



FORMULACIÓN DE UNA NARANJADA ENRIQUECIDA CON VITAMINA C A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA

Fernández Eleana, Mujica María V, Soto Naudy, Yepez Teresa, Giménez Aracelis y Petit Deysi

Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA), Decanato de Agronomía, Programa de Ingeniería Agroindustrial, Barquisimeto. Venezuela.

E mail: mvmujica@ucla.edu.ve

RESUMEN

La naranjada es una de las bebidas a base de fruta más consumidas a nivel mundial, constituyendo una matriz idónea para la formulación de una bebida enriquecida con vitamina C, que le permita aportar propiedades antioxidantes. Esta investigación planteó los siguientes objetivos: caracterizar el concentrado de naranja y cinco naranjadas comerciales producidas en Venezuela, así como evaluar el efecto de la concentración de azúcar (sacarosa), ácido cítrico y concentrado de naranja sobre los atributos físicos, químicos y sensoriales de la naranjada. Para el análisis físico y químico se realizaron pruebas de pH, acidez titulable, sólidos solubles totales, sólidos en suspensión y ácido ascórbico. Las fórmulas ensayadas se obtuvieron según dos diseños de superficie de respuesta, 2^k . En el primero los factores evaluados fueron la concentración de azúcar (4-11%) y de ácido cítrico (0,1-0,5%), y en el segundo la concentración de azúcar (7,5-11%) y de concentrado de naranja (8,3-9,0%). Las variables de respuesta de los diseños experimentales fueron los atributos sensoriales: sabor, color, olor, consistencia y aspecto global. La naranjada con mayor aceptación estuvo constituida por 9,5% de azúcar, 0,1% de ácido cítrico y 8,65% de concentrado de naranja. De igual manera se encontró un efecto significativo ($p \leq 0,05$) de la concentración de azúcar sobre los atributos sabor, consistencia y aspecto global; mientras que el ácido cítrico no afectó significativamente ($p \leq 0,05$) ninguno de los atributos sensoriales y el concentrado de naranja sólo afectó significativamente ($p \leq 0,05$) el atributo color. Palabras clave: *Citrus sinensis* L., formulación, naranjada, superficie de respuesta, vitamina C.



FORMULATION OF AN ORANGEADE ENRICHED WITH VITAMIN C THROUGH RESPONSE SURFACE METHODOLOGY

ABSTRACT

The orangeade is one of the fruit-based drinks most consumed worldwide, constituting a good vehicle for fortification with vitamin C, which allows it to provide antioxidant properties. This research raised the following objectives: to characterize the orange juice concentrate and five commercial orangeades produced in Venezuela, and to evaluate the effect of the concentration of sugar, citric acid and orange juice concentrate on the physical, chemical and sensory attributes of orangeade. For physical and chemical analysis tests pH, titratable acidity, total soluble solids, suspended solids and ascorbic acid were performed. The tested formulas were obtained in two response surface designs, 2^k . In the first design factors evaluated were the sugar concentration (4-11 %) and citric acid concentration (0.1-0.5 %), and the second design factors evaluated were the sugar concentration (7.5-11 %) and orange juice concentrate (8.3 to 9.0 %). The response variables of the experimental designs were sensory attributes: taste, color, smell, consistency and overall appearance. The most widely accepted orangeade consisted of 9.5 % sugar, 0.1 % citric acid and 8.65 % orange juice concentrate. Similarly, a significant effect ($p \leq 0.05$) of the sugar concentration on the attributes taste, consistency and overall acceptance was found; while the citric acid did not affect significantly ($p \leq 0.05$) any of the sensory attributes and orange juice concentrate only affected significantly ($p \leq 0.05$) the color attribute.

Keywords: *Citrus sinensis* L., formulation, orangeade, response surface, vitamin C.



INTRODUCCIÓN

Los cítricos son una fuente importante de vitamina C en la dieta humana, y entre la gran variedad de ellos, la naranja (*Citrus sinensis* L.), es considerada como la fruta que contiene mayor porcentaje de vitaminas por lo cual ha tomado tanto interés en la industria de alimentos (Baraona, 2000). En Venezuela la producción de naranja es amplia y está en constante crecimiento, siendo uno de los rubros frutícolas con mayor volumen de producción (FEDEAGRO, 2013; MAT, 2013).

La industria relacionada a los subproductos cítricos, estuvo primero orientada a la extracción de aceites esenciales de las hojas, flores y piel de la fruta; pero a partir de los años cuarenta, adquirió importancia la industrialización del jugo, que ha permitido en la actualidad la producción de una gran variedad de productos tales como: jugos pasteurizados, jugos concentrados y

congelados, jugos enlatados y polvos de jugo deshidratado. El mercado de jugos de fruta en Venezuela sobrepasa los 500 millones de litros, con un consumo per cápita entre 16 y 17 litros al año, siendo la categoría de bebidas no alcohólicas una de las más dinámicas, con un 13,1% de crecimiento en volumen durante marzo de 2008 - abril de 2009, según estudios de Nielsen Retail Index (Calderón, 2009).

Entre los productos que se puede obtener a partir de la naranja, uno de los más consumidos es la naranjada, la cual se define, según la norma COVENIN 1701-93, como el producto preparado de jugo de naranja o su concentrado, no fermentado, extraído de naranjas maduras, sanas y limpias de la especie *Citrus sinensis* L., adicionando agua potable, con o sin edulcorantes, sometido a tratamiento térmico adecuado que asegure su conservación en envases apropiados, bajo condiciones de refrigeración.



La naranjada es, para la población en general, una bebida de agradable sabor y frescura. Estadísticas de consumo mundial ofrecidas por la Asociación Nacional de Exportadores de jugos Cítricos (Citrus BR, 2010) confirman que existe una mayor producción del mismo en comparación con otros sabores como el mango, manzana, uva y mezcla de frutas. Adicionalmente, la naranjada constituye para el consumidor una fuente importante de vitamina C, minerales como el fósforo, potasio, calcio y magnesio, carotenoides y de compuestos fenólicos (Gorinstein *et al.* 2001; Bermejo *et al.* (2011; Yang *et al.* 2013; Escobedo-Avellaneda *et al.* 2014). Estas características la convierten en uno de los productos de mayor consumo a nivel mundial, y por lo tanto en un buen vehículo para el enriquecimiento con micronutrientes como la vitamina C, con el fin de incrementar sus propiedades antioxidantes, y ayudar de este modo en la prevención de múltiples enfermedades, entre ellas las cardiovasculares, las degenerativas, las respiratorias como

resfriados, gripes, bronquitis o faringitis, e incluso el cáncer (Vinson *et al.* 2002).

Tradicionalmente, para obtener la formulación idónea de algún producto era común la mezcla de los ingredientes a través de prácticas que debían analizarse posteriormente con el fin de seleccionar la deseable, método que se conoce como selección a posteriori; dicho esquema implicaba una gran cantidad de fórmulas para analizarlas a través de ensayo y error antes de elegir la mezcla adecuada. Afortunadamente, en la actualidad existen paquetes estadísticos que han permitido reducir los pasos que conlleva la selección de mezclas de ingredientes para una formulación, así como la optimización de las soluciones nutritivas obteniendo un grado aceptable de los parámetros utilizados en el estudio. Es por ello, que la aplicación de un diseño estadístico experimental es una de las técnicas más eficientes para el análisis de los procesos, ya que con esta metodología se puede determinar la influencia e importancia de los parámetros estudiados y las interacciones entre estos con un mínimo de ensayos. En este sentido, la



presente investigación se planteó la formulación de una naranjada enriquecida con vitamina C, empleando la metodología de superficie de respuesta. Es importante destacar que la recomendación nutricional de ingesta diaria de Vitamina C es de 55 mg, de acuerdo al Instituto Nacional de Nutrición (INN, 1993).

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del concentrado de naranja: Se realizaron pruebas de pH, acidez titulable, sólidos solubles (°Brix), sólidos en suspensión y ácido ascórbico, basadas en las normas COVENIN 1315-79, 1151-77, 924-83, 1343-78 y 1295-82, respectivamente. También se efectuaron los análisis microbiológicos que la norma COVENIN 2264-94 establece para este tipo de alimento, específicamente se hicieron recuentos de microorganismos acidúricos (COVENIN 3123-94), mohos y levaduras (COVENIN 1337-90).

Caracterización de bebidas comerciales: Se efectuaron las pruebas descritas en la caracterización del concentrado de naranja, adicional a la densidad relativa,

la cual se determinó de acuerdo al método de la norma COVENIN 1116-77. Las naranjadas fueron obtenidas en establecimientos comerciales de la ciudad de Barquisimeto, Venezuela.

Diseño experimental: Se utilizaron dos diseños experimentales 2^2 con dos repeticiones en el punto central, tal como se muestra en las Cuadros 1 y 2. Los factores experimentales estudiados fueron contenido de azúcar (sacarosa), ácido cítrico y concentrado de naranja y las variables de respuesta el pH, acidez titulable, sólidos solubles totales, sólidos en suspensión y los atributos sensoriales: color, olor, sabor, consistencia y aspecto global. En las fórmulas del primer diseño experimental el contenido de concentrado de naranja se mantuvo en 8,30% p/v.

Cuadro 1. Fórmulas correspondientes al primer diseño experimental

FÓRMULA	Factores Experimentales	
	Azúcar (% p/p)	Ácido cítrico (% p/p)
1	4	0,1
2	11	0,5



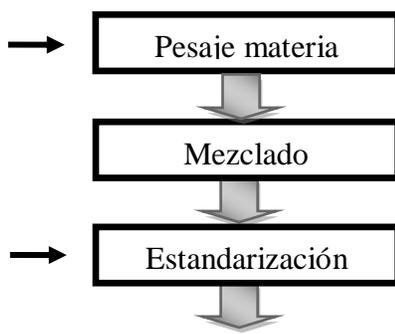
3	4	0,5
4	11	0,1
5	7,5	0,3
6	7,5	0,3

Elaboración de las fórmulas de naranjada:
 Se siguió el procedimiento indicado en la
 Figura 1.

Cuadro 2. Fórmulas correspondientes al segundo diseño experimental

FÓRMULA	Factores Experimentales	
	Azúcar (% p/p)	Concentrado de naranja (% p/v)
7	11	9,00
8	7,5	9,00
9	9,5	8,65
10	9,5	8,65
11	11	8,30
12	7,5	8,30

Concentrado de naranja
 (65 °Brix), Azúcar,
 Acido cítrico, Ácido



Aroma de naranja
 Agua.

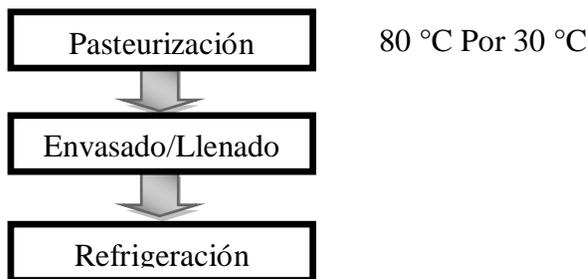


Figura 1. Proceso de Elaboración de la naranjada

Evaluación Sensorial: Se aplicó una prueba de aceptabilidad de los atributos: color, olor, sabor, consistencia y aspecto global, en la cual participaron 60 consumidores, utilizando una escala hedónica de 9 puntos. Para la realización de la evaluación sensorial, las muestras (20 ml) se sirvieron refrigeradas en vasos de vidrio codificados con tres dígitos elegidos al azar

Análisis estadístico: Todas las determinaciones se realizaron por triplicado y los resultados se evaluaron mediante un análisis de varianza utilizando el programa Statgraphics Centurion XV, previa comprobación de los supuestos de normalidad, homocedasticidad e independencia. La comparación de medias se realizó

empleando la prueba de rango múltiple de Duncan.

El análisis estadístico de los datos del diseño experimental igualmente se realizó con el programa Statgraphics Centurion XV, $\alpha=0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 3 se muestran los resultados de la caracterización del concentrado de naranja, y se puede observar que sus parámetros cumplieron con lo establecido en la norma COVENIN 2264-94, con sus valores de sólidos solubles, pH y relación Brix/acidez cercanos a los valores máximos, lo que refleja un proceso de concentración eficiente y un producto de alta calidad.

De acuerdo con Avalo *et al.* (2009), la calidad de los jugos concentrados es un



factor importante a considerar durante y después del procesamiento, porque la mayoría de los jugos comercializados provienen de este tipo de productos, siendo el contenido de vitamina C, sólidos solubles, azúcares totales y reductores, pH, y actividad microbiana, los indicadores de la calidad comercial.

Con respecto al análisis microbiológico del concentrado, el

recuento de bacterias acidúricas, así como mohos y levaduras estuvo dentro de lo establecido por la norma COVENIN 2264-94. En tal sentido, el concentrado de naranja empleado estuvo microbiológicamente apto para la formulación de la naranjada, y con las características organolépticas propias de este tipo de productos.

Cuadro 3. Caracterización física y química del concentrado de naranja

Propiedad	Concentrado de naranja	COVENIN 2264-94	
		Mín.	Máx.
Sólidos solubles (% p/p a 20 °C)	65 ± 0	54,0	65,5
Acidez iónica (pH)	3,70 ± 0,01	3,0	3,8
Relación °Brix/acidez	11	9	18
Sólidos en suspensión (% v/v)	0	---	12
Acido ascórbico (mg/100g)	415,0 ± 0,5	200	---
Acidez titulable (g ácido cítrico/100ml)	0,33 ± 0,01	Ne	ne

ne: no especificado

En relación a la caracterización fisicoquímica de las naranjadas comerciales (Cuadro 4), todas cumplieron

con los requisitos de la norma COVENIN 1701-93 establecidos para pH, acidez titulable, sólidos en suspensión y



densidad relativa. Al evaluar los sólidos solubles, los cuales deben estar entre 12 - 15 °Brix, se verificó que solo dos marcas comerciales, "B" y "D", cumplieron con ello. Este resultado posiblemente se relaciona con la baja concentración de la pulpa, poca adición de azúcar o un mayor volumen de agua empleado para la formulación de la bebida, lo que conduce a una mayor dilución de los azúcares presentes y un menor contenido de sólidos solubles. Berrade *et al.* (2011) encontraron resultados similares en la caracterización de bebidas a base de jugo de uva, cuyos sólidos solubles estaban por debajo de lo establecido en la norma CODEX STAN 247-2005.

Por otro lado, con respecto a la concentración de ácido ascórbico presente en las marcas producidas a nivel nacional, resulta oportuno mencionar que sólo una de las muestras, la marca "C" se encontró

por debajo de los valores permitidos por la norma, lo cual pudo deberse a la degradación por las altas temperaturas en el procesamiento, por la acción de trazas de minerales presentes, así como por el almacenamiento a altas temperaturas (Farnworth *et al.* 2001; Klimczak *et al.* 2007; Moreno-Betancourt *et al.* 2007).

En resumen, las naranjadas de las marcas "B" y "D" fueron las únicas en cumplir todos los requisitos físicos y químicos establecidos por la norma COVENIN 1701-93, y por lo tanto las de mayor calidad. Adicionalmente, al evaluar organolépticamente las naranjadas comerciales se observó que todas cumplieron con los requisitos indicados por la norma COVENIN 1701-93, los cuales establecen que el producto deberá tener color, sabor y olor característicos de la fruta, sin signos de fermentación.

Cuadro 4. Caracterización física y química de cinco naranjadas comerciales

Propiedad	MARCAS					COVENIN 1701-93	
	A	B	C	D	E	Mín.	Máx.



Sólidos Solubles (% p/p a 20 °C)	8±0,1 ^a	10±0 ^c	9±0,1 ^b	13±0 ^d	10±0,1 ^c	12	15
Sólidos en suspensión (% v/v)	1,6±0 ^c	1,0±0 ^b	2,9±0,1 ^e	2,4±0,1 ^d	0,3±0,1 ^a	---	7
Acidez titulable (g ac. cítr. ¹ /100 ml)	0,42±0,01 ^b	0,47±0 ^c	0,43±0,01 ^b	0,58±0,02 ^d	0,30±0,02 ^a	---	0,7
pH	3,39±0,01 ^e	3,20±0,01 ^a	3,33±0,01 ^d	3,22±0,03 ^b	3,28±0,01 ^c	3	3,5
Densidad relativa (g/ml a 20°C)	1,03±0 ^a	1,03±0 ^a	1,04±0 ^a	1,05±0,1 ^a	1,04±0 ^a	---	1,05
Acido ascórbico (mg/100ml)	45,0±0,9 ^c	55,4±0,5 ^d	31,0±0,8 ^a	59,5±0,8 ^e	36,0±0,5 ^b	35	---

¹: Ácido cítrico. Medias con letras iguales en la misma fila indican no son estadísticamente diferentes (Duncan, 0,05)

Marin *et al.* (1994) obtuvieron resultados similares al evaluar las naranjadas de cuatro marcas comercializadas en la ciudad de Maracaibo, Venezuela. En estas muestras, todos los parámetros físicos y químicos se encontraban dentro de lo establecido en la norma COVENIN 1701-93, a excepción del ácido ascórbico, cuyo nivel resultó inferior al mínimo establecido en dicha normativa. Por otra parte, en un estudio sobre la calidad de siete zumos de naranja provenientes de concentrado (Consumer, 2003), comercializados en el mercado español, se encontró una diferencia

notable en el contenido de Vitamina C, desde 11,6 hasta 86,3 mg/100 mL.

Para la formulación de la naranjada enriquecida con Vitamina C, propuesta en esta investigación, los ingredientes seleccionados fueron concentrado de naranja, azúcar, ácido cítrico, ácido ascórbico, goma xantana y aroma a naranja. La concentración final de ácido ascórbico en la bebida fue de 148 mg/100 mL, lo cual es superior a la recomendación nutricional de ingesta diaria (55 mg) establecida por el Instituto Nacional de Nutrición (INN, 1993) y puede considerarse una bebida



enriquecida de acuerdo a la norma COVENIN 2952-1:1997. Por consiguiente, al consumir diariamente un vaso (200 mL) de esta bebida se satisfacen los requerimientos de esta vitamina esencial.

En el Cuadro 5, se muestran los resultados de la evaluación de las fórmulas correspondientes al primer diseño experimental, con respecto a los análisis físicos y químicos. Cabe destacar que todas las fórmulas cumplieron lo

establecido por la norma COVENIN 1701-93, a excepción de las fórmulas 1 y 3 en lo que respecta a los sólidos solubles, los cuales estuvieron por debajo del valor mínimo. Sin embargo, se recomienda la revisión y actualización del rango establecido por la norma para sólidos solubles, puesto que un alto consumo de azúcares es negativo para la salud, y una de las tendencias actuales en el desarrollo de nuevos productos es la de disminuir el aporte calórico.

Cuadro 5. Caracterización física y química de las naranjadas formuladas a través del primer diseño experimental

Fórmula	Factor					
	Azúcar (% p/p)	Ácido Cítrico (% p/p)	Sólidos solubles (°Brix)	Acidez iónica (pH)	Sólidos en suspensión (%)	Acidez titulable (g ácido cítrico / 100ml)
1	4	0,1	9	3,50	0	0,23
2	11	0,5	15	3,11	0,2	0,42
3	4	0,5	10	3,15	0	0,44
4	11	0,1	15	3,50	0,2	0,28
5	7,5	0,3	13	3,29	0,5	0,32
6	7,5	0,3	13	3,25	0,5	0,33

Por otra parte, del análisis estadístico del diseño se deriva que la concentración de azúcar tuvo un efecto significativo ($p < 0,05$) sobre los sólidos solubles (SS) de la naranjada, como era de esperarse,

estos se incrementaron al aumentar el contenido de azúcar. La superficie de respuesta obtenida en este caso (Figura 2) correspondió a un modelo lineal, con un R^2 igual a 0,99, lo cual indica un buen

ajuste del modelo para la variable de respuesta. Adicionalmente no se observan

óptimos matemáticos sino regiones operativas.

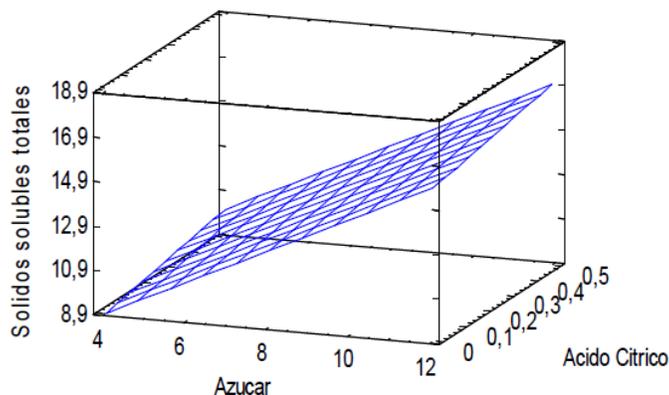


Figura 2. Superficie de respuesta para el parámetro sólidos solubles ($SS = 5,48 + 0,86 * \text{Azúcar} + 2,50 * \text{Acido Cítrico}$, $R^2=0,99$), primer diseño experimental.

Al utilizar un rango de 4 a 11% de azúcar en la formulación se obtuvieron naranjadas con 9 a 15 °Brix, valores semejantes a los obtenidos en esta investigación para la caracterización de las naranjadas comerciales. Asimismo, a partir del modelo ajustado para la variable sólidos solubles (Figura 2) se puede observar que el factor concentración de azúcar presenta un coeficiente regresor de incremento lineal (primer orden), con un aumento del orden de 0,86 sobre el porcentaje de sólidos solubles por cada

unidad de aumento en la concentración de azúcar.

La concentración de ácido cítrico, por su parte, tuvo un efecto significativo ($p < 0,05$) sobre el pH y la acidez titulable (AT) de las fórmulas. Al incrementar el porcentaje de ácido cítrico disminuyó el pH de las fórmulas y aumentó su acidez titulable. Para ambas variables de respuesta se obtuvieron modelos lineales en sus superficies de respuesta, Figuras 3 y 4, respectivamente. El pH de las formulas estuvo entre 3,11 y 3,50, lo cual cumple con el rango establecido por la



norma COVENIN 1701-93, de igual forma la acidez titulable no supero el límite máximo 0,7 g/100 mL, fijado por la mencionada norma.

El ácido cítrico es un ingrediente de suma importancia en la formulación de

bebidas a base de frutas por su efecto determinante en el pH y la acidez, lo cual contribuye, entre otros aspectos, a la conservación del producto y en el equilibrio de los sabores dulce y ácido.

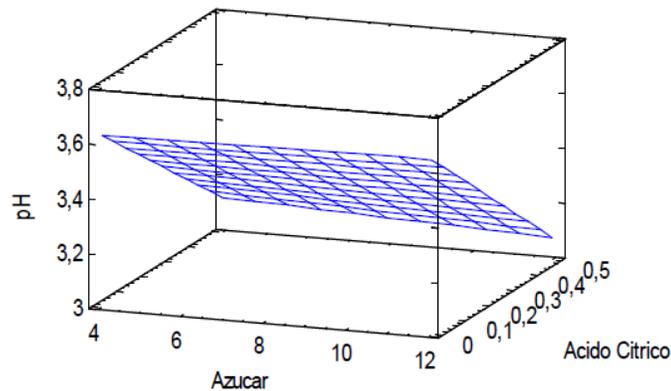


Figura 3. Superficie de respuesta para el parámetro pH ($pH = 3,62 - 0,94*Ac. Cítrico - 0,01*Azúcar*Acido$, $R^2 = 0,96$), primer diseño experimental.

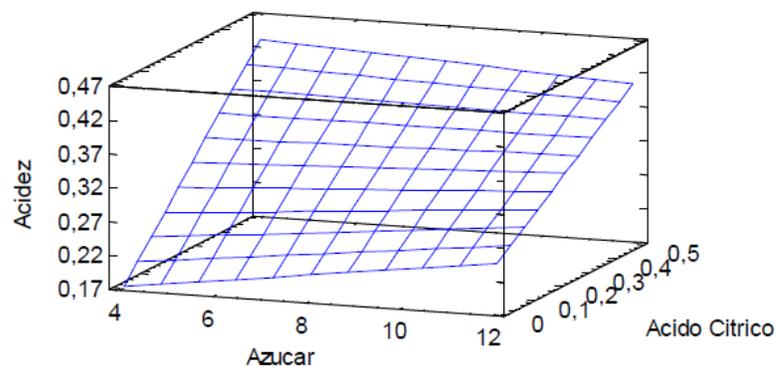


Figura 4. Superficie de respuesta para el parámetro acidez titulable ($AT = 0,14 + 0,01*Azúcar + 0,62*Ac. cítrico - 0,02*Azúcar*Ac. Cítrico$, $R^2 = 0,98$), primer diseño experimental.



En el Cuadro 6 se indica la caracterización de las naranjadas formuladas a través del segundo diseño experimental, las cuales cumplieron con los requisitos establecidos en la norma

COVENIN 1701-93, a excepción de la fórmula 7 cuyos sólidos solubles sobrepasaron el límite máximo establecido por la norma.

Cuadro 6. Caracterización física y química de las naranjadas formuladas a través del segundo diseño experimental

Fórmula	Factor					
	Azúcar (% p/p)	Concentrado (% p/v)	Sólidos solubles (°Brix)	Acidez iónica (pH)	Sólidos en suspensión (%)	Acidez titulable (g ácido cítrico / 100ml)
7	11	9,00	17	3,40	0	0,35
8	7,5	9,00	14	3,29	0,2	0,40
9	9,5	8,65	15	3,30	0,2	0,40
10	9,5	8,65	15	3,29	0,2	0,40
11	11	8,30	15	3,50	0,2	0,28
12	7,5	8,30	13	3,25	0,5	0,33

A partir del ANOVA del segundo diseño experimental se encontró que los factores concentración de azúcar y de concentrado de naranja no tuvieron un efecto significativo sobre los parámetros físicos y químicos de las naranjadas en los rangos estudiados, posiblemente por lo estrecho de dichos rangos.

Los resultados correspondientes a la evaluación sensorial de las fórmulas elaboradas de acuerdo al primer diseño experimental se muestran en el Cuadro 7, donde la fórmula 4 (11% azúcar y 0,1%

ácido cítrico) presentó el mayor nivel de agrado en lo que respecta al aspecto global. A partir de este resultado se deduce un mayor gusto en los consumidores por sabores dulces y poco ácidos en las formulaciones de naranjada.

Millán et al. (2003) determinaron a través de la metodología de superficie de respuesta que la concentración de azúcar necesaria para maximizar la aceptación global de un néctar de mora pasteurizado, era de 17,37%.



Cuadro 7. Evaluación sensorial de las fórmulas del primer diseño experimental

Fórmula	Azúcar (%)	Ácido cítrico (%)	Color	Olor	Sabor	Consistencia	Aspecto Global
1	4	0,1	6.11	5.88	4.88	5.35	5.24
2	11	0,5	6.64	5.91	6.03	5.88	6.43
3	4	0,5	6.30	5.67	4.22	5.56	4.77
4	11	0,1	6.5	5.95	6.53	6.29	6.58
5	7,5	0,3	6.62	5.82	5.90	6.20	6.14
6	7,5	0,3	6.35	5.64	5.58	5.75	5.83

Asimismo, a partir de los resultados del ANOVA se deduce que la concentración de azúcar afectó significativamente ($p < 0,05$) el sabor, la consistencia y el aspecto global de la naranjada. En este sentido, al aumentar la concentración de azúcar en la naranjada se incrementa también el nivel de agrado para los atributos sabor, consistencia y aspecto global (AG). Las superficies de respuesta para estos atributos se muestran en las Figuras 5, 6 y 7, respectivamente.

A partir del modelo ajustado para el atributo sabor (Figura 5) se puede observar que el factor concentración de azúcar presenta un coeficiente regresor de incremento lineal. El aumento es del orden de 0,23 sobre el nivel de agrado del atributo sabor por cada unidad de incremento en la concentración de azúcar. Mientras que el factor ácido cítrico tuvo un efecto de disminución lineal no significativo sobre este atributo sensorial.

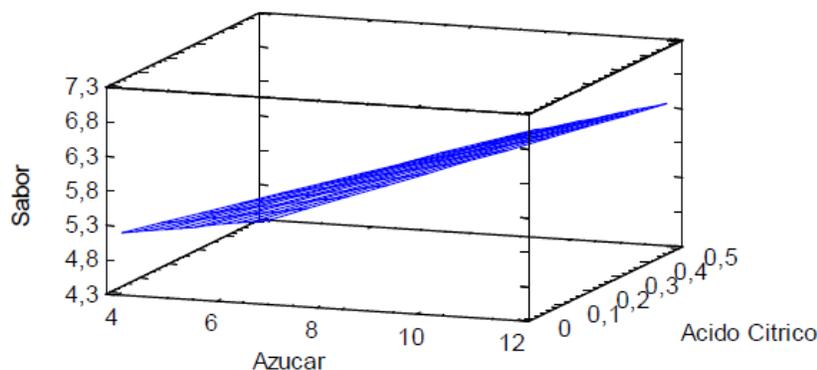


Figura 5. Superficie de respuesta para el atributo sabor ($Sabor = 4,25 + 0,23*Azúcar - 1,92*Ac. \text{ cítrico} + 0,06*Azúcar*Ac. \text{ cítrico}$, $R^2=0,95$), primer diseño experimental.

La percepción de los consumidores en relación a la consistencia de la bebida fue significativamente afectada por la concentración de azúcar, lo cual se debe al aumento de sólidos solubles. Al igual que para el atributo sabor, el coeficiente regresor

del factor concentración de azúcar en el modelo ajustado fue de 0,23 (Figura 6), representando un incremento lineal estimado de esta magnitud por cada unidad de aumento en el porcentaje de azúcar.

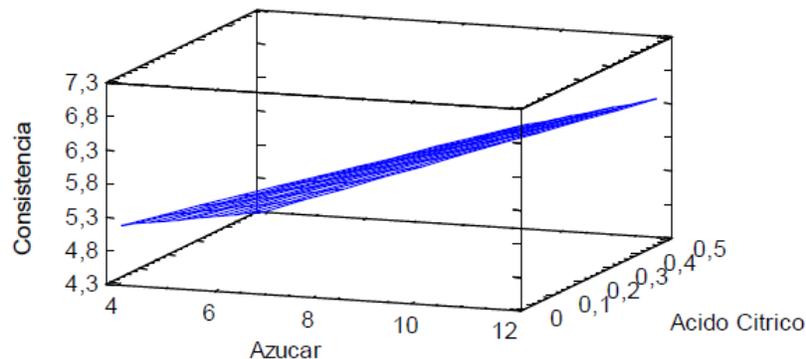


Figura 6. Superficie de respuesta para el atributo consistencia ($Consistencia = 4,24 + 0,23*Azúcar - 1,88*Ac. \text{ cítrico} + 0,06*Azúcar*Ac. \text{ cítrico}$, $R^2=0,95$), primer diseño experimental.

En relación a la aceptación global, la tendencia fue similar a la observada para los atributos sabor y consistencia, aunque con un coeficiente regresor menor, igual a 0,18 (Figura 7), lo que implica un menor impacto en el aumento lineal estimado de esta variable por cada incremento unitario en la concentración de azúcar. La mayor

valoración para este atributo sensorial fue de 6,58 para la fórmula 4, lo cual se aproxima a un nivel de agrado de “me gusta mucho”, de acuerdo a la escala hedónica utilizada en este estudio, y puede considerarse aceptable en el desarrollo de nuevos productos. En este sentido, en el estudio de la calidad de zumos de naranja provenientes de concentrado, de

siete marcas comercializadas en España, la mayor valoración sensorial fue de 6,1, en

una escala de 9 puntos, tal como la utilizada en esta investigación (Consumer, 2003).

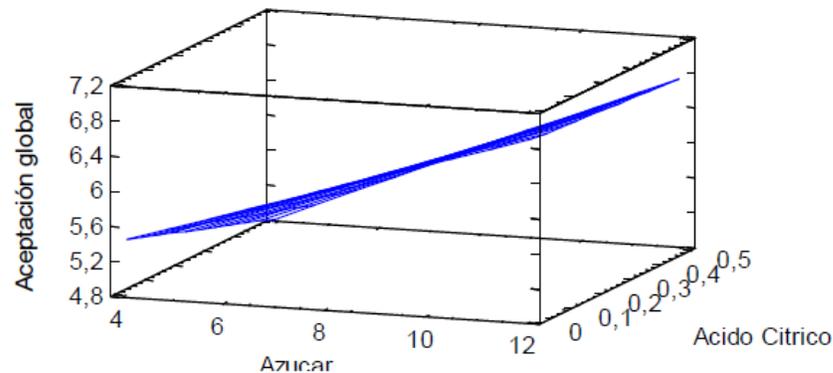


Figura 7. Superficie de respuesta para el atributo aspecto global ($AG = 4,71 + 0,18 * Azúcar - 1,63 * Ac. \text{ cítrico} + 0,11 * Azúcar * Ac. \text{ Cítrico}$, $R^2=0,95$), primer diseño experimental.

El factor ácido cítrico, por su parte, no tuvo ningún efecto significativo sobre los atributos estudiados, por lo que para reducir costos se podría utilizar el rango más bajo de esta variable para la formulación de la bebida.

En relación a la evaluación sensorial de las fórmulas elaboradas a partir del segundo diseño experimental, los resultados se indican en el Cuadro 8. En estos se puede

observar que la fórmula 9 (9,65% de azúcar y 8,65% de concentrado) presentó el mayor nivel de agrado en el aspecto global, y considerando los dos diseños experimentales estudiados fue la de mayor valoración sensorial en lo que respecta al sabor y al aspecto global de la naranjada, siendo estos los atributos más importantes para los consumidores de acuerdo con Carbonell *et al.* (2013).

Cuadro 8. Evaluación sensorial de las fórmulas del segundo diseño experimental



Fórmula	Azúcar (%)	Concentrado (%)	Color	Olor	Sabor	Consistencia	Aspecto Global
7	11	9,00	6.83	6.1	6.36	6.38	6.66
8	7,5	9,00	6.68	5.63	6.20	6.18	6.28
9	9,5	8,65	6.73	6.01	6.66	6.61	6.78
10	9,5	8,65	6.7	6.16	6.43	6.48	6.60
11	11	8,30	6.5	5.95	6.53	6.29	6.58
12	7,5	8,30	6.35	5.64	5.58	5.75	5.83

La concentración de azúcar en los niveles estudiados en este diseño no afectó significativamente el nivel de agrado por los atributos sensoriales evaluados y el porcentaje de concentrado sólo influyó

significativamente en el nivel de agrado del color (Figura 8), incrementándose al aumentar la proporción de concentrado en la bebida.

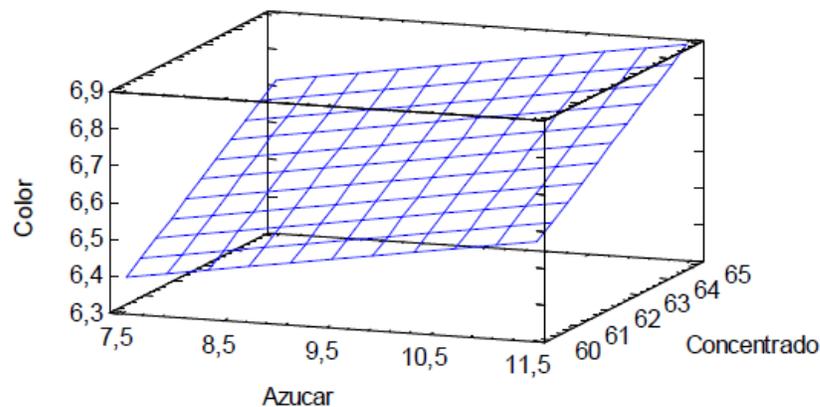


Figura 8. Superficie de respuesta para el atributo color ($\text{Color} = 2,11 + 0,04 \cdot \text{Azúcar} + 0,07 \cdot \text{Concentrado}$, $R^2=0,86$), segundo diseño experimental.

El color es usualmente el primer atributo sensorial evaluado por los consumidores y es asociado al concepto de calidad. En jugos de naranja, el color

natural brillante es considerado una de sus principales ventajas sobre el resto de los jugos, alcanzando gran relevancia puesto que algunos estudios han



demostrado su influencia sobre la percepción del sabor y de otros atributos de calidad (Fernández-Vázquez *et al.* 2013). Asimismo, el color de la naranjada, cuyos tonos van desde el amarillo al naranja, se relaciona directamente con su contenido de carotenoides (Meléndez-Martínez *et al.* 2011).

Finalmente, es importante mencionar que en los dos diseños experimentales evaluados y para todas las variables de respuesta estudiadas no hubo interacciones significativas entre las variables independientes, azúcar-ácido cítrico o azúcar-concentrado de naranja.

CONCLUSIONES

La metodología de superficie de respuesta utilizada en esta investigación permitió el ajuste de modelos matemáticos con elevados coeficientes de correlación R^2 , haciendo posible la estimación del comportamiento de las variables físicas, químicas y sensoriales asociadas a las bebidas formuladas, en las regiones experimentales estudiadas, propiciando así un ahorro de recursos en

el desarrollo de la investigación. En este sentido, se determinó que la naranjada con mayor aceptación sensorial estuvo constituida por 9,5% de azúcar, 0,1% de ácido cítrico y 8,65% de concentrado de naranja. De igual manera se encontró un efecto significativo ($p \leq 0,05$) de la concentración de azúcar sobre los atributos sabor, consistencia y aspecto global; mientras que el ácido cítrico no afectó significativamente ($p \leq 0,05$) ninguno de los atributos sensoriales y el concentrado de naranja sólo afectó significativamente ($p \leq 0,05$) el atributo color. Finalmente, la concentración de Vitamina C en la naranjada enriquecida fue de 148 mg/ 100 mL, por lo que al consumir diariamente un vaso (200 mL) de esta bebida se satisfacen los requerimientos de esta vitamina esencial y se asegura un efecto antioxidante sobre los potenciales consumidores.

REFERENCIAS

Avalo, B., Pérez, S. y Tovar, M. (2009). *Caracterización preliminar del proceso de concentración del jugo natural de naranja en un evaporador*



- de tres efectos. Interciencia. 34(11): 784-790.*
- Bermejo, A., Llosá, MJ. y Cano, A. (2011).** *Analysis of bioactive compounds in seven citrus cultivars. Food Sci Technol Int. 17(1):55-62.*
- Berradre, M., Sulbarán, B., Ojeda, G., Fernández, V. y Martínez, J. (2011).** *Formulación y caracterización de bebida a base de jugo de uva de la variedad Malvasía. Facultad de Ciencias. Universidad del Zulia. Venezuela. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 2011, 28: 242-259. Disponible en: http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/abril_junio2011/v28n2a2011242259. Consulta: 2012, Marzo 08.*
- Baraona, M. (2000).** *Cítricos fruticultura especial. Primera edición. Editorial EUNED. Pág. 18.*
- Calderón, G. (2009).** *Bebidas en crecimiento. Producto. Grupo Editorial Producto (GEP).*
- Carbonell, J., Navarro, J., Izquierdo, L., y Sentandreu, E. (2013).** *Influence of high pressure homogenization and pulp reduction on residual pectinmethylesterase activity, cloud stability and acceptability of Lane Late orange juice: A study to obtain high quality orange juice with extended shelf life. Journal of Food Engineering. 119 (3): 696-700.*
- CITRUS BR (2010).** *Asociación Nacional de Exportadores de Zucos Cítricos. Disponible en: <http://www.citrusbr.com/exportadorrescitrnicos/consumo/Consulta>: 2011, Septiembre 13*
- Comisión Venezolana de Normas Industriales "COVENIN" (1977).** *Frutas y productos derivados. Determinación de acidez. Norma Venezolana COVENIN: 1151-77.*
- Comisión Venezolana de Normas Industriales "COVENIN" (1977).** *Fruta, vegetales y productos derivados. Determinación de la densidad relativa. Norma Venezolana COVENIN: 1116-77.*
- Comisión Venezolana de Normas Industriales "COVENIN" (1978).** *Fruta, vegetales y productos derivados. Determinación de sólidos en suspensión. Norma Venezolana COVENIN: 1343-78.*
- Comisión Venezolana de Normas Industriales "COVENIN" (1979).** *Alimentos. Determinación del pH (acidez iónica). Norma Venezolana COVENIN: 1315-79.*
- Comisión Venezolana de Normas Industriales "COVENIN" (1982).** *Alimentos. Determinación de ácido ascórbico (Vitamina C). Norma Venezolana COVENIN: 1295-82.*
- Comisión Venezolana de Normas Industriales "COVENIN" (1983).** *Frutas y productos derivados.*



- Determinación de sólidos solubles por refractometría. Norma Venezolana COVENIN: 924-83.*
- Comisión Venezolana de Normas Industriales "COVENIN" (1993).** *Naranja. Norma Venezolana COVENIN 1701-93.*
- Comisión Venezolana de Normas Industriales "COVENIN" (1994).** *Jugo de Naranja concentrado congelado para uso industrial. Norma Venezolana COVENIN: 2264-94.*
- Comisión Venezolana de Normas Industriales "COVENIN" (1997).** *Directrices para la declaración de propiedades nutricionales y de salud en el rotulado de alimentos envasados. Norma Venezolana COVENIN: 2952-1:97.*
- Confederación de Asociaciones de Productores Agropecuarios (FEDEAGRO) (2013).** *Estadísticas Agropecuarias. [En línea] Disponible en: <http://www.fedeagro.org/> [Consulta: 2013, mayo 14].*
- Consumer. 2003.** *Análisis comparativo. Zumos de naranja envasados, a partir de concentrado de zumo. Mayo 2003: 26-29.*
- Escobedo-Avellaneda, S., Gutiérrez-Urbea, J., Valdez-Fragoso, A., Torres, A. y Welti-Chanes. (2014).** *Phytochemicals and antioxidant activity of juice, flavedo, albedo and comminuted orange. Journal of Functional Foods. 6, January 2014, 470-481.*
- Farnworth, E., Lagacéa, M., Couture, R., Yaylayan, V. y Stewart, B. (2001).** *Thermal processing, storage conditions, and the composition and physical properties of orange juice. Food Research International 34 (1): 25-30.*
- Fernández-Vázquez, R., Hewson, L., Fisk, I., Hernanz, D., Heredia, F., Vicario, I. y Hort, J. (2013).** *Colour influences sensory perception and liking of orange juice. Flavour. 3 (1):1-8.*
- Food Pack (2006).** *Calidad del zumo de naranja pasteurizado. [En línea] Disponible en: http://foodpack.com.pe/articulo_calidad_zumo_naranja.htm. [Consulta: 2012, Enero 20].*
- Gorinstein, S., Martín-Belloso, O., Park, Y., Haruenkit, R., Lojek, A., Ciz, M., Caspi, A., Libman, I. y Trakhtenberg, S. (2001).** *Comparison of some biochemical characteristics of different citrus fruits. Food Chemistry 74: 309-315.*
- Instituto Nacional de Nutrición (INN). (1993).** *Necesidades de energía y nutrientes. Recomendaciones para la población venezolana. Publicación N° 48.*
- Klimczak, I., Małecka, M., Szlachta, M. y Gliszczynska-Świągło, A. (2007).**



- Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. Journal of Food Composition and Analysis* 20 (3–4): 313–322.
- Marín, R., Sulbarán, B., Ferrer, A. y Ojeda, G. (1994). *Physical-chemical characteristics of retail pasteurized orangeades. Food Chemistry.* 51 (2): 153–157.
- Meléndez-Martínez, A., Gómez-Robledo, L., Melgosa, M., Vicario, I. y Heredia, F. (2011). *Color of orange juices in relation to their carotenoid contents as assessed from different spectroscopic data. Journal of Food Composition and Analysis.* 24 (6): 837–844.
- Millán, F., Algarbe, M. y Tapia M. (2003). *Uso de la metodología de superficie de respuesta y la programación lineal para el desarrollo de un néctar de mora pasteurizado. Interciencia* 28 (11): 646-650.
- Ministerio del Poder popular para la Agricultura y Tierras (MAT). (2013). *VII Censo Agrícola [En línea] Disponible en: <http://www.mat.gob.ve/>. [Consulta: 2013, Marzo 23].*
- Moreno, M. y Betancourt, M. (2007). *Evaluación de la estabilidad de bebidas cítricas acondicionadas con dos fuentes naturales de betalaínas: tuna y remolacha. Bioagro.* 19 (3): 149-159.
- Vinson, J., Liang, X., Proch, J., Hontz, BA., Dance, J. y Sandone, N. (2002). *Polyphenol antioxidants in citrus juices: in vitro and in vivo studies relevant to heart disease. Adv Exp Med Biol.* 505:113-22.
- Yang, M., Lee, S., Wang, Y., Lloyd, B., Chung, S., Song, W. y Chun, O. (2013). *Orange Juice, a Marker of Diet Quality, Contributes to Essential Micronutrient and Antioxidant Intakes in the United States Population. Journal of Nutrition Education and Behavior.* 45 (4): 340–348.