$) en la degradación de estos compuestos bioactivos y en los atributos sensoriales (color y olor) de la bebida en estudio.

Se determinó que el contenido de fenoles y antocianinas de la bebida en estudio con diferentes tipos de acidulantes (tartárico, fumárico y málico) durante su almacenamiento a temperaturas de 37 y 43°C, se degradan a través del tiempo siguiendo una cinética de primer orden. Se determinaron las siguientes constantes de velocidad de degradación para antocianinas: $-0,0113 \text{ h}^{-1}$, $-0,0129 \text{ h}^{-1}$, $-0,0131 \text{ h}^{-1}$ con la presencia de ácido tartárico, fumárico y málico respectivamente a temperatura de 37°C, y $-0,0122 \text{ h}^{-1}$, $-0,0155 \text{ h}^{-1}$, $-0,0167 \text{ h}^{-1}$ con la presencia de ácido tartárico, fumárico y málico respectivamente a temperatura de 43°C. Las constantes de

velocidad de degradación para fenoles: $-0,0072 \text{ h}^{-1}$, $-0,0066 \text{ h}^{-1}$, $-0,0070 \text{ h}^{-1}$ con la presencia de ácido tartárico, fumárico y málico respectivamente a temperatura de 37°C , y $-0,0077 \text{ h}^{-1}$, $-0,0081 \text{ h}^{-1}$, $-0,0087 \text{ h}^{-1}$ con la presencia de ácido tartárico, fumárico y málico respectivamente a temperatura de 43°C . Se determinaron tiempos de vida media inversamente proporcional a las constantes de velocidad por cada temperatura y tipo de acidulante ensayados (menor constante mayor tiempo de vida media). Asimismo, se determinó el tiempo de vida media ($T_{1/2}$) para los compuestos fenólicos y antocianinas a las temperaturas de almacenamiento de 4 , 10 y 26°C mediante el modelo Q_{10} , cuyos resultados indicaron que el ácido málico presenta una mejor conservación de la bebida, ya que se obtiene mayor tiempo de vida media a bajas temperaturas de almacenamiento para estos compuestos bioactivos ($T_{1/2}$: 336 h y 218 h a la temperatura de 4°C , para fenoles y antocianinas, respectivamente).

V. RECOMENDACIONES

Almacenar la bebida a base del extracto acuoso de maíz morado (*Zea mays L.*) y plantas medicinales a temperaturas bajas de almacenamiento (menor a 26°C) y a condiciones de pH de 4,2, utilizando ácido málico como acidulante, ya que estas condiciones permiten obtener una mayor conservación de los compuestos fenólicos, antocianinas y propiedades sensoriales presentes en la bebida.

Estudiar la estabilidad o conservación de la bebida ensayando diferentes tipos de conservantes (teniendo en cuenta que sean saludables). También se puede ensayar otros métodos de conservación, teniendo en cuenta el costo y la complejidad de los mismos.

Realizar estudios de vida útil utilizando los datos de tiempo de vida media y constantes de velocidad de degradación de los compuestos fenólicos y antocianinas de la bebida en estudio con diferentes tipos de acidulantes-antioxidantes.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AOAC (1997). Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 16 ed. Vol. I y II. EEUU.
- AOAC (2005). Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 16 ed. Vol. I y II. EEUU.
- ASTM Committee E-18. (1968). Manual on sensory testing methods. S.T.P. 434. American Society for Testing and Materials, Filadelfia, P A, EE.UU.
- Abreu, O. A., Rodríguez, A. A., Morgado, M. y Cao, L. B. (2012). Farmacognosia, farmacobotánica, farmacogeografía y farmacoetimología del platanillo de Cuba. (*Piper aduncum subespecie ossanum*).17 (2). Recuperado de http://scler.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962012000200007
- Acero, B., Millones, E., Ticona, D.I. y Torres, L. (2012). Actividad antiinflamatoria de extracto etanólico de *Demodium mollicum* en el modelo Murino de asma. Cimel, 17(2) ,62-67. Recuperado de <http://revistasinvestigacion.Unmsm.edu.pe/index.php/farma/article/view/3535>
- Aguilera, C.M., Barberá, J.M., Esperanza, L., Duarte, A., Gálvez, J., Gil, A., Gómez, S., González, M., Granado, F., Guarner, F., Marcos, A., Martínez, O., Nova, E., Olmedilla, B., Pujol, P., Ramos, E., Romeo, J., Miguel, F., Ramón, D., Warnberg, J., Zarzuelo, A. (2007). Alimentos funcionales: Aproximación a una nueva alimentación. Recuperado de <http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application/pdf&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1196188347088&ssbinary=true>
- Alvear, M.T. (Ed.) (2008). Campbell-Walsh Urología. Buenos Aires, Argentina: Médica Panamericana.

- Alvídrez, A., González, B.E. y Jiménez, Z. (2002). Tendencias en la producción de alimentos: alimentos funcionales. *Respyn*, 3(3), p.1-6.
- Alzamora, S.M. (1997). Preservación I. Alimentos conservados por factores combinados. In: *Temas de Tecnología de Alimentos*, vol. I, ed. J. M. Aguilera. México: Programa Iberoamericano de Ciencias y Tecnología (CYTED)/Instituto Politécnico Nacional (IPN).
- Ancieta, C.A. (2016). *Texto: Análisis sensorial de alimentos*. Callao, Lima: Callao.
- Andrés, V. (2016). Efecto del tratamiento de altas presiones hidrostáticas y del almacenamiento sobre la seguridad y calidad nutricional, sensorial y funcional de smoothies como alternativa a las bebidas mixtas comerciales (tesis doctoral). Recuperado de <http://eprints.ucm.es/38579/1/T37550.pdf>
- Anzaldúa, M. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica*. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza. España.
- Aranceta, J. y Gil, A. (2009). *Alimentos funcionales y salud en las etapas infantil y juvenil*. Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=9O03337S6B0C&dq=alimentos+funcionales&hl=es&source=gb_snavlinks_s
- Aranceta, J. y Serra, L. (2003). *Guía de alimentos funcionales*. Recuperado de http://www.fesnad.org/resources/files/Publicaciones/guia_alimentos_funcionales.pdf
- Arrazola, G., Herazo, I. y Alvis, A. (2013). Obtención y evaluación de la estabilidad de antocianinas de berenjena (*solanum melongena l.*) en bebidas. *Información Tecnológica*. Vol. 25(3), 43-52. Recuperado de: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642014000300007&script=sci_abstract&tlng=pt

- Arroyo, J., Almora, Y., Quino, M., Raez, E., Martínez, J., Buendía, J., Deybis, B. y, Hañari, R. (2012). Efecto protector en cirrosis hepática inducida en ratas de extracto etanólico de las hojas de *Piper aduncum* comparado con silimarina.73 (2).Recuperado de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/anales/article/view/817>
- Astrid, G. G. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. *Acta Biológica Colombiana*, 13(3), 27-36.
- Badui, S.H. (2006). *Química de los alimentos*. México: Pearson educación.
- Benito, P. J., Calvo, S.C., Gómez, C., Iglesias, C. (2014). *Alimentación y nutrición en la vida activa: ejercicio físico y deporte*. Madrid, España: UNED.
- Berradre, M., Sulbarán, B., Ojeda, G., Fernández, V. y Martínez (2011). Formulación y caracterización de una bebida a base de jugo de uva de la variedad Malvasía. *Luz*, 28 (2), 242-259.Recuperado de http://revfaca.gronluz.org.ve/PDF/abril_junio_2011/v_28_n_2a_2011242259.pdf
- Betancourt, M., Manzanedo, M., Conejero, H. y Sarroca, R. (2011). *Alimentos su conservación, almacenamiento y distribución*. Recuperado de <http://www.inocua.org/site/Archivo/investigaciones/doc.pdf>
- Blanco, B., Saboría, A. y Garro, G. (2008). Descripción anatómica, propiedades medicinales y uso potencial de *Plantago major* (llantén). *Tecnología en marcha*, 21(2) ,17-24.Recuperado de <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:cd0PIKLZn1sJ:https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4835550.pdf+%&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe>
- Breslin, P.A. y Spector, A.C., (2008). Mammalian taste perception. *Curr.Biol.*

- Brusselmans, K., Vrolix, R., Verhoeven, G. S & Swinnen, J.V. (2005). Induction of cancer cell apoptosis by flavonoids is associated with their ability to inhibit fatty acid syn-thase activity. *Journal of Biological Chemistry*, 280(7): 5636-5645.
- Cadaval, A., Escauriaza, B.A., Barrutia, U.G., Rodrigo, C.P., y Aranceta, J. (2005). Alimentos funcionales: Para una alimentación más saludable. Recuperado de <http://www.piaschile.cl/wp-content/uploads/B/2015/04/Alimentos-funcionales-para-una-alimentaci%C3%B3n-más-saludable.pdf>
- Calvo, S. C., Gómez, C., López, C. y Royo, M. A. (2012). Nutrición, salud y alimentos funcionales [Tabla]. Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=hfQM XBIyd gC&dq=bebidas+funcionales&source=gbs_navlinks_s
- Camelo, G.A. y Sotelo, L.I. (2012). Efecto de las condiciones de almacenamiento sobre el color, contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de una bebida de *Borojoa patinoi Cuatrecasas*. *Boletín latinoamericano y del Caribe de plantas medicinales y aromáticas*, 11(2), 196-205. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85622734010>
- Cámpora, C. M. (2016). Alimentos funcionales: Tecnología que hace la diferencia, 42(2), 131. Recuperado de <http://www.scielo.org.ar/pdf/ria/v42n2/v42n2a04.pdf>
- Carrillo, M. L y Reyes, A. (2013), vida útil de los alimentos. *Revista Iberoamericana de las ciencias biológicas y agropecuarias*, volumen (2), 3. Recuperado de: <http://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/viewFile/20/33>.
- Casp, A. y Abril, J. (2003). *Procesos de conservación de alimentos*. 2ª ed. Mundi-Prensa.

- Castañeda A. y Guerrero J. A. (2015). Pigmentos en frutas y hortalizas rojas: antocianinas. Recuperado de: <http://web.udlap.mx/tsia/files/2016/05/TSIA-9-Castaneda-Sanchez-et-al-2015.pdf>
- Cevallos, B. & Cisneros, L. (2003). Stoichiometric and Kinetic Studies of Phenolic Antioxidants from Andean Purple Corn and Red-Fleshed Sweetpotato, doi:10.1021/jf034109c, J. Agric. Food Chem. 2003, 51, 3313-3319
- Chandra, N., Hegde, K., Dhillon, G. S., & Sarma, S. J. (2014). Fruit based functional beverages: Properties and health benefits. Agricultural Research Updates.
- Cisse, M., Vaillant, F., Acosta, O., Claudie, M.y Dornier, M. (2009). Thermal Degradation Kinetics of Anthocyanins from Blood Orange, Blackberry, and Roselle Using the Arrhenius, Eyring, and Ball Models. Journal of Agricultural food chemistry, 57, 6285-6291. Recuperado de <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf90083>
- Cofré, A. (2015). Determinación de polifenoles totales, actividad antioxidante y antocianinas de jugo de Murtilla (*Ugni molinae Turcz*) obtenido por condensación de vapor (tesis de pregrado) [Figura]. Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2015/fac675d/doc/fac675d.pdf>
- Corbo, M. R., Bevilacqua, A., Petruzzi, L., Casanova, F. P., & Sinigaglia, M. (2014). Functional Beverages: The Emerging Side of Functional Foods. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. Recuperado de <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12109>
- Damodaran, S., Parkin, K. L. y Fennema, O. R. (2010). Química de los alimentos. Acribia. Recuperado de <https://sceqa.files.wordpress.com/2014/05/quc3admica-de-los-alimentos-fennema.pdf>

- Domínguez, A. Y. (2017). Formulación y métodos de conservación de una bebida a partir de la hoja de Teberinto (*Moringa oleifera*) (tesis de pregrado). Recuperado de <http://ri.ues.edu.sv/12797/>
- Drago, M. E., López, M. y Sáenz, T. R. (2006). Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. Departamento sistemas biológicos. Vol 37 (4). Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/579/57937408/>
- Ellis, B.H. (1968). Preference Testing Methodology. Food Technology vol.22.
- Espinosa, J. C. (2007). Evaluación sensorial. El vedano, ciudad de la Habana: Editorial Universitaria.
- FAO (1993). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Procesamiento de Frutas y hortalizas mediante métodos artesanales y de pequeña escala. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/x5062s/x5062S00.htm#Contents>
- Fennema, O. (1993). Química de los Alimentos. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España.
- Fennema, O. R. (2000). Química de los alimentos. Segunda Edición. Editorial Acribia. Zaragoza -España.
- Fernández, N. A. (1995). Estudio de la extracción y pre- purificación de antocianinas de maíz morado (*Zea mays L.*). Tesis Ing. En Industrias Alimentarias. UNALM. Lima- Perú. 116 pp.
- Flores, E. y Flores, E. (2018). Estabilidad de antocianinas, fenoles totales y capacidad antioxidante de bebida de maíz morado (*Zea mays L.*) y Uña de gato (*Uncaria tomentosa sp.*). Información tecnológica, 29 (2). Recuperado de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071807642018000200175#B13

- Flores, N. A. (2015). Entrenamiento de un panel de evaluación sensorial para el departamento de nutrición de la facultad de medicina de la universidad de Chile (tesis de pregrado) [Tabla]. Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/137798/Entrenamiento-de-un-panel-de-evaluacion-sensorial-para-el-Departamento-de-Nutricion-de-la-Facultad-de-Medicina-de-la-Universidad-de-Chile.pdf?sequence=1>
- Francescato, L. N., Debenedetti, S. L., Schwanz, T. G., Bassani, V. L. & Henriques, A. T. (2013). Identification of phenolic compounds in *Equisetum giganteum* by LC-ESI-MS/MS and a new approach to total flavonoid quantification. *Talanta*, 105: 192-203.
- Fuentes, L., Acevedo, D. y Ordoñez, V.M. (2015). Alimentos Funcionales: Impacto y retos para el desarrollo y bienestar de la sociedad Colombiana. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 13 (2), 141. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v13n2/v13n2a16.pdf>
- Galati, G. y O'Brien, P. G. (2004). Posible toxicidad de los flavonoides y otros compuestos fenólicos en la dieta: importancia para sus propiedades quimiopreventivas y anticancerígenas. *Biología y medicina de radicales libres*.
- Ghiselli, A., Nardini, M., Baldi, A. y Scaccini, C. (1998). Antioxidant activity of different phenolic fractions separated from an Italian red wine. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 46(2), 361-367.
- Gimeno, E. (2004). Compuestos fenólicos. Un análisis de sus beneficios para la salud. *Vol.23 (6)*, 9-155. Recuperado de: <http://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-compuestos-fenolicos-un-analisis-sus-13063508>

- Giusti, M. M. & Wrolstad, R. E. (2003). Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems, *Biochemical Engineering Journal*: 14(3), 217-225.
- Guerrero, L. (1995). Métodos descriptivos de análisis sensorial. *Alimentación, Equipos y Tecnología*.10:41.
- Guillén, J., Mori, S. y Paucar, L. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays L.*) var.subnigroviolaceo. *Sientia agropecuaria*, 5(4).
- Guzmán, M.P., Ortega, A.E. y Anaya, C. (2010).Piranoantocianinas: modificaciones estructurales de antocianinas. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*, 1(4) ,84-95 [Figura]. Recuperado de: [https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-1/TSIA-4\(1\)-Guzman-Figueroa-et-al-2010.pdf?fbclid=IwAR3Ir8n56eHKfb7MgU_zzEzYhK5CGVBQ9ne2_2ir8RQ9_NQNDkFFLmyt5aw](https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-1/TSIA-4(1)-Guzman-Figueroa-et-al-2010.pdf?fbclid=IwAR3Ir8n56eHKfb7MgU_zzEzYhK5CGVBQ9ne2_2ir8RQ9_NQNDkFFLmyt5aw)
- Hasler, M. C. (2002). Alimentos funcionales: beneficios, preocupaciones y desafíos, una posición. Documento del Consejo Americano de Ciencia y Salud.
- Hellstrom, J., Pirjo, M. & Karjalainen, R. (2013).Stability of anthocyanins in berry juices stored at different temperatures *Journal of Food Composition and Analysis*, 31(1), 12-19.Recuperado de doi.org/10.1016/j.jfca.2013.02.010
- Hillebrand, S., Schwarz, M. & Winterhalter, P. (2004). Characterization of anthocyanins and pyranoanthocyanins from blood orange (*Citrus sinensis L. Osbeck*) juice. *Journal of agricultural and food Chemistry* 52:7331-7338.
- Hoffmann, A. y Pamplona, J. (2004). Llantén.Relación bosque plantas medicinales. Recuperado de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:cd0PIKLZn1sJ:https://dialnet.uniri-oja.es/descarga/articulo/4835550.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe>

- Horbowicz, M., Kosson, R., Grzesiuk, A. & Debski, H. (2008). Anthocyanins of fruits and vegetables-their occurrence, analysis and role in human nutrition. *Vegetable Crops Research Bulletin*, 68, 5-22.
- Hough, G. y Fiszczman, S. (2005). Estimación de la vida útil sensorial de los alimentos. Programa CYTED .Madrid, España.
- Howlett, J. (2008). Alimentos funcionales de la ciencia a la salud y las reivindicaciones. Bélgica.
- Hurtado, N. y Pérez, M. (2014). Identificación, estabilidad y actividad antioxidante de las antocianinas aislada de la cascara de fruto de capulí (*Prunus serótina spp capulí (Cav) Mc.Vaug Cav*). *Información tecnológica*, 25(4), 131-140. Recuperado de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-0764201400040001.
- Hutchings, J.H. (1999). *Food Color and Appearance*. 2nd ed. Gaithersburg, Md.: Aspen Publishers, Inc.
- Institute of Food Science and Technology (IFST)(1993). *Shelf life of foods: guideline for its determination and prediction*. London: Institute of Food Science and Technology.
- Institute of food Technologists (IFT)(1974). *Shelf life of Foods*. Report by Institute of food Technologists. Expert Panel on Food Safety and Nutrition and the Committee on Public Information. Chicago: Institute of food Technologists.
- Jiang, F. y Disting, G. J., (2003). Compuestos fenólicos naturales como terapéuticos cardiovasculares: papel potencial de sus efectos antiinflamatorios. *Farmacología vascular actual*. 1 (22):135-156.

- Jiménez, L. E. (2017). Escalamiento de la producción de bebidas funcionales a partir de productos vegetales no tradicionales (tesis de maestría). Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/57202/7/LuisE.Jim%C3%A9nezCucaita.2017.pdf>
- Kamei, H., Hashimoto, Y., Koide, T., Kojima, T. & Hasegawa, M. (1998). Effect of metanol extracts from red and white wines. *Cancer Biotherapy and Radiopharmaceuticals*, 13(6):447-52.
- Kausar, H., Saeed, S., Ahmad, M. & Salam, A. (2012). Studies on the development and storage stability of cucumber-melon functional drink. *Journal of Agriculture Research*, 50 (2), 238-248. / Yu and Bogue (2013). Concept optimization of fermente.
- Kilcast, D. & Subramaniam, P. (2011). *Food and beverage stability and shelf life*. Woodhead Publishing Limited.
- Kirca, A., Ozkan, M. & Cemeroglu, B. (2002). Thermal stability of black carrot anthocyanins in blond orange juice. *Journal of Food Quality*, Vol 26, 361-366. Recuperado de: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1745-4557.2003.tb00252.x>
- Koide, T., Kamei, H., Hashimoto, Y., Kojima, T. & Hasegawa, M. (1997). Antitumor effect of anthocyanin fractions extracted from red soybeans and red beans in vitro and in vivo. *Cancer Biotherapy Radiopharmaceuticals*, 12(4), 277-280.
- Kuhajda, F.P., Pizer, E.S., Li, J.N., Mani, N.S., Frehywot, G.L. & Townsend, C.A. (2000). Synthesis and antitumor activity of an inhibitor of fatty acid synthase. *Medical Science*, 97(7): 3450-3454

- Labuza, T.P. & Fu, B. (1997). Shelf life testing: procedures and prediction methods in Quality of frozen food. Ed. M.C. Erickson and Y.C. Hung, New York: Chapman and Hall, International Thomson.
- Labuza, T.P. (1984). Application of chemical kinetics to deterioration of foods. *Journal Chemical Education* 61(4):348-358.
- Lahitte, H. B. y Hurrell, J. A. (1980). *Plantas Medicinales Rioplatenses*. Ed. Lola. Buenos Aires. Pp 240.
- Larmond, E. (1977). *Métodos de laboratorio para evaluación sensorial de alimentos*. Research Branch. Canada. Department of agricultura. Publication, 1637.77p.
- Leon, G.J. (2010). Determinación de la vida útil de néctar de naranja estabilizado con proteína aislada de Quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) (tesis de pregrado). Recuperado de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3487/Leon_Hancco_Jose_Gabriel.pdf?sequence=1
- Lozano, N., Bonilla, P., Arroyo, J., Arias, G., Córdova, A. y Baldoceca, F. (2001). Evaluación fitoquímica y actividad biológica de *Desmodium mollicum* (H.B.K.) D.C. (Manayupa) ,4(2). Recuperado de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:MWtEO7YGJYkJ:www.redalyc.org/pdf/717/71729116003.pdf+&cd=6&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe>
- Luck, E. (1981). *Conservación química de los alimentos, Sustancia acciones y métodos*, Zaragoza, España: Acribia, S.A.
- Maestro, R. y Borja, R. (1993). Actividad antioxidante de esteroides y ácidos orgánicos naturales. *Grasas y aceites*, Volumen (44), 209-203. recuperado de: http://grasas.y.aceites.revistas.csic.es/index.php/grasas_y.aceites/art.icle/viewFile/1096/1103.

- Markakis, P. (1982). Stability of anthocyanins in foods. In Anthocyanins as food colours, New York: Academic Press, 163-168.
- Martínez, J. J., Rojas, H. A., Borda, G., Hastamorir, A. N. y Medina, M. F. (2011). Estabilidad de Antocianinas en Jugo y Concentrado de Agrad (Vaccinium meridionale Sw.). Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín, 64(1), 6015-6022. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0304-28472011000100024
- Martínez, S., González, J., Culebras, J.M. y Tuñón, M.J. (2002). Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. Nutrición hospitalaria, 17(6), 271-278. Recuperado de <http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/3338.pdf>
- Martínez, V.I., Periago, M.J. y Ros, G. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 50(1):1-19.
- Martinus, A.J.S. (2009). kinetic Modeling of Reactions in foods. New York: CRC Press.
- Marulanda, L.M. (2012). Elaboración y evaluación de una bebida tipo yogurth a base de lactosuero dulce fermentada con *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* y *Lactobacillus casei casei* (tesis de pregrado). Recuperado de <http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/371/1/INFORME%20FINAL.pdf>
- Mathias, K. A. (2014) Estabilidad de Pigmentos Naturales, Polifenoles y Capacidad Antioxidante del Jugo de Murta (*Ugnimolinae Turcz*) (Tesis de magister). Recuperado de: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/egm444e/doc/egm444e.pdf>

- Miyazawa, T., Nakagawa, K., Kudo, M., Muraishi, K. & Someya, K. (1999). Direct intestinal absorption of red fruit anthocyanins, cyaniding-3-glucoside and cyaniding-3, 5-diglucoside, into tracts and humans. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 47, 1083-1091.
- Moldovan, B., Popa, A. & David, L. (2016). Effects of storage temperature on the total phenolic content of Cornelian Cherry (*Cornus mas L.*) fruits extracts. *Journal of applied botany and food quality* 89, 218-211. Recuperado de [https:// webcache.googleusercontent.com/ search? q= cache: wpn8wHO79qUJ: https://ojs.openagrar.de/index.php/JABFQ/article/view/5848/6065+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:wpn8wHO79qUJ:https://ojs.openagrar.de/index.php/JABFQ/article/view/5848/6065+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe)
- Moon, Y.J, Wang, X. & Morris, M.E. (2006). Dietary flavonoids: Effects on xenobiotic and carcinogen metabolism. *Toxicology in Vitro*, 20(2): 187-210.
- Morales, A., Gonzáles, B., y Salas, Z. (2002). Tendencias en la producción de alimentos funcionales: Alimentos Funcionales. México: Salus cum propositum vitae.
- Murillo, M.T. (1983). Usos de los Helechos en Suramerica con especial referencia a Colombia. Book. pp. 156.
- Naranjo, E. (2008). Bebidas funcionales: Una necesidad saludable, 4(2). Recuperado de [http://revistaalimentos.com/ediciones/edicion4-2/bebidas s/ bebidas-funcionales- una-necesidad -saludable. htm](http://revistaalimentos.com/ediciones/edicion4-2/bebidas/bebidas-funcionales-una-necesidad-saludable.htm).
- Nicoli, M.C. (2012). *Shef Life of food*. New York: CRC Press.
- Norma ISO (7954). Microbiology- General Guidance for enumeration of yeasts and moulds- Colony count technique al 25°C. First edition 1987. Recuperado de [http:// www .ispch .cl/lab _amb / doc/microbiologia _alimentos/PRT-031.pdf](http://www.ispch.cl/lab_amb/doc/microbiologia_alimentos/PRT-031.pdf)

- Olivas, F.J., Wall, A., Gonzales, G.A., López, J.A, Álvarez, E., A. de la Rosa, L., y Ramos, A. (2015). Taninos hidrolizables; bioquímica, aspectos nutricionales y analíticos y efectos en la salud. *Nutrición hospitalaria*, 31(1) ,55-66. Recuperado de <http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v31n1/05revision05.pdf>
- Otiniano, V. (2012). Actividad antioxidante de antocianinas presentes en la coronta y grano de maíz (*Zea mays L.*) variedad morada nativa cultivada en la ciudad de Trujillo. Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Cesar Vallejo. 74 p.
- Palomino, L.R., García, C.M., Gil, J.H., Rojano, B.A., y Durango, D.L. (2009). Determinación del contenido de fenoles y evaluación de la actividad antioxidante de propóleos recolectados en el departamento de Antioquia (Colombia). *Vitae*, de Revista de la facultad de química farmacéutica, 16(3), 388-395. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v16n3/v16n3a13.p>
- Peñarrieta, J. M., Tejada L. Mollinedo P., Vila J. L. y Bravo J.A. (2014). Phenolic compounds in food. *Revista boliviana de química*, Vol 31 (2) pp 68 – 81. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=426339682006>
- Pinto, J. y Bustamante, Z. (2008). Evaluación de la actividad gastroprotectora de los extractos de llantén (*Plantago major*). *Biofarbo*, 16(1). Recuperado de http://www.Revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S181353632008000100007&script=sci_art_text
- Pokorny, J., Yanishlieva, N. y, Gordon, M. (2005). Antioxidantes de los alimentos: aplicaciones prácticas, Zaragoza, España: Acribia S.A.
- Quiroz, Z. B. (2017). Estabilidad de los extractos de antocianinas obtenidos a partir de los desechos del proceso de elaboración de jugo de Arándanos (*Vaccinium*

- myrtillus L.*) y de las corontas de Maíz Morado (*Zea mays L.*) (Tesis de pregrado). Recuperado de: <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/1299>
- Reaño, E.S. y Rimarachin, S. (2015). Determinación de tiempo de vida útil de una bebida a base de Noni (*Morinda citrifolia*) y guayaba (*Psidium guayaba L.*)(tesis de pregrado).Universidad Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.
- Rein, M. (2005). Copigmentation reactions and color stability of berry anthocyanins. Tesis Lic. Yliopistopaino, Helsinki, University of Helsinki.87 p.
- Reis, F. S., Martins, A., Vasconcelos, M.H., Morales, P. & Ferreira, I.C.F.R. (2017). Functional foods based on extracts or compounds derived from mushrooms. Trends in Food Science & Technology, 66: 48 – 62. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224417300699>
- Reyes, L. S. (2014). Efecto de procesamiento sobre la estabilidad de polifenoles en extracto de mango (*Mangifera indica L.* (Tesis de pregrado). Recuperado de: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/3374/1/AGI-2014-T038.pdf>
- Ricco, R.A., Agudelo, I., Garcés, M., Evelson, P., Wacner, M.L. y Gurni, A.A. (2011). Polifenoles y actividad antioxidante en *Equisetum giganteum L.* (Equisetaceae) Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 10(4),325-332.Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/856/85619300005.pdf>
- Rodríguez, Y., Vera, L., Moreno, K., Montilla, J., Guevara, C. y Gonzáles, R. (2014).Conocimiento sobre el uso del Plantago-Major como terapia alternativa en lesiones inflamatorias bucales, 2(2),106-115.Recuperado de <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/rvio/article/viewFile/5306/5095>

- Ruidavets, J.B., Teissedre, P.L., Ferrières, J., Carando, S., Bougard, G., Cabanis, J.C. (2000). Catechin in the mediterranean diet: vegetable, fruit or wine? *Atherosclerosis*, 153 (1): 107-117.
- Ruiz, A., Mejías, E., Silveira, I. y Lafargue, D. (2008). Conservación de una bebida saborizada de leche de soya parcialmente hidrolizada. *Ciencia y tecnología de los alimentos*, 18(3) ,58-63. Recuperado de <http://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/5014/Adolfo.pdf?sequence=1>
- Sarría, C.A. (2005). Flavonoides: Compuestos bioactivos de los alimentos. *Boletín pediátrico de la sociedad Aragonesa*, 34,88-92.
- Schulz, A. G. (1997). Algunas plantas usuales del nordeste argentino. *Parodiana*, 10 (1-2): 211-241.
- Singh, R. P. (1994). Scientific principles of shelf life evaluation, In: *Shelf Life Evaluation of foods*, CMD Man and JA Jones (Eds). Blackie Academic and Professional, London, pp.3-36.
- Singh, T.K. y Cadwallader, K.R. (2003). *La vida útil de los alimentos: una visión general*. Estados Unidos
- Sorarú, S. B. y Bandoni, A. L. (1978). *Plantas de la Medicina Popular Argentina*. Ed. Albatros. Buenos Aires. P. 163.
- Srivastava, A., Akoh, C., Yi, W., Fischer, J. & G. Krewer (2007) Effect of Storage Conditions on the Biological Activity of Phenolic Compounds of Blueberry Extract Packed in Glass Bottles, doi: 10.1021/jf062914w, *J. Agric. Food Chem.*, 55 (7), pp. 2705-2713.
- Suganya, P., Saravanakumar, M. & Mohandas, S. (2012). The effects of temperature and pH on stability of anthocyanins from red sorghum (*Sorghum bicolor*) bran.

- African Journal of food Science, 6(24), 587-573. Recuperado de <https://academicjournals.org/journal/AJFS/article-abstract/072FB3612245>
- Torres, Y.S. y Vidaurre, J.M. (2015). Cinética de la degradación de compuestos fenoles y antocianinas en una bebida funcional a base de arándano azul (*Vaccinium corymbosum L.*). Ingeniería: ciencia, tecnología e innovación, 2(1),7-13. Recuperado de <file:///C:/Users/SANCHEZ/Desktop/253-951-1-PB.pdf>
- Toso, R. E., Toribio, M. S., Mengelle, P. y Boeris, M.A. (2007). Plantas de la Provincia de La Pampa, Argentina, con actividad gastroprotectora y antiespasmódica. In Vet, 9. Versión electrónica: <http://www.fvet.uba.ar/invet/lapampa.pdf>
- Ureña, M., D'Arrigo, M. y Girón, O. (1999). Evaluación sensorial de Los Alimentos, Lima, Perú: Agraria.
- Uurrea, D., Eim V., Roselló, C. y Simal, S. (2012). Modelos cinéticos de degradación de carotenoides, polifenoles y actividad antioxidante durante el secado convectivo de zanahoria (*Daucus carota V. Nantesa*). Alimentos Hoy, Vol 21 (27), 68-101. Recuperado de: [http://www.alimentoshoy .acta.org.co/index.php/hoy/article/view/141/135](http://www.alimentoshoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/141/135)
- Valencia, E., Figueroa, I.I., Sosa, E., Bartolomé, M. C., Martínez, E. y García, M. E. (2017). Polifenoles: propiedades antioxidantes y toxicológicas. Revista de la facultad de ciencias químicas. Recuperado de: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:slgCfQT8EPwJ:dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/29781/1/2.%25201583-4794-2-PB.pdf+%&cd=7&hl=es&ct=clnk&gl=pe>

- Valero, A., Carrasco, E. y García R. M. (2012). Principios y metodologías para la determinación de la vida útil en alimentos. Córdoba, España.
- Vidaurre, J. (2014). Principios básicos para determinar la vida útil de los alimentos. Lambayeque: CIP.
- Villarreal, Y., Mejía, F.D., Osorio, O. y Cerón, F.A. (2013). Efecto de pasteurización sobre características sensoriales y contenido de vitamina C en jugos de frutas. *Biología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 11(2) ,66-75. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsa/v11n2/v11na08.pdf>.
- Wang, J. & Mazza, G. (2002). Inhibitory effects of anthocyanins and other phenolic compounds on nitric oxide production in LPS/IFN gamma-activated RAW 264.7 macrophages, *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 50, 850-857.
- Wang, S. Y. & Jiao, H. (2000). Scavenging capacity of berry crops on superoxide radicals, hydrogen peroxide, hydroxyl radicals and singlet oxygen. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 48, 5677-5684.
- Watts, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery, L. E. & Elías, L. G. (1992). Basic sensory methods for food evaluation. Ottawa, Ont., Canada: International Development Research Centre, 170 p.
- Wong, D. (1995). *Química de los Alimentos: mecanismos y teoría*. Editorial Acribia, S. A. España
- Xifreda, C. C. (1982). Plantas útiles de la Flora de la Provincia de Buenos Aires. *Situación Ambiental de la Provincia de Buenos Aires. Comisión Investigaciones Científicas (CIC) 10: 3-65.*

Yao, L.H., Jiang, Y.M., Shi, J., Tomas, F. A., Datta, N., Singanusong, R. & Chen S.S. (2004). Flavonoids in food and their health benefits. *Plant Foods for Human Nutrition*, 59(3): 113-122.

Zapata, L. M. (2014). Obtención de extracto de antocianinas a partir de arándanos para ser utilizado como antioxidante y colorante en la industria alimentaria (tesis doctoral). Recuperado de: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/39105/Versi%C3%B3n%203%20Tesis%20Luz%20Marina%20Zapata.pdf%20\(1\).PDF?sequence=21](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/39105/Versi%C3%B3n%203%20Tesis%20Luz%20Marina%20Zapata.pdf%20(1).PDF?sequence=21)

VII. ANEXOS

ANEXO I. Metodología para la instrucción teórica del panel sensorial.

El procedimiento para la instrucción teórica del panel sensorial se describe a continuación en los puntos I y II.

I. INTRODUCCIÓN A LA EVALUACION SENSORIAL

1.1. Definición de evaluación sensorial

Es usada para medir, analizar e interpretar las sensaciones producidas por las propiedades sensoriales de los alimentos y otros materiales, y que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído (Ureña *et al.*, 1999).

1.2. Funciones de los sentidos

- **Vista:** Mediante este sentido se puede percibir el color, apariencia, superficie, tamaño, brillo la forma.
- **Olfato:** Mediante este sentido se puede percibir las propiedades del olor y aroma de una sustancia. El órgano del olfato está ubicado en la nariz de forma piramidal.
- **Gusto:** Mediante este sentido se pueden percibir las propiedades del sabor básico y sabores especiales de los alimentos o sustancias en general. La lengua es el órgano principal del gusto.
- **Tacto:** Mediante este sentido se percibe las sensaciones de contacto, presión, calor y frío, así como las cenestésicas, musculares y articulares.
- **Oído:** Mediante este sentido se puede oír y percibir los sonidos.

1.3. Propiedades sensoriales

- **Aroma:** Sensación causada por la percepción de sustancias olorosas de un alimento que es puesto a la boca.
- **Color:** Impresión que produce en la vista los rayos de la luz reflejada por un cuerpo.
- **Olor:** Percepción por medio de la nariz de las sustancias volátiles liberadas por ciertos estímulos, presión natural o por objetos.
- **Apariencia:** Aspecto exterior que presentan los alimentos, resultante de apreciar con la vista su color, forma, tamaño, estado y características de su superficie.
- **Sabor:** Resulta de la combinación de cuatro propiedades: olor, aroma, gusto y textura.

II. VOCABULARIO SENSORIAL EN CUANTO A DESCRIPCIÓN DE COLOR, OLOR, SABOR Y APARIENCIA

2.1. Términos para el olor y sabor

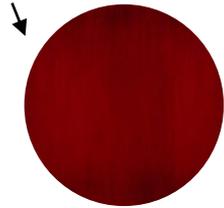
- **Ácido:** Describe el sabor básico producido por soluciones acuosas diluidas de muchas sustancias ácidas como el ácido cítrico y tartárico.
- **Amargo:** Describe el sabor básico producido por soluciones acuosas diluidas de varias sustancias, como cafeína y quinina.
- **Fermentado:** Que tiene un sabor o un olor agrio, como el vinagre.
- **Astringente:** Astringente permite calificar a aquello que provoca en la lengua una sensación que combina la amargura y la sequedad.
- **Picante:** Produce sensación de picor o ardor en el paladar o en el olfato.
- **Herbáceo:** Que tiene el aspecto o alguna propiedad de la hierba (planta no leñosa).
- **Insípido:** Que no tiene sabor.
- **Inoloro:** Que no tiene olor.
- **Fétido:** Que desprende un olor malo, desagradable e intenso.

2.2. Términos para la apariencia

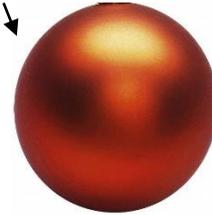
- **Limpio:** No contiene nada suspendido ni precipitado. No brilla.
- **Claro:** Contiene un ligerísimo residuo en suspensión.
- **Ligeramente turbio:** Contiene un precipitado que se aprecia con facilidad.
- **Turbio:** Contiene material precipitado en cantidad considerable.

2.3. Términos para el color

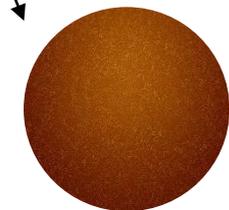
Rojo pardo:



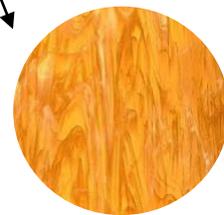
Cobrizo



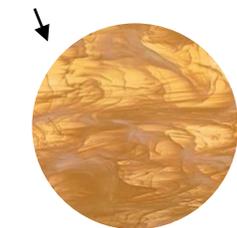
Café



Ámbar



Ámbar Pálido



ANEXO II. Formatos para la prueba sensorial de identificación de sabores

FORMATO 01.

Prueba sensorial del sabor

NOMBRE:FECHA.....PRUEBA N°1

Frente a usted hay 12 muestras marcadas con los códigos A, B, C, D, E, F,G, H, I, J, K, L ,las cuales debe probarlas y luego calificar según su criterio el sabor que ha percibido teniendo en cuenta las siguientes palabras: ácido, amargo, herbáceo, picante, fermentado y astringente.

MUESTRA	SABOR
A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L

Comentarios:.....

ANEXO III. Formatos para la prueba sensorial triangular.

FORMATO N° 02.

Prueba triangular aplicado a la evaluación del Color

NOMBRE:FECHA.....PRUEBA N°1

Frente a usted se le presenta tres muestras. Dos de estas muestras es idénticas y una es diferente, por favor marque la muestra diferente respecto al color.

Muestras

A

B

C

Comentarios:

FORMATO N° 03.

Prueba triangular aplicado a la evaluación del Sabor

NOMBRE:FECHA..... PRUEBA N°1

Frente a usted se le presenta tres muestras. Dos de estas muestras es idénticas y una es diferente, por favor marque la muestra diferente respecto al sabor.

Muestras

A

B

C

Comentarios:

FORMATO N°04.

Prueba triangular aplicado a la evaluación del color

NOMBRE:.....FECHA.....PRUEBA N°2

Frente a usted se le presenta tres muestras. Dos de estas muestras es idénticas y una es diferente, por favor marque la muestra diferente respecto al color.

Muestras

A

B

C

Comentarios:

FORMATO N°05.

Prueba triangular aplicado a la evaluación del sabor

NOMBRE:FECHA..... PRUEBA N°2

Frente a usted se le presenta tres muestras. Dos de estas muestras es idénticas y una es diferente, por favor marque la muestra diferente respecto al sabor.

Muestras

A

B

C

Comentarios:.....

FORMATO N°06.

Prueba triangular aplicado a la evaluación del color

NOMBRE:FECHA.....PRUEBA N°3

Frente a usted se le presenta tres muestras. Dos de estas muestras es idénticas y una es diferente, por favor marque la muestra diferente respecto al color.

Muestras

A

B

C

Comentarios:.....

FORMATO N° 07.

Prueba triangular aplicado a la evaluación del sabor

NOMBRE:FECHA..... PRUEBA N°3

Frente a usted se le presenta tres muestras. Dos de estas muestras es idénticas y una es diferente, por favor marque la muestra diferente respecto al sabor.

Muestras

A

B

C

Comentarios:.....

ANEXO IV. Codificación de muestras de la bebida en estudio elaborada con diferentes acidulantes para la evaluación sensorial

Tabla 40

Codificación de muestras de la bebida en estudio elaborada con diferentes acidulantes para la evaluación sensorial durante su almacenamiento controlado

Tiempo (horas)	Tipo de acidulante y temperatura de almacenamiento					
	Ácido tartárico	Ácido tartárico	Ácido fumárico	Ácido fumárico	Ácido málico	Ácido málico
	37°C	43°C	37°C	43°C	37°C	43°C
	código de muestra	código de muestra	código de muestra	código de muestra	código de muestra	código de muestra
0	102	102	118	118	124	124
5	203	208	212	217	224	226
10	303	307	313	317	325	327
15	401	406	413	420	424	427
20	505	507	515	520	523	528
25	602	607	615	616	621	627
30	702	708	714	719	721	726

Nota. La codificación de las muestras se realizó mediante números aleatorios.
Elaboración propia (2018).

ANEXO V. Formatos para la caracterización sensorial de la bebida en estudio mediante categorización cuantitativa relativa.

FORMATO N° 08.

Prueba sensorial de **olor** para una bebida a base del extracto acuoso de antocianinas maíz morado y plantas medicinales.

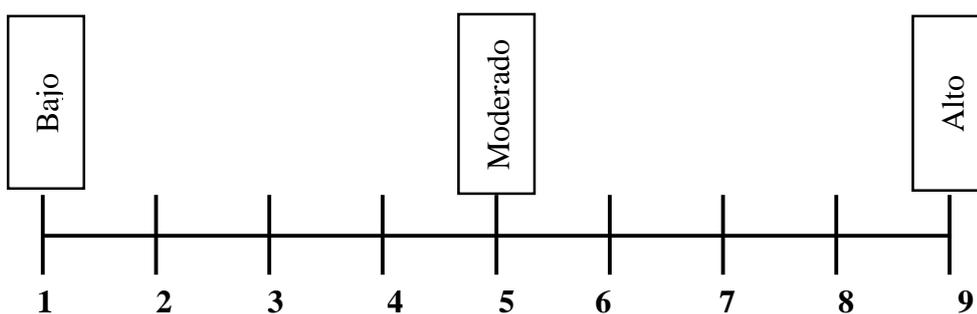
NOMBRE:FECHA.....PRUEBA N°.....

Evalúe el olor de la muestra presentada según su criterio.

1. Marque con una **x** en el recuadro correspondiente la característica del olor de la bebida según su apreciación.

Característica de olor	Muestra
herbáceo	
inoloro	
ácido	
Fermentado	
fétido	

2. De acuerdo a su respuesta califique la intensidad con la percibe la característica del olor, según la escala que le mostramos a continuación.



Característica de olor	Puntaje

Comentarios:

FORMATO N° 09.

Prueba sensorial de **color** para una bebida a base del extracto acuoso de antocianinas maíz morado y plantas medicinales.

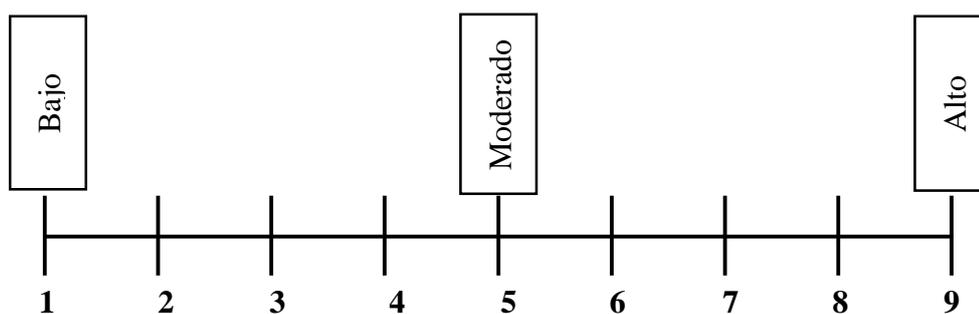
NOMBRE:FECHA.....PRUEBA N°.....

Evalúe el color de la muestra presentada y califique según su criterio.

1. Marque con una **x** en el recuadro correspondiente la característica del color de la bebida según su apreciación.

Característica percibida	Muestra
Rojo pardo	
Cobrizo	
Café	
Ámbar	
Ámbar pálido	

2. De acuerdo a su respuesta califique la intensidad con la percibe esa característica del color, según la escala que le mostramos a continuación.



Característica del olor	Puntuación

Comentarios:

FORMATO N° 10.

Prueba sensorial de **apariencia** para una bebida a base del extracto acuoso de antocianinas maíz morado y plantas medicinales.

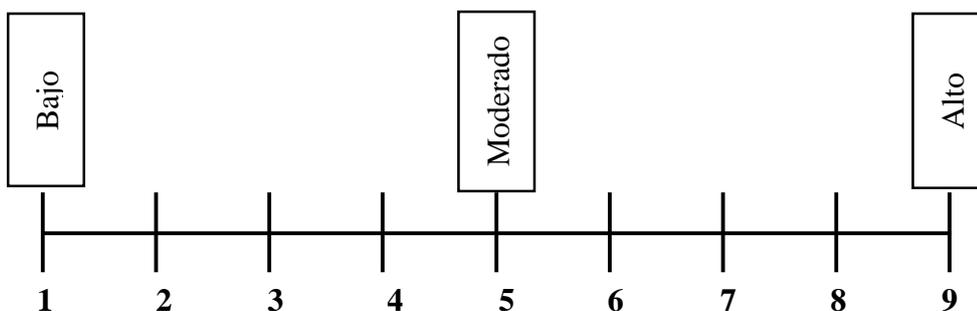
NOMBRE:FECHA.....PRUEBA N°.....

Evalúe la apariencia de la muestra presentada y califique según su criterio.

1. Marque con una **x** en el recuadro correspondiente la característica de la apariencia de la bebida según su apreciación.

Característica percibida	Muestra
limpio	
Claro	
ligeramente turbio	
Turbio	

2. De acuerdo a su respuesta califique la intensidad con la percibe la característica de la apariencia, según la escala que le mostramos a continuación.



Característica percibida	Puntuación

Comentarios:

FORMATO N° 11.

Prueba sensorial de **sabor** para la bebida a base del extracto acuoso de maíz morado y plantas medicinales.

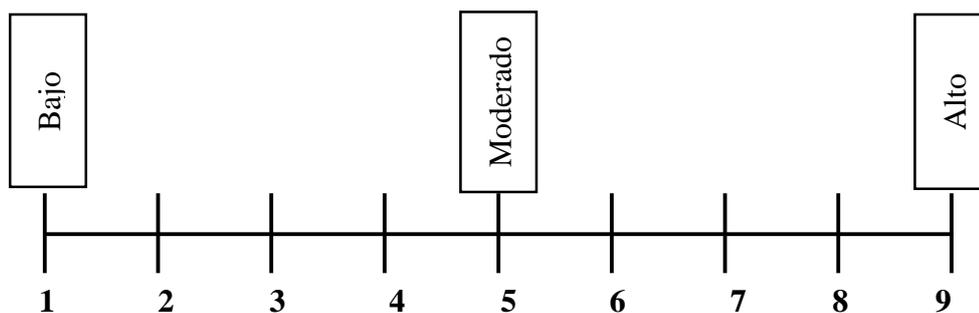
NOMBRE:FECHA.....PRUEBA N°.....

Evalúe el sabor de la muestra presentada y califique según su criterio.

1. Marque con una **x** en el recuadro correspondiente la característica del sabor de la bebida según su apreciación.

Característica percibida	Muestra
Ácido	
Amargo	
Fermentado	
Astringente	
Picante	
Herbáceo	
Insípido	

1. De acuerdo a su respuesta califique la intensidad con la percibe la característica, del sabor según la escala que le mostramos a continuación.



Característica percibida	Puntuación

Comentarios:

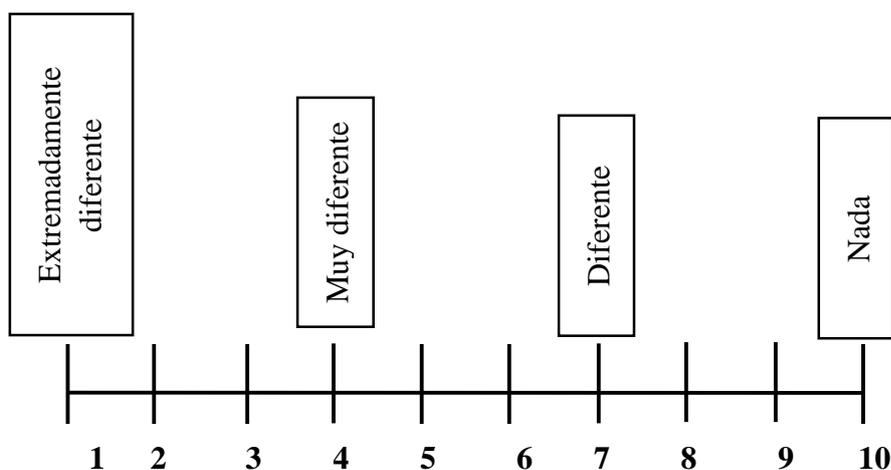
ANEXO VI. Formatos para la evaluación sensorial de la bebida en estudio durante su almacenamiento controlado mediante categorización cuantitativa relativa y aceptabilidad pareada

FORMATO N° 12.

Prueba sensorial de **color** para una bebida a base del extracto acuoso de antocianinas de maíz morado y plantas medicinales

NOMBRE:..... FECHA.....

- a) Tomando como referencia el color de la muestra patrón “P”, asigne un puntaje a la muestra problema según la escala que le mostramos a continuación.
- b) Según su evaluación y teniendo en cuenta su entrenamiento responda marcando con una **x** si acepta o no acepta a la muestra problema.



Muestra Problema	Puntaje	Acepto	No acepto

Comentarios:.....

FORMATO N° 13

Prueba sensorial de **apariencia** para una bebida a base del extracto acuoso de antocianinas de maíz morado y plantas medicinales

NOMBRE:..... FECHA.....

- a) Tomando como referencia el apariencia de la muestra patrón “P”, asigne un puntaje a la muestra problema según la escala que le mostramos a continuación.
- b) Según su evaluación y teniendo en cuenta su entrenamiento responda marcando con una **x** si acepta o no acepta a la muestra problema.

Muestra Problema	Puntaje	Acepto	No acepto

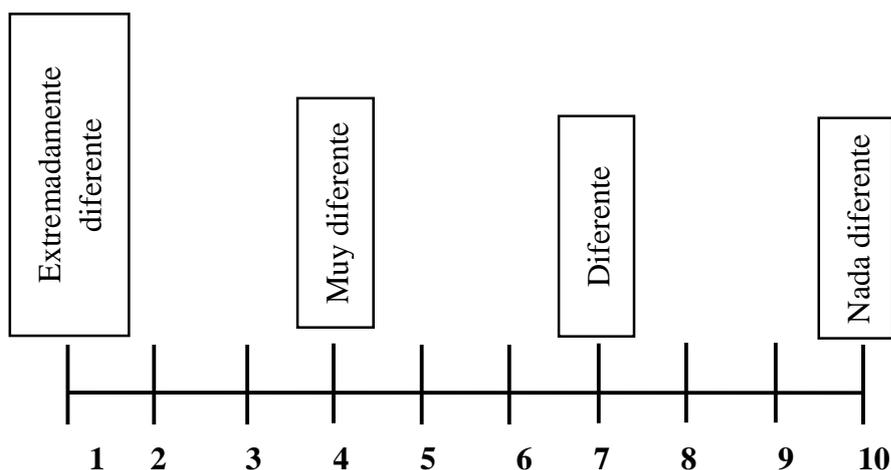
Comentarios:.....

FORMATO N° 14.

Prueba sensorial de **olor** para una bebida a base del extracto acuoso de antocianinas de maíz morado y plantas medicinales.

NOMBRE:..... FECHA:.....

- Tomando como referencia el olor de la muestra patrón “P”, asigne un puntaje a la muestra problema según la escala que le mostramos a continuación.
- Según su evaluación y teniendo en cuenta su entrenamiento responda marcando con una **x** si acepta o no acepta a la muestra problema.



Muestra Problema	Puntaje	Acepto	No acepto

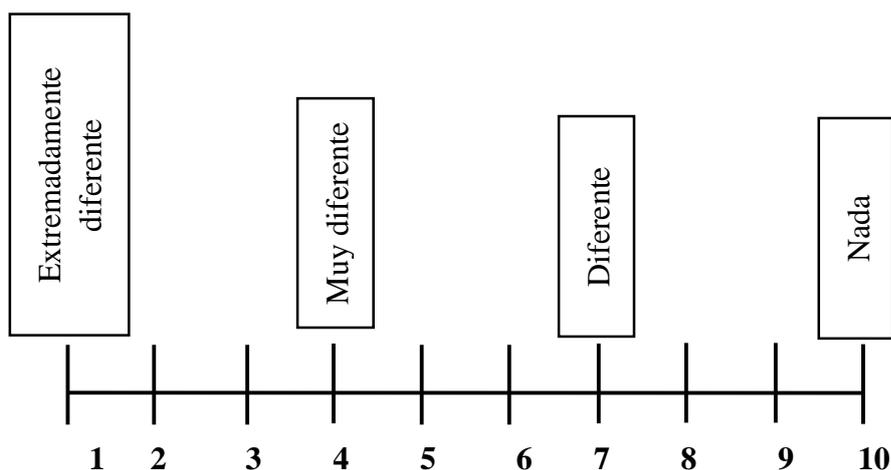
Comentarios:.....

FORMATO N° 15.

Prueba sensorial de **sabor** para una bebida a base del extracto acuoso de antocianinas de maíz morado y plantas medicinales.

NOMBRE:..... FECHA.....

- Tomando como referencia el sabor de la muestra patrón “P”, asigne un puntaje a la muestra problema según la escala que le mostramos a continuación.
- Según su evaluación y teniendo en cuenta su entrenamiento responda marcando con una **x** si acepta o no acepta a la muestra problema.



Muestra Problema	Puntaje	Acepto	No acepto

Comentarios:.....

ANEXO VII. Resultados en la determinación de antocianinas y análisis de varianza

Tabla 41

Absorbancias obtenidas en la determinación de antocianinas de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37 °C utilizando ácido tartárico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 37°C – Ácido tartárico					
Tiempo (h)	Absorbancias			\bar{X}	\bar{S}
0	0,492	0,498	0,499	0,496	0,0038
5	0,447	0,452	0,469	0,456	0,0115
10	0,460	0,478	0,374	0,437	0,0556
15	0,415	0,447	0,385	0,416	0,0310
20	0,405	0,407	0,405	0,406	0,0012
25	0,304	0,364	0,401	0,356	0,0490
30	0,369	0,378	0,317	0,335	0,0329

Nota. Elaboración propia (2018).

\bar{X} : Absorbancia promedio.

\bar{S} : Desviación estándar.

Tabla 42

Absorbancias obtenidas en la determinación de antocianinas de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido tartárico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 43°C – Ácido tartárico					
Tiempo (h)	Absorbancias			\bar{X}	\bar{S}
0	0,492	0,498	0,499	0,496	0,0038
5	0,439	0,440	0,473	0,338	0,0193
10	0,399	0,399	0,382	0,295	0,0098
15	0,373	0,341	0,417	0,283	0,0382
20	0,368	0,367	0,368	0,276	0,0006
25	0,320	0,348	0,354	0,256	0,0181
30	0,381	0,336	0,322	0,260	0,0308

Nota. Elaboración propia (2018).

\bar{X} : Absorbancia promedio.

\bar{S} : Desviación estándar.

Tabla 43

Absorbancias obtenidas en la determinación de antocianinas de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37°C utilizando ácido fumárico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 37°C – Ácido fumárico					
Tiempo (h)	Absorbancias			\bar{X}	\bar{S}
0	0,492	0,498	0,499	0,496	0,0038
5	0,459	0,445	0,429	0,444	0,0150
10	0,414	0,435	0,340	0,396	0,0499
15	0,373	0,347	0,385	0,368	0,0194
20	0,361	0,347	0,384	0,364	0,0187
25	0,338	0,369	0,362	0,356	0,0163
30	0,339	0,307	0,325	0,324	0,0160

Nota. Elaboración propia (2018).

\bar{X} : Absorbancia promedio.

\bar{S} : Desviación estándar.

Tabla 44

Absorbancias obtenidas en la determinación de antocianinas de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido fumárico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 43°C – Ácido fumárico					
Tiempo (h)	Absorbancias			\bar{X}	\bar{S}
0	0,492	0,498	0,499	0,496	0,0038
5	0,409	0,447	0,545	0,467	0,0702
10	0,389	0,391	0,378	0,386	0,0070
15	0,342	0,361	0,347	0,350	0,0098
20	0,351	0,346	0,346	0,348	0,0029
25	0,335	0,312	0,321	0,323	0,0116
30	0,306	0,279	0,372	0,319	0,0478

Nota. Elaboración propia (2018).

\bar{X} : Absorbancia promedio.

\bar{S} : Desviación estándar.

Tabla 45

Absorbancias obtenidas en la determinación de antocianinas de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37 °C utilizando ácido málico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 37°C – Ácido málico					
Tiempo (h)	Absorbancias			\bar{X}	\bar{S}
0	0,492	0,498	0,499	0,496	0,0038
5	0,438	0,536	0,477	0,484	0,0493
10	0,398	0,400	0,440	0,413	0,0237
15	0,382	0,423	0,399	0,401	0,0206
20	0,389	0,371	0,433	0,398	0,0319
25	0,376	0,356	0,360	0,364	0,0106
30	0,294	0,337	0,360	0,330	0,0335

Nota. Elaboración propia (2018).

\bar{X} : Absorbancia promedio.

\bar{S} : Desviación estándar.

Tabla 46

Absorbancias obtenidas en la determinación de antocianinas de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido málico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 43°C – Ácido málico					
Tiempo (h)	Absorbancias			\bar{X}	\bar{S}
0	0,492	0,498	0,499	0,496	0,0038
5	0,410	0,417	0,400	0,409	0,0085
10	0,431	0,424	0,404	0,420	0,0140
15	0,403	0,359	0,351	0,371	0,0280
20	0,314	0,302	0,342	0,319	0,0205
25	0,337	0,329	0,292	0,319	0,0240
30	0,264	0,311	0,307	0,294	0,0261

Nota. Elaboración propia (2018).

\bar{X} : Absorbancia promedio.

\bar{S} : Desviación estándar.

Tabla 47

Resultados del análisis de varianza para determinación de antocianinas a 37 y 43°C por cada tipo de acidulante (tartárico, fumárico y málico)

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo	2735,11	6	455,851	89,11	0,0000
B:Temperatura	109,052	1	109,052	21,32	0,0000
C:Ácido	51,5924	2	25,7962	5,04	0,0085
INTERACCIONES					
AB	37,3393	6	6,22321	1,22	0,3060
AC	57,8913	12	4,82428	0,94	0,5090
BC	28,9543	2	14,4772	2,83	0,0646
ABC	71,2817	12	5,94014	1,16	0,3243
RESIDUOS	429,699	84	5,11546		
TOTAL	3520,92	125			
(CORREGIDO)					

Nota. Todas las razones- F se basan en el cuadrado medio del error residual. Suma de cuadrados Tipo III.

Tabla 48

Resultados del análisis de varianza para la determinación de antocianinas por cada tipo de acidulante – Método Tukey

Ácido	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Fumárico	42	32,4312	0,348994	X
Málico	42	32,889	0,348994	XX
Tartárico	42	33,9583	0,348994	X

Nota: No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. Método Tukey HSD (95% de confianza).

Tabla 49

Resultados del análisis de varianza para la determinación de antocianinas por cada tipo de acidulante – Diferencias significativas

Contraste	Significancia	Diferencia	+/- Límites
Fumárico - Málico		-0,457857	1,17763
Fumárico-Tartárico	*	-1,52714	1,17763
Málico - Tartárico		-1,06929	1,17763

Nota. Método Tukey HSD (95% de confianza).

* Indica una diferencia significativa.

ANEXO VIII. Resultados en la determinación de fenoles totales y análisis de varianza

Tabla 50

Absorbancias obtenidas en la determinación de fenoles totales de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37°C utilizando ácido tartárico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 37°C – Ácido tartárico					
Tiempo (h)	Absorbancias			\bar{X}	\bar{S}
0	0,200	0,191	0,195	0,195	0,0045
5	0,183	0,191	0,189	0,188	0,0042
10	0,194	0,185	0,181	0,187	0,0067
15	0,191	0,179	0,180	0,183	0,0067
20	0,169	0,157	0,170	0,165	0,0072
25	0,164	0,162	0,158	0,161	0,0031
30	0,168	0,160	0,155	0,161	0,0066

Nota. Elaboración propia (2018).

\bar{X} : Absorbancia promedio.

\bar{S} : Desviación estándar.

Tabla 51

Absorbancias obtenidas en la determinación de fenoles totales de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido tartárico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 43°C – Ácido tartárico					
Tiempo (h)	Absorbancias			\bar{X}	\bar{S}
0	0,200	0,191	0,195	0,195	0,0045
5	0,177	0,163	0,170	0,170	0,0070
10	0,176	0,167	0,162	0,168	0,0071
15	0,164	0,170	0,160	0,165	0,0050
20	0,166	0,153	0,160	0,160	0,0065
25	0,157	0,150	0,145	0,151	0,0060
30	0,150	0,153	0,148	0,150	0,0025

Nota. Elaboración propia (2018).

\bar{X} : Absorbancia promedio.

\bar{S} : Desviación estándar.

Tabla 52

Absorbancias obtenidas en la determinación de fenoles totales de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37°C utilizando ácido fumárico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 37°C – Ácido fumárico					
Tiempo (h)	Absorbancias			\bar{X}	\bar{S}
0	0,200	0,191	0,195	0,195	0,0045
5	0,178	0,182	0,175	0,178	0,0035
10	0,175	0,168	0,177	0,173	0,0047
15	0,171	0,169	0,175	0,172	0,0031
20	0,177	0,165	0,170	0,171	0,0060
25	0,175	0,168	0,164	0,169	0,0056
30	0,144	0,148	0,156	0,149	0,0061

Nota. Elaboración propia (2018).

\bar{X} : Absorbancia promedio.

\bar{S} : Desviación estándar.

Tabla 53

Absorbancias obtenidas en la determinación de fenoles totales de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido fumárico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 43°C – Ácido fumárico					
Tiempo (h)	Absorbancias			\bar{X}	\bar{S}
0	0,200	0,191	0,195	0,195	0,0045
5	0,182	0,172	0,176	0,177	0,0050
10	0,180	0,168	0,175	0,174	0,0060
15	0,170	0,165	0,175	0,170	0,0050
20	0,161	0,165	0,157	0,161	0,0040
25	0,160	0,164	0,158	0,161	0,0031
30	0,141	0,145	0,153	0,146	0,0061

Nota. Elaboración propia (2018).

\bar{X} : Absorbancia promedio.

\bar{S} : Desviación estándar.

Tabla 54

Absorbancias obtenidas en la determinación de fenoles totales de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37°C utilizando ácido málico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 37°C – Ácido málico					
Tiempo (h)	Absorbancias			\bar{X}	\bar{S}
0	0,200	0,191	0,195	0,195	0,0045
5	0,193	0,185	0,195	0,191	0,0053
10	0,184	0,188	0,190	0,187	0,0031
15	0,183	0,176	0,187	0,182	0,0056
20	0,179	0,168	0,175	0,174	0,0056
25	0,172	0,160	0,168	0,167	0,0061
30	0,161	0,167	0,158	0,162	0,0046

Nota. Elaboración propia (2018).

\bar{X} : Absorbancia promedio.

\bar{S} : Desviación estándar.

Tabla 55

Absorbancias obtenidas en la determinación de fenoles totales de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido málico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 43°C – Ácido málico					
Tiempo (h)	Absorbancias			\bar{X}	\bar{S}
0	0,200	0,191	0,195	0,195	0,0045
5	0,180	0,170	0,177	0,176	0,0051
10	0,172	0,167	0,178	0,172	0,0055
15	0,164	0,170	0,175	0,170	0,0055
20	0,166	0,162	0,158	0,162	0,0040
25	0,147	0,154	0,146	0,149	0,0044
30	0,153	0,149	0,143	0,148	0,0050

Nota. Elaboración propia (2018).

\bar{X} : Absorbancia promedio.

\bar{S} : Desviación estándar.

Tabla 56

Resultados del análisis de varianza para determinación de fenoles totales a 37 y 43°C por cada tipo de acidulante (tartárico, fumárico y málico)

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS					
PRINCIPALES					
A:Tiempo	33685,9	6	5614,31	131,76	0,0000
B:Ácido	280,68	2	140,34	3,29	0,0420
C:Temperatura	4071,54	1	4071,54	95,56	0,0000
INTERACCIONES					
AB	1097,97	12	91,4972	2,15	0,0219
AC	735,491	6	122,582	2,88	0,0134
BC	820,164	2	410,082	9,62	0,0002
ABC	677,232	12	56,436	1,32	0,2203
RESIDUOS	3579,17	84	42,6091		
TOTAL (CORREGIDO)	44948,1	125			

Nota. Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual.

Tabla 57

Resultados del análisis de varianza para la determinación de fenoles totales por cada tipo de acidulante – Método Tukey

Ácido	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Fumárico	42	213,571	1,00723	X
Tartárico	42	214,256	1,00723	XX
Málico	42	217,024	1,00723	X

Nota: No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. Método Tukey HSD (95% de confianza).

Tabla 58

Resultados del análisis de varianza para determinación de fenoles totales por cada tipo de acidulante – Diferencias significativas

Contraste	Significancia	Diferencia	+/- Límites
Fumárico - Málico	*	-3,45238	3,39874
Fumárico-Tartárico		-0,684524	3,39874
Málico - Tartárico		2,76786	3,39874

Nota. Método Tukey HSD (95% de confianza).

* Indica una diferencia significativa.

ANEXO IX. Resultados de la evaluación sensorial del color de la bebida en estudio durante su almacenamiento controlado y análisis de varianza

Tabla 59

Evaluación sensorial del color de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37°C utilizando ácido tartárico como acidulante.

Temperatura de almacenamiento de 37°C-Ácido tartárico								
Tiempo (horas)	Jueces							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	3	4	5	5	7	8	5	7
5	3	6	5	5	7	8	3	7
10	3	1	5	6	7	8	5	7
15	3	5	5	8	8	7	6	7
20	6	6	5	7	6	6	6	7
25	7	6	5	7	8	6	7	7
30	6	7	5	8	8	6	7	7

Nota. Elaboración propia (2018).

Tabla 60

Evaluación sensorial del color de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido tartárico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 43°C-Ácido tartárico								
Tiempo (horas)	Jueces							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	3	4	5	5	7	8	5	7
5	5	6	5	7	8	7	3	7
10	4	2	5	7	7	8	6	7
15	4	5	5	8	8	7	8	7
20	7	6	5	5	7	7	6	7
25	6	6	5	8	8	6	8	7
30	6	7	5	7	8	5	7	7

Nota. Elaboración propia (2018).

Tabla 61

Evaluación sensorial del color de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37 ° C utilizando ácido fumárico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 37°C-Ácido fumárico								
Tiempo (horas)	Jueces							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	2	5	5	9	6	7	4	7
5	6	6	5	7	9	8	4	7
10	3	2	5	8	7	8	8	7
15	4	6	5	7	8	8	7	7
20	8	6	5	6	7	7	7	7
25	7	7	5	7	8	7	7	7
30	6	7	5	8	8	6	8	7

Nota. Elaboración propia (2018).

Tabla 62

Evaluación sensorial del color de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43 ° C utilizando ácido fumárico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 43°C-Ácido fumárico								
Tiempo (horas)	Jueces							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	2	5	5	9	6	7	4	7
5	4	7	5	8	9	9	6	7
10	4	3	5	8	6	7	8	7
15	2	7	5	8	8	8	9	7
20	9	6	5	8	8	7	6	7
25	7	7	5	8	6	8	8	7
30	9	8	5	8	7	5	7	7

Nota. Elaboración propia (2018).

Tabla 63

Evaluación sensorial del color de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37 ° C utilizando ácido málico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 37°C-Ácido málico								
Tiempo (horas)	Jueces							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	3	5	5	7	4	7	8	7
5	7	7	5	8	8	7	3	7
10	3	3	5	8	7	8	7	7
15	3	7	5	8	8	7	9	7
20	9	6	5	7	8	7	7	7
25	7	7	5	9	6	6	7	7
30	8	8	5	7	7	6	9	7

Nota. Elaboración propia (2018).

Tabla 64

Evaluación sensorial del color de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43 ° C utilizando ácido málico como acidulante

Temperatura de almacenamiento a 43°C-Ácido málico								
Tiempo (horas)	Jueces							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	3	5	5	7	4	7	8	7
5	7	7	5	8	9	7	6	7
10	4	3	5	9	8	7	7	7
15	4	8	5	9	9	6	9	7
20	8	6	5	8	8	6	8	7
25	8	7	5	7	8	7	8	7
30	8	8	5	9	7	8	9	7

Nota. Elaboración propia (2018).

Tabla 65

Resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial de color a 37 y 43°C por cada tipo de acidulante (tartárico, fumárico y málico)

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo	73,5714	6	12,2619	4,87	0,0001
B:Ácido	22,506	2	11,253	4,47	0,0123
C:Temperatura	4,0744	1	4,0744	1,62	0,2045
INTERACCIONES					
AB	5,66071	12	0,471726	0,19	0,9989
AC	1,57143	6	0,261905	0,10	0,9959
BC	0,184524	2	0,0922619	0,04	0,9641
ABC	1,98214	12	0,165179	0,07	1,0000
RESIDUOS	740,875	294	2,51998		
TOTAL (CORREGIDO)	850,426	335			

Nota. Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual. Suma de cuadrados tipo III.

Tabla 66

Resultados de pruebas de rango múltiple para la evaluación sensorial del color por cada tipo de ácido – Método Tukey

Ácido	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Tartárico	112	6,08036	0,149999	X
Fumárico	112	6,51786	0,149999	XX
Málico	112	6,69643	0,149999	X

Nota. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. Método Tukey HSD (95% de confianza).

Tabla 67

Resultados de pruebas de rango múltiple para la evaluación sensorial del color por cada tipo de ácido - Diferencias significativas

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Fumárico - Málico		-0,178571	0,501391
Fumárico - Tartárico		0,4375	0,501391
Málico - Tartárico	*	0,616071	0,501391

Nota. Método Tukey HSD (95% de confianza).

* Indica una diferencia significativa.

ANEXO X. Resultados de la evaluación sensorial del sabor de la bebida en estudio durante su almacenamiento controlado y análisis de varianza

Tabla 68

Evaluación sensorial del sabor de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37°C utilizando ácido tartárico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 37°C-Ácido tartárico								
Tiempo (horas)	Jueces							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	6	1	1	1	5	5	1	3
5	3	3	1	1	4	3	2	3
10	4	4	1	1	7	5	5	4
15	3	5	1	1	2	3	6	3
20	3	5	1	1	4	6	6	3
25	1	5	7	1	5	2	5	5
30	7	7	1	3	6	1	6	5

Nota. Elaboración propia (2018).

Tabla 69

Evaluación sensorial del sabor de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido tartárico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 43°C-Ácido tartárico								
Tiempo (horas)	Jueces							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	6	1	1	1	5	5	1	3
5	1	4	2	1	3	3	1	3
10	3	4	1	1	5	4	4	3
15	4	5	1	2	1	3	4	5
20	2	5	1	1	4	5	7	4
25	1	5	1	1	5	4	5	4
30	6	8	7	4	6	3	7	5

Nota. Elaboración propia (2018).

Tabla 70

Evaluación sensorial del sabor de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37 ° C utilizando ácido fumárico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 37°C-Ácido fumárico								
Tiempo (horas)	Jueces							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	4	1	2	1	4	4	1	3
5	1	4	4	3	4	4	1	3
10	3	4	7	1	2	3	6	4
15	5	6	7	3	2	1	8	5
20	3	5	7	1	4	4	7	5
25	1	6	7	5	5	1	5	5
30	3	7	7	5	5	2	7	5

Nota. Elaboración propia (2018).

Tabla 71

Evaluación sensorial del sabor de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43 ° C utilizando ácido fumárico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 43°C-Ácido fumárico								
Tiempo (horas)	Jueces							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	4	1	2	1	4	4	1	3
5	2	4	5	4	4	3	3	4
10	4	4	7	1	2	4	4	4
15	3	6	7	3	2	2	7	5
20	2	5	7	2	5	3	7	5
25	2	6	7	2	6	1	6	4
30	1	7	4	6	5	2	8	5

Nota. Elaboración propia (2018).

Tabla 72

Evaluación sensorial del sabor de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37 °C utilizando ácido málico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 37°C-Ácido málico								
Tiempo (horas)	Jueces							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	3	1	4	1	4	4	1	3
5	2	4	5	5	5	3	3	3
10	3	5	7	1	3	3	5	4
15	2	7	7	2	2	1	6	5
20	1	5	7	2	5	3	8	6
25	2	6	7	4	4	1	7	5
30	1	7	7	6	5	1	7	5

Nota. Elaboración propia (2018).

Tabla 73

Evaluación sensorial del sabor de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43 °C utilizando ácido málico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 37°C-Ácido fumárico								
Tiempo (horas)	Jueces							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	3	1	4	1	4	4	1	3
5	1	4	4	4	4	3	2	4
10	3	5	7	2	2	2	7	4
15	3	7	7	2	2	2	7	4
20	3	5	7	3	4	1	6	4
25	3	7	7	3	6	1	6	6
30	1	7	7	5	5	2	7	5

Nota. Elaboración propia (2018).

Tabla 74

Resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial de sabor a 37 y 43°C por cada tipo de acidulante (tartárico, fumárico y málico)

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS					
PRINCIPALES					
A:Tiempo	168,792	6	28,1319	7,42	0,0000
B:Ácido	22,625	2	11,3125	2,98	0,0521
C:Temperatura	0,0744048	1	0,0744048	0,02	0,8887
INTERACCIONES					
AB	27,7083	12	2,30903	0,61	0,8342
AC	2,02976	6	0,338294	0,09	0,9973
BC	0,00595238	2	0,00297619	0,00	0,9992
ABC	13,5774	12	1,13145	0,30	0,9894
RESIDUOS	1114,38	294	3,79039		
TOTAL	1349,19	335			
(CORREGIDO)					

Nota. Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual. Suma de cuadrados tipo III.

ANEXO XI. Resultados de la evaluación sensorial de apariencia de la bebida en estudio durante su almacenamiento controlado y análisis de varianza.

Tabla 75

Evaluación sensorial de apariencia de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37°C utilizando ácido tartárico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 37°C-Ácido tartárico								
Tiempo (horas)	Jueces							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	8	6	10	10	4	6	3	7
5	9	7	10	9	6	7	6	7
10	8	7	10	10	6	8	6	7
15	9	6	10	9	8	7	7	7
20	8	5	9	10	8	8	7	7
25	7	6	9	10	8	7	6	7
30	7	7	9	10	7	7	7	7

Nota. Elaboración propia (2018).

Tabla 76

Evaluación sensorial de apariencia de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido tartárico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 43°C-Ácido tartárico								
Tiempo (horas)	Jueces							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	8	6	10	10	4	6	3	7
5	8	7	10	10	7	6	8	7
10	9	7	10	10	7	8	6	7
15	8	7	10	10	8	7	7	7
20	8	5	9	9	7	8	6	7
25	8	7	9	10	8	7	7	7
30	6	7	9	10	7	5	6	7

Nota. Elaboración propia (2018).

Tabla 77

Evaluación sensorial de apariencia de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37°C utilizando ácido fumárico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 37° C-Ácido fumárico								
Tiempo (horas)	Jueces							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	8	6	7	8	3	5	3	7
5	10	7	7	7	5	8	8	7
10	8	7	7	10	7	8	5	7
15	8	7	8	8	8	6	7	7
20	9	5	8	10	7	7	7	7
25	9	7	8	8	7	7	8	7
30	9	8	8	10	8	7	7	7

Nota. Elaboración propia (2018).

Tabla 78

Evaluación sensorial de apariencia de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido fumárico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 43° C-Ácido fumárico								
Tiempo (horas)	Juez							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	8	6	7	8	3	5	3	7
5	9	8	6	6	7	7	9	7
10	9	6	10	8	8	8	6	7
15	9	7	7	7	8	7	6	7
20	5	5	7	8	7	5	8	7
25	7	7	9	8	7	7	6	7
30	9	8	9	10	7	7	8	7

Nota. Elaboración propia (2018).

Tabla 79

Evaluación sensorial de apariencia de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37°C utilizando ácido málico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 37° C-Ácido málico								
Tiempo (horas)	Jueces							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	10	6	7	8	4	7	4	7
5	8	8	6	9	8	6	8	7
10	9	6	7	9	8	6	6	7
15	8	7	7	7	8	7	7	7
20	9	6	8	10	7	7	7	7
25	5	7	7	10	7	5	7	7
30	6	9	7	10	7	5	8	7

Nota. Elaboración propia (2018).

Tabla 80

Evaluación sensorial de apariencia de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43°C utilizando ácido málico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 43° C-Ácido málico								
Tiempo (horas)	Jueces							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	10	6	7	8	4	7	4	7
5	10	8	7	9	7	8	9	7
10	8	7	7	9	8	6	7	7
15	9	8	7	8	9	8	7	7
20	6	6	8	8	7	5	8	7
25	9	7	8	9	8	6	7	7
30	4	9	7	10	8	6	8	7

Nota. Elaboración propia (2018).

Tabla 81

Resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial de apariencia a 37 y 43°C por cada tipo de acidulante (tartárico, fumárico y málico)

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS					
PRINCIPALES					
A:Tiempo	55,5714	6	9,2619	4,41	0,0003
B:Ácido	6,64881	2	3,3244	1,58	0,2070
C:Temperatura	0,047619	1	0,047619	0,02	0,8804
INTERACCIONES					
AB	17,1429	12	1,42857	0,68	0,7701
AC	9,20238	6	1,53373	0,73	0,6254
BC	1,6131	2	0,806548	0,38	0,6814
ABC	4,7619	12	0,396825	0,19	0,9988
RESIDUOS	617,25	294	2,09949		
TOTAL	712,238	335			
(CORREGIDO)					

Nota. Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual. Suma de cuadrados tipo III.

ANEXO XII. Resultados de la valuación sensorial del olor de la bebida en estudio durante su almacenamiento controlado y análisis de varianza

Tabla 82

Evaluación sensorial del olor de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37 °C utilizando ácido tartárico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 37° C-Ácido tartárico								
Tiempo (horas)	Jueces							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	5	5	7	4	8	7	7	9
5	6	5	8	6	7	8	4	9
10	5	5	7	7	7	7	8	9
15	3	6	8	7	8	8	7	9
20	4	6	7	5	7	6	8	9
25	5	8	6	8	8	6	6	9
30	5	8	7	10	8	8	6	9

Nota. Elaboración propia (2018).

Tabla 83

Evaluación sensorial del olor de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43 °C utilizando ácido tartárico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 43° C-Ácido tartárico								
Tiempo (horas)	Jueces							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	5	5	7	4	8	7	7	9
5	6	6	6	7	7	7	4	9
10	5	5	7	7	8	7	8	9
15	5	7	7	6	7	6	8	9
20	5	6	7	5	7	6	7	9
25	5	8	6	8	8	5	7	9
30	4	7	7	9	8	8	7	9

Nota. Elaboración propia (2018).

Tabla 84

Evaluación sensorial del olor de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37 °C utilizando ácido fumárico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 37°C-Ácido fumárico								
Tiempo (horas)	Jueces							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	9	5	7	5	8	6	6	9
5	6	6	8	8	6	6	6	7
10	5	5	8	7	8	7	9	9
15	6	7	8	6	8	7	7	9
20	5	7	8	6	7	6	6	9
25	4	8	7	8	8	4	7	9
30	4	8	8	9	8	8	6	9

Nota. Elaboración propia (2018).

Tabla 85

Evaluación sensorial del olor de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43 °C utilizando ácido fumárico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 43°C-Ácido fumárico								
Tiempo (horas)	Jueces							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	9	5	7	5	8	6	6	9
5	8	6	8	8	5	7	8	9
10	6	6	8	8	7	7	7	9
15	5	7	8	6	8	7	9	9
20	5	7	8	7	7	5	8	9
25	5	8	7	9	8	6	7	9
30	7	8	8	9	7	7	7	9

Nota. Elaboración propia (2018).

Tabla 86

Evaluación sensorial del olor de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 37 °C utilizando ácido málico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 37°C - Ácido málico								
Tiempo (horas)	Jueces							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	8	5	7	6	8	6	6	9
5	6	6	8	9	6	8	8	9
10	5	6	8	8	8	8	8	9
15	6	7	8	8	9	8	9	9
20	5	7	8	7	8	6	8	9
25	5	8	8	9	9	8	8	9
30	6	8	8	10	7	8	6	9

Nota. Elaboración propia (2018).

Tabla 87

Evaluación sensorial del olor de la bebida en estudio durante su almacenamiento a 43 °C utilizando ácido málico como acidulante

Temperatura de almacenamiento de 43°C - Ácido málico								
Tiempo (horas)	Jueces							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	8	5	7	6	8	6	6	9
5	6	6	9	7	7	8	1	9
10	4	6	8	9	8	7	7	9
15	6	8	8	7	9	8	9	9
20	4	7	8	8	8	5	7	9
25	5	8	8	9	8	5	9	9
30	5	8	7	10	7	6	8	9

Nota. Elaboración propia (2018).

Tabla 88

Resultados del análisis de varianza para la evaluación sensorial de olor a 37 y 43°C por cada tipo de acidulante (tartárico, fumárico y málico)

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS					
PRINCIPALES					
A:Tiempo	29,8274	6	4,97123	2,25	0,0385
B:Ácido	17,756	2	8,87798	4,02	0,0189
C:Temperatura	0,047619	1	0,047619	0,02	0,8833
INTERACCIONES					
AB	6,49405	12	0,541171	0,25	0,9957
AC	0,160714	6	0,0267857	0,01	1,0000
BC	4,32738	2	2,16369	0,98	0,3765
ABC	4,08929	12	0,340774	0,15	0,9996
RESIDUOS	649,0	294	2,20748		
TOTAL (CORREGIDO)	711,702	335			

Nota. Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual. Suma de Cuadrados Tipo III.

Tabla 89

Resultados de pruebas de rango múltiple para la evaluación sensorial de olor por cada tipo de ácido – Método Tukey

Ácido	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Tartárico	112	6,84821	0,140391	X
Fumárico	112	7,15179	0,140391	XX
Málico	112	7,41071	0,140391	X

Nota. Método Tukey HSD (95% de confianza).

Tabla 90

Resultados de pruebas de rango múltiple para la evaluación sensorial del olor por cada tipo de ácido - Diferencias significativas

Contraste	Significancia	Diferencia	+/- Límites
Fumárico - Málico		-0,258929	0,469274
Fumárico - Tartárico		0,303571	0,469274
Málico - Tartárico	*	0,5625	0,469274

Nota. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. Método Tukey HSD (95% de confianza)

* Indica una diferencia significativa.

ANEXO XIII. Imágenes

13.1. Entrenamiento de panel sensorial



Entrenamiento de juez



Prueba de identificación de sabores



Prueba de identificación de sabores



Prueba de identificación de colores



Prueba de identificación de apariencia



Muestras de la bebida en estudio

13.2. Caracterización de la bebida en estudio



Medición de sólidos solubles



Medición pH



Baño maría de la muestra de la bebida



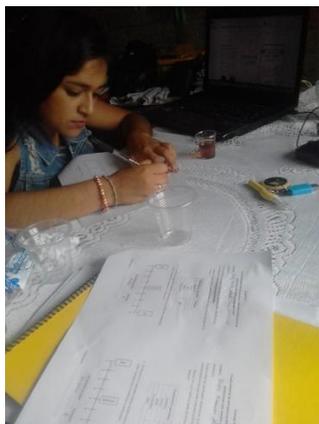
Muestra luego del baño maría



Medición de peso de la muestra



Determinación de cenizas



Caracterización sensorial de la bebida



Caracterización sensorial de la bebida



Caracterización sensorial de la bebida



Caracterización sensorial de la bebida



Preparación de carbonato para la determinación de fenoles



Mezcla para la determinación de fenoles totales



Preparación de Buffer 1 y 4,5



Mezcla para la determinación de antocianinas



Determinación de antocianinas



Determinación de fenoles totales

13.3. Evaluación sensorial



Evaluación sensorial de la bebida con diferentes acidulantes a 37°C
5 horas de almacenamiento



Evaluación sensorial de la bebida con diferentes acidulantes a 43°C
5 horas de almacenamiento



Evaluación sensorial de la bebida
con diferentes acidulantes a 37°C
10 horas de almacenamiento



Evaluación sensorial de la bebida
con diferentes acidulantes a 43°C
10 horas de almacenamiento



Evaluación sensorial de la bebida
con diferentes acidulantes a 37°C
15 horas de almacenamiento



Evaluación sensorial de la bebida
con diferentes acidulantes a 43°C
15 horas de almacenamiento



Evaluación sensorial de la bebida
con diferentes acidulantes a 37°C
20 horas de almacenamiento



Evaluación sensorial de la bebida
con diferentes acidulantes a 43°C
20 horas de almacenamiento



Evaluación sensorial de la bebida con diferentes acidulantes a 37°C- 25 horas de almacenamiento



Evaluación sensorial de la bebida con diferentes acidulantes a 43°C- 25 horas de almacenamiento



Evaluación sensorial de la bebida con diferentes acidulantes a 37°C 30 horas de almacenamiento



Evaluación sensorial de la bebida con diferentes acidulantes a 43°C 30 horas de almacenamiento

10.4. Determinación de antocianinas y fenoles



Codificación de la muestra de la bebida en estudio



Verificación de la codificación



Muestras en la incubadora



Bebida en estudio con tres tipos de acidulantes diferente



Incubadoras de almacenamiento controlado



Preparación de carbonato de sodio



Determinación de fenoles



Determinación de antocianinas



Muestras utilizadas para el análisis



Mezcla de reactivos para el análisis



Medición de fenoles totales



Medición de antocianinas