



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y ARQUITECTURA
Carrera de Ingeniería en Alimentos**

PREVIO A LA OBTENCIÓN

DEL TÍTULO DE

INGENIERO EN ALIMENTOS

TEMA:

**Caracterización y evaluación sensorial de bebidas de
jengibre (*Zingiber officinale*), cúrcuma (*Curcuma longa*) y frutos
cítricos**

AUTOR:

Ponce Choez Carlos Estiven

TUTOR:

Ing. Edison Grego Lavayen Delgado Ph.D.

Manta – Manabí – Ecuador

2026

Certificación del Tutor

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante Ponce Choez Carlos Estiven, legalmente matriculado en la carrera de Alimentos, período académico 2026-1, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es "Caracterización y evaluación sensorial de bebidas de jengibre (*Zingiber officinale*), cúrcuma (*Curcuma longa*) y frutos cítricos".

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad de este, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.



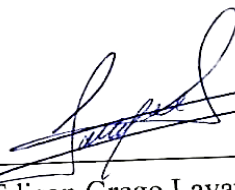
Ing. Edison Grego Lavayen Delgado Ph.D
TUTOR DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DE TESIS

Ponce Choez Carlos Estiven, estudiante de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de Ingeniería Industria y Arquitectura, Carrera de Alimentos, libre y voluntariamente declaro que la responsabilidad del contenido del presente trabajo titulado "Caracterización y evaluación sensorial de bebidas de jengibre (*Zingiber officinale*), cúrcuma (*Curcuma longa*) y frutos cítricos," Es una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del tutor, Ing. Edison Grego Lavayen Delgado Ph.D y la propiedad intelectual de la misma pertenece a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.



Ponce Choez Carlos Estiven
C.I. 1725543191



Ing. Edison Grego Lavayen Delgado Ph.D
C.I. 1308666369

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quisiera expresar y agradecer a Dios por darme la vida, la salud, la sabiduría y la fuerza para terminar esta importante fase de mi formación profesional. A mi madre, por su amor incondicional, por su esfuerzo y sacrificios. Por creer siempre en mí, por ser mi mayor ejemplo de perseverancia y por motivarme a que alcance cada uno de mis sueños. A mis hermanos y mis tías, por su cariño, apoyo y confianza. Por acompañarme en este camino, por sus consejos y por estar ahí en esos momentos más importantes de mi vida. A mis compañeros y amigos, por compartir conmigo en esta etapa de la universidad, llena de aprendizajes, compromisos y experiencias que contribuyeron a mi crecimiento personal y profesional. Y por último a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, a los maestros de la carrera de Ingeniería en Alimentos y a mi tutor de tesis Ing. Edison Grego Lavayen por sus enseñanzas, sus orientaciones y su acompañamiento en el proceso de desarrollo de esta investigación.

DEDICATORIA

Quisiera dedicar este trabajo, en primer lugar, a Dios. Por ser mi luz, mi fortaleza, la guía que iluminó cada paso de este camino. Gracias por darme sabiduría, perseverancia, las necesarias bendiciones para llegar a esta importante meta. A mi madre, por su amor incondicional, por su entrega, por los sacrificios realizados para brindarme un futuro mejor. Gracias por tu incondicional apoyo, por confiar siempre en mí, por enseñarme que todo sueño puede hacerse realidad con esfuerzo, humildad y dedicación. Este logro, además, es tuyo. A mis hermanos, por su apoyo y por brindarme siempre la motivación necesaria para continuar y por acompañarme en cada etapa de este proceso. A mis tías, por su cariño, por su confianza, por su apoyo constante. Gracias por sus consejos, por sus palabras de aliento y por creer en mí, por creer en mis capacidades. Su presencia, su apoyo, fueron fundamentales para alcanzar este sueño. Finalmente, dedicar esta etapa del logro a mis compañeros y amigos, quienes hicieron de esta etapa universitaria un espacio lleno de aprendizajes, desafíos y recuerdos imborrables. Cada momento compartido contribuyó a mi crecimiento personal y profesional.

RESUMEN

El propósito de la presente investigación fue caracterizar y evaluar sensorialmente bebidas elaboradas con jengibre (*Zingiber officinale*), cúrcuma (*Curcuma longa*) y frutos cítricos, y determinar el efecto de los ingredientes sobre las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales. Se aplicó un diseño experimental factorial 2×3 , considerando como factores el tipo de raíz (jengibre y cúrcuma) y el tipo de cítrico (naranja, limón y mandarina), obteniéndose así seis tratamientos que fueron evaluados en los días 0, 5 y 10. Se determinaron pH, acidez titulable, sólidos solubles ($^{\circ}\text{Brix}$), color, mediante el sistema CIELab, recuento de aerobios mesófilos y aceptabilidad sensorial, mediante el uso de una prueba hedónica con 30 jueces no entrenados. Los datos obtenidos fueron analizados mediante ANOVA y prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$). El análisis de los resultados mostró que el tipo de cítrico tuvo un efecto significativo sobre varias de las variables analizadas. Las formulaciones con naranja mostraron los máximos valores de pH, en tanto que las formuladas con limón exhibieron mayor acidez titulable y menores recuentos de aerobios mesófilos. Los sólidos solubles más bien mostraron una disminución general en el día 5 para luego aumentar en el día 10. Las variables de color mostraron diferencias significativas asociadas principalmente al tipo de raíz que se utilizaba. En la prueba sensorial, la combinación jengibre + limón (T1) fue la que obtuvo la mayor puntuación media de aceptabilidad general, además de tener la mejor puntuación en aroma y sabor. Durante el almacenamiento, el recuento de aerobios mesófilos aumentó en el tiempo a lo largo del almacenamiento, lo que pone de manifiesto que se deben llevar a cabo mejoras en las condiciones de elaboración y conservación. Se concluye que la formulación jengibre + limón mostró el mayor potencial sensorial de las combinaciones estudiadas.

ABSTRACT

The purpose of this research was to characterize and sensorially evaluate beverages made from ginger (**Zingiber officinale**), turmeric (**Curcuma longa**), and citrus fruits, and to determine the effect of the ingredients on physicochemical, microbiological, and sensory properties. A 2×3 factorial experimental design was applied, considering root type (ginger and turmeric) and citrus type (orange, lemon, and mandarin) as factors, resulting in six treatments evaluated on days 0, 5, and 10. Determinations included pH, titratable acidity, soluble solids (°Brix), color (using the CIELab system), mesophilic aerobic counts, and sensory acceptability (using a hedonic test with 30 untrained panelists). Data were analyzed using ANOVA and Tukey's test ($\alpha = 0.05$). Results showed that the type of citrus fruit had a significant effect on the analyzed variables. Formulations with orange showed the highest pH values, whereas those with lemon exhibited higher titratable acidity and lower mesophilic aerobic counts. Soluble solids generally decreased on day 5 and subsequently increased on day 10. Color variables showed significant differences primarily associated with the type of root used. In the sensory test, the ginger + lemon combination (T1) achieved the highest mean score for overall acceptability, as well as the best scores for aroma and flavor. Mesophilic aerobic counts increased over the storage period, indicating a need for improvements in processing and storage conditions. It is concluded that the ginger + lemon formulation demonstrated the greatest sensory potential among the combinations studied.

Índice

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Antecedentes Investigativos.....	1
1.2	Marco teórico	3
1.2.1	Alimentos funcionales.....	3
1.2.2	Bebidas funcionales	4
1.2.3	Jengibre	4
1.2.4	Propiedades del jengibre	5
1.2.5	Cúrcuma	5
1.2.6	Propiedades de la cúrcuma.....	6
1.2.7	Bebida de frutas	6
1.2.8	Frutos cítricos.....	7
1.2.9	Naranja	7
1.2.10	Limón.....	8
1.2.11	Mandarina	8
1.3	Planteamiento del problema.....	9
1.4	Justificación	10
1.5	Pregunta de investigación	11
1.6	Hipótesis	11
1.7	Objetivos	11
1.7.1	Objetivos Generales	11
1.7.2	Objetivos Específicos.....	11
2	METODOLOGÍA.....	11

2.1	Tipo de Investigación.....	12
2.2	Ubicación	12
2.3	Análisis	12
2.3.1	pH.....	12
2.3.2	Sólidos solubles	13
2.3.3	Acidez titulable	14
2.3.4	Color	15
2.3.5	Microbiológico.....	16
2.4	Equipos	17
2.5	Insumos	18
2.6	Procedimiento	18
2.7	Estadística	19
2.8	Diseño Experimental.....	19
2.9	Unidad experimental:.....	21
3	RESULTADOS	21
3.1	pH.....	21
3.1.1	pH día 0.....	21
3.1.2	pH día 5.....	24
3.1.3	pH día 10.....	27
3.2	Acidez	32
3.2.1	Acidez día 0	32
3.2.2	Acidez día 5.	35
3.2.3	Acidez día 10	38
3.3	°Brix.....	43
3.3.1	°Brix día 0	43

3.3.2	°Brix día 5	46
3.3.3	°Brix día 10	50
3.4	Color	53
3.4.1	Color día 0.....	53
3.4.2	Color día 5.....	61
3.4.3	Color Día 10.....	69
3.5	Microbiología.....	77
3.5.1	Microbiología día 0.....	77
3.5.2	Microbiología día 5	80
3.5.3	Microbiología día 10.....	84
3.6	Análisis sensorial (resultados de prueba hedónica)	89
3.6.1	Color	89
3.6.2	Aroma	92
3.6.3	Sabor	95
3.6.4	Aceptabilidad	98
4	DISCUSIONES	102
4.1	pH.....	102
4.2	Acidez	103
4.3	° Brix.....	105
4.4	Color Lab	107
4.5	Microbiología.....	109
4.6	Evaluación sensorial	111
5	CONCLUSIONES	113
6	RECOMENDACIONES	114
7	REFERENCIAS.....	115

8	ANEXOS.....	121
----------	--------------------	------------

Índice de tabla

Tabla 1: Grados ° Brix NTE INEN 2337:2008	13
Tabla 2: Factores	19
Tabla 3: ANOVA	20
Tabla 4: Análisis de varianza del pH de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos en el día 0.	21
Tabla 5: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para el pH día 0.	21
Tabla 6: Comparación de medias del factor B (Tipo de cítrico) para el pH día 0.....	22
Tabla 7: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para el pH día 0.....	23
Tabla 8: Análisis de varianza del pH de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y cítricos en el día 5.	24
Tabla 9: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para el pH día 5.	25
Tabla 10: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para el pH día 5	25
Tabla 11: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para el pH día 5.....	26
Tabla 12: Análisis de varianza del pH de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos en el día 10.	27
Tabla 13: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para el pH día 10.	28
Tabla 14: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para el pH día 10.....	29
Tabla 15: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para el pH día 10.....	30
Tabla 16: Análisis de varianza de la acidez de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos en el día 0.....	32

Tabla 17: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la acidez titulable día 0.....	32
Tabla 18: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la acidez titulable día 0.....	33
Tabla 19: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para la acidez titulable día 0.	34
Tabla 20: Análisis de varianza de la acidez de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos en el día 5.....	35
Tabla 21: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la acidez titulable día 5.....	36
Tabla 22: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la acidez titulable día 5.....	37
Tabla 23: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para la acidez titulable día 5.	37
Tabla 24: Análisis de varianza de la acidez de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos en el día 10.....	38
Tabla 25: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la acidez titulable día 10.....	39
Tabla 26: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la acidez titulable día 10.....	40
Tabla 27: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para la acidez titulable día 10.	41
Tabla 28: Análisis de varianza de los sólidos solubles (° Brix) de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos en el día 0.....	43

Tabla 29: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para los sólidos solubles (° Brix) día 0.	43
Tabla 30: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para los sólidos solubles (° Brix) día 0.	44
Tabla 31: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para los sólidos solubles (°Brix) día 0.	45
Tabla 32: Análisis de varianza de los sólidos solubles (° Brix) de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos en el día 5.	46
Tabla 33: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para los sólidos solubles (°Brix) día 5.	47
Tabla 34: Comparación de medias del factor B (tipo de cítricos) para los sólidos solubles (°Brix) día 5.	48
Tabla 35: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para los sólidos solubles (°Brix) día 5.	49
Tabla 36: Análisis de varianza de los sólidos solubles (°Brix) de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos en el día 10.	50
Tabla 37: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para los sólidos solubles (°Brix) día 10.	50
Tabla 38: Comparación de medias del factor B (tipo de cítricos) para los sólidos solubles (°Brix) día 10.	51
Tabla 39: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para los sólidos solubles (°Brix) día 10.	52
Tabla 40: Análisis de varianza de la luminosidad (L*) de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos día 0.	53

Tabla 41: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la luminosidad (L^*) de las bebidas en día 0.	54
Tabla 42: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la luminosidad (L^*) de las bebidas en día 0.	55
Tabla 43: Análisis de varianza de la coordenada (a^*) de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos día 0.	55
Tabla 44: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la coordenada (a^*) de las bebidas en día 0.	56
Tabla 45: Comparación de medias del factor B (tipo de Cítrico) para la coordenada (a^*) de las bebidas en día 0.	57
Tabla 46: Análisis de varianza de la coordenada (b^*) de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos día 0.	58
Tabla 47: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la coordenada (b^*) de las bebidas en día 0.	59
Tabla 48: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la coordenada (b^*) de las bebidas en día 0.	60
Tabla 49: Análisis de varianza de la luminosidad (L^*) de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos día 5.	61
Tabla 50: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la luminosidad (L^*) de las bebidas en día 5.	61
Tabla 51: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la luminosidad (L^*) de las bebidas en día 5.	62
Tabla 52: Análisis de varianza de la coordenada (a^*) de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos día 5.	63

Tabla 53: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la coordenada (a^*) de las bebidas en día 5.	64
Tabla 54: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la coordenada (a^*) de las bebidas en día 5.	65
Tabla 55: Análisis de varianza de la coordenada (b^*) de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos día 5.	66
Tabla 56: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la coordenada (b^*) de las bebidas en día 5.	66
Tabla 57: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la coordenada (b^*) de las bebidas en día 5.	67
Tabla 58: Análisis de varianza de la luminosidad (L^*) de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos día 10.	69
Tabla 59: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la luminosidad (L^*) de las bebidas en día 10.	69
Tabla 60: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la luminosidad (L^*) de las bebidas en día 10.	70
Tabla 61: Análisis de varianza de la coordenada (a^*) de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos día 10.	72
Tabla 62: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la coordenada (a^*) de las bebidas en día 10.	72
Tabla 63: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la coordenada (a^*) de las bebidas en día 10.	73
Tabla 64: Análisis de varianza de la coordenada (b^*) de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos día 10.	74

Tabla 65: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la coordenada (b*) de las bebidas en día 10.	75
Tabla 66: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la coordenada (b*) de las bebidas en día 10.	76
Tabla 67: Análisis de varianza del recuento de aerobios mesófilos de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y frutos cítricos día 0.....	77
Tabla 68: Comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos factor A (tipo de raíz) día 0.	77
Tabla 69: Comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos factor B (tipo de cítrico) día 0.....	78
Tabla 70: Comparación de medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico sobre el recuento de aerobios mesófilos durante el día 0.	79
Tabla 71: Análisis de varianza del recuento de aerobios mesófilos de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y frutos cítricos día 5.....	80
Tabla 72: Comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos factor A (tipo de raíz) día 5.	81
Tabla 73: Comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos factor B (tipo de cítrico) día 5.	82
Tabla 74: Comparación de medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico sobre el recuento de aerobios mesófilos durante el día 5.	83
Tabla 75: Análisis de varianza del recuento de aerobios mesófilos de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y frutos cítricos día 10.....	84
Tabla 76: Comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos factor A (tipo de raíz) día 10.	85

Tabla 77: Comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos factor B (tipo de cítrico) día 10.	86
Tabla 78: Comparación de medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico sobre el recuento de aerobios mesófilos durante el día 10.	87
Tabla 79: Análisis de varianza de la evaluación sensorial del atributo color de las bebidas	89
Tabla 80: Comparación de medias de los catadores para el atributo color de las bebidas.	89
Tabla 81: Comparación de medias de los tratamientos para el atributo color de las bebidas.	91
Tabla 82: Análisis de varianza de la evaluación sensorial del atributo aroma de las bebidas.	92
Tabla 83: Comparación de medias de los catadores para el atributo aroma de las bebidas.	92
Tabla 84: Comparación de medias de los tratamientos para el atributo aroma de las bebidas.	94
Tabla 85: Análisis de varianza de la evaluación sensorial del atributo sabor de las bebidas.	95
Tabla 86: Comparación de medias de los catadores para el atributo sabor de las bebidas.	96
Tabla 87: Comparación de medias de los tratamientos para el atributo sabor de las bebidas.	97
Tabla 88: Análisis de varianza de la evaluación sensorial del atributo aceptabilidad general de las bebidas	98

Tabla 89: Comparación de medias de los catadores para el atributo aceptabilidad general de las bebidas.	98
--	----

Tabla 90: Comparación de medias de los tratamientos para el atributo aceptabilidad general de las bebidas.	100
---	-----

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para el pH día 0.....	21
Ilustración 2: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para el pH día 0.	22
Ilustración 3: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para el pH día 0.	23
Ilustración 4: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para el pH día 5.	25
Ilustración 5: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para el pH día 5.	26
Ilustración 6: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para el pH día 5.	26
Ilustración 7: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para el pH día 10 ...	28
Ilustración 8: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para el pH día 10.	29
Ilustración 9: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para el pH día 10.	30
Ilustración 10: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la acidez titulable día 0.....	32
Ilustración 11: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la acidez titulable día 0.....	33
Ilustración 12: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para la acidez titulable día 0.	34
Ilustración 13: Comparación de medias del factor A para la acidez titulable día 5.	36
Ilustración 14: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la acidez titulable día 5.....	37

Ilustración 15: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para la acidez titulable día 5.	38
Ilustración 16: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la acidez titulable día 10.....	39
Ilustración 17: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la acidez titulable día 10.....	40
Ilustración 18: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para la acidez titulable día 10.	41
Ilustración 19: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para los sólidos solubles (° Brix) día 0.	44
Ilustración 20: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para los sólidos solubles (° Brix) día 0.	45
Ilustración 21: Comparación de las medias de la interacción entre el (tipo de raíz) y el (tipo de cítrico) para los sólidos solubles (° Brix) día 0.	46
Ilustración 22: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para los sólidos solubles (° Brix) día 5.	47
Ilustración 23: Comparación de medias del factor B (tipo de cítricos) para los sólidos solubles (° Brix) día 5.	48
Ilustración 24: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para los sólidos solubles (° Brix) día 5.	49
Ilustración 25: Comparación de medias del factor A (Tipo de raíz) para los sólidos solubles (° Brix) día 10.	51
Ilustración 26: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para los sólidos solubles (° Brix) día 10.	52

Ilustración 27: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para los sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) día 10.	53
Ilustración 28: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la luminosidad (L^*) de las bebidas en día 0.	54
Ilustración 29: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la luminosidad (L^*) de las bebidas en día 0.	55
Ilustración 30: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la coordenada (a^*) de las bebidas en día 0.	56
Ilustración 31: Comparación de medias del factor B (tipo de Cítrico) para la coordenada (a^*) de las bebidas en día 0.	57
Ilustración 32: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la coordenada (b^*) de las bebidas en día 0.	59
Ilustración 33: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la coordenada (b^*) de las bebidas en día 0.	60
Ilustración 34: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la luminosidad (L^*) de las bebidas en día 5.	61
Ilustración 35: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la luminosidad (L^*) de las bebidas en día 5.	62
Ilustración 36: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la coordenada (a^*) de las bebidas en día 5.	64
Ilustración 37: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la coordenada (a^*) de las bebidas en día 5.	65
Ilustración 38: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la coordenada (b^*) de las bebidas en día 5.	66

Ilustración 39: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la coordenada (b*) de las bebidas en día 5.....	68
Ilustración 40: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la luminosidad (L*) de las bebidas en día 10.	70
Ilustración 41: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la luminosidad (L*) de las bebidas en día 10.	71
Ilustración 42: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la coordenada (a*) de las bebidas en día 10.....	72
Ilustración 43: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la coordenada (a*) de las bebidas en día 10.....	73
Ilustración 44: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la coordenada (b*) de las bebidas en día 10.....	75
Ilustración 45: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la coordenada (b*) de las bebidas en día 10.....	76
Ilustración 46: Comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos factor A (tipo de raíz) día 0.....	77
Ilustración 47: Comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos factor B (tipo de cítrico) día 0.	78
Ilustración 48: Comparación de medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico sobre el recuento de aerobios mesófilos durante el día 0.....	80
Ilustración 49: Comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos factor A (tipo de raíz) día 5.....	81
Ilustración 50: Comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos factor B (tipo de cítrico) día 5.....	82

Ilustración 51: Comparación de medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico sobre el recuento de aerobios mesófilos durante el día 5.....	84
Ilustración 52: Comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos factor A (tipo de raíz) día 10	85
Ilustración 53: Comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos factor B (tipo de cítrico) día 10.....	87
Ilustración 54: Comparación de medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico sobre el recuento de aerobios mesófilos durante el día 10.....	87
Ilustración 55: Comparación de medias de los catadores para el atributo color de las bebidas.	90
Ilustración 56: Comparación de medias de los tratamientos para el atributo color de las bebidas.	91
Ilustración 57: Comparación de medias de los catadores para el atributo aroma de las bebidas.	93
Ilustración 58: Comparación de medias de los tratamientos para el atributo aroma de las bebidas.	94
Ilustración 59: Comparación de medias de los catadores para el atributo sabor de las bebidas.	96
Ilustración 60: Comparación de medias de los tratamientos para el atributo sabor de las bebidas.	97
Ilustración 61: Comparación de medias de los catadores para el atributo aceptabilidad general de las bebidas.	99
Ilustración 62: Comparación de medias de los tratamientos para el atributo aceptabilidad general de las bebidas.	100

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes Investigativos

El desarrollo de bebidas que están fabricadas a partir de ingredientes de origen vegetal ha sido tratado desde varios enfoques desde una visión nutricional, una visión de potencial antioxidante, una visión fisicoquímica y una visión sensorial. Por ejemplo, Enríquez Paredes (2023), formuló una bebida que incorpora *Amaranthus caudatus* L. y también pulpa de *Hylocereus triangularis*, obteniendo una cantidad de proteína de 8,53 %. La experiencia revisada demuestra claramente el interés por la incorporación de materias primas vegetales con propiedades nutricionales diferentes para el desarrollo de nuevas bebidas.

Conforme a lo anterior, Párraga y Vera (2024) estudiaron la asociación de las plantas medicinales con productos de consumo en bebidas como la capacidad innovadora de poder asociar hierbas y frutas. Ellos mismos afirman que ingredientes como el jengibre pueden ser usados con frutas para elaborar productos que den respuesta a la búsqueda de alternativas alimenticias. Lo referenciado pone en evidencia el hecho de que la asociación de ingredientes vegetales es una tecnología. No obstante, cada formulación de productos dependerá de las particularidades de las materias primas que los conformen.

La importancia de realizar la evaluación de las propiedades del producto y su aceptación, ha sido también comentada previamente. Así, por ejemplo, Ore Areche et al. (2022) desarrollaron una bebida a partir de zumo de *Oxalis tuberosa* y de *Gaultheria glomerata*. Para ello, elaboraron diferentes formulaciones a partir de los ingredientes desarrollados, las cuales fueron evaluadas en un panel de cata con 30 personas. Por su parte, Valdés (2022) desarrolló una bebida a partir de suero de leche, β -glucanos y extracto de mora, para la cual se evaluó su composición fisicoquímica, nutricional y sensorial. En ambos casos, la evaluación sensorial fue un componente fundamental para la evaluación de la viabilidad de las formulaciones

implementadas. Esto evidencia el hecho de que las propiedades nutricionales o fisicoquímicas de una bebida no determinan su aceptación.

En investigaciones directamente relacionadas con el jengibre, una investigación sobre la infusión elaborada con pitahaya y jengibre, orientándose inicialmente a parámetros tecnológicos del procesamiento de las materias primas Beltrán Vega (2021). Por otro lado, García (2021) estudió alternativas de valorización del jengibre y consideró su potencial para obtener productos de valor agregado y de nuevas oportunidades en la cadena agroalimentaria. Ambos trabajos sustentan el potencial del jengibre como materia prima para conseguir productos alimentarios, pero su ámbito de atención está más dedicado principalmente a su procesamiento, aprovechamientos e incluso a su incorporación dentro de formulaciones concretas.

Resumiendo lo expuesto en los antecedentes, se puede afirmar que el ser humano ha demostrado cada vez más su interés por desarrollar bebidas mediante la combinación de ingredientes vegetales, frutas y materias primas presentando características diferenciadas, así como la necesidad de analizar las variables fisicoquímicas y sensoriales en el desarrollo de nuevos productos. No obstante, ninguno de los trabajos revisados anteriormente trata de manera conjunta el efecto de diferentes frutos cítricos sobre los productos considerados de jengibre y cúrcuma, al mismo tiempo que evalúa sus variables fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales.

Por este motivo es necesario estudiar cómo el tipo de raíz y el tipo de cítrico influyen en las propiedades de las bebidas. Este trabajo aporta información experimental a través de la comparación de formulaciones elaboradas con jengibre y cúrcuma, y la combinación con limón, naranja y mandarina, evaluando variables fisicoquímicas, microbiológicas y la aceptabilidad sensorial. De este modo se busca generar información que aporte al desarrollo y caracterización de este tipo de productos.

1.2 Marco teórico

1.2.1 Alimentos funcionales

La dieta y el modo de vivir tienen una conexión significativa con el bienestar. La cuestión del exceso de peso y obesidad está relacionada con la inactividad física y la ingesta de comidas ricas en calorías. La sensibilización respecto a esta problemática ha aumentado la cantidad de compradores y vendedores que persiguen opciones alimenticias más sanas. Asimismo, hay un creciente número de estudios y sugerencias sobre productos saludables e incluso aquellos que incorporan nutrientes beneficiosos para la salud. Estos tipos de artículos se conocen como funcionales (Páez et al., 2022).

El término “alimento funcional” surgió en Japón durante la década de 1980, cuando las autoridades sanitarias del país reconocieron que, para controlar los crecientes costos en salud derivados del aumento de la esperanza de vida, era fundamental intervenir en la calidad de vida de la población (Kaplan & Rodríguez, 2006).

Desde hace mucho tiempo, la ciencia ha confirmado que lo que comemos impacta nuestra salud, sobre todo en el riesgo de sufrir problemas del corazón, algunos cánceres y otras enfermedades que empeoran con el tiempo. El acceso a información ha ayudado a la gente a entender lo vital que es comer bien. Debido a esto, han aparecido en las tiendas diversos productos llamados "alimentos funcionales", creados para dar mayores ventajas a quienes los consumen. (Roberfroid, 2000).

Un alimento funcional se define como un artículo o producto, ya sea en su forma natural o transformada, que forma parte de una alimentación equilibrada y se ingiere en las proporciones adecuadas. Estos alimentos aportan nutrientes a través de sus compuestos bioactivos y también favorecen el funcionamiento fisiológico normal o ayudan a disminuir y prevenir la probabilidad de enfermedades (Miranda-Yuquilema & Totoy-Cuji, 2024).

Estos alimentos se consumen para proteger, promover o cumplir necesidades concretas que están vinculadas a la salud. Para que se les pueda otorgar esta categoría, es imprescindible que se haya demostrado de forma contundente su eficacia, seguridad y falta de toxicidad (Carrillo & Mojica, 2024).

1.2.2 Bebidas funcionales

“Las bebidas con propiedades funcionales han ganado relevancia, en estos tiempos, las personas buscan maneras rápidas de mejorar su bienestar, y existe una gran demanda por productos que contribuyan a esta finalidad. El consumo de frutas se ha probado efectivo para optimizar la salud y reducir el riesgo de enfermedades, además de activar procesos cruciales en el cuerpo como los antioxidantes, que retrasan el envejecimiento celular y previenen daños irreversibles. De igual manera, se ha generado la necesidad de crear diversas tecnologías que apoyen a la industria alimentaria en la innovación de nuevos productos que favorezcan la salud” (Alfaro Cruz, 2019).

Las bebidas útiles en la industria alimentaria son aquellas que ofrecen beneficios para la salud y comprenden una variedad de artículos (Flores-Aguilar & Flores-Rivera, 2022).

“Las bebidas no solo ayudan a mantener la hidratación, sino que también ofrecen nutrientes esenciales, lo que significa que contienen componentes funcionales que apoyan el bienestar. Además, si se incluyen como parte de una alimentación balanceada, pueden disminuir la probabilidad de desarrollar ciertas enfermedades” (Flores-Aguilar & Flores-Rivera, 2022).

1.2.3 Jengibre

“La planta medicinal *Zingiber officinale Roscoe* es originaria de Asia oriental y se le conoce comúnmente como jengibre. Este vegetal es ampliamente valorado por sus propiedades curativas en la medicina ayurvédica india y en la medicina tradicional china, donde su uso data de más de 2,500 años.” (Vega Olmos & Escobedo Martínez, 2022, p. 1).

1.2.4 Propiedades del jengibre

“El jengibre tiene notables cualidades antioxidantes gracias a un elemento distintivo conocido como gingerol. Este diminuto aliado ejerce una considerable influencia debido a sus propiedades antiinflamatorias y antioxidantes. Es conocido por ser un gran aliado en cuestiones digestivas, aliviar el malestar muscular y disminuir las náuseas. Además, podría contribuir a favorecer la salud del corazón y ayudarnos a eludir enfermedades en el futuro” (Radwan, 2008).

“El jengibre ofrece también diversos beneficios sobresalientes para la salud, lo que motiva la investigación extensa sobre sus elementos bioactivos y biológicos. La oleorresina del jengibre, por ejemplo, tiene numerosos componentes bioactivos, como el -gingerol (1-[4'-hidroxi-3'-metoxifenil]-5-hidroxi-3-decanona), que es el principal compuesto picante conocido por sus significativas propiedades farmacológicas y fisiológicas. Los gingeroles son considerados los elementos clave y, por esta razón, se han utilizado para tratar varias afecciones como náuseas, indigestión, artritis reumatoide, dolores musculares, esguinces, estreñimiento, enfermedades infecciosas, dolor de garganta, fiebre, inflamación, diabetes, helmintiasis y cáncer” (López & Sánchez, 2021).

1.2.5 Cúrcuma

La cúrcuma (*Curcuma longa*) es una especie de gran interés por sus múltiples propiedades nutricionales y terapéuticas. Paula Saiz de Cos y Pérez-Urria Carril (2014), destacan que su principal compuesto activo es la curcumina, responsable de sus efectos antioxidantes, antiinflamatorios y antimicrobianos. Además, la cúrcuma ha sido utilizada tradicionalmente tanto en la medicina oriental como en la cocina, no solo como condimento y colorante natural, sino también como un recurso para prevenir y aliviar diversas dolencias. Su versatilidad y valor funcional la convierten en un ingrediente clave para e alimentos innovadores que buscan aportar beneficios adicionales a la salud.

“La cúrcuma tiene significativos empleos en la cocina, destacándose como la especia que proporciona el tono amarillo al curry, y en el ámbito alimentario europeo es un colorante muy apreciado, identificado como E-100. No obstante, también se utiliza en el sector de la belleza y como tratamiento natural para aliviar diversos síntomas y prevenir enfermedades. No es de extrañar que se relacione con la salud y las dietas equilibradas, lo que hace que se reconozcan sus virtudes curativas” (Buenvivor, 2025).

1.2.6 Propiedades de la cúrcuma

“La cúrcuma tiene un alto contenido de curcumina, una sustancia potente conocida por sus propiedades antiinflamatorias y antioxidantes. Esta especia puede ser beneficiosa para disminuir la inflamación, potenciar las funciones cerebrales y, quizás, favorecer la salud cardiovascular. Agregar cúrcuma a alternativas de bebidas saludables es una forma sencilla y rápida de aprovechar estos beneficios.” (Rivera Torres, 2023).

1.2.7 Bebida de frutas

“Las bebidas a base de frutas son sumamente son muy conocidas y se consumen en grandes volúmenes. La mayoría de estas bebidas tienen un alto contenido de elementos nutritivos. En la actualidad, hay una fuerte inclinación entre los consumidores hacia la adquisición de jugos naturales que no contienen ingredientes como alcohol, bebidas energéticas o hidratantes. Estos productos no solo satisfacen sus requerimientos, sino que también reducen el tiempo que se dedica a la elaboración de jugos de frutas. Los compradores están adoptando nuevos hábitos y se vuelven más exigentes al realizar sus compras, lo que lleva a las empresas de esta industria a ofrecer productos de alta calidad y en condiciones adecuadas para los consumidores” (Almendaris Castillo, 2018).

“Mediante la ingesta de bebidas funcionales se pretende resaltar la relevancia del elevado valor nutricional que poseen para recuperar la salud de las personas, quienes dejan

pasar las ventajas que trae el consumo de estas bebidas sin químicos ni aditivos dañinos para la salud y que, poco a poco, afectan el bienestar general” (Párraga & Vera, 2024)

1.2.8 Frutos cítricos

“Los cítricos pertenecen a un grupo dentro de la familia Rutaceae y son los árboles frutales más conocidos debido a su importancia como fuentes de nutrientes y compuestos beneficiosos. Hay aproximadamente 40 especies distintas de cítricos que se encuentran en diversas áreas tropicales, subtropicales y templadas en todo el planeta. Se han desarrollado numerosas variedades e híbridos de cítricos, tanto por cruzamientos naturales como artificiales. Frutas como las naranjas, los pomelos, las mandarinas, los limones y las limas son valoradas no solo por su riqueza nutricional, sino que también son cultivos industriales clave” (Del Carpio Jiménez et al., 2022).

“Los frutos cítricos son algunos de los cultivos de árboles más importantes en todo el mundo, destacándose la naranja y el limón como variedades muy populares” (Zahr et al., 2023).

Rodríguez Arzave et al. (2020) Indican que hay distintas clases de cítricos, siendo los más populares, la naranja, la toronja y el limón, la mandarina y la lima. Los zumos de frutas cítricas tienen una gran aceptación entre los compradores, no solo porque son una bebida sabrosa y refrescante, sino además por su riqueza en nutrientes y su aporte de vitaminas y minerales.

“Las ventajas de incluir cítricos en la alimentación de las personas están relacionadas con las elevadas cantidades de compuestos bioactivos y el poder antioxidante que ofrecen diversos tipos de fitoquímicos, polifenoles y vitaminas presentes en estas frutas” (González-Molina et al., 2010).

1.2.9 Naranja

“La naranja se clasifica dentro del grupo Citrus, que forma parte de la familia Rutáceas (Rutaceae). Este fruto está compuesto de múltiples segmentos o gajos que se separan con

facilidad. Los frutos cítricos son un tipo de baya alterada conocida como hesperidios. Tiene una forma aproximadamente redonda, ovalada, y ligeramente aplanada, con un tamaño que varía entre 6 y 12 cm de diámetro, destacándose por su pulpa jugosa y sus semillas que están organizadas radialmente en su interior” (Peralta Pérez, 2019).

“El jugo de naranja es una bebida reconocida por su abundancia de nutrientes como la vitamina C, el ácido cítrico, minerales y flavonoides. Se han sugerido conexiones en los humanos entre el consumo de este fruto y el fortalecimiento del sistema inmunitario, lo que podría conducir a una disminución en la aparición y gravedad del resfriado común, especialmente a causa de su vitamina C.” (Abrego Peredo, 2016).

1.2.10 Limón

“El limón es un fruto cítrico de un amarillo intenso. Su distintivo gusto agrio y su fragancia fresca son resultado de su elevado nivel de ácido cítrico. Pertenecce a la familia de las rutáceas y su denominación científica es *Citrus limon*” (WebMD, 2024).

“Las acciones terapéuticas fundamentadas en la investigación de *C. limon* incluyen características antiinflamatorias, antimicrobianas, antioxidantes, anticancerígenas y antiparasitarias. Asimismo, los flavonoides derivados de los cítricos pueden afectar las actividades de las plaquetas y mostrar un impacto que disminuye la agregación” (Rahman et al., 2022).

1.2.11 Mandarina

“La mandarina, conocida científicamente como *Citrus reticulata*, proviene del árbol del mandarino. Forma parte de la categoría de frutas cítricas y es valorada como una de las más queridas debido a su delicioso sabor y beneficios nutricionales” (Igual Izquierdo, 2020).

“Este alimento es un apoyo para lograr un peso adecuado, porque prolonga la sensación de saciedad y tiene un bajo contenido calórico, lo cual lo hace perfecto para una dieta

equilibrada. Además, contribuye a que los niveles de glucosa en la sangre se mantengan constantes y a reducir el cortisol, una hormona vinculada al estrés y a la acumulación de grasa. Por otro lado, es una gran fuente de vitamina C, así como de vitaminas A, B1 y B2, y incluye flavonoides, que funcionan como antioxidantes” (Ministerio de Salud Pública de Paraguay, 2021).

1.3 Planteamiento del problema

El jengibre y la cúrcuma, son famosos porque ayudan a desinflamar, protegen contra el daño celular y fortalecen las defensas del cuerpo. A pesar de ello, su gusto peculiar, algo picante y con toques de tierra, a veces no es del agrado de todos, haciendo que no se usen tanto en las bebidas que buscan mejorar la salud. Incorporar frutas cítricas como naranja, limón o mandarina puede hacer que sean más agradables, que la gente las prefiera más y que además aporten más nutrientes, pues estas frutas tienen vitaminas y sustancias que hacen bien. No obstante, poner estas frutas no solo cambia cómo se siente y sabe la bebida, sino que también puede afectar propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la bebida, aspectos esenciales para garantizar su calidad y seguridad.

Dentro de esta situación, surge el requerimiento de evaluar cómo la adición de frutas cítricas afecta la aceptación sensorial y sus características fisicoquímicas y microbiológicas de bebidas a base de jengibre (*Zingiber officinale*) y curcuma (*Cúrcuma longa*), con el fin de crear bebidas que mantengan las ventajas para la salud de estos ingredientes, sean seguras y agradables para el consumidor.

1.4 Justificación

La evolución de las bebidas a partir de las materias primas vegetales supone una alternativa de interés para la industria alimentaria, principalmente cuando se persigue la diversificación a partir de materias primas como el jengibre (*Zingiber officinale*), la cúrcuma (*Curcuma longa*) o los frutos cítricos, ingredientes que poseen atributos sensoriales y fisicoquímicos particulares que pueden condicionar de forma positiva la calidad y aceptación de las formulaciones elaboradas.

Desde la perspectiva tecnológica, la caracterización de parámetros como pH, acidez titulable, sólidos solubles, color y comportamiento microbiológico permite conocer la estabilidad y calidad de las bebidas durante el almacenamiento; y la evaluación sensorial permite determinar la respuesta de los consumidores frente a atributos como color, aroma, sabor y aceptabilidad general, y constituye la información que se precisa para seleccionar formulaciones con un mayor potencial de desarrollo.

La combinación de la cúrcuma y el jengibre junto con limón, naranja o mandarina es una estrategia de innovación ya que permite analizar el efecto de distintas materias primas sobre las características finales de las bebidas.

La comparación que resulta a partir de estas formulaciones genera información que debe ser aprovechada para la formulación de productos, ya que permite detectar combinaciones de mezcla con mejores características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales.

Asimismo, también se realiza una contribución a la valorización agroindustrial del jengibre, de la cúrcuma y de los cítricos como frutos, ya que se incorporan en productos con valor añadido. En la misma línea, también se puede favorecer la diversificación de opciones dentro del sector de las bebidas, ya que se puede extraer información técnica que pueda servir de referencia frente a procesos de formulación, conservación y desarrollo de productos en el sector de la alimentación ecuatoriana.

Por todo esto la investigación se justifica por su valor científico y tecnológico a la hora de generar información experimental sobre el efecto en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de las bebidas elaboradas a partir de diferentes tipos de raíz y frutos cítricos.

1.5 Pregunta de investigación

¿Cómo influyen el tipo de cítricos (naranjas, limones y mandarinas) y tipo de raíz en las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas y aceptabilidad sensorial de las bebidas elaboradas a base de cúrcuma (*Curcuma longa*) y jengibre (*Zingiber officinale*)?

1.6 Hipótesis

El tipo de cítrico (naranja, limón y mandarina) y el tipo de raíz (jengibre y cúrcuma) influyen significativamente en las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de las bebidas elaboradas.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivos Generales

Caracterizar las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y evaluar sensorialmente bebidas elaboradas a base de jengibre (*Zingiber officinale*) y cúrcuma (*Curcuma longa*), con frutos cítricos

1.7.2 Objetivos Específicos

Examinar características fisicoquímicas de la bebida elaborada con jengibre, cúrcuma y cítricos. (pH, acidez titulable, sólidos solubles y color) y aspectos microbiológicos.

Realizar una evaluación sensorial mediante una prueba hedónica con jueces no entrenados para determinar la aceptación de los atributos sabor, aroma, color y aceptación general.

2 METODOLOGÍA

2.1 Tipo de Investigación

La investigación realizada se sitúa dentro de un enfoque experimental, dado que busca examinar de qué manera la alteración de ciertos aspectos impacta los resultados alcanzados. En este análisis, las variables independientes se relacionan con el jengibre, la cúrcuma y los cítricos en las mezclas. Por otro lado, las variables dependientes son reflejadas por los parámetros fisicoquímicos (pH, acidez, sólidos solubles y color) así como por los parámetros microbiológicos, que servirán para identificar las modificaciones en la calidad del producto derivadas de los cambios en los ingredientes.

2.2 Ubicación

El presente estudio se realizó en los laboratorios de la facultad de agropecuaria, que es parte de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, ubicada en Manta-Ecuador.

2.3 Análisis

2.3.1 *pH*

Según Describe la Norma Técnica del Ecuador NTE INEN-ISO 1842:2013, que define el procedimiento potenciométrico para determinar el pH en productos de origen vegetal y en frutas.

Preparación de la muestra

NTE INEN 2337:2008 – Jugos, pulpas, extractos, néctares y bebidas de frutas y hortalizas. Requisitos fundamentales. La regulación indica que el néctar de fruta debe tener un pH por debajo de 4,5.

Preparación de la muestra

En el caso de que la muestra sea un líquido, tal como un zumo, agitar bien para que quede completamente homogénea. Si analizamos zumos, se aconseja filtrar o quitar los sólidos de gran tamaño si estos interfieren en la lectura. (Aunque no se diga siempre, es una buena costumbre).

Calibración del equipo

Es fundamental calibrar el medidor de pH con soluciones estándar identificadas antes de cada utilización (por ejemplo, pH 4 y 7, o 4. 01 y 9. 18). Verifique que los electrodos se encuentren en buenas condiciones; si es necesario, límpielos.

Proceso de Medición

Coloque el electrodo dentro de la muestra que ya ha sido preparada y mantenida a la temperatura adecuada, que suele ser la ambiental o la que indique la norma. Espere hasta que la medida se estabilice, y registre el valor del pH que se ha obtenido. Realice este procedimiento al menos una vez adicional para confirmar la fiabilidad del resultado. Obtenga el promedio de los valores que considere válidos.

2.3.2 Sólidos solubles

La normativa NTE INEN 2337:2008 establece las directrices que deben cumplir los jugos, las pulpas, los concentrados, los néctares y las bebidas elaboradas con frutas o vegetales. En el marco de estas regulaciones, se detalla la necesidad de un "mínimo de sólidos solubles (° Brix)" para ciertos productos específicos.

Tabla 1: Grados ° Brix NTE INEN 2337:2008

fruta	Nombre botánico	Solidos solubles mínimo NTE INEN 380
Limón	<i>Citrus limón</i>	1,13
Mandarina	<i>Citrus reticulata</i>	5,0
Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	4,5

Fuente: NTE INEN 2337:2008

Preparación de la muestra.

Es fundamental asegurarse de que el zumo, el néctar o la pulpa tengan una mezcla uniforme. Si se evidencia que hay partículas suspendidas, se recomienda usar una doble gasa

para colar suavemente la porción, siguiendo la norma ISO 2173 que se aplica a fluidos semiviscosos. También es muy importante verificar que la muestra esté a la temperatura adecuada al hacer la medición (alrededor de 20 °C) o, si no es posible, anotar la temperatura para hacer las correcciones necesarias más tarde.

Si la muestra tiene una densidad muy alta, se puede diluir de manera controlada; sin embargo, generalmente no se realiza la dilución en jugos, a menos que el método de análisis lo especifique claramente.

Medición mediante refractómetro

Coloque de dos a tres gotas de la solución que ha sido preparada en el prisma del refractómetro, asegurándose de que haya alcanzado la temperatura adecuada.

Asegúrese de que la temperatura esté dentro del rango especificado durante la medición (por ejemplo, 20 °C $\pm$ 0,5 °C); si no es así, realice la corrección necesaria.

Es importante anotar el índice de refracción o, si el aparato lo facilita, el valor en grados Brix directamente. En frutas muy ácidas, como los cítricos, quizá haga falta corregir el valor de ° Brix por la acidez, usando tablas de consulta ya establecidas, como las que aparecen en la norma ISO 2173, que incluye cómo ajustar la medición teniendo en cuenta los ácidos. Lo aconsejable es medir al menos dos veces y sacar la media si los datos son parecidos, recordando que, según esa norma, la diferencia entre dos lecturas no debería ser mayor de 0,5 g de sólidos por cada 100 g o 100 ml en más del 5 % de las veces.

2.3.3 Acidez titulable

El estándar técnico ecuatoriano NTE INEN 2337:2008, denominado "Jugos, pulpas, concentrados, néctares y bebidas de frutas y vegetales. Requisitos", define las normas que deben seguirse para estos artículos. Para las bebidas elaboradas a base de frutas, se mide la acidez total conforme a ciertos criterios, que normalmente oscila entre el 0,2 % y el 1,0 % como rango aceptable de acidez total.

Preparación de la muestra

Para comenzar el estudio, es necesario tomar una muestra del producto, ya sea zumo, néctar o puré disuelto, y mezclarla cuidadosamente hasta que tenga una textura uniforme. Si la muestra es muy espesa o tiene mucha fibra, puede ser útil filtrarla o diluirla según las instrucciones, teniendo en cuenta esta dilución al medir la acidez. Además, es fundamental anotar la temperatura de la muestra antes de iniciar la medición, ya que esta temperatura puede influir en algunos cálculos o ajustes posteriores.

Titulación

Con una pipeta, se tomaron una medida exacta de la muestra, de 10,0 ml, a un matraz según lo indicado en el protocolo. Se incluyó agua destilada para hacer la dilución hasta, llegar a un total de 100 ml.

Se adiciona gotas del indicador, fenolftaleína, o utiliza un medidor de pH para llevar a cabo la valoración. Lleva a cabo la titulación con la disolución estándar de NaOH hasta que se consiga el punto final, como podría ser un cambio de color en el indicador o un pH cercano a 8,2, siguiendo las directrices. Anota el volumen de NaOH que se utilizó durante la titulación, expresado en mililitros. Calcula la acidez valorable, presentándola como el porcentaje de ácido cítrico u otro ácido especificado en la normativa, usando la fórmula correspondiente.

2.3.4 Color

ASTM D2244. Esta técnica se aplica para determinar la variación de color de las coordenadas cromáticas capturadas por un dispositivo. Se evalúa el color de la muestra y el resultado puede ser presentado en las escalas L, a, b o x, y, z. Este procedimiento de evaluación se utiliza comúnmente junto a otros procedimientos de evaluación de envejecimiento acelerado vinculados con las pruebas UV, como ASTM G155, ASTM G154, ASTM F1515 y una variedad de otros métodos de evaluación de materiales.

2.3.5 Microbiológico

Aerobios mesófilos

NTE INEN 1529-5

Preparación de diluciones

Tomar 1 ml de muestra.

Añadir a 9 ml de agua peptonada → dilución 10^{-1} .

Realizar diluciones sucesivas (10^{-2} , 10^{-3} , etc.).

Siembra en placa (método vertido)

Colocar 1 ml de cada dilución en placas Petri estériles.

Añadir agar PCA fundido ($\approx 45^{\circ}\text{C}$).

Mezclar suavemente.

Solidificación

Dejar reposar hasta que el agar solidifique.

Incubación

Incubar a $35\text{--}37^{\circ}\text{C}$ por 24–48 horas.

Conteo de colonias

Seleccionar placas con 30–300 colonias.

Contar colonias visibles.

Cálculo del resultado

Expresar en UFC/ml considerando la dilución.

2.3.6 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se llevó a cabo gracias a una prueba hedónica con 30 jueces no entrenados, valorando los atributos de aroma, sabor, color y aceptabilidad general de las seis formulaciones elaboradas. La selección de jueces no entrenados es apropiada para este tipo de

prueba en la cual la utilidad se encuentra en determinar el grado de aceptación o preferencia de los consumidores con el producto. De acuerdo con las normas ISO 6658:2017 e ISO 11136:2014 las pruebas hedónicas se utilizan con el fin de valorar productos a partir de las respuestas de los consumidores en condiciones controladas. Asimismo, existen pruebas de evaluación sensorial de investigaciones en alimentos donde han sido necesarios grupos de 30 participantes para determinar la aceptabilidad hedónica de diferentes formulaciones, por lo que el número de jueces utilizado en la investigación realizada se considera suficiente para obtener una valoración exploratoria de la aceptación sensorial de las bebidas.

2.4 Equipos

Potenciómetro (pH-metro)

Refractómetro

Termómetro

Filtrador

Bureta graduada

Matraz aforado

Colorímetros

Estufa

Balanza de laboratorio

Filtro de membrana

Pipetas

Frascos para muestras

Bolsas plásticas estériles

Tubos de ensayo

Placas Petri

Mechero bunsen

Matraces Erlenmeyer

Estufa de cultivo

Material de vidrio diverso

2.5 Insumos

Cúrcuma

Jengibre

Frutos cítricos: naranja, limón y mandarina

Panela

Agua purificada

Agua destilada

Solución estándar de hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N

Indicador adecuado (fenolftaleína)

Medios de cultivo

Agua peptonada

Alcohol etílico al 70%

2.6 Procedimiento

Se calentó agua potable a una temperatura aproximada de 90 °C. Seguidamente, se añadieron 40 g del factor A (tipo de raíz) correspondiente a jengibre (*Zingiber officinale*) o 40 g de cúrcuma (*Curcuma longa*), peladas previamente y ralladas, por cada litro de bebida. Se mantuvo la mezcla en infusión durante 10 minutos, sin hervir, para que se produjese una adecuada extracción de los compuestos bioactivos y de las características sensoriales de las raíces.

En el momento en que la infusión mantuvo la temperatura caliente (60–70 °C), se adicionaron 50 g de panela, mientras se agitó continuamente hasta que se obtuvo completa disolución.

Se filtró el extracto a través de un colador para eliminar los residuos sólidos y obtener una infusión homogénea.

Se agregaron 50 mL del jugo del cítrico correspondiente al factor B (limón, naranja o mandarina), mezclando hasta conseguir bebida homogénea.

Las bebidas en cuestión, tras su preparación, fueron envasadas en botellas de plástico debidamente tapadas y conservadas en condiciones de refrigeración 5°C de laboratorio ubicado en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Las muestras fueron sometidas a estas condiciones durante un período de 10 días, y se les analizó en los días 0, 5 y 10 con la finalidad de observar los cambios que se producían en los aspectos fisicoquímicos y microbiológicos del almacenamiento; al permanecer en el interior del refrigerador, además, las muestras estaban protegidas de la exposición a la luz durante el periodo de conservación.

2.7 Estadística

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un diseño factorial de 2×3 , en el que el Factor A corresponde al tipo de raíz (jengibre y cúrcuma) y el Factor B al tipo de fruto cítrico (limón, naranja y mandarina). Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar el efecto de cada uno de los factores y de su interacción sobre las variables evaluadas. En los casos en los que se encontraron diferencias significativas, ($p < 0,05$), las medias se compararon mediante la prueba de Tukey (5 % de significación). El procesamiento estadístico de los datos se realizó con la ayuda del programa InfoStat.

2.8 Diseño Experimental

Diseño factorial de dos factores

Tabla 2: Factores

Factor A: Tipo de Raíz
Jengibre: 40 g
Cúrcuma: 40 g
Factor B: Fruto cítrico
Limón: 50 ml
Naranja: 50 mL
Mandarina: 50 mL

Elaborado por: Ponce Carlos

Tabla 3: ANOVA

Fuentes de variación	Grados de libertad
Tratamientos	5
Factor A	1
Factor B	2
Interacción AxB	2
Error	7
Total	17

Elaborado por: Ponce Carlos

2.9 Unidad experimental:

Muestras: Botellas de 1 litro

Recolección de datos: Durante 10 días, intervalos (0, 5, 10) días.

3 RESULTADOS

3.1 pH

3.1.1 pH día 0

Tabla 4: Análisis de varianza del pH de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos en el día 0.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	5,191111	5	1,038222	311,466667	<0,0001	
Factor A	0,002222	1	0,002222	0,666667	0,4301	
Factor B	5,154444	2	2,577222	773,166667	<0,0001	
Factor A*Factor B	0,034444	2	0,017222	5,166667	0,0241	
Error	0,040000	12	0,003333			
Total	5,231111	17				

Elaborado por: Ponce Carlos

El análisis de varianza para el pH de las bebidas de jengibre + cúrcuma + diferentes frutos cítricos en el día 0; se verifica que el modelo fue altamente significativo ($p < 0,0001$) ya que al menos uno de los factores contemplados influyó sobre la variable en estudio. El factor A (raíz) no presentó diferencias significativas ($p = 0,4301$) y el factor B (cítrico) sí mostró diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$). La interacción de ambos factores fue significativa ($p = 0,0241$), lo cual evidencia que el efecto del tipo de cítrico sobre el valor del pH dependió parcialmente del tipo de raíz utilizado. El coeficiente de variación ($CV = 1,44\%$) revela una baja variabilidad experimental y una buena precisión de los datos adquiridos.

Tabla 5: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para el pH día 0.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,05930

Error: 0,0033 gl: 12

Factor A	Medias	n	E.E.
----------	--------	---	------

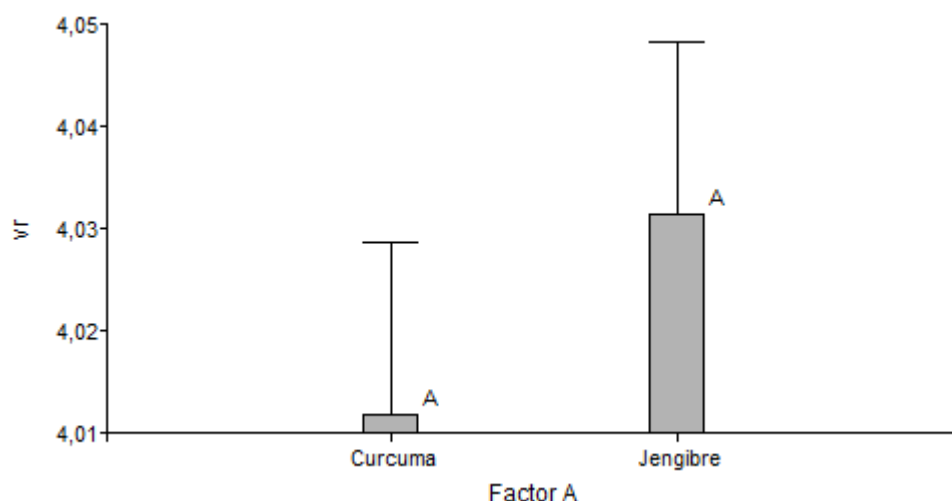
Cúrcuma	4,011111	9	0,019245 A
---------	----------	---	------------

Jengibre	4,033333	9	0,019245 A
----------	----------	---	------------

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 1: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para el pH día 0



Elaborado por: Ponce Carlos

Las bebidas con jengibre tienen un pH promedio de 4,03. Por otro lado, las que se bebidas con cúrcuma tienen un pH promedio de 4,01. La prueba de Tukey agrupó ambos tipos de raíz están en el misma categoría estadísticas, indicando que no hay diferencias importantes entre el jengibre y la cúrcuma en este caso.

Tabla 6: Comparación de medias del factor B (Tipo de cítrico) para el pH día 0.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,08893

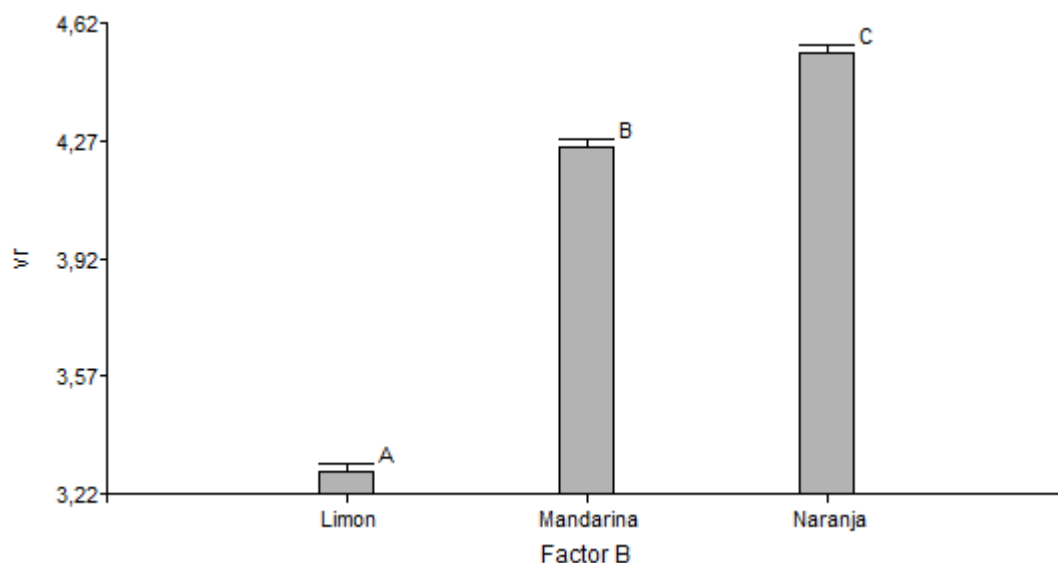
Error: 0,0033 gl: 12

Factor B	Medias	n	E.E.	
Limon	3,283333	6	0,023570	A
Mandarina	4,250000	6	0,023570	B
Naranja	4,533333	6	0,023570	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 2: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para el pH día 0.



Elaborado por: Ponce Carlos

En la comparación de las medias para el factor B (tipo de cítrico), las bebidas con limón fueron las que presentaron un menor valor medio de pH (3,28), le siguen las bebidas con mandarina pH (4,25) y las bebidas con naranja fueron las que obtuvieron un mayor valor de pH (4,53). La prueba de Tukey agrupó los 3 cítricos como estadísticamente diferentes (A, B y C), lo que demuestra que la variable tipo de cítricos influyó predominantemente sobre el pH de las bebidas.

Tabla 7: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para el pH día 0.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,15834

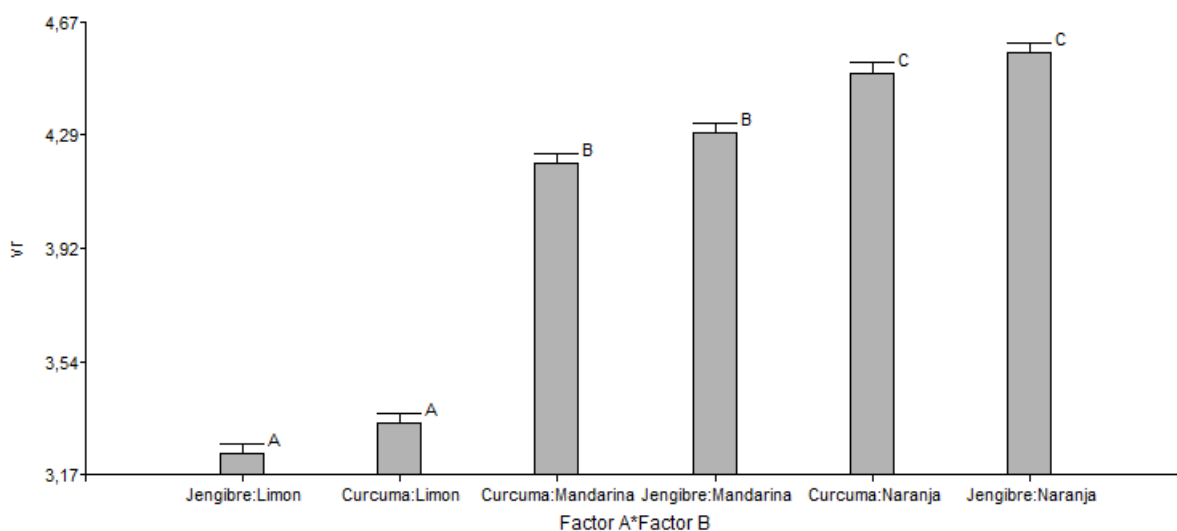
Error: 0,0033 gl: 12

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.	
Jengibre	Limon	3,233333	3	0,033333	A
Cúrcuma	Limon	3,333333	3	0,033333	A
Cúrcuma	Mandarina	4,200000	3	0,033333	B
Jengibre	Mandarina	4,300000	3	0,033333	B
Cúrcuma	Naranja	4,500000	3	0,033333	C
Jengibre	Naranja	4,566667	3	0,033333	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 3: comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para el pH día 0.



Elaborado por: Ponce Carlos

Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico mostró que las formulaciones con limón obtuvieron los valores de pH más bajos para todos los tratamientos, mientras que las formuladas con naranja presentaron los valores más altos. De otro lado, los tratamientos de mandarina se los situaron entre valores intermedios los dos anteriores. Además, la prueba de Tukey agrupó las combinaciones en tres grupos estadísticos (A, B y C), confirmando que existe diferencias asociadas al tipo de cítrico.

3.1.2 pH día 5

Tabla 8: Análisis de varianza del pH de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y cítricos en el día 5.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	4,931111	5	0,986222	253,600000	<0,0001	
Factor A	0,008889	1	0,008889	2,285714	0,1564	
Factor B	4,907778	2	2,453889	631,000000	<0,0001	
Factor A*Factor B	0,014444	2	0,007222	1,857143	0,1983	
Error	0,046667	12	0,003889			
Total	4,977778	17				

Elaborado por: Ponce Carlos

El modelo tuvo un alto grado de significancia ($p < 0,0001$), de modo que los factores investigados explican la variación del pH. En el tipo de raíz (factor A) no hubo diferencias

significativas ($p=0,1564$); Sin embargo, el tipo de cítrico (factor B) sí tuvo una diferencia muy significativa ($p<0,0001$). La interacción entre ambos factores no fue significativa ($p=0,1983$), por lo que se entiende que la influencia del cítrico sobre el pH fue la misma tanto en la bebida elaborada con jengibre como en la bebida elaborada con cúrcuma. El coeficiente de variación ($CV=1,53\%$) indica poca variabilidad experimental y la precisión del análisis es adecuada.

Tabla 9: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para el pH día 5.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,06405

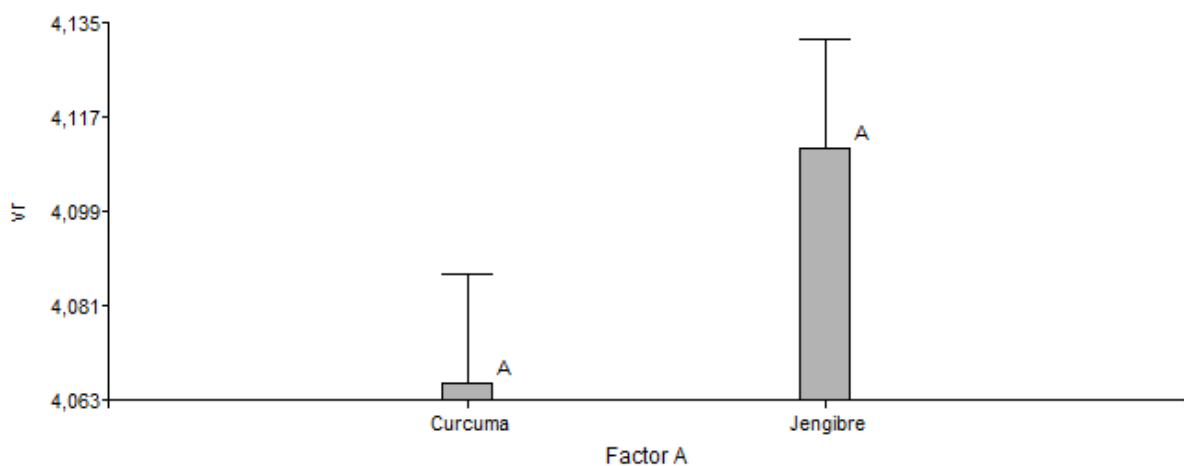
Error: 0,0039 gl: 12

Factor A	Medias	n	E.E.
Cúrcuma	4,066667	9	0,020787 A
Jengibre	4,111111	9	0,020787 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 4: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para el pH día 5.



Elaborado por: Ponce Carlos

Las bebidas con jengibre resultaron en un pH promedio de 4,11, mientras que las que se hicieron con cúrcuma tuvieron una cifra promedio de 4,07. La prueba de Tukey agrupó ambos tratamientos a través de la misma categoría estadística (A), observando que no existió diferencias estadísticas significativas entre los dos tipos de raíz ($p>0,05$).

Tabla 10: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para el pH día 5

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,09605

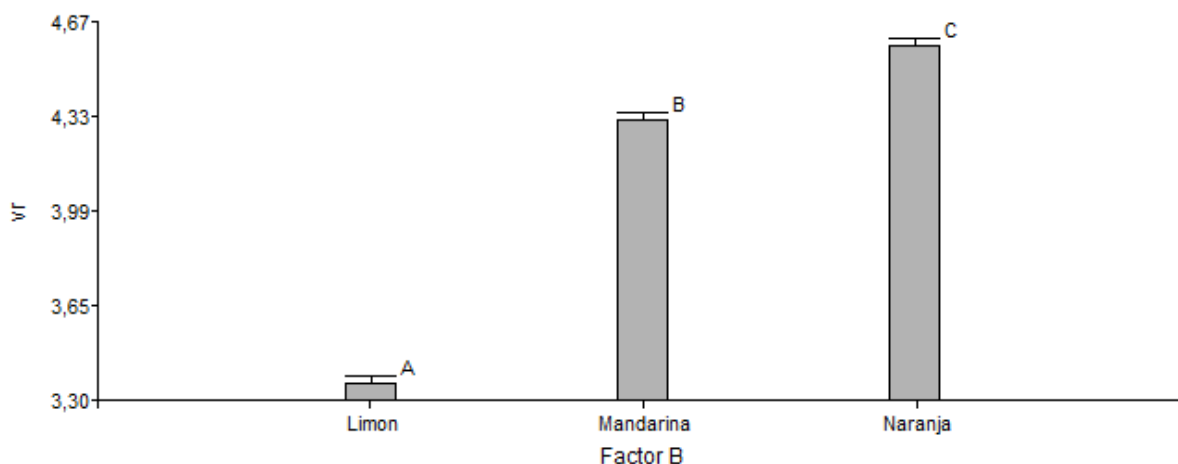
Error: 0,0039 gl: 12

Factor B	Medias	n	E.E.
Limon	3,366667	6	0,025459 A
Mandarina	4,316667	6	0,025459 B
Naranja	4,583333	6	0,025459 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 5: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para el pH día 5.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 10 presenta la comparación de medias del factor B (tipo de cítrico). Se observa que las bebidas elaboradas con limón como ingrediente son las que ofrecen menor valor media de pH (3,37), mientras que las constituidas por mandarina (4,32), y finalmente, están las de elaboradas de naranja, que dan lugar al mayor valor media (4,58). La prueba de Tukey agrupó los tres cítricos en diferentes grupos estadísticamente (A, B y C), lo cual refleja que el tipo de cítricos influyó de forma significativa sobre el pH de las bebidas en el quinto día.

Tabla 11: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para el pH día 5.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,17103

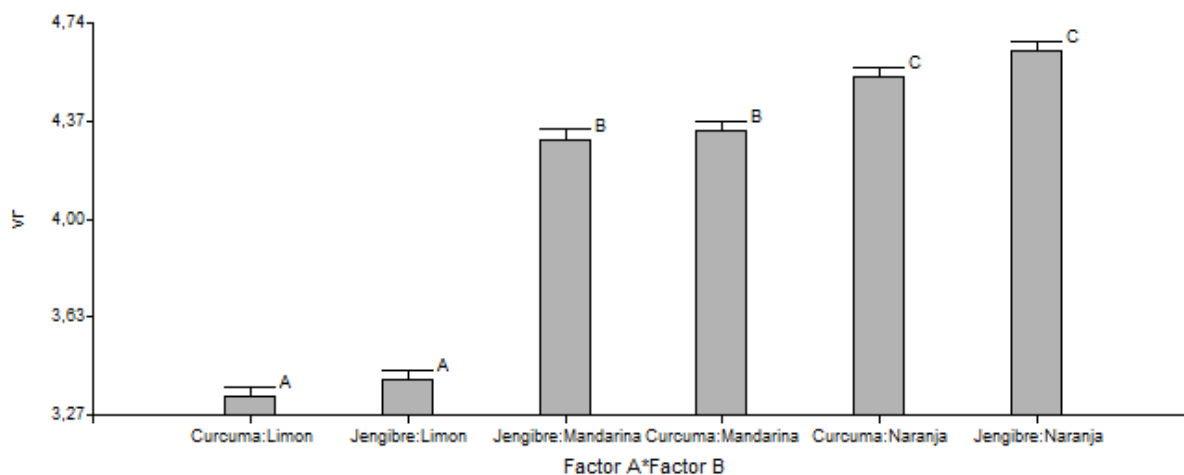
Error: 0,0039 gl: 12

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.	
Cúrcuma	Limon	3,333333	3	0,036004	A
Jengibre	Limon	3,400000	3	0,036004	A
Jengibre	Mandarina	4,300000	3	0,036004	B
Cúrcuma	Mandarina	4,333333	3	0,036004	B
Cúrcuma	Naranja	4,533333	3	0,036004	C
Jengibre	Naranja	4,633333	3	0,036004	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 6: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para el pH día 5.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 11 muestra la comparación de las medias para la interacción entre el tipo de raíz y tipo de cítrico. Los tratamientos formulados con limón presentaron los valores de pH más bajos con medias de 3,33 para cúrcuma y 3,40 y jengibre, respectivamente. Las bebidas formuladas con mandarina dieron lugar a valores medios intermedios (4,30 - 4,33), mientras que las elaboradas con naranja dieron lugar a medias más altas (4,53 - 4,63). La prueba de Tukey agrupó tratamientos en tres grupos estadísticos (A, B y C), mostrando diferencias para el grupo de cítricos. Por otra parte, el análisis de varianza indicó que la interacción entre tipo de cítrico y tipo de raíz no fue significativa ($p > 0,05$).

3.1.3 pH día 10

Tabla 12: Análisis de varianza del pH de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos en el día 10.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,7961	5	0,7592	20,7061	<0,0001
Factor A	0,0006	1	0,0006	0,0152	0,9041
Factor B	3,7744	2	1,8872	51,4697	<0,0001
Factor A*Factor B	0,0211	2	0,0106	0,2879	0,7549
Error	0,4400	12	0,0367		
Total	4,2361	17			

Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 12 presenta el análisis de variación del pH de las bebidas analizadas al décimo día. Se comprueba que el modelo resultó altamente significativo ($p < 0,0001$), lo que quiere decir que los factores analizados explican la variación del pH de las bebidas. El tipo de raíz (factor A) no marcó diferencias significativas ($p = 0,9041$), mientras que el tipo de cítrico (factor B) sí mostró diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$). Por otro lado, la interacción entre ambos factores no presentó diferencias significativas ($p = 0,7549$), indicando que el efecto del tipo de cítrico sobre el pH no dependió del tipo de raíz utilizado. El coeficiente de variación ($CV = 4,70\%$) fue superior al registrado en los días 0 y 5; Sin embargo, se trata de un valor que sigue dentro de un rango aceptable para este tipo de evaluaciones fisicoquímicas, es decir, lo indicativo de una adecuada confiabilidad de los resultados.

Tabla 13: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para el pH día 10.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,19668

Error: 0,0367 gl: 12

Factor A Medias n E.E.

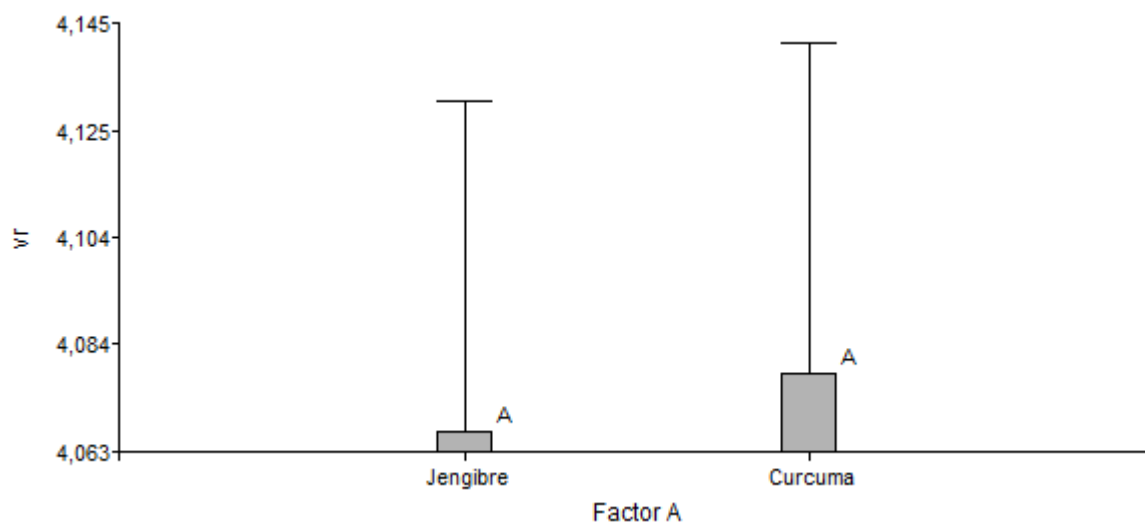
Jengibre 4,0667 9 0,0638 A

Cúrcuma 4,0778 9 0,0638 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 7: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para el pH día 10.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 13 plantea la comparación de los promedios para el factor A (tipo de raíz). Las bebidas elaboradas con cúrcuma presentan una media de pH 4,08, en las formuladas a partir del jengibre, la media de pH es 4,07. La prueba de Tukey agrupó ambos tratamientos con la misma letra (A) lo que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos tipos de raíz ($p > 0,05$).

Tabla 14: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para el pH día 10.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,29494

Error: 0,0367 gl: 12

Factor B Medias n E.E.

Limon 3,4333 6 0,0782 A

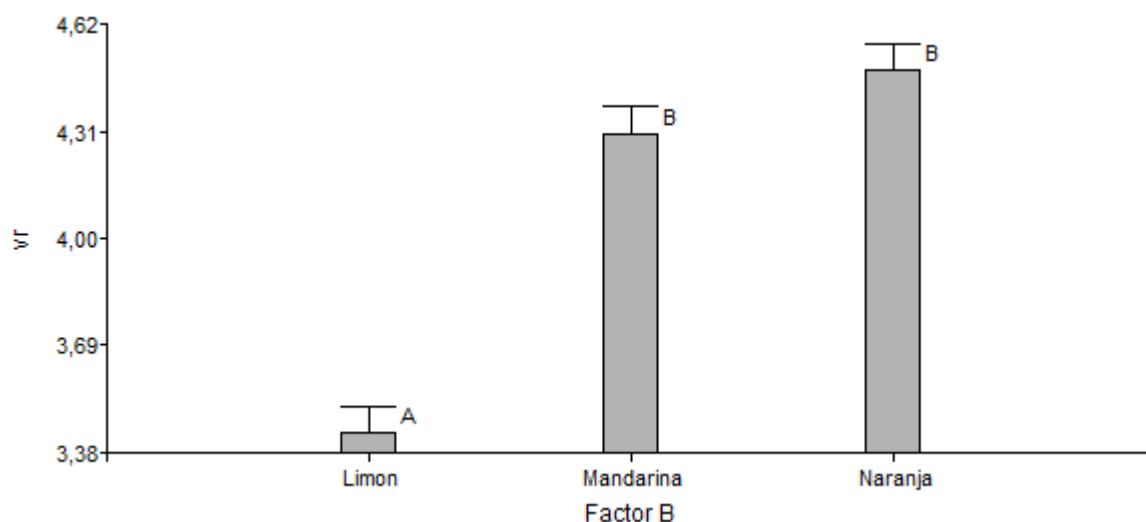
Mandarina 4,3000 6 0,0782 B

Naranja 4,4833 6 0,0782 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 8: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para el pH día 10.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 14 muestra la comparación de los promedios para el factor B (tipo de cítrico). La bebida con limón presenta el menor promedio en el pH (3,43); esta bebida resulta estadísticamente distinta del resto de los tratamientos. En el caso de las bebidas formuladas con mandarina y con naranja, los promedios fueron 4,30 y 4,48, respectivamente y fueron agrupados por la prueba de Tukey como una única categoría estadística (B). Estos resultados indican que en el décimo día las bebidas formuladas con limón presentaban un pH menor a las bebidas formuladas con mandarina y con naranja; También fue notoria la ausencia de diferencias estadísticas entre estas últimas.

Tabla 15: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para el pH día 10.

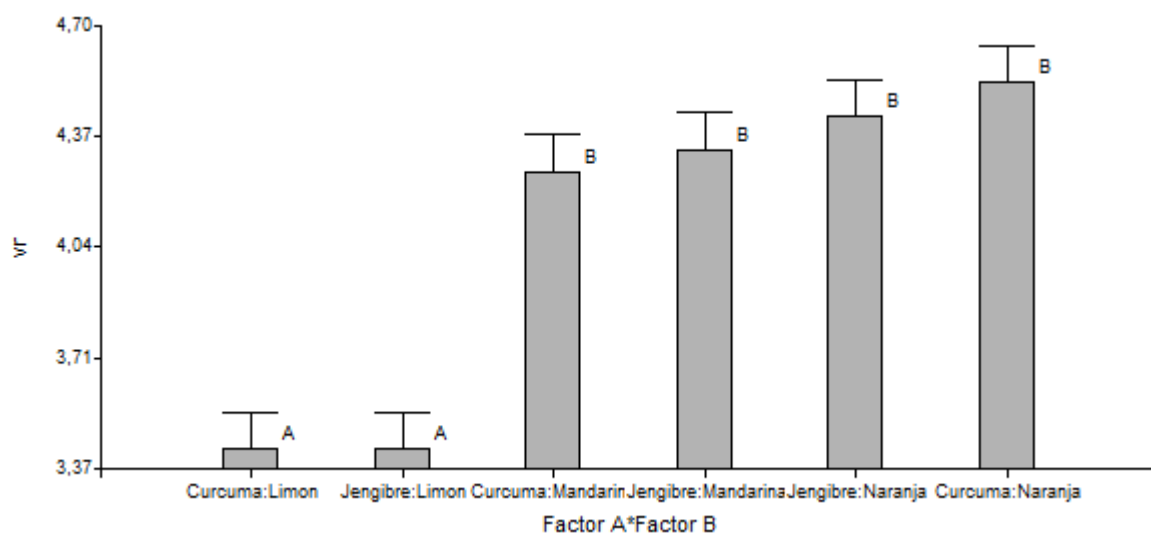
Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,52516

Error: 0,0367 gl: 12

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.	
Cúrcuma	Limon	3,4333	3	0,1106	A
Jengibre	Limon	3,4333	3	0,1106	A
Cúrcuma	Mandarina	4,2667	3	0,1106	B
Jengibre	Mandarina	4,3333	3	0,1106	B
Jengibre	Naranja	4,4333	3	0,1106	B
Cúrcuma	Naranja	4,5333	3	0,1106	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ilustración 9: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para el pH día 10.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 15 muestra la comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico. Los tratamientos elaborados con limón presentaron los valores más bajos de pH (3,43), independientemente de la raíz considerada, por lo que se agrupan como A. En cambio, las combinaciones formuladas con mandarina y naranja reflejaron valores del pH de 4,27 y 4,53 y agrupándose, por tanto, todas como B según la prueba de Tukey. Ello indica que, en el décimo día solo las bebidas formuladas con limón se diferenciaron específicamente de las demás combinaciones, mientras que entre tratamientos formulados con mandarina y naranja no hay diferencias estadísticas significativas.

En general, los resultados evidencian que el tipo de cítrico es el factor que más influyó en el pH de las bebidas durante 10 días de almacenamiento. Las bebidas con limón tienen los valores más bajos de pH, que van desde 3,28 hasta 3,43. Por otro lado, las bebidas con naranja tienen los valores más altos, que van desde 4,48 hasta 4,58. El tipo de raíz que se usa, ya sea jengibre o cúrcuma, no tiene un efecto importante en el pH.

3.2 Acidez

3.2.1 Acidez día 0

Tabla 16: Análisis de varianza de la acidez de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos en el día 0.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,4247	5	0,0849	354,1192	<0,0001
Factor A	0,0011	1	0,0011	4,5266	0,0548
Factor B	0,4220	2	0,2110	879,5743	<0,0001
Factor A*Factor B	0,0017	2	0,0008	3,4604	0,0651
Error	0,0029	12	0,0002		
Total	0,4276	17			

Elaborado por: Ponce Carlos

El estudio que se presenta en la Tabla 16 consistió en la evaluación de la acidez titulable de las bebidas en estudio en el día 0 mediante un análisis de varianza. De este análisis se desprende que el modelo fue muy significativo ($p < 0,0001$), lo cual sugiere que el conjunto de factores evaluados explica la variabilidad en la acidez titulable. En cuanto al factor A (tipo de raíz) no se registraron diferencias significativas ($p = 0,0548$) aunque sí para el tipo de cítrico en el factor B ($p < 0,0001$). La interacción de ambos factores no mostró diferencias significativas ($p = 0,0651$), lo cual indica que el efecto del tipo de cítrico sobre la acidez titulable fue similar para los extractos de cúrcuma y jengibre. El coeficiente de variación ($CV = 5,96\%$) indica una baja variabilidad, lo cual sugiere que los resultados obtenidos eran precisos.

Tabla 17: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la acidez titulable día 0.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,01591

Error: 0,0002 gl: 12

Factor A Medias n E.E.

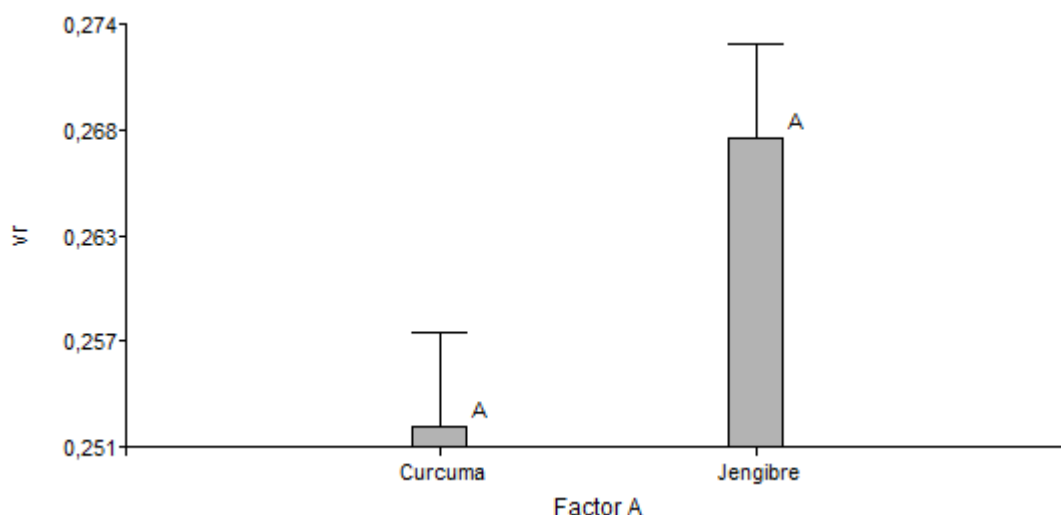
Cúrcuma 0,2522 9 0,0052 A

Jengibre 0,2677 9 0,0052 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 10: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la acidez titulable día 0.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 17 presenta el resultado de la comparación de los medios del factor A (tipo de raíz). Las bebidas elaboradas con jengibre presentaron una acidez titulable media (0,2677 %), mientras que las bebidas formuladas con cúrcuma alcanzaron un valor medio de (0,2522 %). La prueba de Tukey agrupa ambos tratamientos en la misma categoría estadística A, lo que indica que no existieron diferencias significativas entre ambos tipos de raíz. ($p > 0.05$).

Tabla 18: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la acidez titulable día 0.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,02386

Error: 0,0002 gl: 12

Factor B Medias n E.E.

Mandarina 0,1448 6 0,0063 A

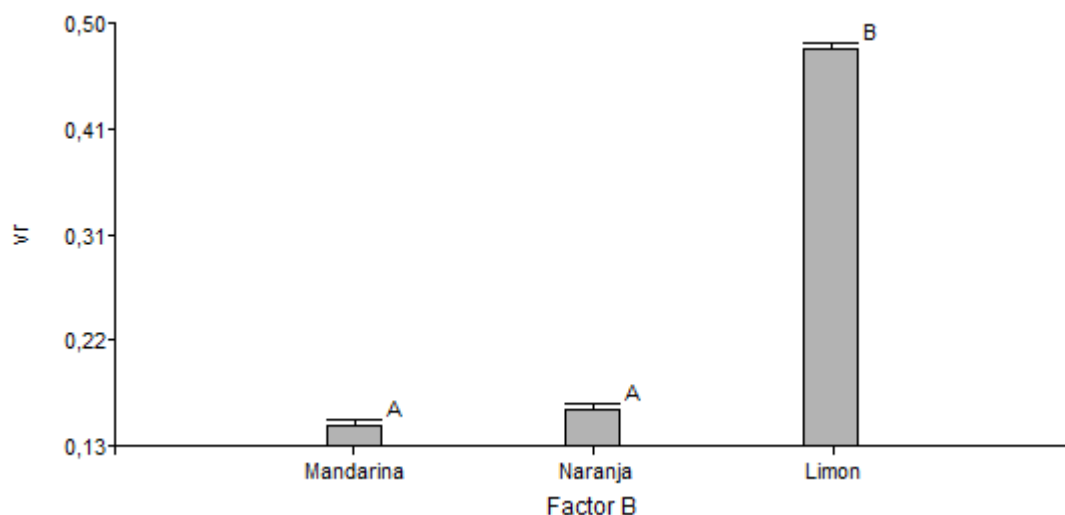
Naranja 0,1588 6 0,0063 A

Limon 0,4763 6 0,0063 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 11: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la acidez titulable día 0.



Elaborado por: Ponce Carlos

En la Tabla de 18 se presenta la comparación de medias correspondiente al factor B (tipo de cítrico), Las bebidas elaboradas a partir de mandarina y de naranja, obtuvieron los menores valores medios de acidez titulables, con 0,1448% y 0,1588 %, presentando, además, que no existió diferencia estadística entre ambas al pertenecer al grupo estadístico (A), en contraste las bebidas elaboradas a partir del limón alcanzaron el mayor valor medio de acidez titulable (0,4763%), y pertenecieron a un grupo estadísticamente diferenciado de los otros tratamientos, correspondiente al grupo B, de acuerdo con la prueba de Tukey.

Tabla 19: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para la acidez titulable día 0.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,04248

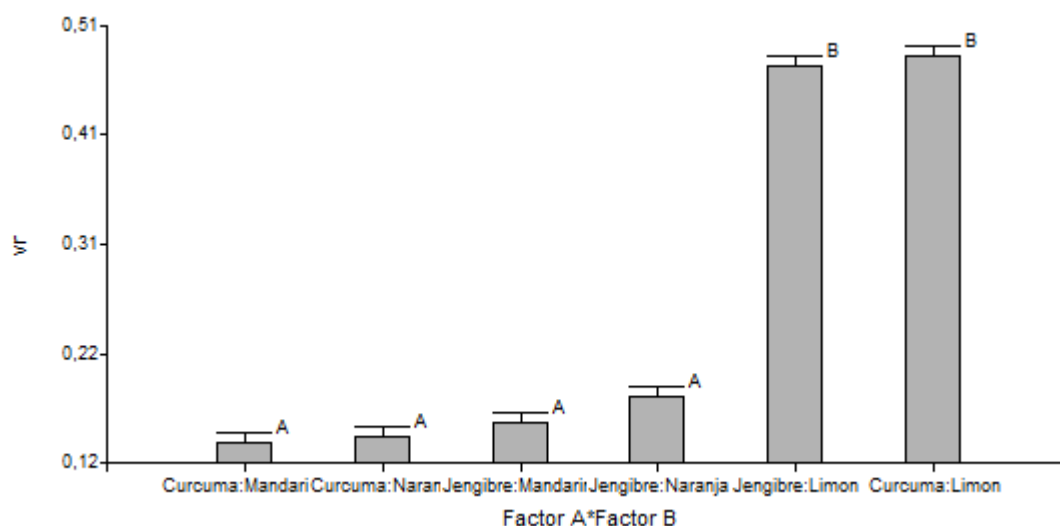
Error: 0,0002 gl: 12

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.	
Cúrcuma	Mandarina	0,1354	3	0,0089	A
Cúrcuma	Naranja	0,1401	3	0,0089	A
Jengibre	Mandarina	0,1541	3	0,0089	A
Jengibre	Naranja	0,1774	3	0,0089	A
Jengibre	Limon	0,4716	3	0,0089	B
Cúrcuma	Limon	0,4810	3	0,0089	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 12: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para la acidez titulable día 0.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 19 presenta la comparación de las medias correspondientes a la interacción entre tipo de raíz y el tipo de cítrico. Se evidencia que las combinaciones que incorporan mandarina y naranja presentaron los menores valores de acidez titulable, con medias que oscilan entre el 0,1354 % y el 0,1774 %, agrupados en categoría estadística A. Por el contrario, las bebidas que fueron formuladas con limón muestran un valor más alto de acidez titulables, con una media que alcanzó el 0,4716 % para jengibre y de 0,4810 % para cúrcuma, y quedan englobadas en el grupo B mediante la prueba de Tukey. Lo que se refleja por lo tanto que el incremento de la acidez viene determinado principalmente por el uso del limón en la formulación de las bebidas.

3.2.2 Acidez día 5.

Tabla 20: Análisis de varianza de la acidez de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos en el día 5.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,41523	5	0,08305	95,18109	<0,0001
Factor A	0,00157	1	0,00157	1,79711	0,2049
Factor B	0,41163	2	0,20582	235,89060	<0,0001
Factor A*Factor B	0,00203	2	0,00102	1,16358	0,3452
Error	0,01047	12	0,00087		
Total	0,42570	17			

Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 20 muestra el análisis de la varianza de la acidez titulable de las bebidas que se evaluaron al quinto día de seguimiento del almacenamiento. La prueba F mostró que el

modelo fue altamente significativo ($p < 0,0001$), por lo que los factores evaluados explican la variación de la variable acidez titulable. El tipo de raíz (factor A) no mostró diferencias significativas ($p = 0,2049$), mientras que el tipo de cítrico (factor B) sí mostró diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$). Al mismo tiempo, la interacción de ambos factores no mostró diferencias significativas ($p = 0,3452$), lo que indica que el efecto del tipo de cítrico sobre la variable acidez titulable fue independiente del tipo de raíz utilizada. El coeficiente de variación ($CV = 12,57\%$) indica una variabilidad aceptable para este tipo de análisis físicoquímicos y fue superior al que se registró en el día 0.

Tabla 21: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la acidez titulable día 5.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,03034

Error: 0,0009 gl: 12

Factor A Medias n E.E.

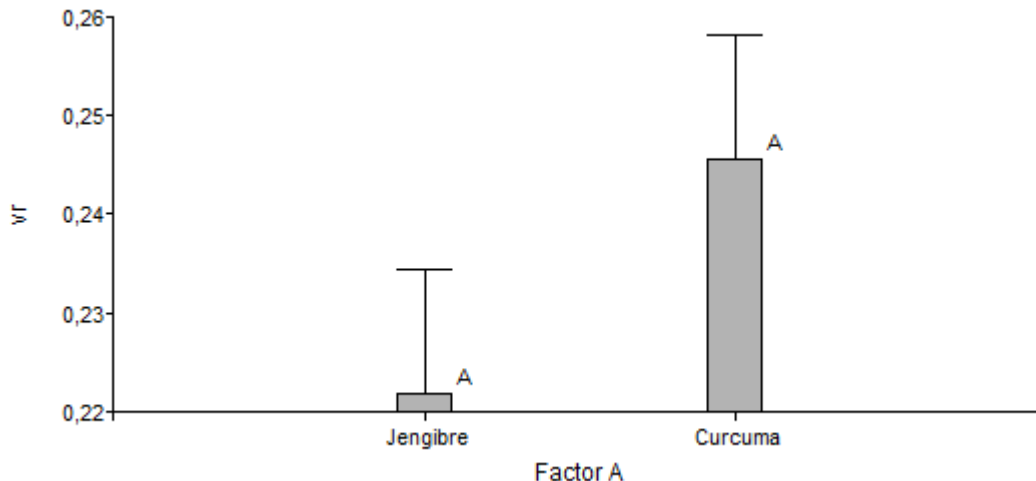
Jengibre 0,22573 9 0,00985 A

Cúrcuma 0,24440 9 0,00985 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 13: Comparación de medias del factor A para la acidez titulable día 5.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 21 muestra la comparación de medias del factor A (tipo de raíz). Se puede comprobar que las bebidas de cúrcuma tienen una acidez titulable media de 0,2444 %, mientras que las de jengibre tienen un valor medio de 0,2257 %. Sin embargo, la prueba de Tukey agrupa ambos tratamientos en la categoría estadística A, lo que significa que no existen diferencias significativas entre los dos tipos de raíz ($p > 0,05$).

Tabla 22: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la acidez titulable día 5.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,04550

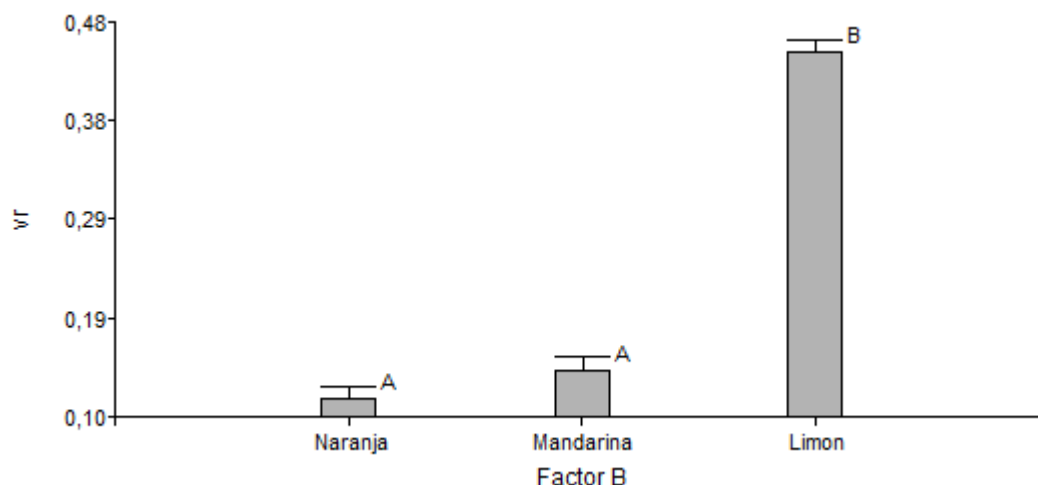
Error: 0,0009 gl: 12

Factor B	Medias	n	E.E.
Naranja	0,11443	6	0,01206 A
Mandarina	0,14245	6	0,01206 A
Limon	0,44832	6	0,01206 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 14: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la acidez titulable día 5.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 22 muestra la comparación de las medias del factor B (tipo de cítrico), donde se identificó que las bebidas con mandarina y naranja fueron las que presentaron las menores medias de acidez titulables, con medias de 0,1425 % y 0,11443 % respectivamente, sin diferencias estadísticas entre ellas, ya que pertenecen al mismo grupo (A). Por otro lado, las bebidas con limón fueron las que presentaron la mayor media de acidez titulable, alcanzando el valor medio de 0,4483% y por tanto fueron la única categoría con diferencias significativamente de los demás tratamientos, quedando en la categoría B tras la prueba de Tukey.

Tabla 23: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para la acidez titulable día 5.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,08101

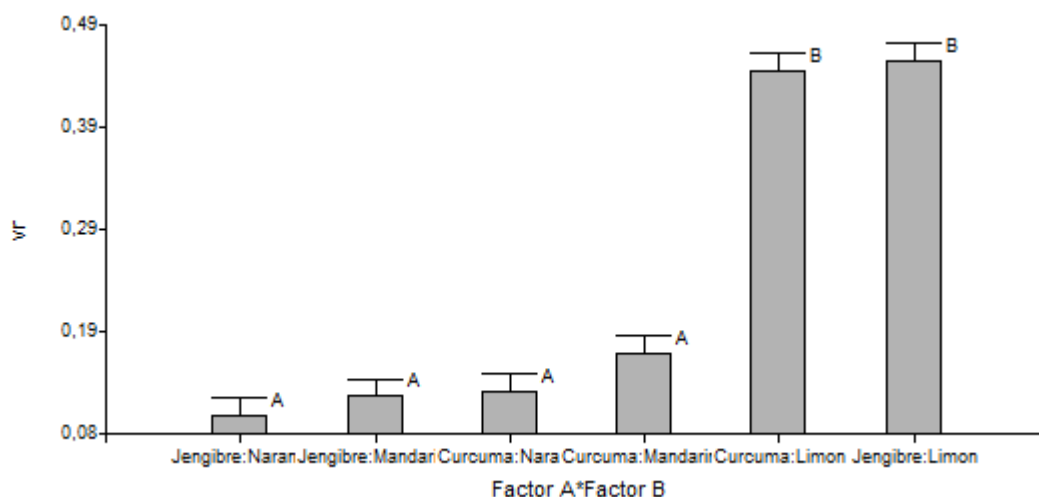
Error: 0,0009 gl: 12

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.
----------	----------	--------	---	------

Jengibre Naranja	0,10277	3	0,01705	A
Jengibre Mandarina	0,12143	3	0,01705	A
Cúrcuma Naranja	0,12610	3	0,01705	A
Cúrcuma Mandarina	0,16347	3	0,01705	A
Cúrcuma Limon	0,44363	3	0,01705	B
Jengibre Limon	0,45300	3	0,01705	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)
Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 15: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para la acidez titulable día 5.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 23 muestra la comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico. Se comprueba que las combinaciones de bebidas elaboradas con naranja y mandarina alcanzaron los porcentajes de acidez titulables más bajos, con medias de acidez entre 0,1028 % y 0,1635 %, incluyendo en el grupo A; Mientras que las combinaciones de bebidas formuladas con limón obtuvieron los mayores índices de acidez titulables, con medias de 0,4436 % para cúrcuma y de 0,4530 % para jengibre, perteneciendo al grupo B, evidenciado por la prueba de Tukey. A pesar de que el análisis de la varianza muestra que la interacción entre los factores no es significativa ($p > 0,05$), los resultados nos muestran que la utilización de limón tiende a aumentar la acidez titulable de las bebidas, independientemente del tipo de raíz utilizada.

3.2.3 Acidez día 10

Tabla 24: Análisis de varianza de la acidez de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos en el día 10.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor

Modelo	0,4495	5	0,0899	100,5615	<0,0001
Factor A	0,0028	1	0,0028	3,1265	0,1024
Factor B	0,4401	2	0,2200	246,1324	<0,0001
Factor A*Factor B	0,0066	2	0,0033	3,7080	0,0557
Error	0,0107	12	0,0009		
Total	0,4602	17			

Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 24 muestra el análisis de varianza correspondiente a la acidez titulable de las bebidas evaluadas décimo día. Se evidencia que el modelo fue altamente significativo ($p < 0.0001$). Por su parte el tipo de raíz (factor A) no mostró diferencias significativas ($p = 0.1024$), el tipo de cítrico (factor B) mostró diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) y la interacción entre ambos factores evaluados no presentó diferencias significativas ($p = 0.0557$), esto indica que el efecto del tipo de cítrico sobre la acidez titulable no dependió significativamente del tipo de raíz. El coeficiente de variación ($CV = 9.91\%$).

Tabla 25: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la acidez titulable día 10.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,03071

Error: 0,0009 gl: 12

Factor A Medias n E.E.

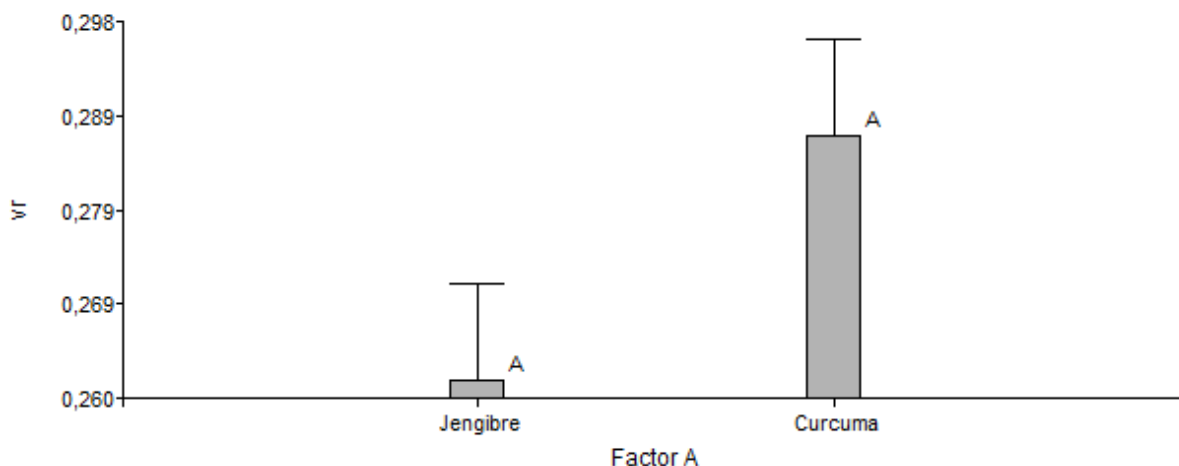
Jengibre 0,2615 9 0,0100 A

Cúrcuma 0,2864 9 0,0100 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 16: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la acidez titulable día 10.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 25 ilustra la comparación de los promedios de acuerdo con el factor A (tipo de raíz). En este caso, las bebidas que presentan cúrcuma poseen un promedio de acidez titulable de 0,2864 %, mientras que las que tienen jengibre presentan un promedio de 0,2615 %. Sin embargo, la misma prueba de Tukey agrupó ambos tratamientos en la misma categoría estadística (A), por lo que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos tipos de raíz ($p > 0,05$).

Tabla 26: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la acidez titulable día 10.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,04605

Error: 0,0009 gl: 12

Factor B	Medias	n	E.E.
----------	--------	---	------

Naranja	0,1588	6	0,0122	A
---------	--------	---	--------	---

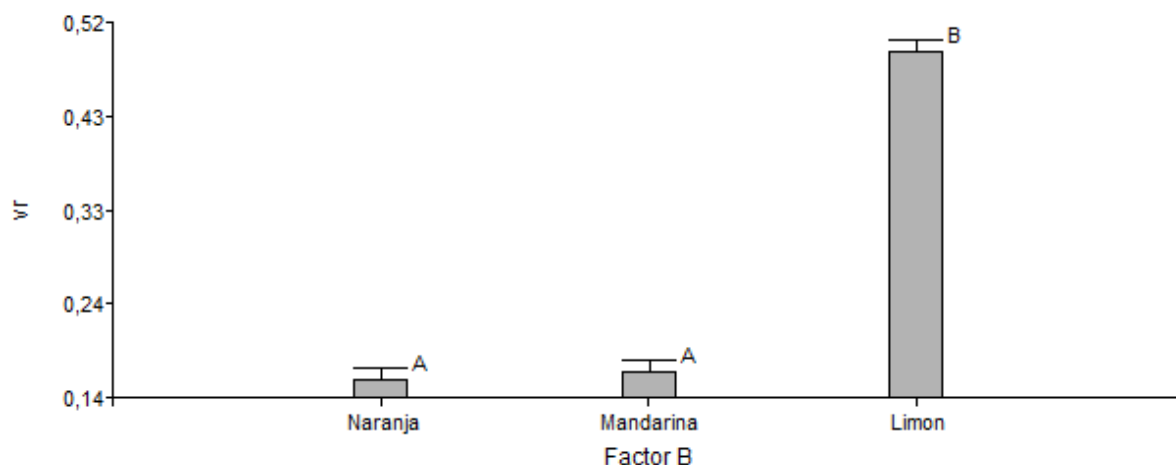
Mandarina	0,1681	6	0,0122	A
-----------	--------	---	--------	---

Limon	0,4950	6	0,0122	B
-------	--------	---	--------	---

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 17: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la acidez titulable día 10.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 26 muestra la comparación de las medias del factor B (grupo de cítricos). Las bebidas a base de naranja y mandarina tienen los menores valores medias de acidez titulables, alcanzando las medias de 0,1588 % y 0,1681 %, respectivamente, sin diferencias estadísticas agrupadas al grupo A, mientras que las bebidas a base de limón presentan el mayor valor media 0,4950 %, y fueron grupadas a la categoría (B) presentando diferencias respecto a las elaboradas con naranja y mandarina.

Tabla 27: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para la acidez titulable día 10.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,08200

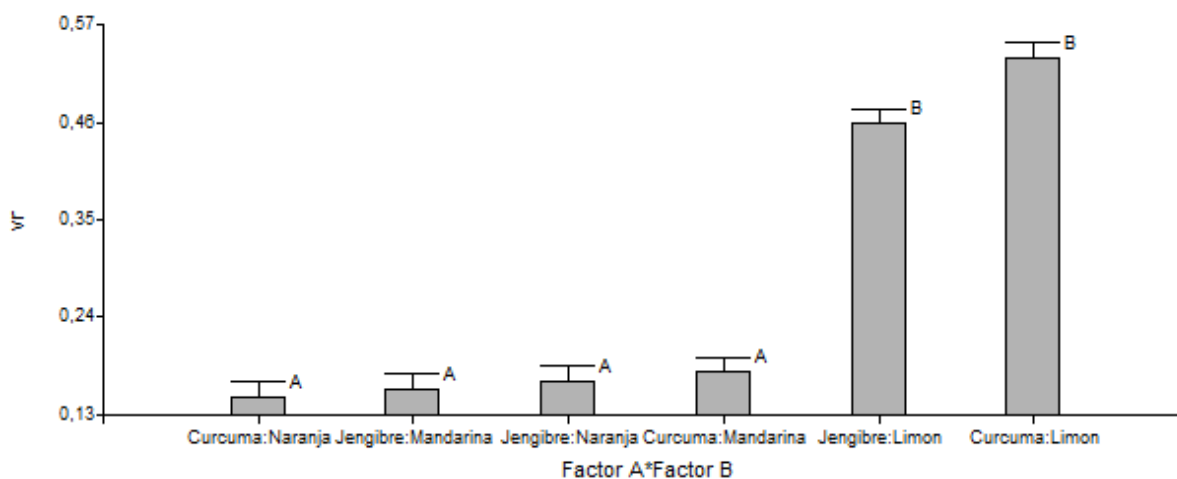
Error: 0,0009 gl: 12

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.	
Cúrcuma	Naranja	0,1494	3	0,0173	A
Jengibre	Mandarina	0,1588	3	0,0173	A
Jengibre	Naranja	0,1681	3	0,0173	A
Cúrcuma	Mandarina	0,1775	3	0,0173	A
Jengibre	Limon	0,4577	3	0,0173	B
Cúrcuma	Limon	0,5324	3	0,0173	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 18: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para la acidez titulable día 10.



Elaborado por: Ponce Carlos

En la Tabla 27 se observa la comparación de medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico. Las combinaciones elaboradas con naranja y mandarina obtuvieron los menores valores de acidez titulable (entre 0,1494 % y 0,1775 %), por lo que se agruparon en el grupo A. Las formulaciones que contienen limón fueron los que tuvieron los mayores valores (0,4577 % para jengibre y de 0,5324 % para cúrcuma) y quedaron agrupadas en el grupo B. A pesar de que el análisis de la varianza mostró que la interacción raíz $\times$ cítrico no fue significativa ($p = 0,0557$), las mayores medias de acidez titulable estuvieron estrechamente ligadas con las formulaciones que contenían limón.

3.3 °Brix

3.3.1 °Brix día 0

Tabla 28: Análisis de varianza de los sólidos solubles (°Brix) de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos en el día 0.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,124	5	0,225	2,831	0,0649
Factor A	0,080	1	0,080	1,007	0,3354
Factor B	0,181	2	0,091	1,140	0,3522
Factor A*Factor B	0,863	2	0,432	5,434	0,0209
Error	0,953	12	0,079		
Total	2,078	17			

Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 28 muestra el análisis de varianzas (ANOVA) de los sólidos solubles (°Brix) de las bebidas evaluadas el día 0. El modelo no presentó diferencias significativas ($p=0,0649$). El tipo de raíz (factor A), así como el tipo de cítrico (factor B), no mostraron diferencias significativas ($p>0,05$), aunque la interacción entre ambos factores sí fue significativa ($p=0,0209$) indicando que los valores de sólidos solubles estaban en función de la combinación entre el tipo de raíz y cítrico empleada. El coeficiente de variación fue de 5,86% lo que evidencia una precisión experimental adecuada.

Tabla 29: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para los sólidos solubles (°Brix) día 0.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,28950

Error: 0,0794 gl: 12

Factor A Medias n E.E.

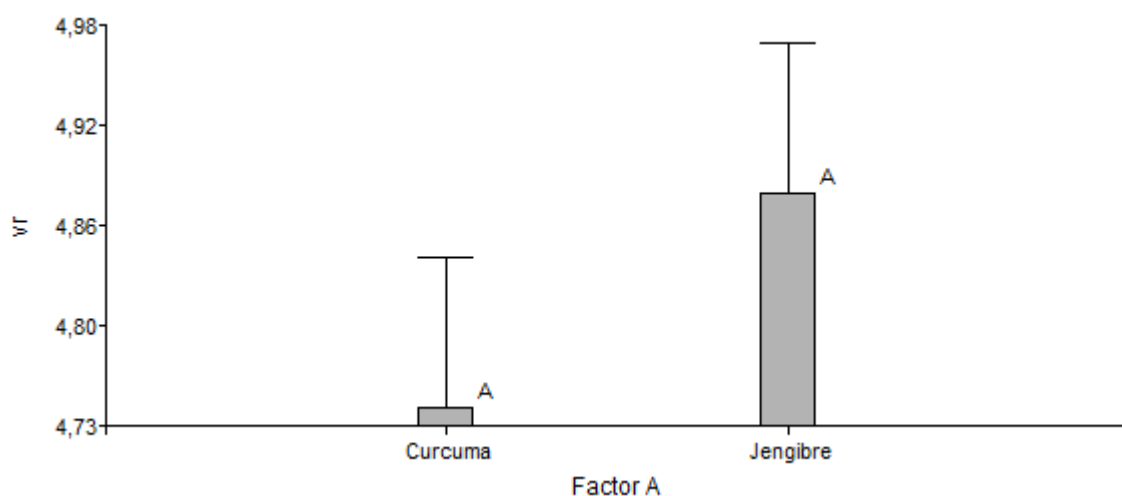
Cúrcuma 4,744 9 0,094 A

Jengibre 4,878 9 0,094 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 19: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para los sólidos solubles (°Brix) día 0.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 29 presenta la comparación de medias del factor A (tipo de raíz). Las bebidas a base de jengibre obtuvieron un promedio de 4,878 °Brix, mientras que las formuladas a base de cúrcuma exhibieron un promedio de 4,744 °Brix. La prueba de Tukey agrupó ambos tratamientos bajo la misma letra (A), lo que sugiere que no existieron diferencias estadísticas significativas entre ambos tipos de raíces ($p > 0,05$).

Tabla 30: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para los sólidos solubles (°Brix) día 0.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,43414

Error: 0,0794 gl: 12

Factor B Medias n E.E.

Mandarina 4,717 6 0,115 A

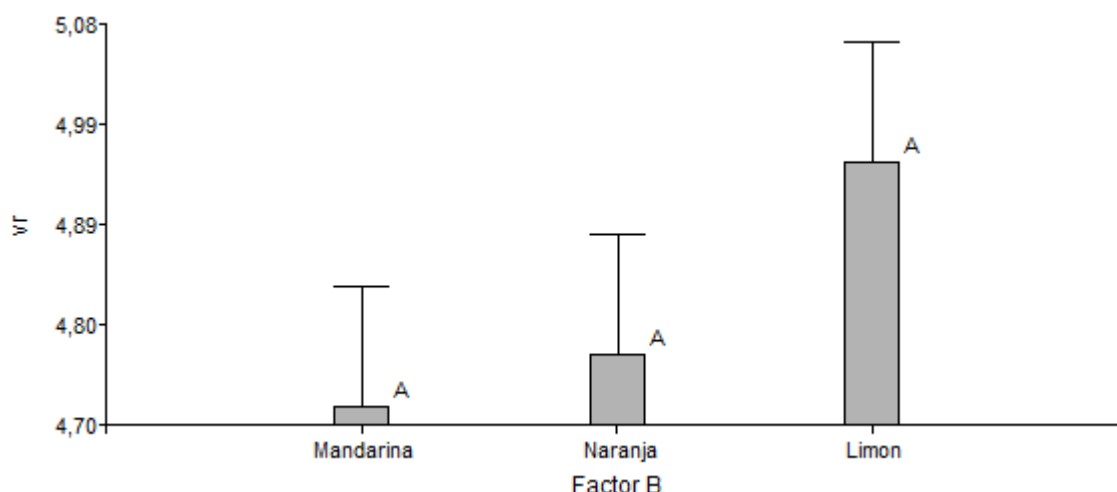
Naranja 4,767 6 0,115 A

Limon 4,950 6 0,115 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 20: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para los sólidos solubles (°Brix) día 0.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 30 indica la comparación de medias del factor B (tipo de cítrico), donde las bebidas formuladas con limón presentaron la mayor media de sólidos solubles (4,950 °Brix), seguidas de las bebidas formuladas con naranja (4,767 °Brix) y las bebidas formuladas con mandarina (4,717 °Brix). Sin embargo, la prueba de Tukey encontró que los tres tratamientos se encuentran en la misma categoría estadística (A), de modo que no se presentan diferencias significativas entre los tipos de cítricos evaluados ($p > 0,05$).

Tabla 31: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para los sólidos solubles (°Brix) día 0.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,77301

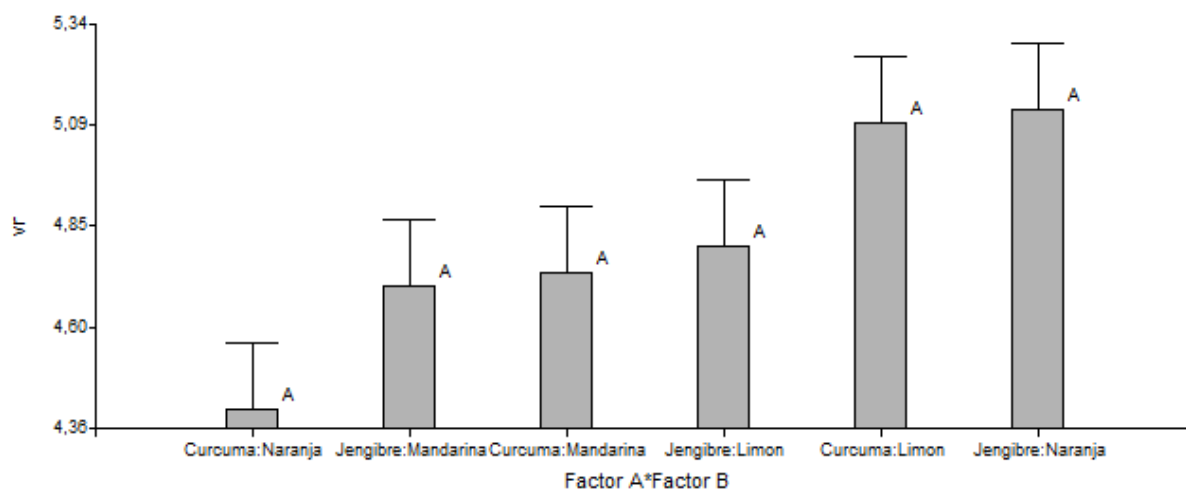
Error: 0,0794 gl: 12

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.	
Cúrcuma	Naranja	4,400	3	0,163	A
Jengibre	Mandarina	4,700	3	0,163	A
Cúrcuma	Mandarina	4,733	3	0,163	A
Jengibre	Limon	4,800	3	0,163	A
Cúrcuma	Limon	5,100	3	0,163	A
Jengibre	Naranja	5,133	3	0,163	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 21: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para los sólidos solubles (°Brix) día 0.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 31 muestra la comparación de medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico. La combinación cúrcuma - naranja obtuvo el menor valor promedio de sólidos solubles (4. 400 °Brix) mientras que la combinación de jengibre - naranja el mayor valor (5. 133 ° Brix); las demás combinaciones mostraron valores promedio intermedios entre 4.700 y 5.100 ° Brix.

El análisis de varianza evidenció que existió una interacción significativa entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico ($p = 0,0209$), por lo tanto, el comportamiento de los sólidos solubles pudo considerarse asociado a la combinación de ambos factores. Sin embargo, la prueba de comparación múltiple de Tukey no evidenció una diferencia significativa entre las seis combinaciones individuales, englobadas dentro de la misma categoría estadística (A). Este hallazgo puede ser debido a que, la significancia del ANOVA hacía referencia a una evaluación de la interacción global, las pruebas de Tukey se ajustan a un criterio en el que las comparaciones múltiples entre medias son consideradas con un criterio más conservador.

3.3.2 °Brix día 5

Tabla 32: Análisis de varianza de los sólidos solubles (°Brix) de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos en el día 5.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,423	5	0,085	2,238	0,1174
Factor A	0,014	1	0,014	0,368	0,5556
Factor B	0,218	2	0,109	2,882	0,0950
Factor A*Factor B	0,191	2	0,096	2,529	0,1212
Error	0,453	12	0,038		
Total	0,876	17			

Elaborado por: Ponce Carlos

En la tabla 32 puede observarse el análisis de varianza de los sólidos solubles (°Brix) correspondiente a las bebidas estudiadas al 5 día. El modelo no presentó diferencias ($p=0,1174$), el tipo de raíz (Factor A), el tipo de cítrico (Factor B) y la interacción mostraron diferencias no significativas ($p=0,5556$; $p=0,0950$ y $p=0,1212$ respectivamente). Lo que indica que los factores estudiados no provocaron diferencias significativas en el contenido de sólidos solubles de las bebidas durante el quinto día. El coeficiente de variación ($CV=4,89\%$) muestra que la precisión experimental es adecuada y la variabilidad de los datos es baja.

Tabla 33: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para los sólidos solubles (°Brix) día 5.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,19963

Error: 0,0378 gl: 12

Factor A Medias n E.E.

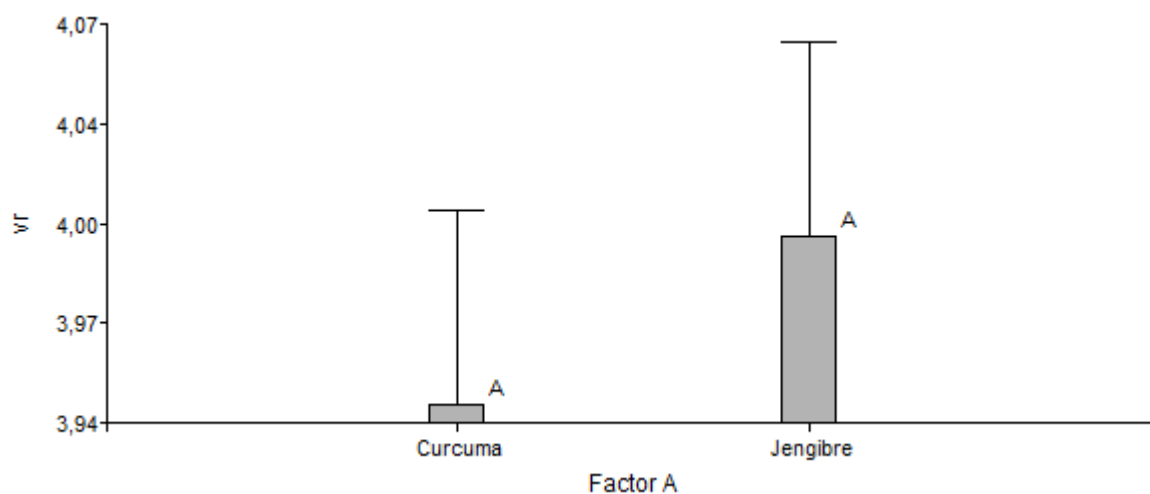
Cúrcuma 3,944 9 0,065 A

Jengibre 4,000 9 0,065 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 22: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para los sólidos solubles (°Brix) día 5.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 33 aporta la comparación de medias que hace referencia al factor A (tipo de raíz). Se aprecia que las bebidas elaboradas a partir del jengibre tenían una media de 4,000 ° Brix, mientras que las formulaciones a partir de cúrcuma presentaron una media de 3,944 ° Brix. La prueba de Tukey agrupó ambos tratamientos en la misma categoría estadística (A), lo cual es indicativo de que no existieron diferencias significativas entre ambos tipos de raíz ($p > 0,05$).

Tabla 34: Comparación de medias del factor B (tipo de cítricos) para los sólidos solubles (°Brix) día 5.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,29938

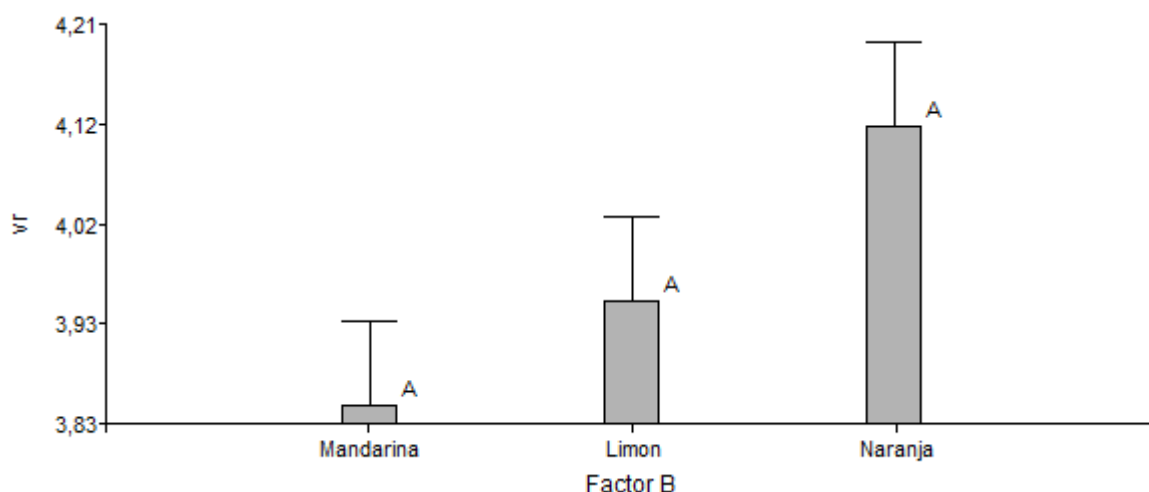
Error: 0,0378 gl: 12

Factor B	Medias	n	E.E.	
Mandarina	3,850	6	0,079	A
Limon	3,950	6	0,079	A
Naranja	4,117	6	0,079	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 23: Comparación de medias del factor B (tipo de cítricos) para los sólidos solubles (°Brix) día 5.



Elaborado por: Ponce Carlos

La tabla número 34 muestra la comparación de las medias del factor B (tipo de cítrico) donde se puede observar que la bebida elaborada a partir de mandarina obtuvo el menor promedio en sólidos solubles (3,850 °Brix) en tanto que las formuladas a partir de limón (3,950 °Brix) mostraron un promedio intermedio y las bebidas a base de naranja alcanzaron el mayor promedio (4,117 °Brix). La prueba de Tukey agrupó a los tres cítricos en una misma letra estadística (A) indicando que no existieron diferencias significativas entre ellos ($p > 0,05$).

Tabla 35: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para los sólidos solubles (°Brix) día 5.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,53306

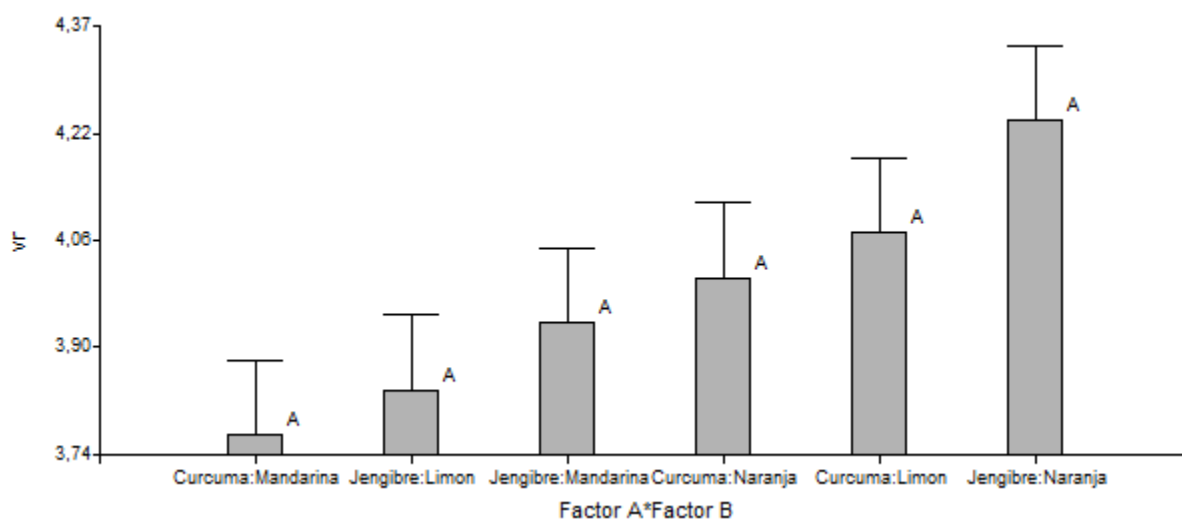
Error: 0,0378 gl: 12

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.	
Cúrcuma	Mandarina	3,767	3	0,112	A
Jengibre	Limon	3,833	3	0,112	A
Jengibre	Mandarina	3,933	3	0,112	A
Cúrcuma	Naranja	4,000	3	0,112	A
Cúrcuma	Limon	4,067	3	0,112	A
Jengibre	Naranja	4,233	3	0,112	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 24: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para los sólidos solubles (°Brix) día 5.



Elaborado por: Ponce Carlos

En la Tabla 35 se muestra la comparación de medias que corresponde a la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico. Se puede observar que la combinación cúrcuma–mandarina presentó el menor valor medio de los sólidos solubles (3,767 °Brix) y que la combinación jengibre–naranja tuvo el mayor promedio (4,233 °Brix). Las otras combinaciones tuvieron un contenido medio intermedio, ya que se situaron entre los valores de 3,833 y 4,067 °Brix. Sin embargo, la prueba de Tukey agrupó a todos los tratamientos en la misma categoría estadística (A), indicando que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre las combinaciones analizadas ($p > 0,05$).

3.3.3 °Brix día 10

Tabla 36: Análisis de varianza de los sólidos solubles (°Brix) de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos en el día 10.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,764	5	0,153	3,876	0,0253
Factor A	0,080	1	0,080	2,028	0,1799
Factor B	0,361	2	0,181	4,577	0,0333
Factor A*Factor B	0,323	2	0,162	4,099	0,0440
Error	0,473	12	0,039		
Total	1,238	17			

Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 36 muestra el análisis de la varianza de las bebidas con sólidos solubles (°Brix) en el décimo día. Observamos que el modelo fue significativo ($p=0,0253$), lo que refuerza la idea de que los factores evaluados explican la varianza de los sólidos solubles. El tipo de raíz (factor A) no mostró diferencias significativas ($p=0,1799$), mientras que los efectos de los cítricos (factor B) y la interacción de ambos factores ($p=0,0333$ y $p=0,0440$, respectivamente) mostraron diferencias significativas; los datos evidencian que el contenido de sólidos solubles estuvo influenciado por el tipo de cítrico empleado y por la interacción tipo de raíz con el tipo de cítrico. El coeficiente de variación obtenido ($CV=3,90\%$) demuestra una adecuada precisión experimental.

Tabla 37: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para los sólidos solubles (°Brix) día 10.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,20399

Error: 0,0394 gl: 12

Factor A Medias n E.E.

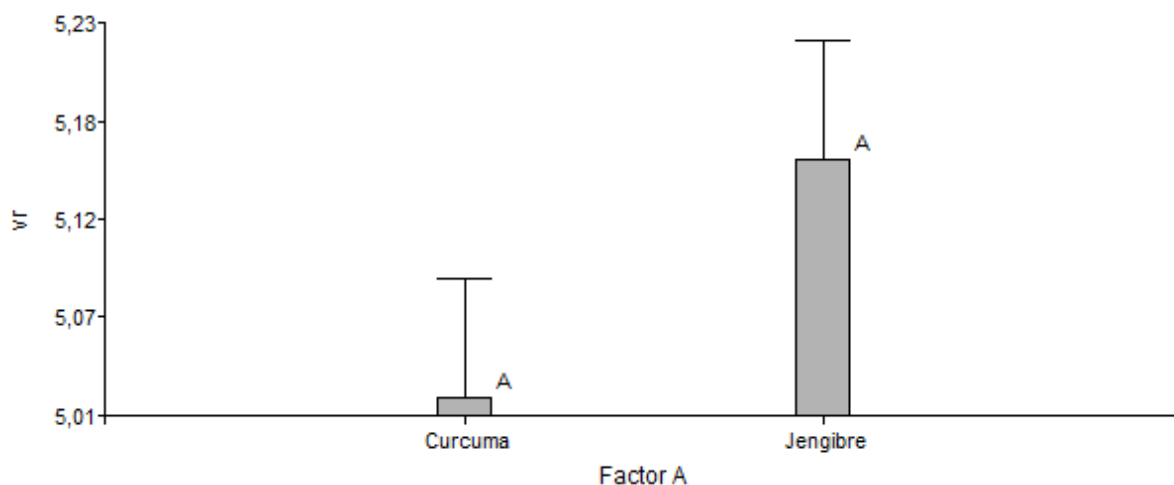
Cúrcuma 5,022 9 0,066 A

Jengibre 5,156 9 0,066 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 25; Comparación de medias del factor A (Tipo de raíz) para los sólidos solubles (°Brix) día 10.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 37 presenta la comparación de medias respecto al factor A (tipo raíz), marcando que las bebidas elaboradas con jengibre tuvieron una media de 5,156 ° Brix, mientras que las bebidas a base de cúrcuma tuvieron un promedio de 5,022 °Brix. Sin embargo, la prueba de Tukey agrupó ambos tratamientos dentro de la misma categoría estadístico (A), dando como resultado que los dos tratamientos de raíz no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$).

Tabla 38: Comparación de medias del factor B (tipo de cítricos) para los sólidos solubles (°Brix) día 10.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,30591

Error: 0,0394 gl: 12

Factor B Medias n E.E.

Limon 4,950 6 0,081 A

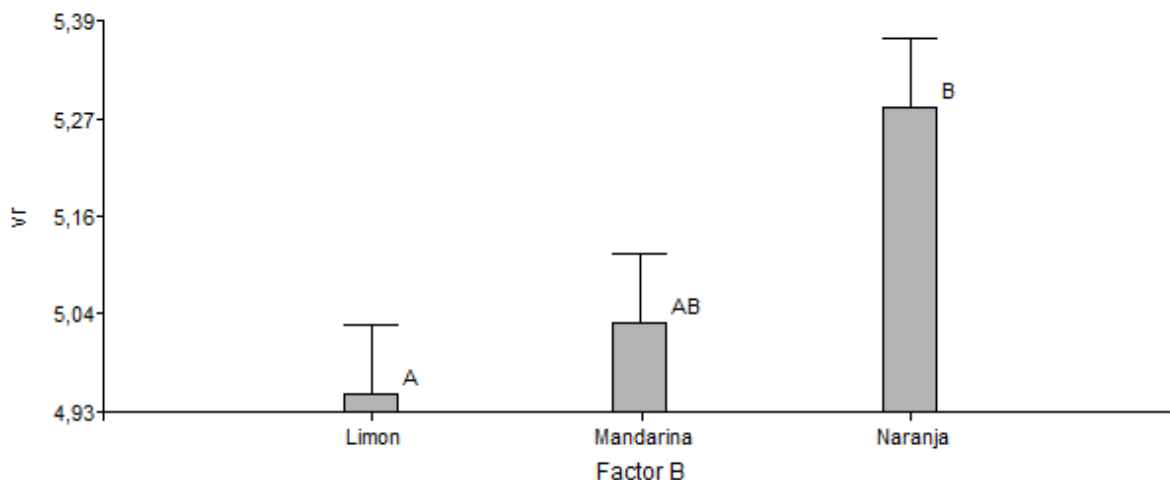
Mandarina 5,033 6 0,081 A B

Naranja 5,283 6 0,081 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 26: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para los sólidos solubles (°Brix) día 10.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 38 muestra la comparación de promedios en función del factor B (tipo de cítrico). Las bebidas elaboradas de limón mostraron el promedio más bajo de sólidos solubles (4,950 °Brix), frente a los productos elaborados con naranjas, que alcanzaron el mayor promedio (5,283 °Brix). Las bebidas elaboradas con el cítrico de mandarina obtuvieron un valor intermedio (5,033 °Brix), presentando un mismo grupo estadístico que las bebidas de limón y de naranja (AB). Esto significa que la bebida de mandarina no mostró diferencias significativas con ninguno de los dos cítricos; mientras que sí existió diferencias entre el producto de limón y el producto de naranja.

Tabla 39: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para los sólidos solubles (°Brix) día 10.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,54469

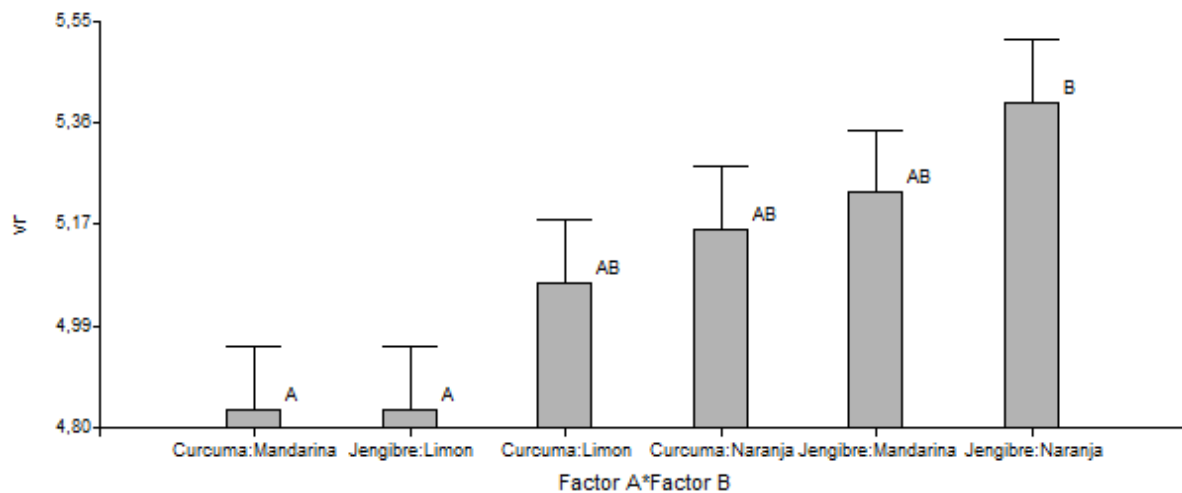
Error: 0,0394 gl: 12

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.	
Cúrcuma	Mandarina	4,833	3	0,115	A
Jengibre	Limon	4,833	3	0,115	A
Cúrcuma	Limon	5,067	3	0,115	A B
Cúrcuma	Naranja	5,167	3	0,115	A B
Jengibre	Mandarina	5,233	3	0,115	A B
Jengibre	Naranja	5,400	3	0,115	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 27: Comparación de las medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para los sólidos solubles (°Brix) día 10.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 39 presenta la comparación de medias que resultan de la interacción entre tipo de raíz y tipo de cítrico. Entre los resultados, los que presentaban las menores medias de sólidos solubles (4,833 °Brix) corresponden a las combinaciones cúrcuma–mandarina y jengibre–limón, que se agrupan bajo la categoría A, mientras que la mezcla de jengibre–naranja presentó el mayor valor medio de sólidos solubles (5,400 °Brix), conformando el grupo B. El resto de las combinaciones presentaron valores intermedios (valores entre los 5,067 y 5,233 °Brix) que se agrupan bajo grupos estadísticos (AB), es decir, que no hay diferencias significativas.

3.4 Color

3.4.1 Color día 0.

Tabla 40: Análisis de varianza de la luminosidad (L^*) de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos día 0.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8,273	3	2,758	1,165	0,3579
Factor A	7,347	1	7,347	3,105	0,0999
Factor B	0,925	2	0,463	0,196	0,8246
Error	33,129	14	2,366		
Total	41,401	17			

Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla muestra el análisis de varianza para el factor de luminosidad (L^*) de las bebidas estudiadas en el día 0. El modelo no ha encontrado diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0,3579$). El tipo de raíz (factor A) no mostró diferencias significativas ($p=0,0999$), así como lo hizo el tipo de cítrico (factor B) ($p=0,8246$). Es decir, que no ha existido ningún tipo de factor que influyese en la luminosidad inicial de las bebidas. El coeficiente de variación fue 13,41 %.

Tabla 41: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la luminosidad (L^*) de las bebidas en día 0.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,55531

Error: 2,3664 gl: 14

Factor A Medias n E.E.

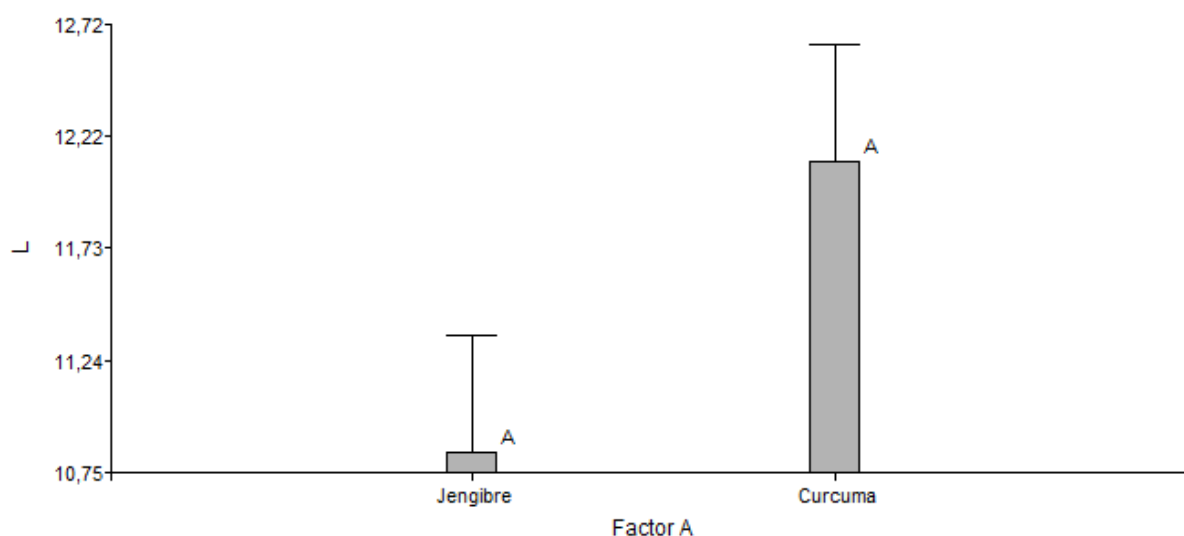
Jengibre 10,836 9 0,513 A

Cúrcuma 12,113 9 0,513 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 28: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la luminosidad (L^*) de las bebidas en día 0.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 41 muestra la comparación de medias correspondiente al factor A (tipo de raíz). La luminosidad (L^*) de las bebidas elaboradas con cúrcuma fue 12,113 y la de las formulaciones con jengibre fue 10,836. Sin embargo, como se observa en la agrupación según las diferencias encontradas por la prueba de Tukey, ambos tratamientos fueron agrupados en la misma categoría estadística (A). Con esta clasificación, podemos corroborar que no hubo diferencias entre los dos tipos de raíz ($p>0,05$).

Tabla 42: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la luminosidad (L^*) de las bebidas en día 0.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,32450

Error: 2,3664 gl: 14

Factor B Medias n E.E.

Mandarina 11,222 6 0,628 A

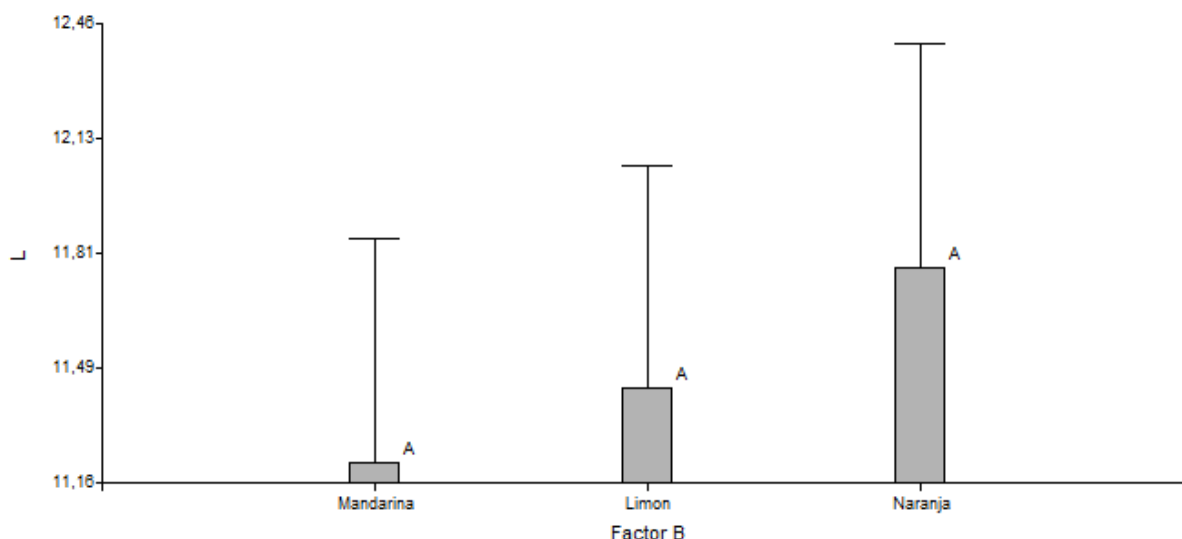
Limon 11,430 6 0,628 A

Naranja 11,772 6 0,628 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 29: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la luminosidad (L^*) de las bebidas en día 0.



Elaborado por: Ponce Carlos

La tabla 42 presenta la comparación de medias del factor B (tipo de cítrico). Las bebidas elaboradas con naranja fueron, las que ofrecieron un valor de media de luminosidad (L^*) más elevado (11,772) los valores de medias obtenidos de las bebidas formuladas con limón (11,430) y las elaboradas con mandarina (11,222). La prueba de Tukey agrupó los tres tratamientos dentro de la misma categoría estadística (A), es decir, los valores medios de los tipos de cítricos que se evaluaron no fueron significativos ($p > 0,05$).

Tabla 43: Análisis de varianza de la coordenada (a^*) de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos día 0.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,32	3	0,11	5,60	0,0098
Factor A	0,08	1	0,08	4,28	0,0576

Factor B	0,24	2	0,12	6,26	0,0114
Error	0,27	14	0,02		
Total	0,59	17			

Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 43 muestra el análisis de la varianza correspondiente a la coordenada a* para las bebidas analizadas en el día 0 y se aprecia que el modelo mostró diferencias significativas ($p=0,0098$), lo que indica que los factores analizados se reflejaron sobre esta coordenada de la fórmula. El tipo de raíz (factor A) no presentó diferencias significativas ($p=0,0576$), en tanto que el tipo de cítricos (factor B) sí mostró diferencias significativas ($p=0,0114$), estos resultados indican que la coordenada a*, que refleja la tonalidad entre verde (-) y rojo (+) estuvo más vinculada con el tipo de cítricos que se incluyó en la formulación. El coeficiente de variación fue del 183,81 %, lo que indica que existía gran variabilidad en las mediciones, y se justifica porque se obtuvieron valores muy cercanos a cero.

Tabla 44: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la coordenada (a*) de las bebidas en día 0.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,13939

Error: 0,0190 gl: 14

Factor A	Medias	n	E.E.
----------	--------	---	------

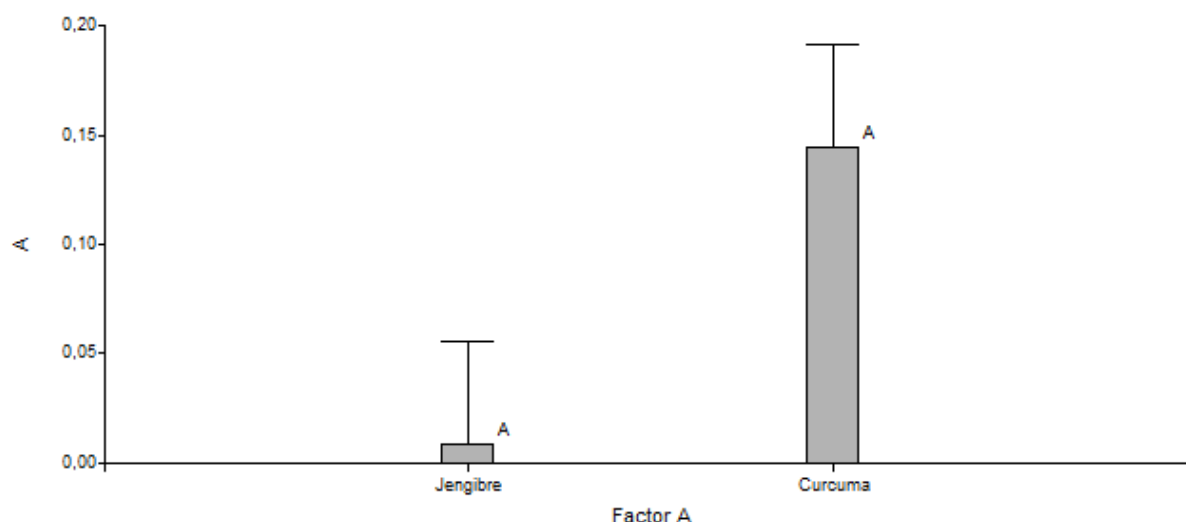
Jengibre	0,01	9	0,05 A
----------	------	---	--------

Cúrcuma	0,14	9	0,05 A
---------	------	---	--------

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 30: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la coordenada (a*) de las bebidas en día 0.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 44 presenta la comparación de medias que corresponde al factor A (tipo de raíz), siendo las bebidas elaboradas a partir de cúrcuma de valor promedio de 0,14, mientras que las formuladas a partir de jengibre de 0,01. El resultado de la prueba de Tukey agrupó a ambos tratamientos entre sí en la misma agrupación estadística (A), lo que implica que no existieron diferencias significativas de acuerdo a los tipos de raíz evaluados ($p > 0,05$).

Tabla 45: Comparación de medias del factor B (tipo de Cítrico) para la coordenada (a^*) de las bebidas en día 0.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,20832

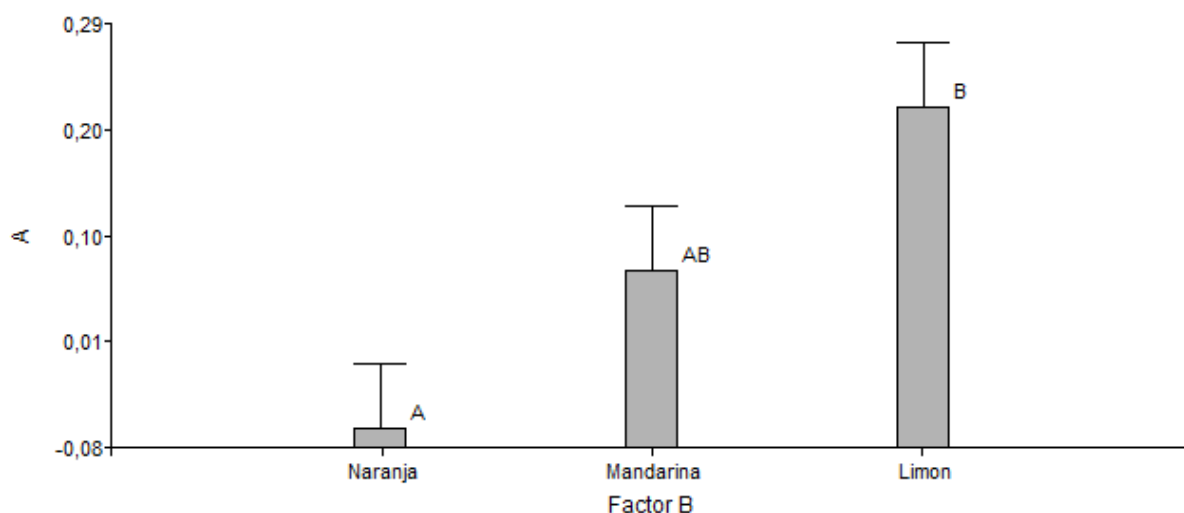
Error: 0,0190 gl: 14

Factor B	Medias	n	E.E.	
Naranja	-0,07	6	0,06	A
Mandarina	0,07	6	0,06	A B
Limon	0,22	6	0,06	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 31: Comparación de medias del factor B (tipo de Cítrico) para la coordenada (a^*) de las bebidas en día 0.



Elaborado por: Ponce Carlos

La tabla 45 comparte la comparación de las medias que se refiere al factor B (tipo de cítrico). Se puede comprobar que las bebidas formuladas con limón mostraron el mayor valor medio de la coordenada a^* (0.22), en la medida que las bebidas formuladas con naranja mostraron el valor medio más bajo (-0.07). Las bebidas elaboradas con mandarina mostraron un valor medio intermedio (0.07), formando parte del mismo grupo estadístico que los tratamientos (AB). La prueba de Tukey mostró que existían diferencias significativas entre las bebidas formuladas con limón y aquellas que estaban formuladas con naranja, mientras que la mandarina no mostró diferencias significativas con ninguno de estos dos cítricos.

Tabla 46: Análisis de varianza de la coordenada (b^*) de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos día 0.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,29	3	0,76	4,65	0,0186
Factor A	1,97	1	1,97	11,99	0,0038
Factor B	0,32	2	0,16	0,97	0,4021
Error	2,30	14	0,16		
Total	4,60	17			

Elaborado por: Ponce Carlos

En la Tabla 46 se observa el análisis de la varianza de la coordenada b^* de las bebidas evaluadas el día 0. A partir de los resultados, se comprueba que el modelo ha evidenciado diferencias significativas ($p=0,0186$), lo que pone de manifiesto el efecto del modelo sobre este parámetro de color. El tipo de raíz (factor A) presentó diferencias significativas ($p=0,0038$),

mientras que la variable tipo de cítrico (factor B) no mostró diferencias significativas ($p=0,4021$). Por lo tanto, la coordenada b^* , que está asociada a la variación entre las tonalidades azules (-) y las amarillas (+), estuvo explicada claramente por el tipo de raíz de la formulación. Por otro lado, el porcentaje del coeficiente de variación ($CV = 16,96 \%$) corroboró que las medidas realizadas eran bastante precisas (adecuada precisión experimental).

Tabla 47: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la coordenada (b^*) de las bebidas en día 0.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,41010

Error: 0,1645 gl: 14

Factor A Medias n E.E.

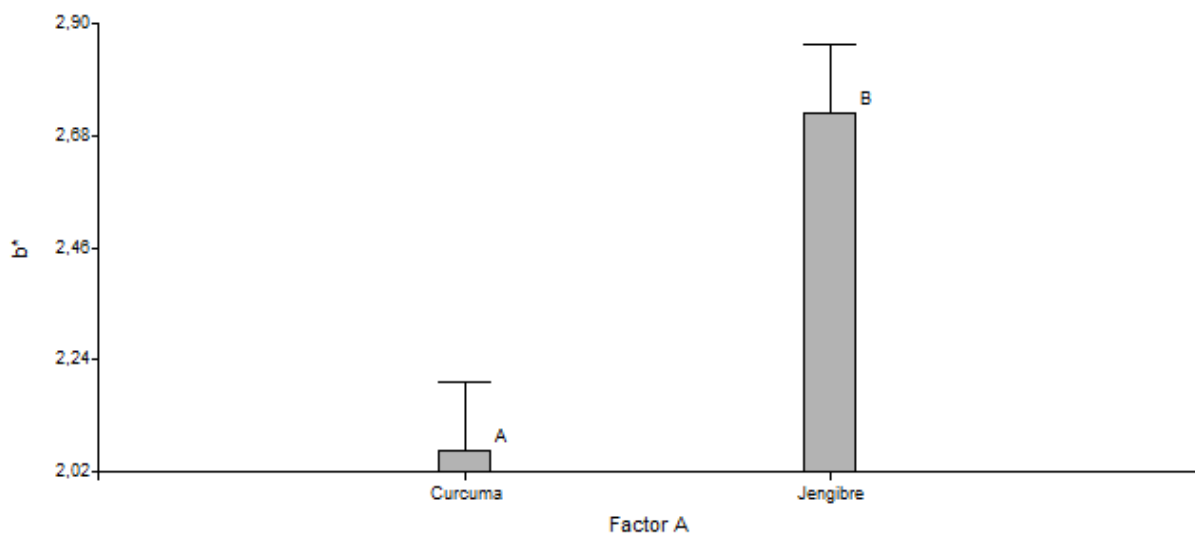
Cúrcuma 2,06 9 0,14 A

Jengibre 2,72 9 0,14 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 32: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la coordenada (b^*) de las bebidas en día 0.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 47 expone la comparación de medias correspondiente al factor A (tipo de raíz). Las bebidas que incorporan jengibre presentan una media de la coordenada b^* igual a 2,72, mientras que las bebidas formuladas con cúrcuma cuya media es de 2,06. La comparación de Tukey mostró diferencias significativas entre ambos tipos de tratamientos, siendo el jengibre parte del grupo estadístico B y la cúrcuma parte del grupo A. Estos resultados reflejan que el tipo de raíz actuó significativamente sobre este parámetro de color en el comienzo de la fase del almacenamiento.

Tabla 48: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la coordenada (b^*) de las bebidas en día 0.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,61292

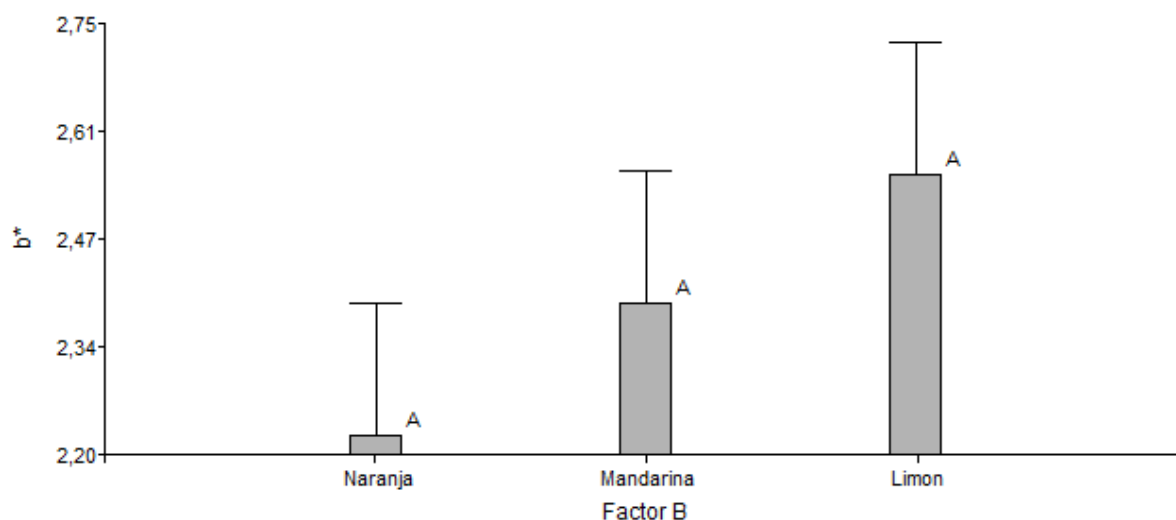
Error: 0,1645 gl: 14

Factor B	Medias	n	E.E.
Naranja	2,23	6	0,17 A
Mandarina	2,39	6	0,17 A
Limon	2,56	6	0,17 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 33: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la coordenada (b^*) de las bebidas en día 0.



Elaborado por: Ponce Carlos

A continuación, se presenta la Tabla 48 donde se ha elaborado la comparación de las medias para el factor B (tipo de cítrico). Las bebidas realizadas con limón destacan por tener la mayor media de la coordenada b^* (2,56), seguido de las de mandarina (2,39) y de naranja (2,23). Ahora bien, cuando se aplicó la prueba de Tukey, se agruparon los tres tratamientos en el mismo grupo estadístico (A), lo cual indica que no hubo diferencias entre los distintos tipos de cítricos ($p > 0,05$).

La evaluación instrumental del color a 0 días mostró que la luminosidad (L^*) no cambió con el tipo de raíz ($p > 0,05$) ni con los cítricos evaluados ($p > 0,05$), lo que correlaciona con el hecho de que todos los productos conservaban un mismo nivel de claridad en este momento de almacenamiento. La coordenada a^* sí mostró cómo el tipo de cítrico influyó de forma significativa ($p < 0,05$), puesto que se observó cierta tendencia a tonalidades más rojizas en los

productos elaborados a partir de limón frente a las bebidas de naranja y mandarina. La coordenada b^* mostró diferencias significativas únicamente para el tipo de raíz ($p < 0,05$) ya que los productos derivados del jengibre mostraron valores más altos en comparación con los productos elaborados a partir de cúrcuma, lo que indica que la intensidad de los tonos amarillos fue superior en los primeros en relación con los anteriores.

3.4.2 Color día 5

Tabla 49: Análisis de varianza de la luminosidad (L^*) de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos día 5.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,56	3	1,19	1,15	0,3631
Factor A	2,76	1	2,76	2,68	0,1238
Factor B	0,79	2	0,40	0,39	0,6870
Error	14,42	14	1,03		
Total	17,97	17			

Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 49 muestra el análisis de varianza del parámetro de luminosidad (L^*) de las bebidas valoradas al día 5 de almacenamiento. Se observa que el modelo no mostró diferencias significativas ($p=0,3631$), el tipo de raíz (factor A) tampoco mostró diferencias significativas ($p=0,1238$) y el tipo de cítrico (factor B) también fue sin diferencias significativas ($p=0,6870$). Por lo tanto, los resultados indican que ninguno de los factores estudiados influyó sobre la luminosidad de las bebidas al quinto día de almacenamiento. El coeficiente de variación fue de 7,51 %.

Tabla 50: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la luminosidad (L^*) de las bebidas en día 5.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,02597

Error: 1,0297 gl: 14

Factor A Medias n E.E.

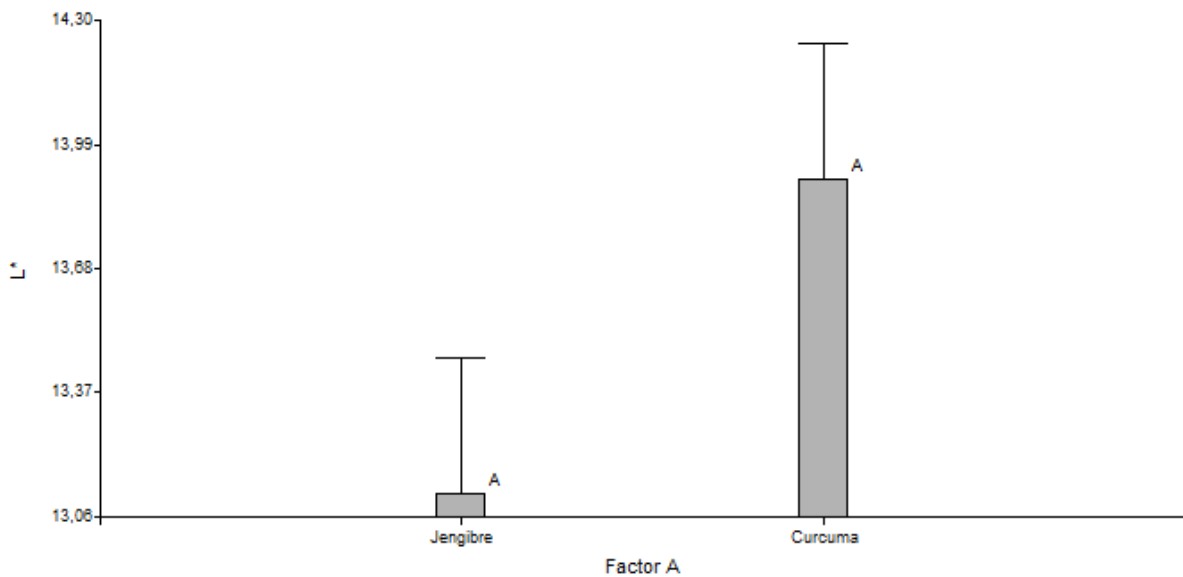
Jengibre 13,12 9 0,34 A

Cúrcuma 13,90 9 0,34 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 34: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la luminosidad (L^*) de las bebidas en día 5.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 50 muestra la comparación de medias referente al factor A (tipo de raíz). En este sentido las bebidas de cúrcuma mostraron una media de luminosidad (L^*) de 13,90. En cuanto a las elaboradas con jengibre presentaron una media de 13,12. Aun así la prueba de Tukey agrupó ambos tratamientos en la misma categoría estadística (A), mostrando que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de raíz comparados ($p > 0,05$).

Tabla 51: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la luminosidad (L^*) de las bebidas en día 5.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,53337

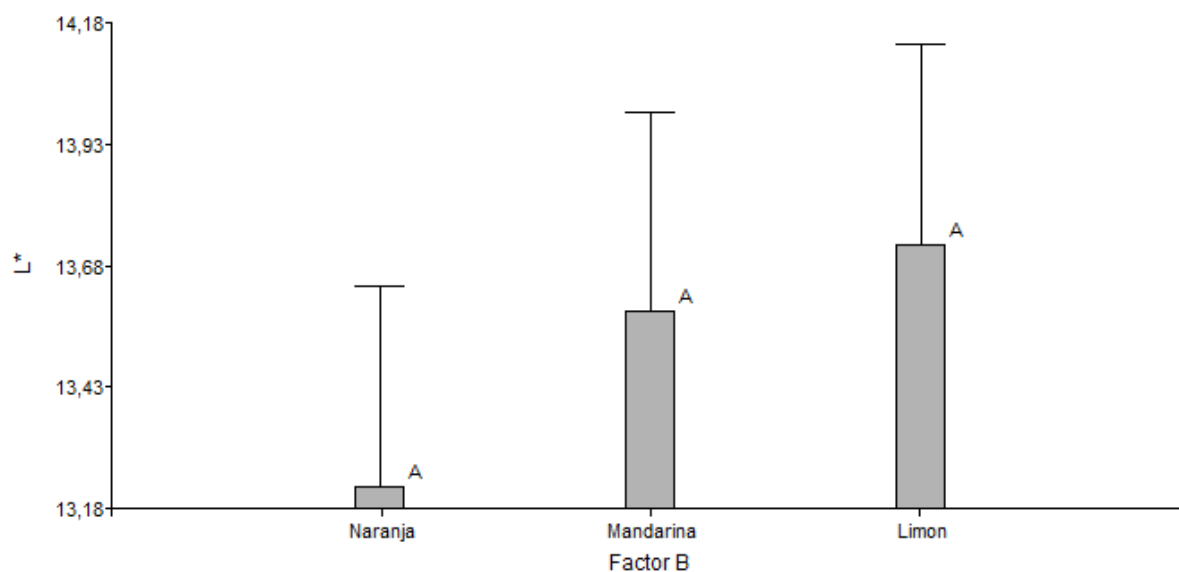
Error: 1,0297 gl: 14

Factor B	Medias	n	E.E.	
Naranja	13,22	6	0,41	A
Mandarina	13,58	6	0,41	A
Limon	13,72	6	0,41	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 35: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la luminosidad (L^*) de las bebidas en día 5.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 51 muestra la comparación de medias que corresponde al factor B (tipo de cítrico). Los resultados indican que las bebidas que utilizaron limón como base fueron las que mayor nivel de luminosidad L (13,72), seguidas por las formuladas a partir de mandarina (13,58) y las elaboradas de naranja (13,22). Sin embargo, la prueba de Tukey agrupó los tres tratamientos dentro del mismo grupo estadístico (A), indicando que no existieron diferencias significativas entre los distintos tipos de cítrico ($p > 0,05$).

Tabla 52: Análisis de varianza de la coordenada (a^*) de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos día 5.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,62	3	0,21	4,56	0,0198
Factor A	0,40	1	0,40	8,77	0,0103
Factor B	0,22	2	0,11	2,46	0,1213
Error	0,64	14	0,05		
Total	1,26	17			

Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 52 presenta el análisis de varianza correspondiente a la coordenada a^* de las bebidas analizadas en el día 5 del almacenamiento. Se puede observar como el modelo presentó diferencias significativas ($p = 0,0198$), indicando que los factores evaluados intervenían en el mencionado parámetro del color. El tipo de raíz (factor A) presentó diferencias significativas ($p = 0,0103$), mientras que el tipo de cítrico (factor B) no mostró diferencias significativas.

($p=0,1213$). Estos resultados nos indican que la coordenada a^* , que refleja variaciones entre las tonalidades verdes (-) y las rojas (+), se vio influenciada sobre todo por el tipo de raíz utilizada para realizar la formulación. El coeficiente de variación fue de 107,27 %, elevado dado que las medias obtenidas eran cercanas a cero, condición que necesariamente incrementa matemáticamente el coeficiente de variación en este tipo de medición.

Tabla 53: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la coordenada (a^*) de las bebidas en día 5.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,21571

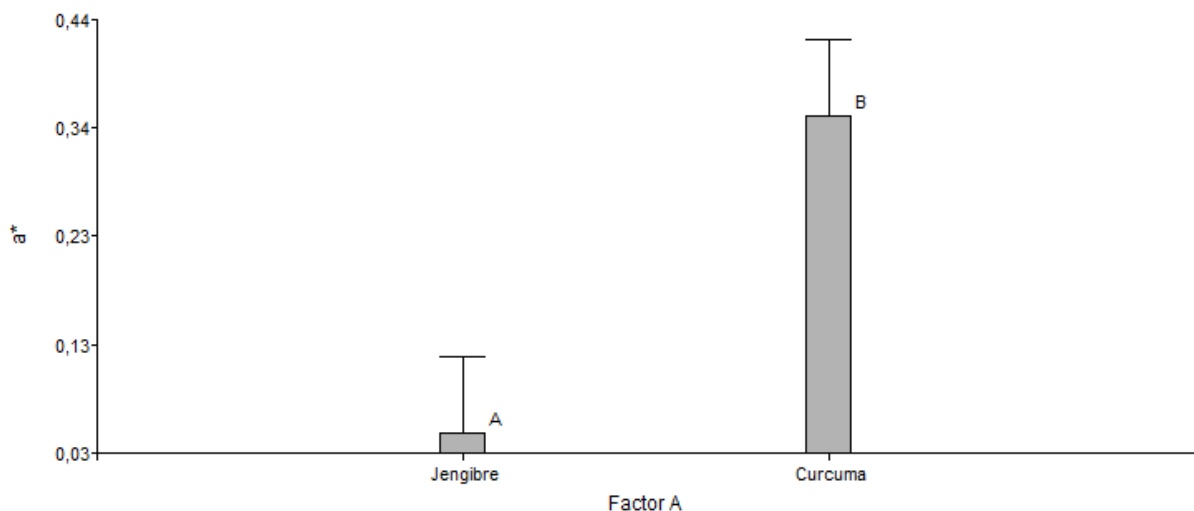
Error: 0,0455 gl: 14

Factor A	Medias	n	E.E.
Jengibre	0,05	9	0,07
Cúrcuma	0,35	9	0,07

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 36: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la coordenada (a^*) de las bebidas en día 5.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 53 muestra el análisis de medias que compara el factor A (tipo de raíz). En las bebidas elaboradas con cúrcuma la media de la coordenada a^* está en 0.35, mientras que en las bebidas formuladas con jengibre la media de la coordenada a^* está en 0.05. La prueba de Tukey ($p<0.05$) para comparaciones múltiples indica que existe una diferencia significativa entre los tratamientos, situando a la cúrcuma en el grupo estadístico B y al jengibre en el grupo A, indicando que el tipo de raíz tuvo efecto significativo sobre este parámetro de color durante el día 5 de almacenamiento.

Tabla 54: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la coordenada (a^*) de las bebidas en día 5.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,32240

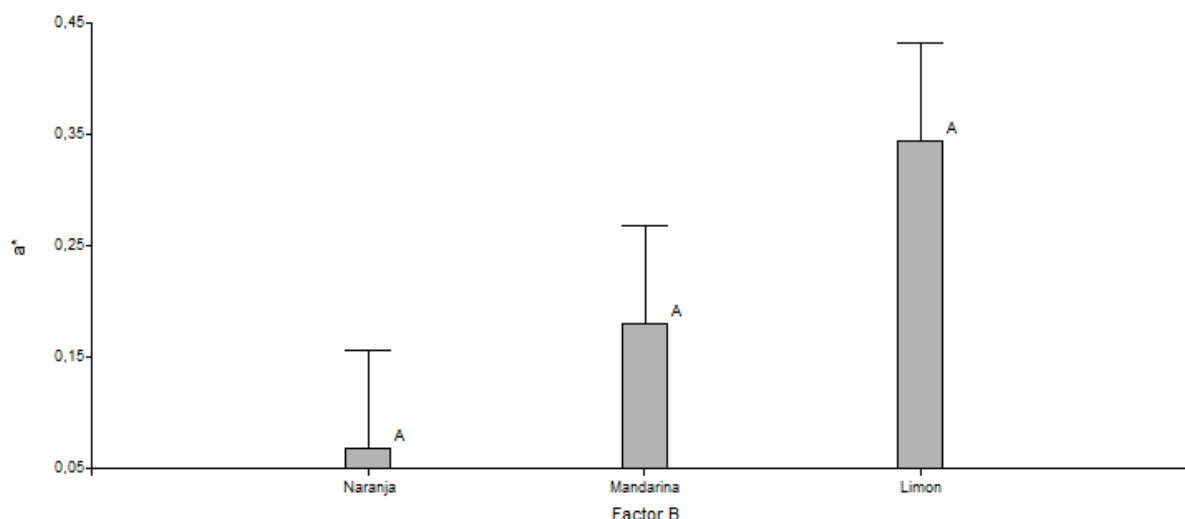
Error: 0,0455 gl: 14

Factor B	Medias	n	E.E.
Naranja	0,07	6	0,09 A
Mandarina	0,18	6	0,09 A
Limon	0,34	6	0,09 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 37: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la coordenada (a^*) de las bebidas en día 5.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 54 muestra la comparación de medias para el factor B (tipo de cítrico). Se puede observar que las bebidas formuladas a base de limón fueron las que presentaron el mayor valor promedio de la coordenada a^* (0,34) y las bebidas formuladas con mandarina (0,18) y naranja (0,07) se situaron por debajo de este valor. No obstante, la prueba de Tukey agrupó los tres tipos de cítricos en la misma categoría estadística (A), lo que indica que no hubo diferencias significativas entre los cítricos analizados ($p > 0,05$).

Los resultados obtenidos sugieren que, durante el quinto día de almacenamiento, la coordenada a^* fue modificada por el tipo de raíz, observándose una mayor tendencia hacia el componente rojo de los colores en las bebidas elaboradas con cúrcuma en comparación con las bebidas formuladas con jengibre. En contraste, el tipo de cítrico no cambió este parámetro de color, lo que sugiere que las diferencias de color se relacionan fundamentalmente con la materia prima vegetal utilizado en la formulación.

Tabla 55: Análisis de varianza de la coordenada (b^*) de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos día 5.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,01	3	1,00	7,52	0,0031
Factor A	2,22	1	2,22	16,66	0,0011
Factor B	0,79	2	0,39	2,96	0,0850
Error	1,86	14	0,13		
Total	4,87	17			

Elaborado por: Ponce Carlos

La tabla 55 ilustra el análisis de varianza correspondiente a la coordenada b^* de las bebidas analizadas el día 5 de almacenamiento, donde podemos observar que dicho modelo presenta diferencias significativas ($p=0.0031$), lo que indica que los factores estudiados tienen influencia sobre este parámetro de color. El tipo de raíz (factor A) muestra diferencias altamente significativas ($p=0.0011$), mientras que el tipo de cítrico (factor B) no presenta diferencias significativas ($p=0.0850$). Estas pruebas muestran que la coordenada b^* , que se relaciona con el cambio entre el azul (-) y el amarillo (+), estuvo influenciada en gran medida por el tipo de raíz utilizado en la formulación. El coeficiente de variación fue de 16.69%, un valor que muestra que la precisión en los datos de las mediciones instrumentales era adecuada.

Tabla 56: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la coordenada (b^*) de las bebidas en día 5.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,36899

Error: 0,1332 gl: 14

Factor A Medias n E.E.

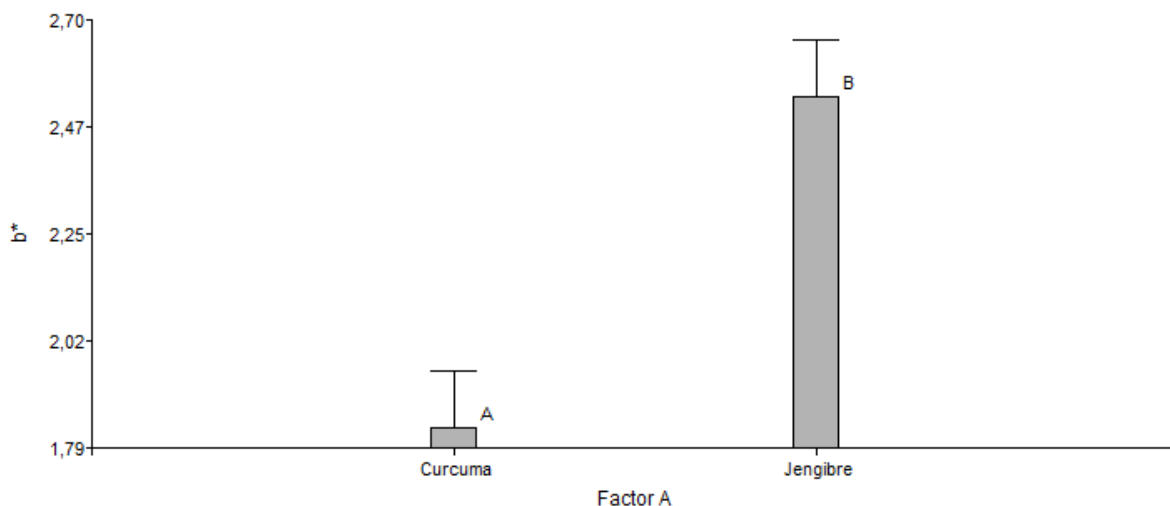
Cúrcuma 1,84 9 0,12 A

Jengibre 2,54 9 0,12 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 38: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la coordenada (b^*) de las bebidas en día 5.



Elaborado por: Ponce Carlos

La comparación de medias que aparece en la tabla 56 corresponde al factor A (tipo de raíz), y puede verse que las bebidas realizadas con jengibre alcanzaron un promedio de la coordenada b^* de 2,54, mientras que las que fueron elaboradas a partir de cúrcuma alcanzan un promedio de 1,84. La prueba de Tukey muestra diferencias entre ambos tratamientos, siendo el jengibre el del grupo estadístico B y la cúrcuma el que debe asignarse al grupo A, lo que indica que el tipo de raíz tuvo un efecto significativo sobre este parámetro de color el 5° día de almacenamiento.

Tabla 57: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la coordenada (b^*) de las bebidas en día 5.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,55148

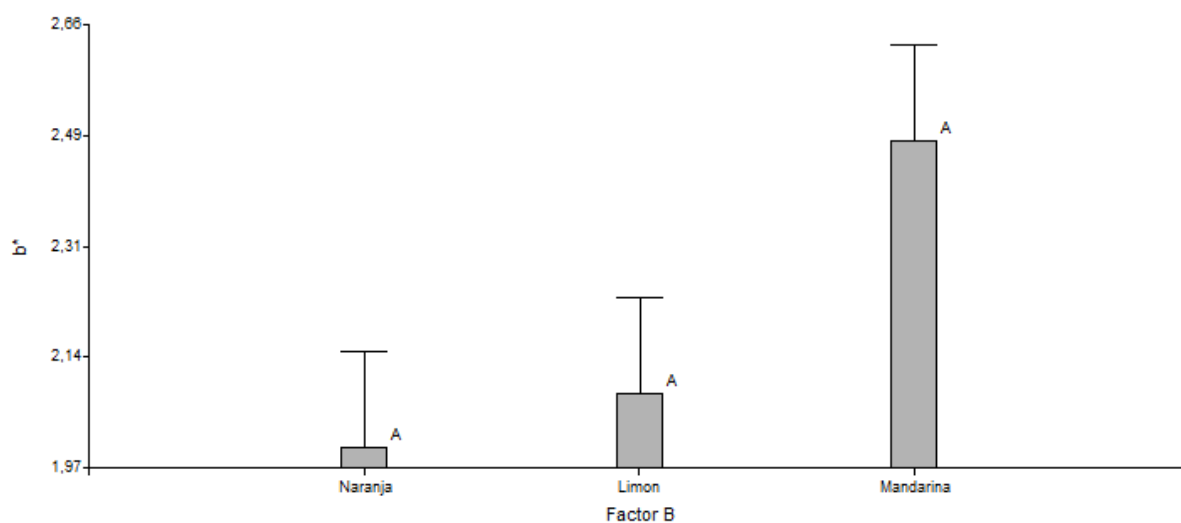
Error: 0,1332 gl: 14

Factor B	Medias	n	E.E.	
Naranja	2,00	6	0,15	A
Limon	2,08	6	0,15	A
Mandarina	2,48	6	0,15	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 39: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la coordenada (b^*) de las bebidas en día 5.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 57 expone los resultados de la comparación de medias del factor B (tipo de cítrico). Como se puede observar, las bebidas a partir de las mandarinas presentan el mayor valor medio para la coordenada b^* (2,48), seguidos por las formulaciones con limón (2,08) y las de naranja (2,00). Sin embargo, la prueba de Tukey, en este caso, agrupa a los tres tratamientos dentro del mismo grupo estadístico (A), lo cual indica que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los cítricos empleados ($p > 0,05$).

Los resultados obtenidos muestran que, durante el quinto día de almacenamiento, la coordenada b^* fue afectada por el tipo de raíz, de tal modo que, las bebidas elaboradas con jengibre mostraron valores más altos, lo que demuestra una mayor tendencia hacia el color amarillo en comparación a las elaboradas con cúrcuma. No obstante, tipo de cítrico no presentó diferencias significativas para dicho parámetro. Las diferencias en el carácter del color amarillo, por tanto, parecen estar más asociadas al tipo de raíz que era incorporado durante la formulación.

3.4.3 Color Día 10

10. Tabla 58: Análisis de varianza de la luminosidad (L^*) de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos día 10.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8,37	3	2,79	6,63	0,0051
Factor A	7,28	1	7,28	17,31	0,0010
Factor B	1,09	2	0,54	1,29	0,3052
Error	5,89	14	0,42		
Total	14,26	17			

Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 58 muestra el resultado del análisis de la varianza del parámetro luminosidad (L^*) de las bebidas a los diez días de almacenamiento. En la tabla se pone de manifiesto que el modelo presentó una diferencia significativa ($p=0,0051$), lo que pone de manifiesto que los factores bajo estudio impactaron este parámetro del color, que el tipo de raíz (factor A) mostró diferencia significativa ($p=0,0010$) y el tipo de cítrico (factor B) mostró diferencias no significativas ($p=0,3052$). La luminosidad de las bebidas tuvo que ver con el tipo de raíz que se usó en la formulación, ya que el coeficiente de variación fue un 4,60 %, valor que indica una buena precisión experimental y buena concordancia entre las mediciones.

Tabla 59: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la luminosidad (L^*) de las bebidas en día 10.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,65589

Error: 0,4208 gl: 14

Factor A Medias n E.E.

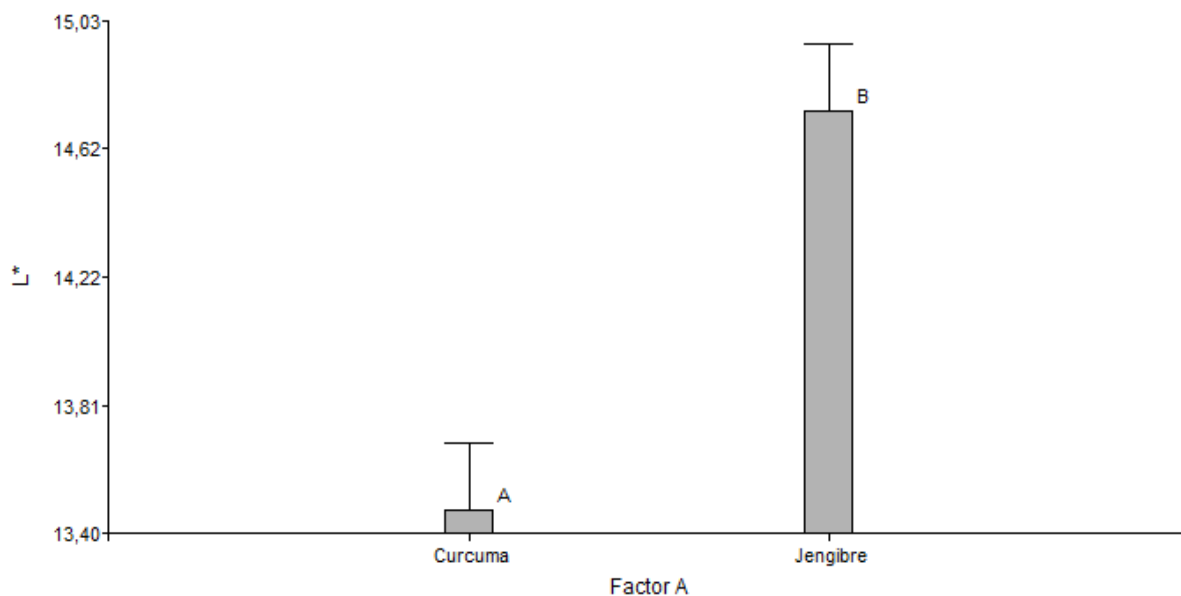
Cúrcuma 13,47 9 0,22 A

Jengibre 14,74 9 0,22 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 40: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la luminosidad (L^*) de las bebidas en día 10.



Elaborado por: Ponce Carlos

Tabla 59 muestra la comparación de medias del factor A (tipo de raíz). Las bebidas de jengibre mostraron un valor medio de luminosidad (L^*) de 14,74, mientras las formuladas con cúrcuma tuvieron una media de 13,47. Además, la prueba de Tukey mostró evidencias de diferencias significativas entre tratamientos, con el jengibre en el grupo B y la cúrcuma en el grupo A, indicativo de que el tipo de raíz tuvo un efecto significativo sobre la luminosidad de las bebidas en el décimo día de almacenamiento.

Tabla 60: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la luminosidad (L^*) de las bebidas en día 10.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,98026

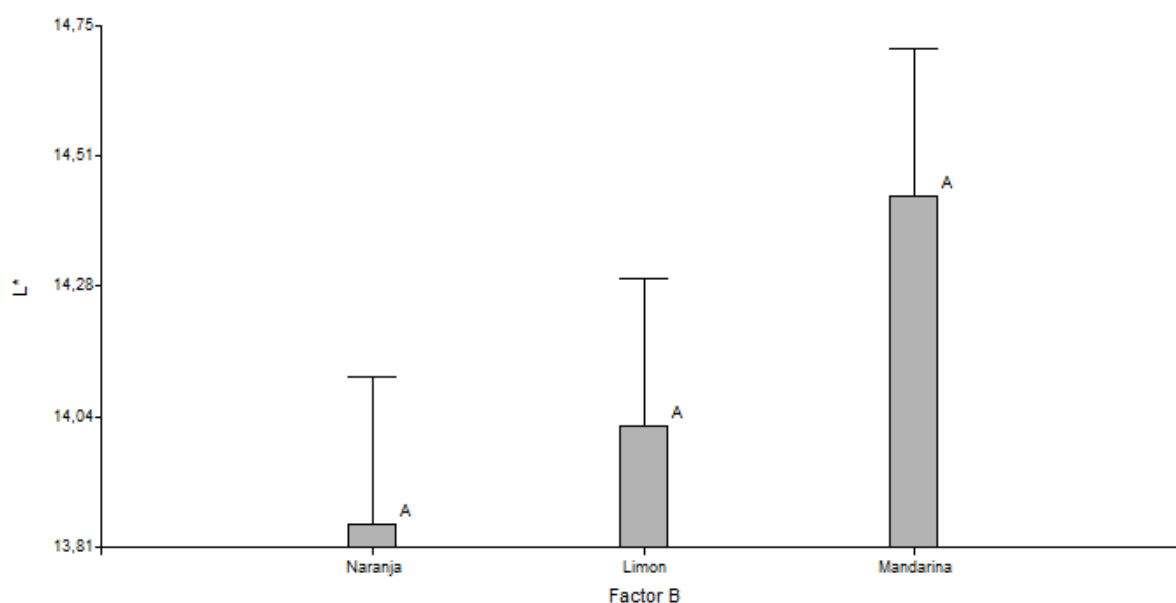
Error: 0,4208 gl: 14

Factor B	Medias	n	E.E.	
Naranja	13,85	6	0,26	A
Limon	14,03	6	0,26	A
Mandarina	14,44	6	0,26	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 41: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la luminosidad (L^*) de las bebidas en día 10.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 60 muestra la comparación de medias para el factor B (tipo de cítrico), donde se observa que las bebidas formuladas con mandarina mostraron el valor promedio de luminosidad (L^*) más alto (14,44), seguido de las formuladas con limón (14,03) y naranja (13,85). Pese a ello, la prueba de Tukey agrupó los tres tratamientos en la misma categoría estadística (A) indicando que no existen diferencias significativas entre los tipos de cítricos ($p>0,05$).

Los resultados que obtuvimos demuestran cómo al décimo día de almacenamiento, la luminosidad de las bebidas dependió sobre todo del tipo de raíz, siendo que, en las formulaciones de jengibre, los valores de L^* fueron significativamente más altos que aquellos elaborados con cúrcuma. Esto implicaría por tanto que las bebidas con jengibre persistieron con una apariencia un poco más clara durante su almacenamiento, aunque el tipo de cítrico no alteró significativamente este parámetro cromático.

Tabla 61: Análisis de varianza de la coordenada (a*) de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos día 10.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,026	3	0,009	1,497	0,2584
Factor A	0,021	1	0,021	3,570	0,0797
Factor B	0,005	2	0,003	0,461	0,6396
Error	0,081	14	0,006		
Total	0,107	17			

Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 61 muestra el análisis de la varianza aplicable a la coordenada a* de las bebidas evaluadas el día 10 de almacenamiento y que el modelo no mostró diferencias significativas ($p=0,2584$). También que el tipo de raíz (factor A) no mostró diferencias significativas ($p=0,0797$), como tampoco lo hizo el tipo de cítrico (factor B) ($p=0,6396$); no mostraron efectos significativos en la coordenada a* correspondiente al día 10 de almacenamiento. El coeficiente de variación fue de un 125,67 %, un valor alto dado que las medias obtenidas estaban cerca de cero, lo que provoca un incremento matemático del coeficiente de variación por la naturaleza de este tipo de mediciones.

Tabla 62: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la coordenada (a*) de las bebidas en día 10.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,07694

Error: 0,0058 gl: 14

Factor A Medias n E.E.

Jengibre 0,027 9 0,025 A

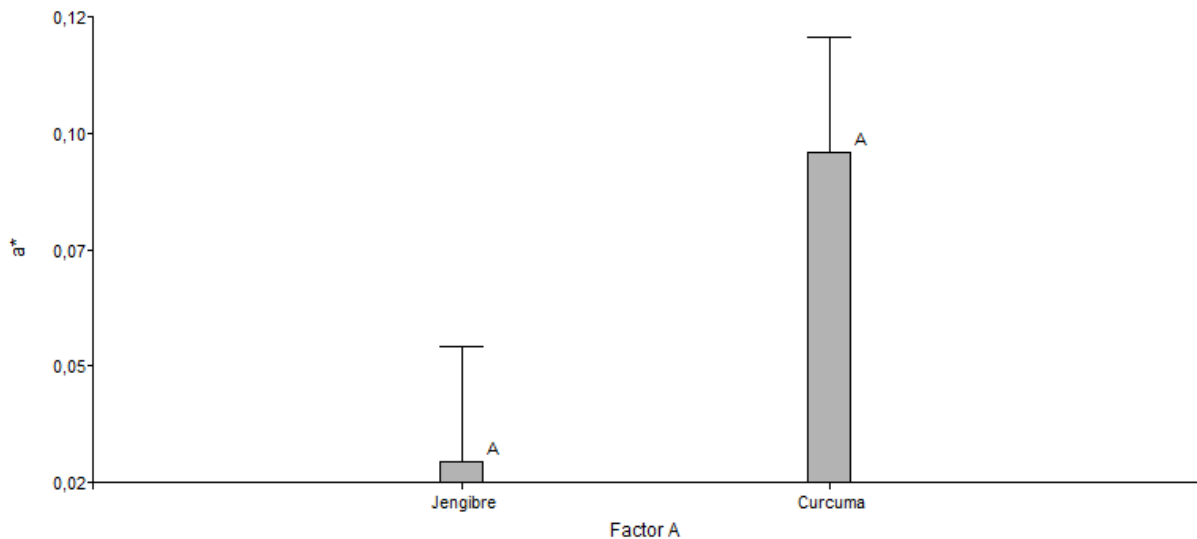
Cúrcuma 0,094 9 0,025 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 42: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la coordenada (a*) de las bebidas en día 10.

Elaborado por: Ponce Carlos



Elaborado por: Ponce Carlos

La tabla 62 compara las medias del factor A (tipo de raíz). En el caso de la cúrcuma, los medios de la coordenada a^* correspondiente al tipo de raíz fueron de 0,094 y en el caso de jengibre fueron de 0,027. A pesar de que ambas medias presentan una diferencia entre sí, la prueba de Tukey las agrupa en la misma estadística (A), lo que significa que no hay diferencias significativas entre los tipos de raíz ($p > 0,05$).

Tabla 63: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la coordenada (a^*) de las bebidas en día 10.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,11499

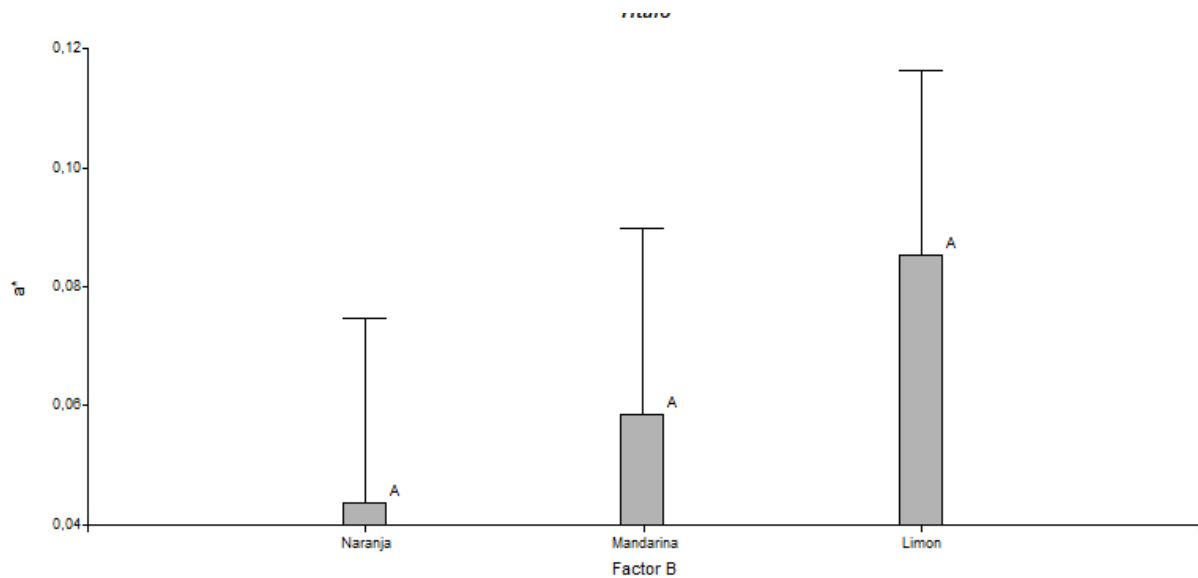
Error: 0,0058 gl: 14

Factor B	Medias	n	E.E.	
Naranja	0,042	6	0,031	A
Mandarina	0,057	6	0,031	A
Limon	0,083	6	0,031	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 43: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la coordenada (a^*) de las bebidas en día 10.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 63 presenta la comparación de medias del factor B (tipo de cítrico), observándose que las bebidas con limón presentan el valor medio más elevado para la coordenada a^* (0,083), seguidas de las formuladas con mandarina (0,057) y naranja (0,042), aunque la prueba de Tukey agrupa los tres tratamientos en el mismo grupo estadístico (A), lo que indica que no hay diferencias significativas entre los cítricos sujetos a estudio. ($p > 0,05$).

Los resultados obtenidos muestran que la coordenada a^* fue constante, en el décimo día, entre las diferentes formulaciones, no existiendo diferencias significativas que pudieran atribuirse a la raíz o a los cítricos. En el día 10 la coordenada a^* no presentaron diferencias en cuanto al tipo de raíz ni por parte del tipo de cítrico. Se mostraron valores próximos a cero, indicando que las bebidas mantuvieron una baja intensidad sobre el eje verde y el rojo.

Tabla 64: Análisis de varianza de la coordenada (b^*) de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y diferentes cítricos día 10.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,346	3	0,115	1,112	0,3775
Factor A	0,012	1	0,012	0,118	0,7359
Factor B	0,334	2	0,167	1,608	0,2351
Error	1,452	14	0,104		
Total	1,798	17			

Elaborado por: Ponce Carlos

En la Tabla 64 se anuncia el análisis de varianza apropiado a la coordenada b^* de las bebidas estudiadas en el día décimo de almacenamiento. El modelo, no mostró diferencias significativas ($p=0,3775$). Por otro lado, el análisis de varianza observó que el tipo de raíz (factor A) no mostro diferencias estadísticas significativas ($p=0,7359$), al igual que el de tipo de cítrico (factor B) ($p=0,2351$). Los datos afirman que ninguno de los factores analizados tuvo influencia en la coordenada b^* al término del periodo de almacenamiento. El coeficiente de variación fue del 13,92 %, valor que da cuenta de una buena precisión experimental y escasa variabilidad de las mediciones efectuadas.

Tabla 65: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la coordenada (b^*) de las bebidas en día 10.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,32558

Error: 0,1037 gl: 14

Factor A Medias n E.E.

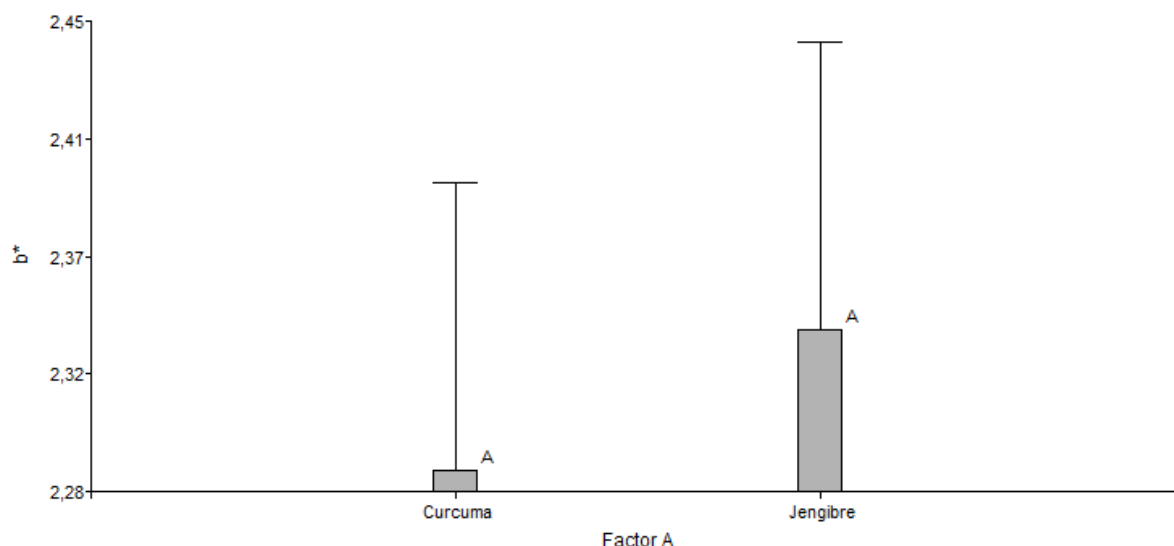
Cúrcuma 2,287 9 0,107 A

Jengibre 2,339 9 0,107 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 44: Comparación de medias del factor A (tipo de raíz) para la coordenada (b^*) de las bebidas en día 10.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 65 indica la comparación de medias para el tratamiento correspondiente al factor A (tipo de raíz). Se aprecia que las bebidas elaboradas con jengibre tienen una media de la coordenada b^* de 2,339 y que las formuladas con cúrcuma tienen una media de 2,287,

aunque la prueba de Tukey clasifica ambos tratamientos como pertenecientes a la misma categoría estadística (A), lo que significa que entre los tipos de raíces no han existido diferencias significativas ($p>0,05$).

Tabla 66: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la coordenada (b^*) de las bebidas en día 10.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,48660

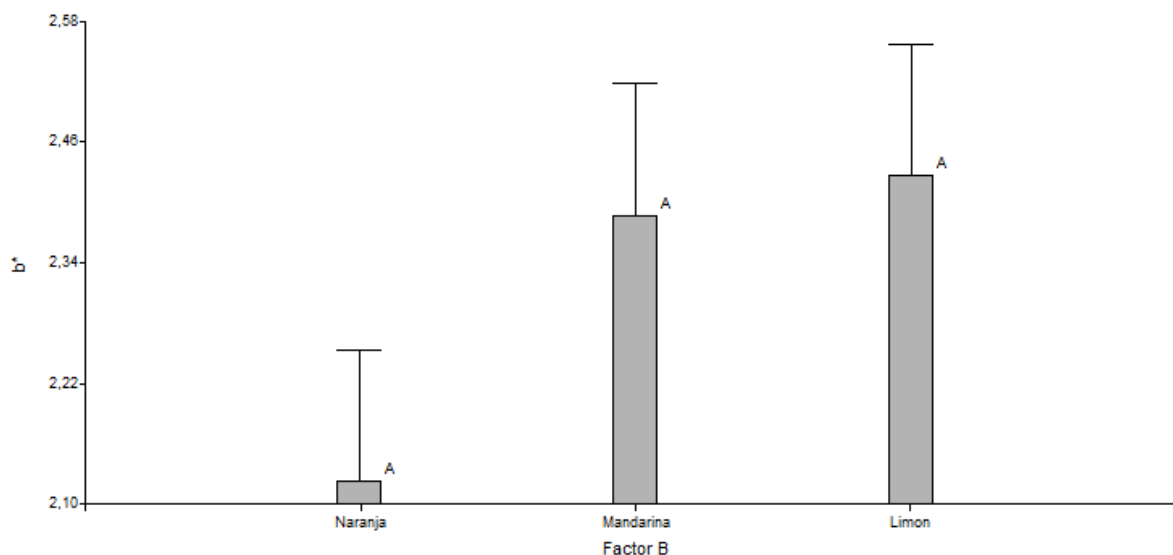
Error: 0,1037 gl: 14

Factor B	Medias	n	E.E.	
Naranja	2,122	6	0,131	A
Mandarina	2,388	6	0,131	A
Limon	2,428	6	0,131	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 45: Comparación de medias del factor B (tipo de cítrico) para la coordenada (b^*) de las bebidas en día 10.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 66 expone la comparación de medias del factor B (tipos de cítricos). Las bebidas de limón son las que exhiben un mayor valor promedio para la coordenada b^* (2,428), les siguen las bebidas formuladas de mandarina (2,388) y las de naranja (2,122); sin embargo, la prueba de Tukey asigna a los tres tratamientos la misma letra (A), lo que permite inferir que los cítricos en los que se basa el estudio no muestran diferencias significativas ($p>0,05$).

El análisis instrumental del color observó que la luminosidad (L^*) fue significativamente influenciada por el tipo de raíz ($p<0,05$) y se estimaron valores más altos en las bebidas con jengibre, lo que conllevó una apariencia de color ligeramente más clara que las

formuladas con cúrcuma; en cambio, a* y b* no mostraron diferencias significativas entre los tipos de raíz ni entre los cítricos ($p > 0,05$), indicando que las tonalidades correspondientes a los ejes rojo-verde y amarillo-azul se mantuvieron estables al final del almacenamiento.

3.5 Microbiología

3.5.1 Microbiología día 0.

Tabla 67: Análisis de varianza del recuento de aerobios mesófilos de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y frutos cítricos día 0.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,48	5	0,50	22,89	<0,0001
Factor A	0,22	1	0,22	10,26	0,0076
Factor B	2,25	2	1,13	52,00	<0,0001
Factor A*Factor B	4,4E-03	2	2,2E-03	0,10	0,9033
Error	0,26	12	0,02		
Total	2,74	17			

Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 67 presenta el análisis de varianza del recuento de aerobios mesófilos correspondiente al día 0 de almacenamiento. El análisis de varianza demostró que el modelo en cuestión mostró alta significatividad ($p < 0,0001$), lo que quiere decir que hubo variaciones entre los tratamientos analizados. El factor A (raíz) también mostró diferencias significativas ($p = 0,0076$), lo mismo que el factor B (tipo de cítrico) ($p < 0,0001$); sin embargo, la interacción de ambos factores no fue significativa ($A \times B$, $p = 0,9033$), lo que demuestra que el efecto que el tipo de raíz ejerce sobre el recuento de aerobios mesófilos fue independiente del cítrico utilizado en la investigación.

Tabla 68: Comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos factor A (tipo de raíz) día 0.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,15119

Error: 0,0217 gl: 12

Factor A Medias n E.E.

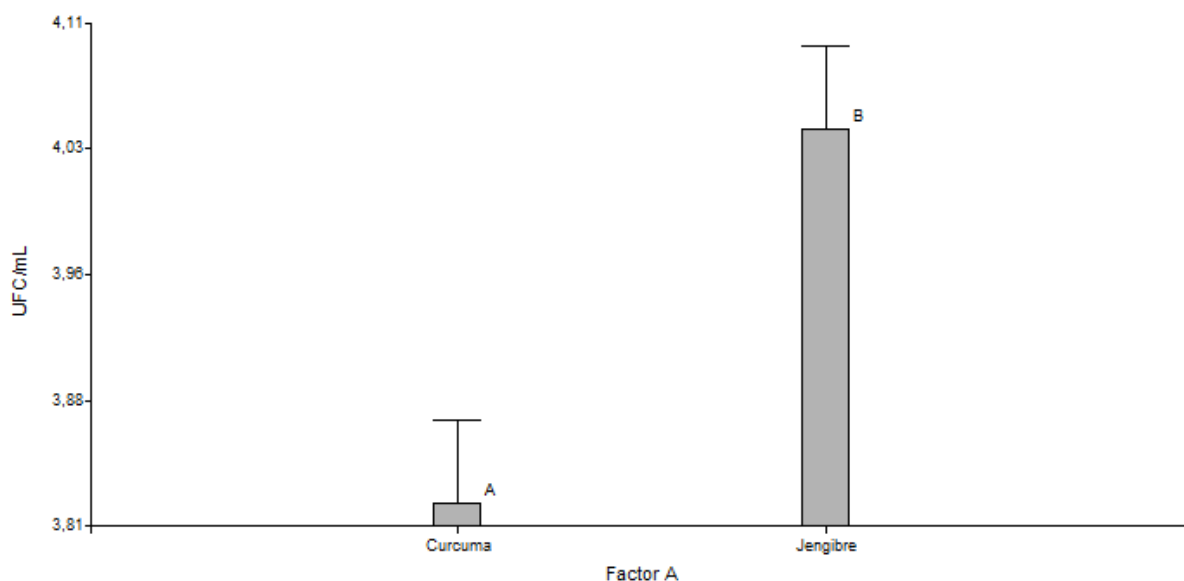
Cúrcuma 3,82 9 0,05 A

Jengibre 4,04 9 0,05 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 46: Comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos factor A (tipo de raíz) día 0.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 68 presenta la comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos según el factor a (tipo de raíz). El análisis de Tukey tuvo como resultado diferencias significativas entre las raíces evaluadas. Las bebidas elaboradas con jengibre mostraron un mayor recuento promedio de aerobios mesófilos ($4,04 \times 10^5$ UFC/ml), mientras que las elaboradas con cúrcuma mostraron el menor ($3,82 \times 10^5$ UFC/ml). Es evidente que, al inicio del almacenamiento, el tipo de raíz presentó un efecto de manera significativa sobre el recuento de aerobios mesófilos de las bebidas, siendo aquellas formuladas con cúrcuma las que mostraron un menor recuento de aerobios mesófilos.

Tabla 69: Comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos factor B (tipo de cítrico) día 0

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,22672

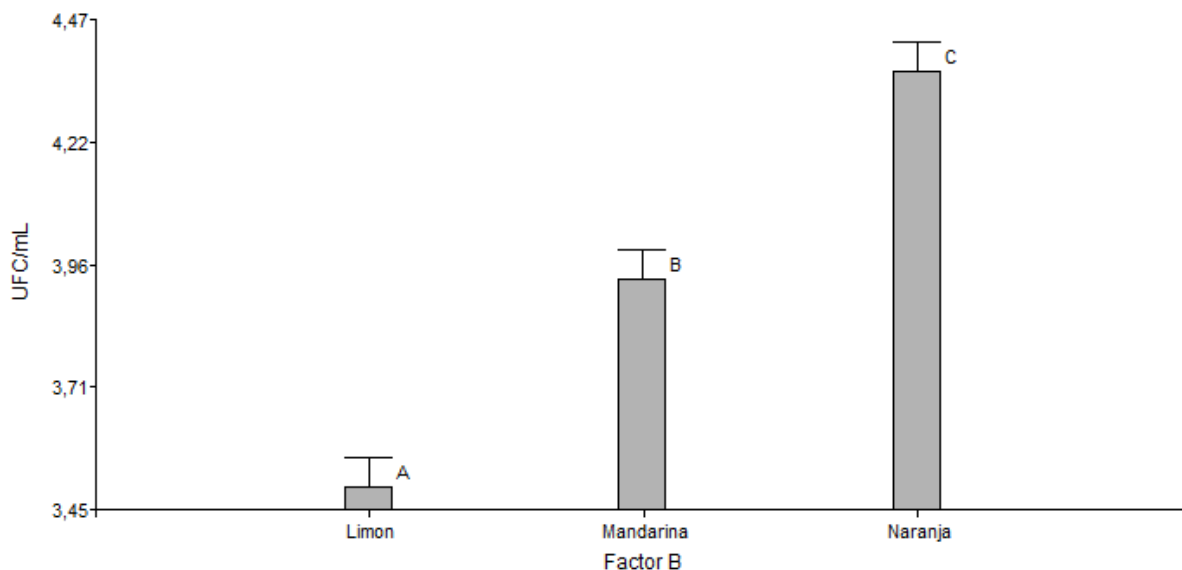
Error: 0,0217 gl: 12

Factor B	Medias	n	E.E.	
Limon	3,50	6	0,06	A
Mandarina	3,93	6	0,06	B
Naranja	4,37	6	0,06	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 47: Comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos factor B (tipo de cítrico) día 0.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 69 compara las medias del recuento de aerobios mesófilos en función del tipo de cítrico. Las diferencias observadas en los tratamientos, de acuerdo con los valores de p ($p < 0,05$), permitieron observar que el tratamiento de limón presentaba el menor recuento promedio de aerobios mesófilos ($3,50 \times 10^5$ UFC/ml), seguido por el tratamiento de mandarina ($3,93 \times 10^5$ UFC/ml) seguido de la naranja, que mostraba el mayor valor ($4,37 \times 10^5$ UFC/ml). La prueba de Tukey agrupó los tres cítricos en categorías estadísticas diferentes A, B y C donde obtuvieron diferencias significativas entre ellos.

Tabla 70: Comparación de medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico sobre el recuento de aerobios mesófilos durante el día 0.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,40369

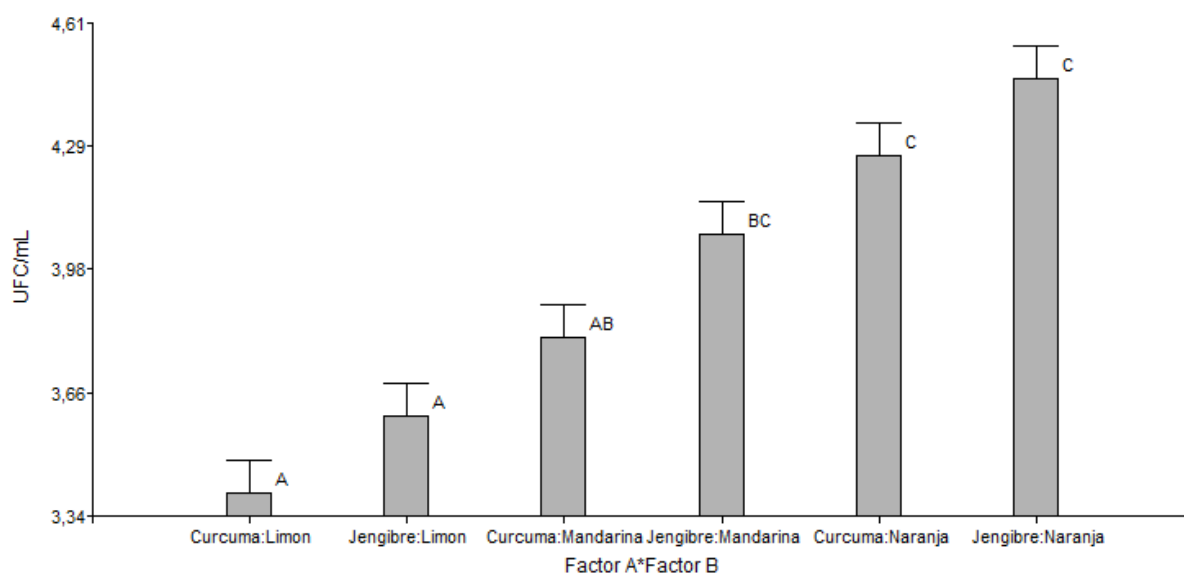
Error: 0,0217 gl: 12

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.		
Cúrcuma	Limon	3,40	3	0,08	A	
Jengibre	Limon	3,60	3	0,08	A	
Cúrcuma	Mandarina	3,80	3	0,08	A	B
Jengibre	Mandarina	4,07	3	0,08	B	C
Cúrcuma	Naranja	4,27	3	0,08		C
Jengibre	Naranja	4,47	3	0,08		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 48: Comparación de medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico sobre el recuento de aerobios mesófilos durante el día 0.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 70 muestra la comparación entre las medias de la interacción entre tipo de raíz y tipo cítrico en el recuento de aerobios mesófilos. A pesar de que el análisis de varianza mostraba que la interacción no era significativa ($p > 0,05$), sí que se podía observar una tendencia en las medias al realizar la prueba de Tukey. Las formulaciones Cúrcuma + Limón y Jengibre + Limón obtuvieron los recuentos más bajos de aerobios mesófilos mientras que las formulaciones Cúrcuma + Naranja y Jengibre + Naranja mostraron los recuentos más elevados. En líneas generales, los resultados muestran que el comportamiento microbiológico estuvo influido en mayor medida por el tipo de cítrico.

3.5.2 Microbiología día 5

Tabla 71: Análisis de varianza del recuento de aerobios mesófilos de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y frutos cítricos día 5.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14,44	5	2,89	11,52	0,0003
Factor A	0,04	1	0,04	0,18	0,6792
Factor B	13,82	2	6,91	27,58	<0,0001
Factor A*Factor B	0,57	2	0,28	1,14	0,3529
Error	3,01	12	0,25		
Total	17,44	17			

Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 71 ilustra el análisis de varianza para el recuento de aerobios mesófilos de las bebidas probadas a los 5 días. Se puede ver que el modelo resultó significativo ($p=0,0003$). El factor correspondiente al tipo de raíz (factor A) no presenta diferencias significativas ($p=0,6792$), y el factor del tipo de cítrico (factor B) sí presenta diferencias altamente significativas ($p<0,0001$). La interacción del tipo de raíz por el tipo de cítrico no fue significativa ($p=0,3529$). Estos resultados se interpretan de forma que a los 5 días de almacenamiento del producto el recuento de aerobios mesófilos se vio influenciado por el tipo de cítrico usado.

Tabla 72: Comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos factor A (tipo de raíz) día 5.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,51412

Error: 0,2506 gl: 12

Factor A Medias n E.E.

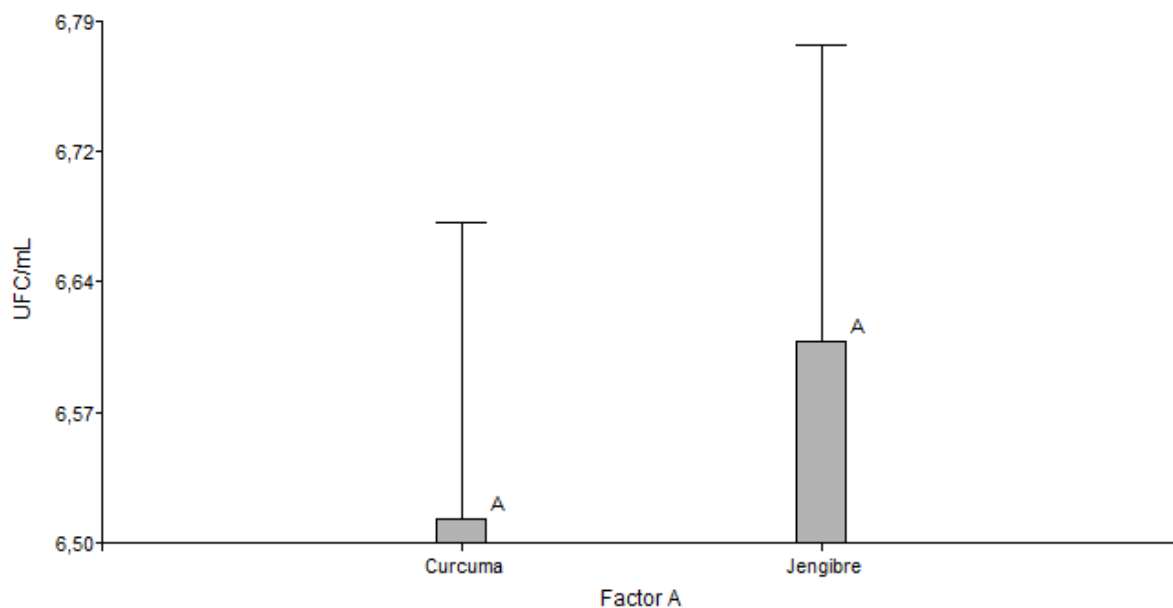
Cúrcuma 6,51 9 0,17 A

Jengibre 6,61 9 0,17 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 49: Comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos factor A (tipo de raíz) día 5.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 72 muestra la comparación del valor promedio de recuento de aerobios mesófilos según tipo de raíz el día 5. La prueba de Tukey puso de manifiesto que no existieron diferencias entre las bebidas producidas con cúrcuma y jengibre ($p > 0,05$), contabilizándose valores promedio de $6,51 \times 10^5$ UFC/ml y $6,61 \times 10^5$ UFC/ml respectivamente. Por lo que se observa que el tipo de raíz no influyó significativamente en el recuento de aerobios mesófilos en este periodo de la conservación.

Tabla 73: Comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos factor B (tipo de cítrico) día 5.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,77100

Error: 0,2506 gl: 12

Factor B Medias n E.E.

Limon 5,40 6 0,20 A

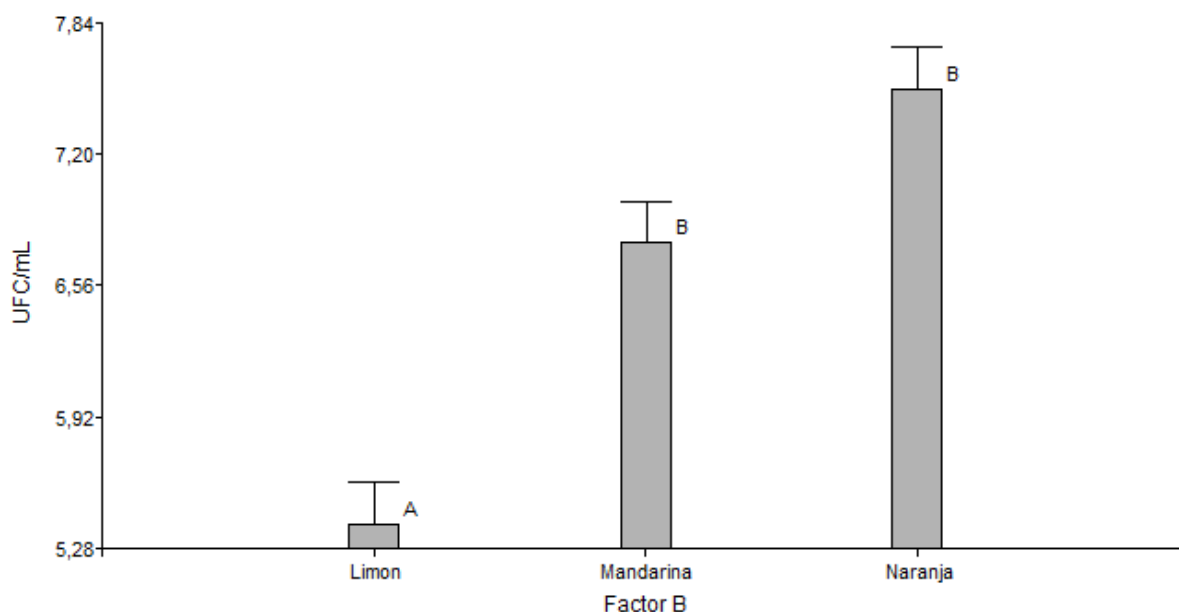
Mandarina 6,77 6 0,20 B

Naranja 7,52 6 0,20 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 50: Comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos factor B (tipo de cítrico) día 5.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 73 hace una mención de la comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos en función del tipo de cítrico a 5 días de almacenamiento. Se encontraron diferencias significativas en los tratamientos ($p < 0,05$) siendo el menor recuento promedio a las bebidas desarrolladas con limón ($5,40 \times 10^5$ UFC/ml) y las bebidas con mandarina ($6,77 \times 10^5$ UFC/ml) y naranja ($7,52 \times 10^5$ UFC/ml) presentaron los mayores recuentos, además de no presentar diferencias significativas las bebidas desarrolladas con mandarina y naranja ya que pertenecen al mismo grupo.

Tabla 74: Comparación de medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico sobre el recuento de aerobios mesófilos durante el día 5.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,37280

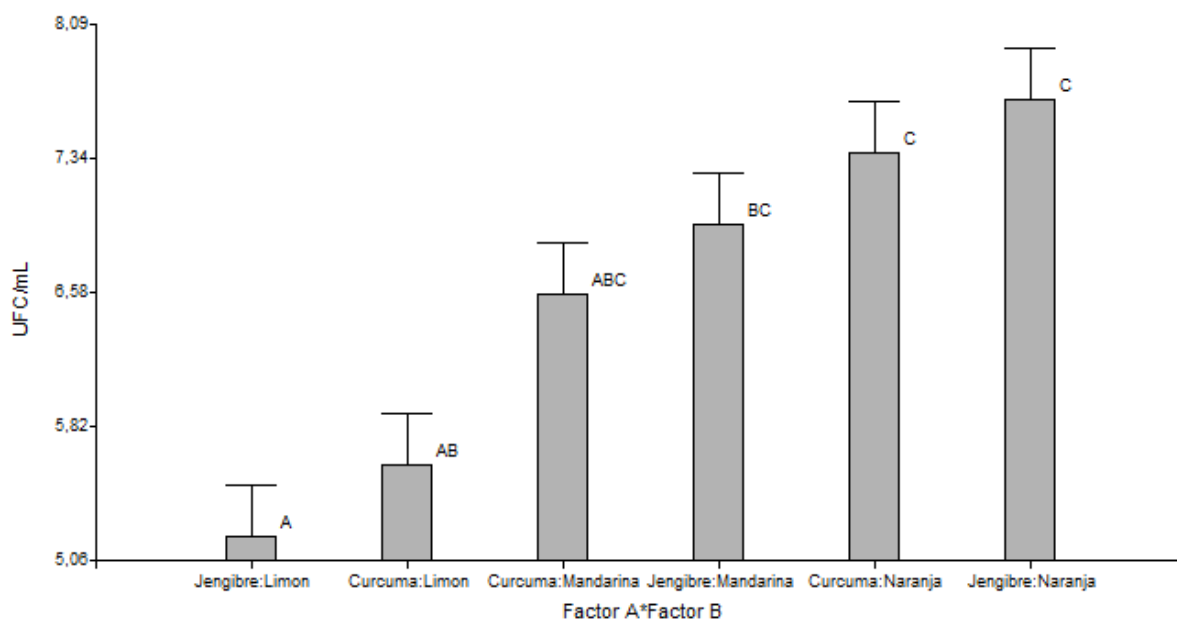
Error: 0,2506 gl: 12

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.	
Jengibre	Limon	5,20	3	0,29	A
Cúrcuma	Limon	5,60	3	0,29	A B
Cúrcuma	Mandarina	6,57	3	0,29	A B C
Jengibre	Mandarina	6,97	3	0,29	B C
Cúrcuma	Naranja	7,37	3	0,29	C
Jengibre	Naranja	7,67	3	0,29	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 51: Comparación de medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico sobre el recuento de aerobios mesófilos durante el día 5.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 74 muestra la comparación de las medias que se obtuvo para la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico para el recuento de aerobios mesófilos a los 5 días de almacenamiento, la cual, a pesar de que el ANOVA nos indicara que no existen diferencias significativas ($p > 0,05$) descriptivamente las formulaciones Jengibre + Limón ($5,20 \times 10^5$ UFC/ml) y Cúrcuma + Limón ($5,60 \times 10^5$ UFC/ml) equivalen a los menores recuentos promedios y que las combinaciones Cúrcuma + Naranja ($7,37 \times 10^5$ UFC/ml) y Jengibre + Naranja ($7,67 \times 10^5$ UFC/ml) fueron las que dieron los más altos recuentos de aerobios mesófilos, lo que indicaría que la influencia del tipo de raíz es menor en el comportamiento microbiológico. Sin embargo, el tipo de cítrico utilizado influiría de una forma más acentuada en el recuento total de aerobios mesófilos cuando los resultados de recuentos totales han mostrado la misma tendencia.

3.5.3 Microbiología día 10

Tabla 75: Análisis de varianza del recuento de aerobios mesófilos de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y frutos cítricos día 10.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,584	5	0,117	31,037	<0,0001
Factor A	0,016	1	0,016	4,307	0,0601
Factor B	0,554	2	0,277	73,679	<0,0001
Factor A*Factor B	0,013	2	0,007	1,759	0,2138
Error	0,045	12	0,004		
Total	0,629	17			

Elaborado por: Ponce Carlos

En la Tabla 75 nos muestra el análisis de varianza del recuento de aerobios mesófilos del día 10 de almacenamiento, lo que nos indica que el modelo fue muy significativo ($p < 0,0001$), y que hubo diferencias entre los tratamientos evaluados. El tipo de raíz (Factor A) no mostró diferencias significativas ($p = 0,0601$), pero sí que el tipo de cítrico (Factor B) influyó significativamente el recuento de aerobios mesófilos ($p < 0,0001$); de la misma forma, la interacción entre los factores ($A \times B$) no mostró diferencias significativas ($p = 0,2138$), es decir, el comportamiento microbiológico fue en función del tipo de cítrico.

Tabla 76: Comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos factor A (tipo de raíz) día 10.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,06299

Error: 0,0038 gl: 12

Factor A Medias n E.E.

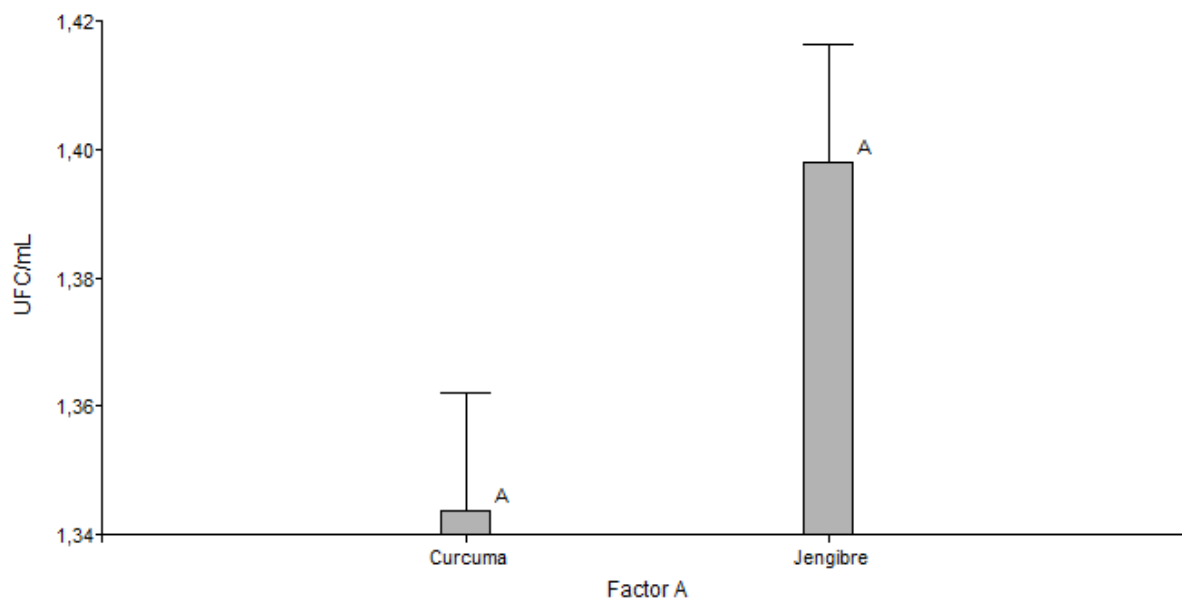
Cúrcuma 1,340 9 0,020 A

Jengibre 1,400 9 0,020 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 52: Comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos factor A (tipo de raíz) día 10



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 76 muestra la comparación de las medias del conteo de aerobios mesófilos según el tipo de raíz, durante el décimo día de almacenamiento. La prueba de Tukey no indica diferencias entre las bebidas de cúrcuma y jengibre, para $p > 0,05$, $1,34 \times 10^6$ UFC/ml para la cúrcuma y $1,40 \times 10^6$ UFC/ml para el jengibre respectivamente. El tipo de raíz no influyó significativamente sobre el crecimiento de aerobios mesófilos en el período final de almacenamiento.

Tabla 77: Comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos factor B (tipo de cítrico) día 10.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,09446

Error: 0,0038 gl: 12

Factor B Medias n E.E.

Limon 1,142 6 0,025 A

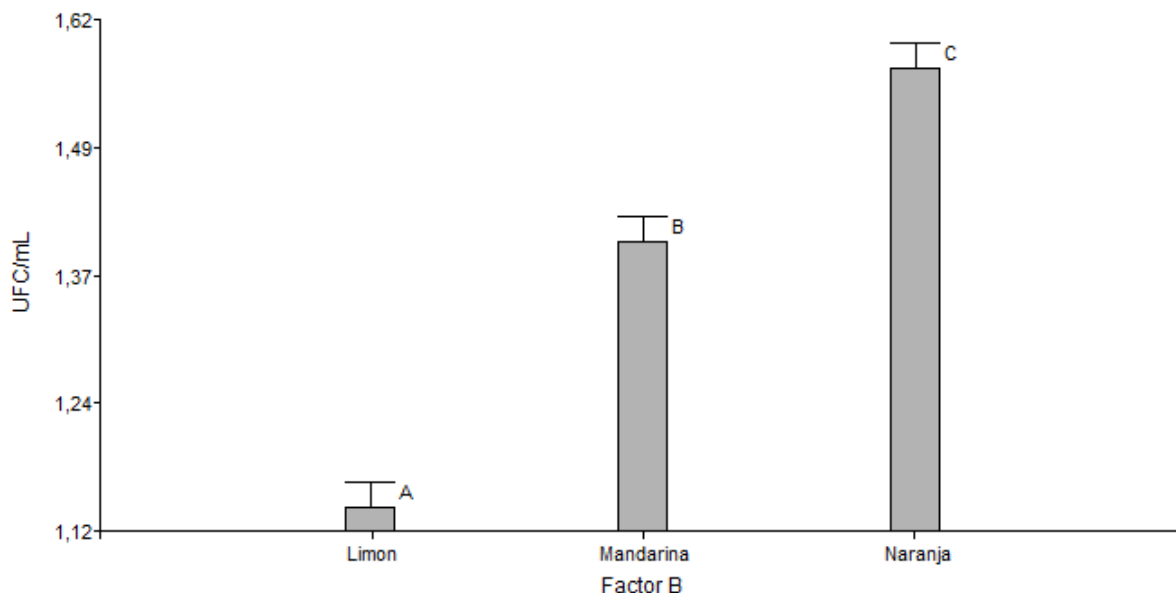
Mandarina 1,400 6 0,025 B

Naranja 1,568 6 0,025 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 53: Comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos factor B (tipo de cítrico) día 10.



Elaborado por: Ponce Carlos

En la Tabla 77, se muestra la comparación de medias del recuento de aerobios mesófilos en función del tipo de cítrico durante el día 10 de almacenamiento, observándose diferencias significativas ($p < 0,05$) en los tratamientos, siendo el recuento promedio menor en las bebidas de limón ($1,142 \times 10^6$ UFC/ml), seguido por el de mandarina ($1,400 \times 10^6$ UFC/ml) y el recuento promedio mayor lo alcanzaron las bebidas de naranja ($1,568 \times 10^6$ UFC/ml). Estos resultados ponen de manifiesto que el tipo de cítrico fue el principal factor que influyó sobre el comportamiento microbiológico de las bebidas a lo largo del almacenamiento.

Tabla 78: Comparación de medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico sobre el recuento de aerobios mesófilos durante el día 10.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,16819

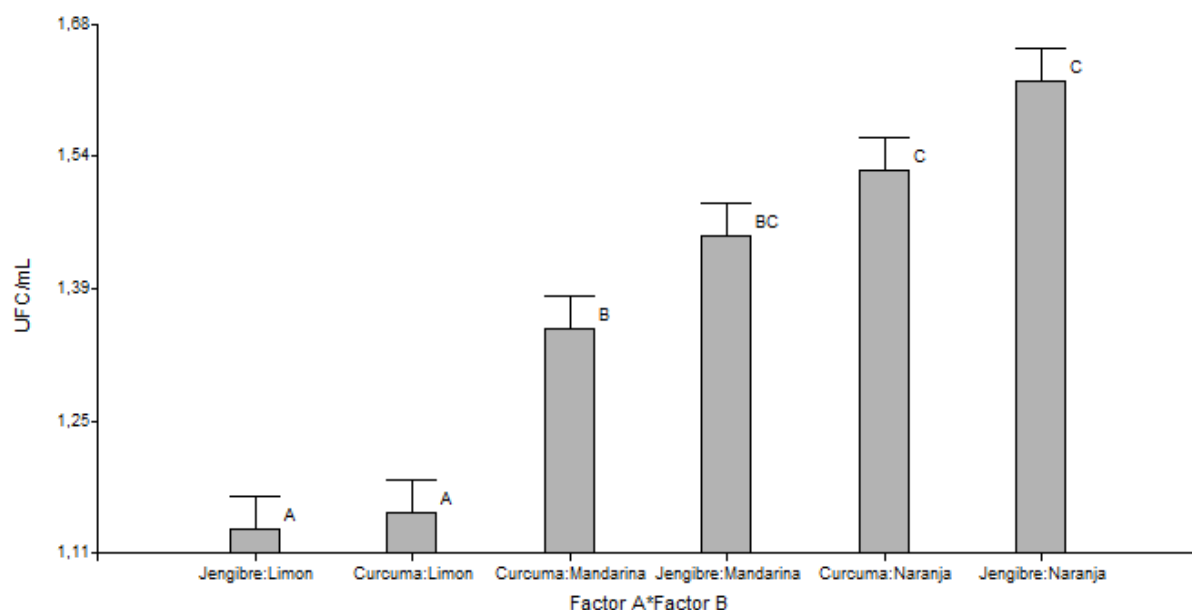
Error: 0,0038 gl: 12

Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.	
Jengibre	Limon	1,133	3	0,035	A
Cúrcuma	Limon	1,150	3	0,035	A
Cúrcuma	Mandarina	1,350	3	0,035	B
Jengibre	Mandarina	1,450	3	0,035	B C
Cúrcuma	Naranja	1,520	3	0,035	C
Jengibre	Naranja	1,617	3	0,035	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 54: Comparación de medias de la interacción entre el tipo de raíz y el tipo de cítrico sobre el recuento de aerobios mesófilos durante el día 10.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 78 contiene la comparación entre las medias para la interacción tipo raíz-tipo cítrico, en relación al recuento de aerobios mesófilos en el día 10 del tiempo de almacenamiento. A pesar de que, para este análisis de varianza, la interacción tipo raíz-tipo cítrico no fue significativa ($p > 0,05$), la comparación de medias de Tukey mostró que las formulaciones Jengibre + Limón ($1,133 \times 10^6$ UFC/ml) y Cúrcuma + Limón ($1,150 \times 10^6$ UFC/ml) tuvieron los menores recuentos promedio de aerobios mesófilos; por el contrario, las formulaciones Cúrcuma + Naranja ($1,520 \times 10^6$ UFC/ml) y Jengibre + Naranja ($1,617 \times 10^6$ UFC/ml) mantuvieron los valores promedio superiores. En líneas generales, las formulaciones elaboradas con limón mantuvieron menores recuentos de aerobios mesófilos que aquellas formulaciones elaboradas con naranja.

3.6 Análisis sensorial (resultados de prueba hedónica)

3.6.1 Color

Tabla 79: Análisis de varianza de la evaluación sensorial del atributo color de las bebidas

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	91,222	34	2,683	6,102	<0,0001
Catador	89,311	29	3,080	7,004	<0,0001
Tratamiento	1,911	5	0,382	0,869	0,5034
Error	63,756	145	0,440		
Total	154,978	179			

Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 79 expone el análisis de varianza correspondiente a la evaluación sensorial del atributo de color de las bebidas elaboradas. Se observó que el modelo fue muy significativo ($p < 0,0001$). El efecto del catador mostró diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$), poniendo de manifiesto variabilidad en las calificaciones realizadas por los panelistas. Por otro lado, el factor tratamiento no mostró diferencias significativas ($p = 0,5034$), lo que indica que las formulaciones evaluadas obtuvieron una aceptación similar en relación al color. El coeficiente de variación fue de 19,01 %, valor considerado aceptable para pruebas sensoriales llevadas a cabo con panelistas no entrenados.

Tabla 80: Comparación de medias de los catadores para el atributo color de las bebidas.

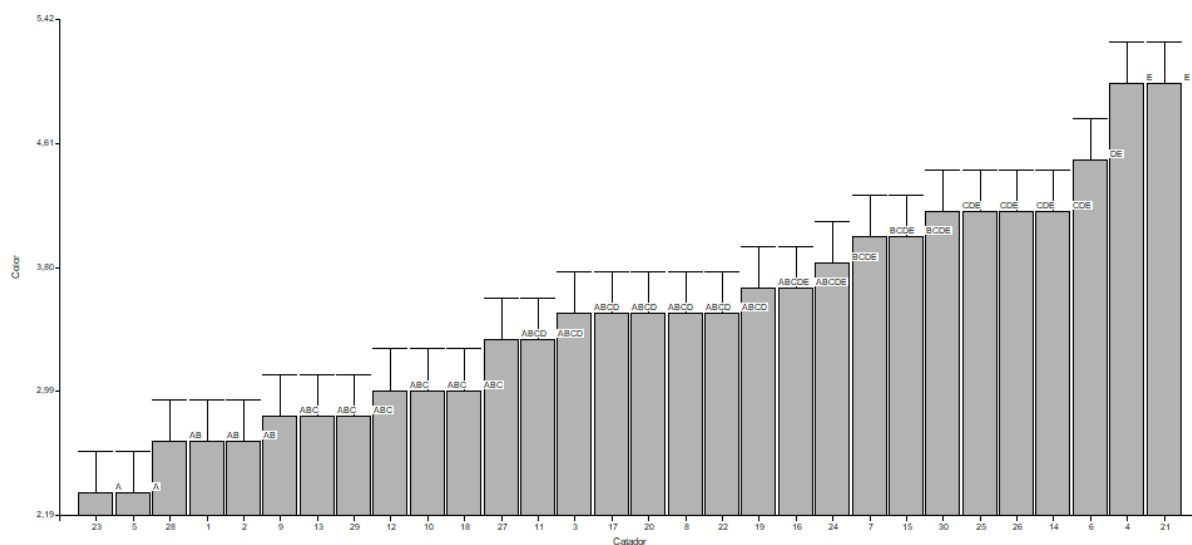
Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,43939					
Error: 0,4397 gl: 145					
Catador	Medias	n	E.E.		
23	2,333	6	0,271	A	
5	2,333	6	0,271	A	
28	2,667	6	0,271	A	B
1	2,667	6	0,271	A	B
2	2,667	6	0,271	A	B
9	2,833	6	0,271	A	B C
13	2,833	6	0,271	A	B C
29	2,833	6	0,271	A	B C
12	3,000	6	0,271	A	B C
10	3,000	6	0,271	A	B C
18	3,000	6	0,271	A	B C
27	3,333	6	0,271	A	B C D
11	3,333	6	0,271	A	B C D
3	3,500	6	0,271	A	B C D
17	3,500	6	0,271	A	B C D
20	3,500	6	0,271	A	B C D
8	3,500	6	0,271	A	B C D
22	3,500	6	0,271	A	B C D
19	3,667	6	0,271	A	B C D E
16	3,667	6	0,271	A	B C D E

24	3,833	6 0,271	B	C	D	E
7	4,000	6 0,271	B	C	D	E
15	4,000	6 0,271	B	C	D	E
30	4,167	6 0,271		C	D	E
25	4,167	6 0,271		C	D	E
26	4,167	6 0,271		C	D	E
14	4,167	6 0,271		C	D	E
6	4,500	6 0,271			D	E
4	5,000	6 0,271				E
21	5,000	6 0,271				E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 55: Comparación de medias de los catadores para el atributo color de las bebidas.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 80 pone de manifiesto la comparación de las medias que han dado lugar los 30 catadores que intervinieron en el ensayo sobre la evaluación del atributo color. Se aprecian diferencias entre las calificaciones otorgadas por los panelistas y las medias oscilan entre 2,33 y 5,00 puntos. La prueba de Tukey agrupó el conjunto de catadores en diferentes grupos estadísticos, quedando reflejadas las diferencias en la percepción individual del color de las bebidas evaluadas, son esperadas en pruebas sensoriales entre panelistas no entrenados.

Tabla 81: Comparación de medias de los tratamientos para el atributo color de las bebidas.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,48885

Error: 0,4397 gl: 145

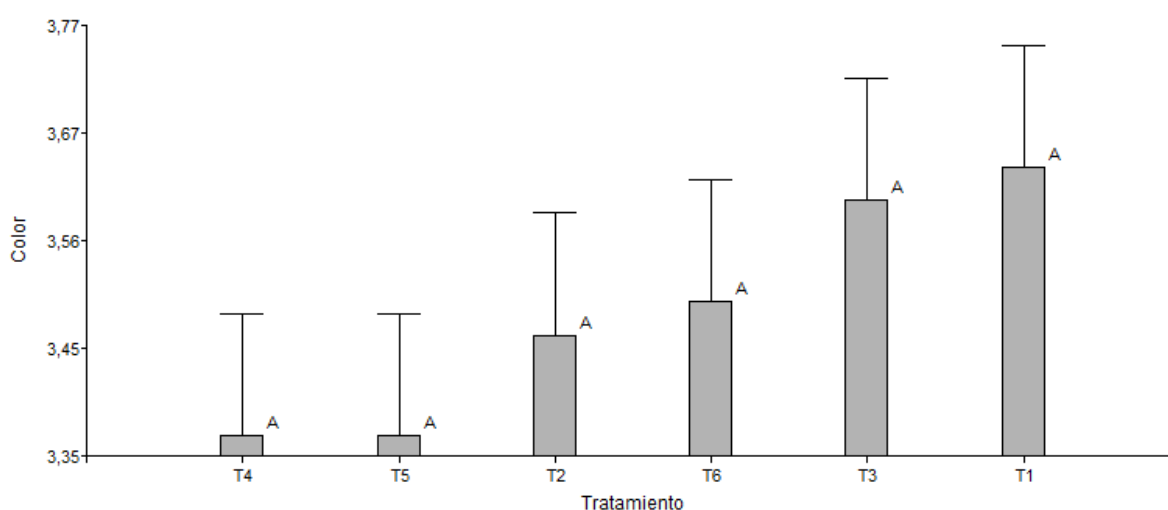
Tratamiento Medias n E.E.

T4	3,367	30	0,121	A
T5	3,367	30	0,121	A
T2	3,467	30	0,121	A
T6	3,500	30	0,121	A
T3	3,600	30	0,121	A
T1	3,633	30	0,121	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 56: Comparación de medias de los tratamientos para el atributo color de las bebidas.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 81 es la que proporciona la correspondiente comparación de medias para los tratamientos del atributo color. Se puede observar cómo, el tratamiento T1 fue el que se llevó la mayor calificación media (3,633) y el tratamiento que obtuvo la menor calificación media fueron el tratamiento T4 y el tratamiento T5 (3,367). Los tratamientos T2, T3 y T6 se situaron entre estas dos medias en valores intermedios, con resultados que oscilaron entre 3,467 y 3,600. Aunque el análisis Tukey ha agrupado todos los tratamientos dentro del mismo grupo estadístico (A), indicando que no hay diferencias significativas entre formulaciones para el atributo color ($p > 0,05$).

3.6.2 Aroma

Tabla 82: Análisis de varianza de la evaluación sensorial del atributo aroma de las bebidas.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	103,5	34	3,0	2,9	<0,0001
Catador	79,5	29	2,7	2,6	0,0001
Tratamiento	24,0	5	4,8	4,6	0,0007
Error	152,7	145	1,1		
Total	256,2	179			

Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 82 ilustra el análisis de la varianza correspondiente a la evaluación sensorial del atributo aroma de las bebidas, donde se constató que el modelo resultó ser muy significativo ($p < 0,0001$), lo que sugiere que los factores evaluados influenciaron las calificaciones otorgadas al aroma. El efecto del catador también mostró diferencias significativas ($p = 0,0001$), lo que sugiere variabilidad en las puntuaciones otorgadas por aquellos panelistas. Por otro lado, el factor tratamiento también mostró diferencias altamente significativas ($p = 0,0007$), lo que indica que al menos una formulación mostró aceptación diferente en función del atributo aroma. El valor del coeficiente de variación fue 33,1%, reflejando la variabilidad de pruebas sensoriales llevadas a cabo con panelistas no entrenados.

Tabla 83: Comparación de medias de los catadores para el atributo aroma de las bebidas.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,22736

Error: 1,0529 gl: 145

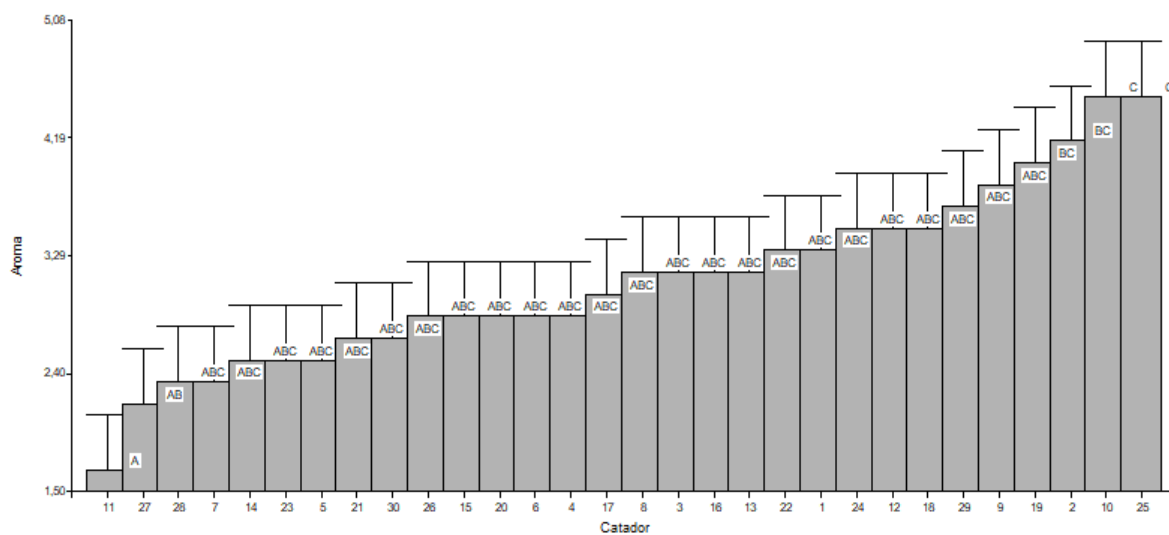
Catador Medias n E.E.

11	1,7	6	0,4	A	
27	2,2	6	0,4	A	B
28	2,3	6	0,4	A	B C
7	2,3	6	0,4	A	B C
14	2,5	6	0,4	A	B C
23	2,5	6	0,4	A	B C
5	2,5	6	0,4	A	B C
21	2,7	6	0,4	A	B C
30	2,7	6	0,4	A	B C
26	2,8	6	0,4	A	B C
15	2,8	6	0,4	A	B C
20	2,8	6	0,4	A	B C
6	2,8	6	0,4	A	B C
4	2,8	6	0,4	A	B C
17	3,0	6	0,4	A	B C
8	3,2	6	0,4	A	B C
3	3,2	6	0,4	A	B C
16	3,2	6	0,4	A	B C
13	3,2	6	0,4	A	B C
22	3,3	6	0,4	A	B C
1	3,3	6	0,4	A	B C
24	3,5	6	0,4	A	B C
12	3,5	6	0,4	A	B C
18	3,5	6	0,4	A	B C
29	3,7	6	0,4	A	B C
9	3,8	6	0,4	A	B C
19	4,0	6	0,4		B C
2	4,2	6	0,4		B C
10	4,5	6	0,4		C
25	4,5	6	0,4		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 57. Comparación de medias de los catadores para el atributo aroma de las bebidas.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 83 presenta la comparación de promedios de las 30 personas participantes en la evaluación del atributo aroma. Este conjunto de catadores presenta unas notas variables, pues los promedios varían entre 1,7 y 4,5 puntos. La prueba de Tukey para agrupar los catadores explica que los 30 participantes se distribuyen entre varias categorías estadísticamente distintas, y eso pone de manifiesto las diferencias en la opinión personal del aroma de las bebidas probadas. La variabilidad observada tiene sentido, en pruebas sensoriales realizadas con consumidores, ya que cada panelista tiene particularidades en sus preferencias y sensibilidad hacia los productos en cuestión.

Tabla 84: Comparación de medias de los tratamientos para el atributo aroma de las bebidas.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,75646

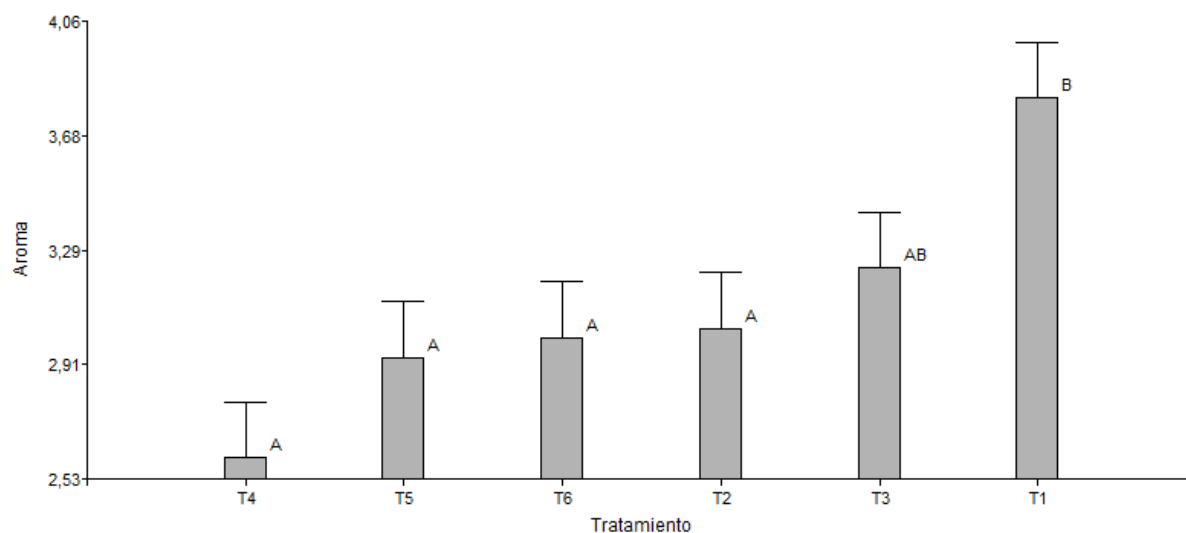
Error: 1,0529 gl: 145

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T4	2,6	30	0,2	A
T5	2,9	30	0,2	A
T6	3,0	30	0,2	A
T2	3,0	30	0,2	A
T3	3,2	30	0,2	A B
T1	3,8	30	0,2	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 58: Comparación de medias de los tratamientos para el atributo aroma de las bebidas.



Elaborado por: Ponce Carlos

En la Tabla 84 se expone la comparación de medias de los tratamientos evaluados en el atributo aroma, donde se puede observar que la media obtenida en el tratamiento T1, con 3,8, fue la más alta; en el caso de la media correspondiente al tratamiento T4, con 2,6, fue la más baja; en el caso de los tratamientos T2, T5 y T6, las medias fueron intermedias, al encontrarse entre 2,9 y 3,0; siendo la del tratamiento T3 de 3,2, que comparte los mismos grupos estadísticos que los tratamientos de menor y mayor aceptación (AB). La prueba de Tukey mostró la diferencia significativa entre el tratamiento T1 y el tratamiento T4, mientras que los demás tratamientos no presentaron diferencias estadísticas.

3.6.3 Sabor

Tabla 85: Análisis de varianza de la evaluación sensorial del atributo sabor de las bebidas.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	102,1	34	3,0	3,3	<0,0001
Catador	70,5	29	2,4	2,7	0,0001
Tratamiento	31,6	5	6,3	7,0	<0,0001
Error	130,3	145	0,9		
Total	232,3	179			

Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 85 hace referencia a los resultados correspondientes a la evaluación sensorial del atributo sabor de las bebidas. Se comprueba que el modelo fue altamente significativo ($p < 0,0001$) lo que indica que los factores evaluados influyeron de manera evidente en las calificaciones otorgadas al sabor. El efecto del catador también mostró diferencias muy significativas ($p = 0,0001$) mostrando variabilidad en las puntuaciones que otorgaron los panelistas. El efecto del factor tratamiento mostró diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$), lo que indica que las formulaciones evaluadas presentaron diferencias entre ellas respecto a la aceptación del atributo sabor. Además, el coeficiente de variación se situó en 30,0 %, lo que se considera un valor aceptable para pruebas sensoriales realizadas por panelistas no entrenados dada la variabilidad inherente a la percepción de las individualidades.

Tabla 86: Comparación de medias de los catadores para el atributo sabor de las bebidas.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,0572

Error: 0,8984 gl: 145

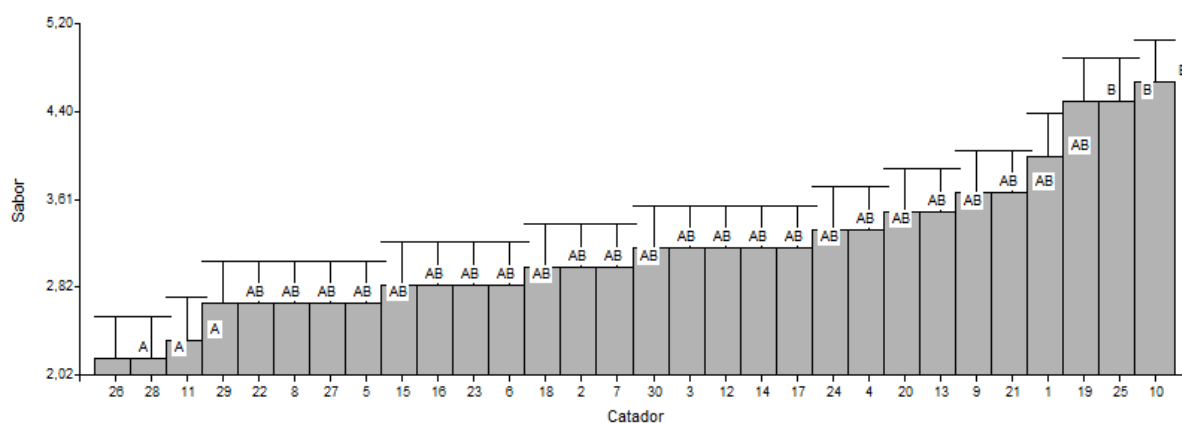
Catador Medias n E.E.

26	2,2	6	0,4	A
28	2,2	6	0,4	A
11	2,3	6	0,4	A
29	2,7	6	0,4	A B
22	2,7	6	0,4	A B
8	2,7	6	0,4	A B
27	2,7	6	0,4	A B
5	2,7	6	0,4	A B
15	2,8	6	0,4	A B
16	2,8	6	0,4	A B
23	2,8	6	0,4	A B
6	2,8	6	0,4	A B
18	3,0	6	0,4	A B
2	3,0	6	0,4	A B
7	3,0	6	0,4	A B
30	3,2	6	0,4	A B
3	3,2	6	0,4	A B
12	3,2	6	0,4	A B
14	3,2	6	0,4	A B
17	3,2	6	0,4	A B
24	3,3	6	0,4	A B
4	3,3	6	0,4	A B
20	3,5	6	0,4	A B
13	3,5	6	0,4	A B
9	3,7	6	0,4	A B
21	3,7	6	0,4	A B
1	4,0	6	0,4	A B
19	4,5	6	0,4	B
25	4,5	6	0,4	B
10	4,7	6	0,4	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 59: Comparación de medias de los catadores para el atributo sabor de las bebidas.



Elaborado por: Ponce Carlos

En la tabla 86 se han presentado las comparaciones de las medias que indicaron las puntuaciones realizadas por los 30 catadores en la evaluación del atributo sabor; éstas tienen un rango que osciló entre 2,2 y 4,7 puntos, es decir, con una correspondencia bastante variable con respecto a las calificaciones que fueron dadas por este grupo de catadores. La prueba de Tukey agrupó a los catadores en grupos estadísticos diferenciados tras evidenciar las diferencias presentadas por la percepción de sabor de las distintas variedades de bebidas analizadas. Las diferencias en las puntuaciones que establecen los catadores son algo normal en las pruebas sensoriales que se realizan con consumidores y además se corresponden con la sensibilidad y preferencias que tiene cada catador con respecto al sabor de las bebidas analizadas.

Tabla 87: Comparación de medias de los tratamientos para el atributo sabor de las bebidas.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,69878

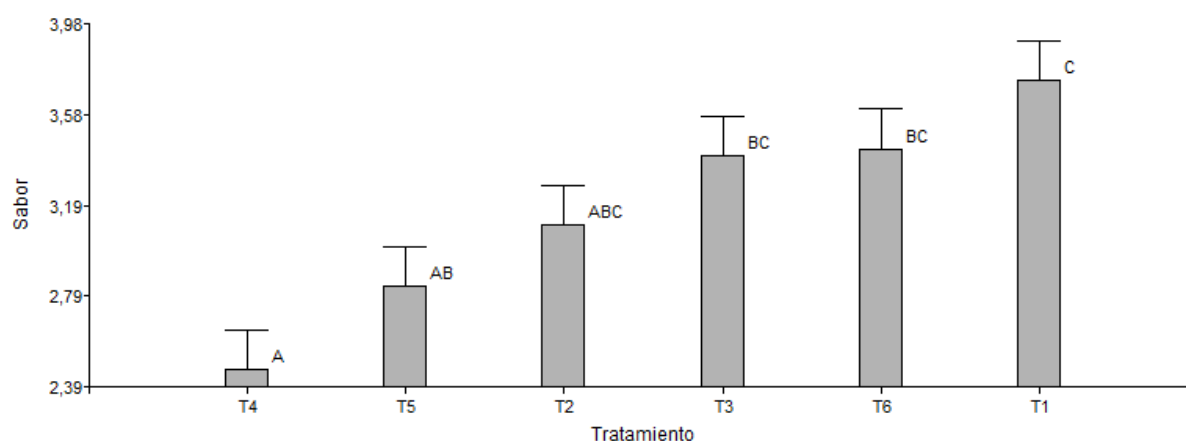
Error: 0,8984 gl: 145

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T4	2,5	30	0,2	A
T5	2,8	30	0,2	A B
T2	3,1	30	0,2	A B C
T3	3,4	30	0,2	B C
T6	3,4	30	0,2	B C
T1	3,7	30	0,2	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 60: Comparación de medias de los tratamientos para el atributo sabor de las bebidas.



Elaborado por: Ponce Carlos

La tabla 87 muestra la comparación de medias de los tratamientos para el atributo sabor, observándose que el T1 tuvo la calificación media mayor (3,7), y el T4 la menor (2,5). Las medias de T3 y T6 fueron de 3,4, y las de T2 y T5 fueron de 3,1 y 2,8, respectivamente, con la prueba de Tukey mostrando diferencias significativas entre tratamientos, T1 en el grupo C y T4 en el grupo A, mientras que T2, T3, T5 y T6 compartieron clases intermedias (AB, ABC y BC). Estos resultados muestran que T1 fue el tratamiento más aceptado para el atributo sabor y T4 fue aquel que tuvo menor aceptación de los panelistas.

3.6.4 Aceptabilidad

Tabla 88: Análisis de varianza de la evaluación sensorial del atributo aceptabilidad general de las bebidas

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	120,4	34	3,5	7,4	<0,0001
Catador	99,2	29	3,4	7,1	<0,0001
Tratamiento	21,2	5	4,2	8,8	<0,0001
Error	69,8	145	0,5		
Total	190,2	179			

Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 88, demuestra los resultados que corresponden al análisis de varianza correspondiente a la evaluación sensorial de la aceptabilidad general para las bebidas. El resultado del análisis muestra que el modelo fue altamente significativo ($p < 0,0001$), lo que significa que los factores considerados tuvieron influencia sobre las calificaciones que dieron los panelistas. El efecto del catador también presentó diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$), lo que demuestra que las puntuaciones que asignan los evaluadores varían entre ellos. El factor tratamiento también mostró diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$), lo que refleja que las formulaciones evaluadas presentan distintos niveles de aceptación. El coeficiente de variación fue de 22,1 %, valor considerado aceptable para las pruebas sensoriales realizadas con consumidores no entrenados.

Tabla 89: Comparación de medias de los catadores para el atributo aceptabilidad general de las bebidas.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,50632

Error: 0,4815 gl: 145

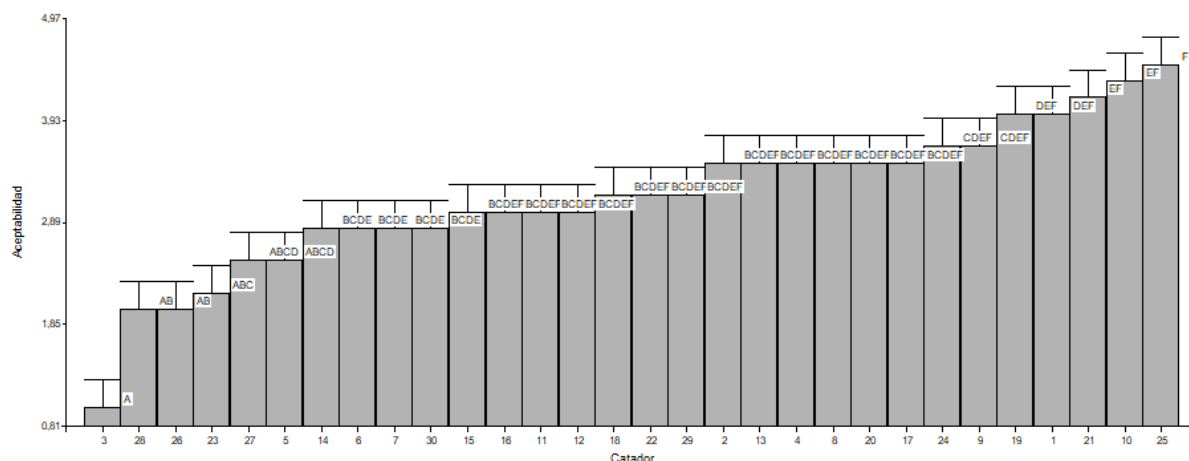
Catador Medias n E.E.

3	1,0	6	0,3	A						
28	2,0	6	0,3	A	B					
26	2,0	6	0,3	A	B					
23	2,2	6	0,3	A	B	C				
27	2,5	6	0,3	A	B	C	D			
5	2,5	6	0,3	A	B	C	D			
14	2,8	6	0,3		B	C	D	E		
6	2,8	6	0,3		B	C	D	E		
7	2,8	6	0,3		B	C	D	E		
30	2,8	6	0,3		B	C	D	E		
15	3,0	6	0,3		B	C	D	E	F	
16	3,0	6	0,3		B	C	D	E	F	
11	3,0	6	0,3		B	C	D	E	F	
12	3,0	6	0,3		B	C	D	E	F	
18	3,2	6	0,3		B	C	D	E	F	
22	3,2	6	0,3		B	C	D	E	F	
29	3,2	6	0,3		B	C	D	E	F	
2	3,5	6	0,3		B	C	D	E	F	
13	3,5	6	0,3		B	C	D	E	F	
4	3,5	6	0,3		B	C	D	E	F	
8	3,5	6	0,3		B	C	D	E	F	
20	3,5	6	0,3		B	C	D	E	F	
17	3,5	6	0,3		B	C	D	E	F	
24	3,7	6	0,3			C	D	E	F	
9	3,7	6	0,3			C	D	E	F	
19	4,0	6	0,3				D	E	F	
1	4,0	6	0,3				D	E	F	
21	4,2	6	0,3					E	F	
10	4,3	6	0,3					E	F	
25	4,5	6	0,3						F	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 61: Comparación de medias de los catadores para el atributo aceptabilidad general de las bebidas.



Elaborado por: Ponce Carlos

La Tabla 89 muestra las medias de los 30 catadores que participaron en la evaluación de la aceptabilidad general. Las calificaciones otorgadas son diferentes, mostrando unos promedios que oscilan entre 1,0 y 4,5 puntos. La aplicación de la prueba de Tukey agrupó los catadores en diferentes categorías estadísticas, mostrando diferencias en la percepción de cada catador en lo referente a la aceptación de las bebidas analizadas. Este tipo de variaciones son características de las pruebas sensoriales con consumidores, y tienen su origen en las diferencias en gustos, preferencias y criterios de evaluación de cada uno de ellos.

Tabla 90: Comparación de medias de los tratamientos para el atributo aceptabilidad general de las bebidas.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,51158

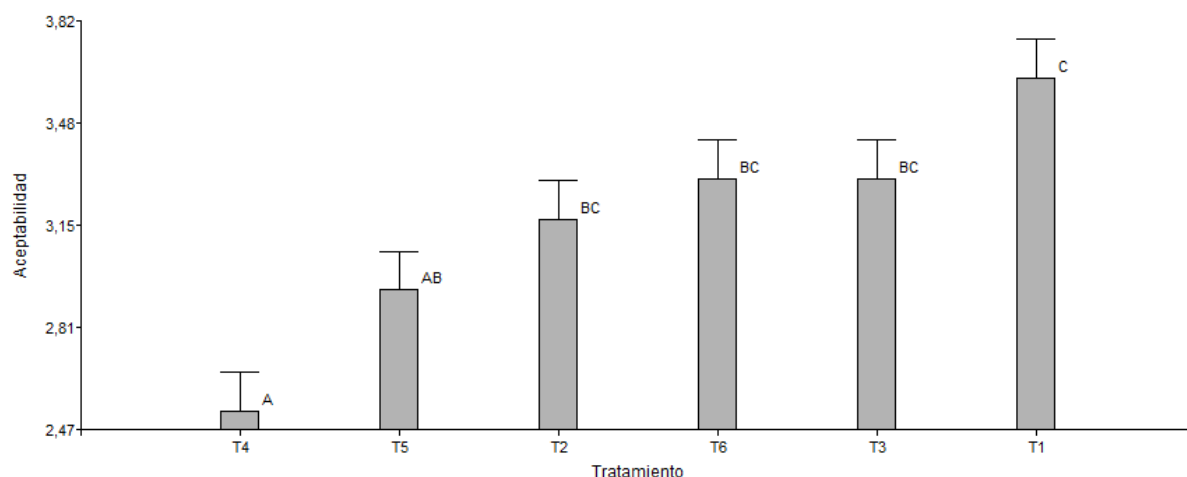
Error: 0,4815 gl: 145

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T4	2,5	30	0,1	A
T5	2,9	30	0,1	A B
T2	3,2	30	0,1	B C
T6	3,3	30	0,1	B C
T3	3,3	30	0,1	B C
T1	3,6	30	0,1	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Ponce Carlos

Ilustración 62: Comparación de medias de los tratamientos para el atributo aceptabilidad general de las bebidas.



Elaborado por: Ponce Carlos

Los valores de la Tabla 90 presenta la comparación de las medias que corresponde a los tratamientos para aceptabilidad. Se puede observar que el tratamiento T1 fue el que alcanzó la mayor calificación media de 3,6, en contraste con el tratamiento T4 que fue el de menor calificación media 2,5. Los tratamientos T3 y T6 presentaron una media de 3,3 y los tratamientos T2 y T5 3,2 y 2,9 respectivamente. La prueba de Tukey mostró diferencias significativas entre ambos tratamientos, T1 perteneciendo al grupo C y T4 al grupo A, mientras que los tratamientos intermedios compartieron grupos (AB y BC), mostrando que estos tratamientos no presentan diferencias significativas con alguno de los tratamientos de mayor o de menor aceptación. Se evidencia que el tratamiento T1 fue el mayor aceptado respecto de la aceptabilidad general aceptada por los panelistas.

4 DISCUSIONES

4.1 pH

La determinación del pH a lo largo de los diez días de almacenamiento de las diferentes formulaciones evidenció que el tipo de cítrico fue el factor con mayor influencia en el pH de los tratamientos mientras que el tipo de raíz (jengibre o cúrcuma) fue un factor que presentó un efecto menor. En las tres instancias de la evaluación, las bebidas elaboradas con limón mostraron valores de pH más bajos (3,23 a 3,43) que los obtenidos de las bebidas elaboradas con mandarina (4,20 a 4,33) y con naranja alcanzaron valores más elevados (4,50 a 4,63), lo que demuestra que la acidez propia de cada fruto cítrico está relacionada con la composición química de la bebida elaborada con éstas.

Este tipo de comportamiento puede explicarse por el alto contenido de ácido cítrico en el limón considerado el ácido orgánico que se encuentra en mayor cantidad de esta fruta. Al incorporar este cítrico, aumentamos la cantidad de protones (H^+) en la bebida y, por tanto, disminuimos el pH en comparación con las formulaciones con naranja y mandarina. De este modo, el tipo de raíz no presentó diferencias estadísticas sobre el pH durante el estudio.

Los resultados obtenidos están de acuerdo con los reportes de Ogori et al. (2021), los cuales desarrollaron una bebida elaborada a partir de jengibre, cúrcuma y piña, obteniendo valores de pH que oscilaban entre 3,50 y 5,02, llegando a la conclusión de que un factor determinante de la acidez y de la estabilidad del producto durante el almacenamiento era la incorporación de las frutas. Al igual que esto, en el presente estudio el comportamiento del pH se vio determinado por el tipo de cítrico incorporado.

De igual manera, Matute Castro y Echavarría Vélez (2020), al estudiar la estabilidad de una bebida a base de tomate y cúrcuma, encontraron que el pH se mantuvo relativamente estable durante el almacenamiento en frío, señalando que la aplicación del tratamiento térmico y las condiciones de conservación impidieron alteraciones importantes en dicho parámetro

fisicoquímico. Este comportamiento es el mismo que se muestra en la presente investigación, dado que las variaciones registradas durante los diez días de evaluación fueron mínimas.

En este sentido, Jaffé (2015) manifiesta que la panela, además de administrar compuestos fenólicos, minerales y azúcares reductores, no presenta un efecto considerable en el pH a la hora de ser incorporada en concentraciones similares dentro de una misma formulación. Este aspecto podría ser la causa de que todas las bebidas presentasen un comportamiento similar durante el almacenamiento; había una cantidad de panela constante en todos los tratamientos, por lo que la misma no fue una fuente de variación entre ellos.

Tomando todo esto, resulta posible comprobar que el tipo de cítrico ejerció una influencia más intensa sobre el pH de las bebidas que el tipo de raíz. De forma específica, las formulaciones con limón mostraron un medio más ácido, contrariamente a las formulaciones con naranja, que son las que alcanzaron los valores de pH más elevados. Las discrepancias son relevantes para la caracterización del producto, dado que el pH resulta un parámetro relacionado con la estabilidad fisicoquímica y microbiológica del producto durante el almacenamiento.

4.2 Acidez

Los resultados generados de la acidez titulable muestran que el tipo de cítrico constituyó el principal atributo determinante de las diferencias que aparecían a lo largo del almacenamiento, encontrándose los porcentajes más elevados de acidez en las bebidas elaboradas con limón y los menores porcentajes de acidez en aquellas formuladas con naranja. Este comportamiento se observó en los días 0, 5 y 10, lo que pone de manifiesto que la composición ácida propia de cada fruta cítrica marcó más la influencia que el tipo de raíz utilizado (jengibre o cúrcuma). Aunque fueron observadas pequeñas variaciones entre los tiempos de conservación, éstas resultaron reducidas.

La mayor acidez de las formulaciones que llevan limón puede tener su justificación en la existencia de un elevado contenido de ácido cítrico en este fruto (que de hecho es el ácido orgánico que más predomina en este), lo que se traduce en un sabor ácido y en una disminución del pH en las bebidas de frutas. En este sentido, las naranjas y las mandarinas presentan cantidades menores de dicho ácido y proporciones más elevadas de azúcares naturales, ofreciendo para las formulaciones acidez titulable menor, y es esta relación la que nos explica lo observado en la presente investigación, y también es coherente con la disminución del pH de las bebidas formuladas con limón de este trabajo, ya que expresa la correlación inversamente proporcional entre ambos conceptos.

Resultados similares fueron publicados Matute Castro y Echavarría Vélez (2020) durante la evaluación de una bebida elaborada a base de tomate y cúrcuma en condiciones de refrigeración. Los autores indicaron que dentro de la acidez titulable ha presentado variaciones poco acentuadas a través del tiempo, y concluyeron que la estabilidad del producto se relaciona con el proceso de conservación y con las condiciones de almacenamiento, comportamiento similar al observado en esta investigación.

De la misma forma, Ogori et al. (2021) explicaron que el tipo de fruta empleados en la formulación de las bebidas elaboradas con jengibre, cúrcuma y frutas tropicales fueron las que determinaron diferencias significativas en la acidez, hasta tal punto que la mezcla frutal tiene más peso en el perfil acidez de la bebida que los diferentes tipos de raíces utilizados. Este comportamiento tuvo continuidad en los resultados obtenidos en este trabajo, donde el tipo de cítrico fue el que llevó a acentuar las diferencias estadísticas observadas a todas las mediciones a lo largo del almacenamiento.

Del mismo modo, Jaffé (2015) también indica que la panela presenta un nivel de acidez relativamente bajo y que, al ser añadida para la elaboración de formulaciones alimentarias, tiene poca influencia sobre la acidez titulable cuando se utilizan cantidades equivalentes. En el

presente trabajo, todas las bebidas se han formulado con la misma concentración de panela, y precisamente por esto, la panela no habría contribuido a que se observaran las diferencias entre tratamientos, sino que, por el contrario, permitió que las condiciones fueran similares en todas las formulaciones.

En conjunto, los resultados indican que la acidez titulable estuvo principalmente determinada por qué tipo de cítrico se utilizó, siendo el limón el que generó las formulaciones con mayor acidez, que dieron lugar en paralelo a los menores valores de pH. Por otro lado, la estabilidad relativa obtenida durante los diez días puede explicarse, principalmente, porque la conservación fue en frío y porque se utilizó una formulación base común, lo que ayudó a limitar la aparición de cambios importantes de los atributos fisicoquímicos de las bebidas que fueron evaluadas.

4.3 ° Brix

Los sólidos solubles de los refrescos de jengibre, cúrcuma, cítricos y panela presentaron variaciones durante los diez días de almacenamiento. Se registraron valores de sólidos solubles de 4,8 °Brix en el día 0, en un primer momento, pero disminuyeron en el día 5 hasta valores de 4,0 °Brix para, por último, experimentar un aumento a 5,0 °Brix en el día 10. En el día 0, el tipo de raíz y el tipo de cítrico de manera aislada no mostraron efecto significativo, aunque sí lo hizo la interacción entre estos dos factores ($p = 0,0209$), siendo la prueba de Tukey incapaz de mostrar diferencias entre las medias individuales de las seis combinaciones. En el día 5 no se encontró efecto significativo ni el de los factores ni el de la interacción, mientras que en el día 10 el tipo de cítrico y la interacción raíz $\times$ cítrico sí mostraron efecto significativo.

La reducción observada en el día 5 se realizó en general en las formulaciones y no estuvo asociada estadísticamente al tipo de raíz, ni al tipo de cítrico ni a la interacción de ambos factores. Este cambio podría relacionarse bien con una variación de la propia muestra en el almacenamiento o con los distintos grados de homogeneización de la muestra previa a la

lectura, sin embargo, puesto que no se han evaluado estos aspectos específicos no es posible concretar específicamente la causa de este comportamiento.

Esto puede justificarse porque que todas las formulaciones fueron realizadas a partir de la misma base y con una igual concentración de panela. La panela, al ser un edulcorante procedente de la caña de azúcar, aporta principalmente sacarosa, glucosa, fructosa, minerales y otros compuestos solubles, por lo cual tiene también un impacto directo sobre el valor de ° Brix de la bebida. Colina et al. (2012) reportaron que la definición de bebidas comerciales a partir de panela y saborizantes cítricos se ajustó entre 10 y 14 ° Brix, es decir, que efectivamente este ingrediente tiene un peso en qué tan altas o bajas sean las concentraciones de sólidos solubles; si bien en el presente trabajo, tales valores son menores para los restantes tratamientos, es posible que la panela también contribuyese para que los tratamientos mantuviesen una base común de sólidos solubles.

De manera análoga, Hariharan y Mahendran (2016) generaron una bebida lista para ser consumida desarrollando una bebida a base de jengibre y lima, que fue endulzada con azúcar de palma, observando que los sólidos solubles fueron el resultado de la proporción del jugo cítrico y edulcorante; los autores indicaron que el incremento de la acción cítrica y la fracción azucarada incrementó los valores de ° Brix; este comportamiento se relacionó con lo registrado para el día 10 de la presente investigación, donde las formulaciones de naranja tienden a mostrar valores de sólidos solubles mayores que las formulaciones con limón.

Los resultados muestran una oscilación de los sólidos solubles en el almacenamiento con una tendencia a la baja a los 5 días y posterior incremento a los 10 días en el almacenamiento. La carencia de diferencias significativas entre tratamientos a los 5 días sugiere que la caída de los sólidos solubles no fue debido al tipo de raíz o de cítrico. Por el contrario, las diferencias significativas encontradas en el día 10 implican una mayor caracterización del tipo de cítrico y su interacción con el tipo de raíz a la finalización de la

prueba. En el sentido de que no se analizaron los azúcares de forma independiente ni otros mecanismos relacionados con la variación de los sólidos solubles, no se puede concluir que el comportamiento de los sólidos solubles se deba a un mecanismo particular.

4.4 Color Lab

Los resultados obtenidos mostraron que la luminosidad (L^*) se mantuvo sin variaciones en los días 0 y 5 de almacenamiento, mientras que el día 10, el tipo de raíz tuvo un efecto significativo, observándose mayores valores para las bebidas que contenían jengibre. Por otra parte, las coordenadas a^* y b^* presentaron diferencias solamente en algunos de los tiempos de evaluación, que estaban relacionadas sobre todo con el tipo de raíz, y en menor medida por el tipo de cítrico. Ha de tomarse en consideración que los resultados que se obtuvieron evidencian que las variables de color, durante el almacenamiento, sufrieron escasos cambios puntuales que se relacionaron, sobre todo, con el tipo de raíz, y en segundo lugar, con el tipo de cítrico, sin que estas variaciones, por otro lado, evidenciaron que el color experimentara un deterioro progresivo y general a lo largo de los diez días de evaluación.

Los hallazgos obtenidos se alinean con los presentados por Lee et al., quienes analizaron el comportamiento del color de jugo de naranja pasteurizado durante el almacenamiento y observaron cómo los parámetros L^* , a^* y b^* se fueron modificando de forma gradual, pero la magnitud del cambio se debía más a la degradación de los carotenoides y a las reacciones de oxidación que con el tiempo de almacenamiento. Los autores afirmaron que, en condiciones controladas de conservación y almacenamiento, las alteraciones del color del jugo eran bajas y no siempre podía ser apreciado por el consumidor. Este comportamiento es coincidente con el de la presente investigación donde se encontraron diferencias estadísticas puntuales, pero que no presentaron un deterioro visual destacable del propio producto.

Respecto a la coordenada b^* , todas las formulaciones mostraron valores positivos, prevaleciendo tonalidades amarillas. Este comportamiento era de esperar por la formulación

de cúrcuma y jengibre en cada una de las formulaciones. Numerosos estudios han señalado que la cúrcuma proporciona curcuminoides, pigmentos caracterizados por dar color amarillo-naranja, siendo la estabilidad de dichos pigmentos dependientes de diversos factores tales como temperatura, luz y condiciones de conservación. Para Moonaisur (2016) los valores de b^* disminuyen de forma paulatina en la medida que los curcuminoides se degradan con el almacenamiento; no obstante, en refrigeración y tiempos cortos estas diferencias son muy inferiores, lo que puede explicar que en esta investigación las diferencias observadas en los primeros días desaparezcan en el tiempo de almacenamiento final.

Por otro lado, la estabilidad de la luminosidad podría deberse a que se empleó la panela como edulcorante común en todas las formulaciones. Investigaciones acerca de las propiedades colorimétricas de la panela sugieren que el ingrediente mencionado aporta una coloración parda bastante parecida como consecuencia de la existencia de melanoidinas y otros compuestos generados durante la concentración de jugos de caña. La inclusión de panela en la misma concentración en todas las formulaciones pudo ayudar a que el substrato colorimétrico quedara homogeneizado entre los tratamientos gracias a los compuestos colorantes de este ingrediente. Sin embargo, este efecto no ha sido evaluado como un factor por sí mismo en el presente trabajo, por lo que hay que aceptarlo como una posible explicación de la relativa estabilidad observada en lo que se refiere a la luminosidad.

Por último, los resultados instrumentales pueden compararse con los obtenidos en la evaluación sensorial registrada en esta investigación. Aunque se detectaron diferencias estadísticamente significativas en los parámetros de color, las mismas no se tradujeron en una evidente disminución de la aceptación visual de los panelistas. Kardas et al. (2024) apuntaron que la percepción del color por parte de los consumidores giraba no solo en torno a variaciones pequeñas en los parámetros L^* , a^* y b^* , sino también en torno a una forma general del color y de las expectativas del consumidor frente al producto a evaluar. Por lo tanto, las ligeras

diferencias en el color registradas en esta investigación probablemente no fueron suficientes para alterar la aceptabilidad visual de las bebidas evaluadas.

4.5 Microbiología

El recuento de aerobios mesófilos evidenció a un incremento durante los 10 días de almacenamiento, siendo que en el día 0 se obtuvieron valores entre $3,40 \times 10^5$ y $4,47 \times 10^5$ UFC/mL; en el día 5 los valores aumentaron hasta alcanzar, en una primera aproximación, $5,20 \times 10^5$ y $7,67 \times 10^5$ UFC/mL; y en el día 10 los valores experimentaron un importante incremento alcanzando valores entre $1,133 \times 10^6$ y $1,617 \times 10^6$ UFC/mL. El análisis estadístico daba cuenta de que el tipo de cítrico tenía más que ver con el comportamiento microbiológico durante el almacenamiento; por otro lado, el tipo de raíz dejó ser significativo en los días 5 y 10. En términos generales el tipo de formulación de limón tuvo menos recuentos microbianos que el de naranja.

Esta forma de actuar puede explicarse, haciendo referencia nuevamente a las diferencias de pH y de acidez titulable que hemos encontrado entre las formulaciones, en este sentido, las bebidas realizadas con limón presentaron un menor pH y una mayor acidez titulable, condiciones que pueden limitar el crecimiento de ciertos microorganismos. Contrariamente a ello, las formulaciones con naranja presentaron un mayor valor de pH y menor acidez titulable, lo que pudo favorecer un mayor crecimiento de microorganismos en el almacenamiento. Estos resultados coinciden con los reportados por Tiencheu et al. (2021) donde se elaboró una bebida natural de naranja, limón, miel y jengibre donde la estabilidad microbiológica de la bebida estuvo relacionada con la acidez del producto y las condiciones de conservación. Este autor concluyó que las formulaciones de mayor acidez presentaron una mejor estabilidad microbiológica en el periodo de almacenamiento, al igual que lo observado en esta investigación.

Un estudio metodológicamente similar fue el desarrollado por Bazán-Plasencia y Mejía-Vásquez (2023), quienes desarrollaron una bebida a partir de naranja, limón, jengibre y miel, los autores informaron una estabilidad microbiológica adecuada durante todo el lapso de la evaluación y declararon que la mezcla de ingredientes de acidez, sumado al adecuado manejo higiénico en el proceso de elaboración, propiciaron la conservación de este tipo de producto, la formulación empleada en la presente investigación utiliza jengibre y frutas cítricas, sin embargo, la elevación apreciada en el recuento de aerobios mesófilos podría explicarse como consecuencia de la diferente formulación, el tipo de edulcorante (panela) utilizado y, sobre todo, por estar dentro del diseño de la investigación la ausencia de pasteurización al final del proceso una vez envasado.

Debo resaltar que las bebidas que se desarrollaron en este estudio no fueron pasteurizadas tras su formulación, sino que fueron elaboradas mediante la infusión de jengibre o cúrcuma, incorporando posteriormente el panela para su disolución. En estas circunstancias, parte de la microbiota presente en las materias primas, en el agua, en la panela, en los utensilios o en el entorno del proceso, podría haber quedado en el producto y multiplicarse en el almacenaje. Sobre este punto, Prisacaru et al. (2023) comentan que, si bien el jengibre, por ejemplo, contiene compuestos bioactivos con actividad antimicrobiana, su incorporación no sustituye ni suplanta la aplicación de buenas prácticas de manufactura ni la de los tratamientos de conservación si lo que se pretende es prolongar la vida útil microbiológica de bebidas elaboradas con ingredientes naturales.

Otro aspecto muy significativo fue que el tipo de raíz no mostró efectos significativos en los días 5 y 10, por lo que el comportamiento microbiológico fue determinado, evidentemente, por el tipo de cítrico.

En su conjunto, los resultados muestran un incremento progresivo de aerobios mesófilos a lo largo de los diez días de almacenamiento, pues se pasó de recuentos del orden

de 10^5 UFC/mL a recuentos del orden de 10^6 UFC/mL. Las formulaciones en las que se incluía limón presentaron recuentos inferiores a las formulaciones con naranja, un comportamiento que podría estar asociado a sus menores valores de pH y mayor acidez titulable. Estos resultados, evidencian la importancia de plantearse unas condiciones higiénicas en la elaboración, pero también evaluar otras tecnologías de conservación como un tratamiento térmico posterior al envasado, así como otras alternativas de conservación, que ayudarían a mejorar la estabilidad microbiológica de este tipo de bebidas naturales.

4.6 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial realizada a través de una escala hedónica mostró que aquellas formulaciones que contenían jengibre o cúrcuma en combinación con distintos tipos de cítricos fueron bien aceptadas por los panelistas. Por su parte, el color, aroma, sabor y la aceptabilidad general mostraron variaciones entre los tratamientos, lo que sugiere que la interacción de los ingredientes ha intervenido sobre la percepción sensorial de las bebidas.

Los resultados obtenidos también son coherentes con los comentados por Bazán-Plasencia et al. (2025), donde se elaboró una bebida a base de jugo de naranja, limón y jengibre aplicando un diseño de mezclas para estudiar la aceptación del producto en cuestión. Estos autores encontraron que la aceptación global dependía, principalmente, del equilibrio existente entre los cítricos y el jengibre; es más, observaron que concentraciones intermedias de jengibre favorecieron el sabor de la bebida, pero no produjeron rechazo entre los consumidores. Este comportamiento se asemeja al fenómeno observado en la investigación que se describe, en la que, usando combinaciones de raíces con cítricos, se lograron formulaciones con una aceptabilidad sensorial adecuada.

De una manera comparable, Yusufali et al. (2024) llevaron a cabo la evaluación de mezclas de jugo de piña con cúrcuma y jengibre, de forma que los tratamientos con menor proporción de jengibre y un 10 % de cúrcuma fueron precisamente los que mostraron las

mayores puntuaciones de aceptación sensorial. Los autores afirmaron que esto se atribuía a que el equilibrio de ingredientes reduce la intensidad del sabor picante y también del característico aroma del jengibre, favoreciendo así una mejor percepción por parte del consumidor. Estos antecedentes permiten plantear que el equilibrio entre estos ingredientes puede ayudar a mejorar la aceptación de las bebidas elaboradas. En cuestión en esta investigación no se realizó la evaluación de un tratamiento sin la adición de crítico por lo que no es correcto atribuir de manera independiente la observada aceptación al tipo de crítico.

De la misma forma, Makanjuola et al. (2017) elaboraron bebidas funcionales a partir de extractos de té y jengibre, indicando que la mezcla de ambos ingredientes mejoró notablemente la percepción del color, aroma y sabor en la obtención de la bebida en cuestión, comparada con la bebida obtenida a partir de jengibre. También indicaron que la aceptación global de la conjugación del jengibre con otros ingredientes que puedan equilibrar sus cualidades sensoriales aumentó con la combinación de otros ingredientes, lo cual apoya lo observado en el presente estudio donde la conjugación de las raíces con los cítricos también permitió una adecuada aceptabilidad en general en los panelistas.

Los resultados de la evaluación sensorial, en conjunto, mostraron una adecuada aceptación general de las bebidas desarrolladas. La combinación de las raíces con los diferentes cítricos favoreció realizar formulaciones que, además de diferenciarse por su color, presentaban diferentes perfiles sensoriales en cuanto al aroma y al sabor, así como en cuanto a su aceptabilidad general. En este sentido, la formulación jengibre + limón obtuvo la mayor aceptación general entre los panelistas y la identifican como la formulación con mayor aceptación sensorial entre los tratamientos de estudio.

5 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permitieron caracterizar las bebidas preparadas con jengibre, cúrcuma y diferentes frutos cítricos. En este sentido, cabe destacar que el tipo de cítrico fue uno de los factores que mayor relevancia presentó sobre las variables fisicoquímicas y microbiológicas. Las formulaciones elaboradas con limón mostraron los menores valores de pH, mayor acidez titulable y menores recuentos de aerobios mesófilos en comparación con las preparaciones de naranja.

La caracterización fisicoquímica evidencia que el pH y la acidez titulable estuvieron fuertemente determinados por la clasificación de tipo de cítrico; si bien los sólidos solubles presentaron variaciones a lo largo del almacenamiento, destacándose una disminución general para el día 5 y un aumento para el día 10; por otro lado, en la caracterización instrumental del color se hallaron diferencias, éstas se asociaron principalmente al tipo de raíz y se evidenciaron de forma puntual a lo largo del periodo de tiempo evaluado.

La caracterización sensorial evaluada mostró diferencias entre los tratamientos. De todas las formulaciones, la combinación jengibre + limón mostró la mayor aceptabilidad en términos generales, lo que pone de manifiesto el potencial de esta combinación desde el punto de vista sensorial.

Los recuentos de aerobios mesófilos se incrementaron a lo largo de los 10 días de almacenamiento, desde valores en torno de 10^5 UFC/mL, hasta alcanzar valores en torno de 10^6 UFC/mL. Las formulaciones que habían sido elaboradas con limón mostraron recuentos más bajos que aquellas que fueron elaboradas con naranja, comportamiento que tiene relación con sus menores valores de pH y mayor acidez titulable. El incremento microbiano que se obtuvo también pone de manifiesto la oportunidad de mejorar las condiciones de elaboración y las de conservación e incorporar estrategias de control microbiológico diferentes.

6 RECOMENDACIONES

- Reforzar las buenas prácticas de manufactura durante la fase de elaboración, envasado y almacenamiento de las bebidas para reducir la contaminación microbiana inicial con el objetivo de aumentar la vida útil del producto. Se sugiere considerar la implementación de un tratamiento de conservación posterior a la elaboración, como podría ser la pasteurización o tecnologías de preservación alternativas, para disminuir la carga microbiana inicial y ayudar a mejorar la estabilidad microbiológica de las bebidas sin afectar a sus características fisicoquímicas y sensoriales.
- Evaluar la influencia de diferentes concentraciones de panela y de las proporciones entre jengibre, cúrcuma y cítricos para mejorar características sensoriales de las bebidas.
- Examinar diferentes tipos de envases y condiciones de almacenamiento para conocer la influencia de estas variables en la evolución de la estabilidad fisicoquímica, microbiológica y sensorial del producto.
- Aplicando un tratamiento térmico adecuado de conservación, evaluar períodos de almacenamiento superiores a los diez días para estudiar la evolución de las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales, en el marco de una ampliación de la vida útil de la bebida

7 REFERENCIAS

Ábrego Peredo, A. A. (2016). El jugo de naranja (*Citrus sinensis*) como fuente de vitamina C y flavonoides: efecto sobre el sistema inmunológico. Universidad Veracruzana.

<https://cdigital.uv.mx/bitstreams/4c61de78-6be2-4d2c-92a3-cdd554cf3efe/download>

Alarcón, A. L., Palacios, L. M., Osorio, C., Narváez, P. C., Heredia, F. J., Orjuela, A., & Hernanz, D. (2021). Chemical characteristics and colorimetric properties of non-centrifugal cane sugar ("panela") obtained via different processing technologies. *Food Chemistry*, 340, 128183. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128183>

Alfaro Cruz, S. C. (2019). Diseño de una bebida funcional con capacidad antioxidante a base de pulpa de mango (*Mangifera indica* L.), noni (*Morinda citrifolia*) y aguaymanto (*Physalis peruviana* L.).

Almendaris Castillo, M. V. (2018). Clarificación del jugo de naranja (*Citrus sinensis*) mediante la utilización de diferentes niveles de quitosano (Tesis de licenciatura, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/f43dce84-fc20-4d7a-b2fd-2782a6086ed2/content>

Ayala Vargas, A. B. (2024). Estudio de prefactibilidad para la producción y comercialización de una bebida antioxidante y antiinflamatoria a base de jengibre orgánico con zarzamora para Lima Metropolitana dirigido a los niveles socioeconómicos B y C (Tesis de licenciatura).

Bazán-Plasencia, J. J. A., & Mejía-Vásquez, A. J. (2023). Formulación de una bebida de naranja (*Citrus sinensis*), limón (*Citrus limon*), jengibre (*Zingiber officinale*) y miel; su aceptabilidad, vitamina C y polifenoles totales (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa.

Bazán-Plasencia, J., Mejía-Vásquez, A., Bracamonte, G. H., et al. (2025). Development of a Citrus Drink Using Mixture Design: Sensory Evaluation, Total Polyphenols and Vitamin C. *Beverages*, 11(2), 51.

Buenvivdor. (2025, 29 de enero). Cúrcuma: qué es, para qué sirve, propiedades y beneficios. <https://www.bonviveur.es/gastroteca/curcuma>

Carrillo, C. A. V., & Mojica, L. (2024). Revisión histórica y conceptual de los alimentos funcionales: antecedentes, perspectivas y desafíos. *Journal of Behavior and Feeding*, 4(7), 11–20.

Colina et al. (2012). Bebidas comerciales elaboradas con panela, sabores limón, mandarina y durazno.

Del Carpio Jiménez, C., Ormachea, M. U., Chávez, R. G. G., & Cruz, C. T. (2022). Propiedades fisicoquímicas, composición química y actividad antioxidante del aceite esencial de Citrus jambhiri (Limón rugoso). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 88(3). <https://doi.org/10.37761/rsqp.v88i3.403>

Enriquez Paredes, I. (2023). Elaboración de una bebida funcional a base de malta de *Amaranthus caudatus* L. (kiwicha) y pulpa de *Hylocereus triangularis* (pitahaya amarilla). Universidad Nacional de Huancavelica. <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/unh/5750>

Flores-Aguilar, E., & Flores-Rivera, E. D. P. (2022). Capacidad antioxidante de extractos acuosos de hojas de moringa y elaboración de una bebida funcional. *Tecnología Química*, 42(2), 323–340.

González-Molina, E., Domínguez-Perles, R., Moreno, D. A., & García-Viguera, C. (2010). Natural bioactive compounds of Citrus limon for food and health. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 51(2), 327–345. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2009.07.027>

Hariharan y Mahendran. (2016). Bebida RTS de jengibre y lima endulzada con azúcar de palma.

Igual Izquierdo, B. (2020). Formulación de mermelada de fresa con polvo de piel de mandarina: efecto sobre las propiedades físico-químicas y la estabilidad microbiológica (Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València).

<https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/985e879e-cb8f-4803-9cd1-34ea162af8ac/content>

International Organization for Standardization. (2014). *ISO 11136:2014 Sensory analysis—Methodology—General guidance for conducting hedonic tests with consumers in a controlled area*. International Organization for Standardization.

International Organization for Standardization. (2017). *ISO 6658:2017 Sensory analysis—Methodology—General guidance*. International Organization for Standardization.

Jaffé, W. R. (2015). Nutritional and functional components of non-centrifugal cane sugar: A compilation of the data from the analytical literature. *Journal of Food Composition and Analysis*, 43, 194–202. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.06.007>

Jiménez, C. A., et al. (2014). Sensory evaluation for consumer acceptance testing using a 9-point hedonic scale. *Agronomía Mesoamericana*.

Kaplan, R., & Rodríguez, R. (2006). Functional foods: History, concepts and development. *Food Science and Technology International*, 12(1), 15–27. <https://doi.org/10.1177/1082013206061162>

Kardas, M., et al. (2024). Assessment of the color of orange juice in the context of consumer perception. *Foods*.

López, M., & Sánchez, R. (2021). Perfil fitoquímico, potencial terapéutico y composición nutricional del jengibre (*Zingiber officinale*). *Revista de Investigación de Plantas Medicinales*, 15(3), 123–136.

Makanjuola, S. A., et al. (2017). Enhancing Sensory Perception of Plant Based Nutraceutical Drinks by Blending Tea and Ginger.

Matute Castro. (2016). Bebida de tomate con cúrcuma.

Matute Castro, N., & Echavarría Vélez, A. (2020). Cinética de degradación del jugo funcional de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) y cúrcuma (*Curcuma longa* L.). FACSALUD-UNEMI, 4(7), 23–36.

Ministerio de Salud Pública de Paraguay. (2021, 31 de mayo). Mandarina, ideal para consumir en esta temporada. <https://dvent.mspbs.gov.py/mandarina-ideal-para-consumir-en-esta-temporada/>

Miranda-Yuquilema, J. E., & Totoy-Cuji, L. L. (2024). Chayote (*Sechium edule*) con L-Carnitina una alternativa para obtener bebidas funcionales de consumo humano. Revista Digital Novasinergia, 7(1), 149–162. <https://doi.org/10.37135/unach.novasinergia.24.007.01.12>

Páez, A. L. C., Haro, E. F. G., & Cecilia, I. C. I. (2022). Los alimentos funcionales como alternativa a las tendencias de consumo de alimentos rápidos. Repositorio de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad, 16, 1424–1444. <https://www.riico.net/index.php/riico/article/view/2177>

Párraga, M. L. M., & Vera, E. F. S. (2024). Uso de extractos de plantas medicinales en el desarrollo de bebidas funcionales. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 8(4), 13192–13215. https://doi.org/10.37811/cl_rm.v8i4.11667

Peralta Pérez, A. (2019). Aplicación de métodos combinados para aumentar la vida útil del jugo de naranja. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/618e5a5b-228d-4510-ad17-ea3f4116e57b/content>

Prisacaru, A. E., et al. (2023). Effects of ginger and garlic powders on the physicochemical and microbiological characteristics of fruit juices during storage. *Foods*, 12(6), 1311.

Radwan, P. (2008). El jengibre, una planta medicinal eficaz como antiemético y antiinflamatorio. *Revista Internacional de Acupuntura*. <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-internacional-acupuntura-279-articulo-el-jengibre-una-planta-medicinal-13125914>

Rivera Torres, I. (2023). Beneficios del consumo de cúrcuma en la salud. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 73(Supl. 1), 183.

Roberfroid, M. B. (2000). Concepts and strategy of functional food science: The European perspective. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(6), 1660S–1664S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/71.6.1660s>

Tiencheu, B., Nji, D. N., Achidi, A. U., Egbe, A. C., Tenyang, N., Ngongang, E. F. T., Djikeng, F. T., & Fossi, B. T. (2021). Nutritional, sensory, physico-chemical, phytochemical, microbiological and shelf-life studies of natural fruit juice formulated from orange (*Citrus sinensis*), lemon (*Citrus limon*), honey and ginger (*Zingiber officinale*). *Heliyon*, 7(6), e07177. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07177>

Valdés, A. J. (2022). Evaluación sensorial y determinación de características fisicoquímicas y nutricionales de una bebida funcional a base de lactosuero, β -glucanos y concentrado de mora. *Escuela Agrícola Panamericana Zamorano*.

WebMD. (2024, 25 de marzo). Beneficios para la salud del limón. <https://www.webmd.com/diet/health-benefits-lemon>

Wibowo, S., Vervoort, L., Tomic, J., Santiago, J. S., Lemmens, L., Panozzo, A., Grauwet, T., Hendrickx, M., & Van Loey, A. (2015). Colour and carotenoid changes of

pasteurised orange juice during storage. *Food Chemistry*, 171, 330–340.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.007>

Yusufali, Z., Follett, P., Wall, M., & Sun, X. (2024). Physiochemical and sensory properties of a turmeric, ginger, and pineapple functional beverage with effects of pulp content. *Foods*, 13(5), 718. <https://doi.org/10.3390/foods13050718>

Zahr, S., Zahr, R., El Hajj, R., & Khalil, M. (2023). Phytochemistry and biological activities of *Citrus sinensis* and *Citrus limon*: An update. *Journal of Herbal Medicine*, 41, 100737. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2023.100737>

8 ANEXOS

