

Modelo de optimización aplicado a una bebida tipo néctar de segunda generación

Optimization model applicable to a second generation nectar type drink

^{1,2}Victor Terry-Calderón, ²Luis Taramona-Ruiz y ¹José Candela-Díaz

RESUMEN

La optimización en la formulación del néctar de segunda generación se realizó utilizando un programa de programación lineal (WinQ5B), formulando la función objetivo en base a la ecuación objetivo y a su composición química (vitamina C, alpha caroteno, proteínas solubles, agua y sólidos solubles) para formular las ecuaciones de restricción, el néctar de segunda generación está basado en estudios anteriores donde se integran los extractos de frutos como carambola, yacón, maca, zanahoria y hidrolizado de quinua. La aplicación del modelo de programación lineal (WinQ5B) dio como resultado los valores de los siguientes extractos sobre una base de cálculo 172, 22 kg: Extracto de carambola 21,87 %, extracto de zanahoria 21,70% e hidrolizado proteico de quinua 56,43% , dando un néctar de segunda generación con 3,8% de sólidos solubles y 96,2%de agua. Una botella de 360 ml, contiene 502 mg de vitamina C, 322 mg de Alpha caroteno y 4,48 g de péptidos y aminoácidos.

Palabras clave: optimización, néctar de segunda generación

ABSTRACT

The optimization in the formulation of second generation nectar was performed using a linear programming program (WinQ5B), formulating the target function based on the target equation and its chemical composition (vitamin C, alpha carotene, proteins soluble, water and soluble solids) to formulate the restriction equations, second generation nectar is based on previous studies where fruit extracts such as carambola, yacon, maca, carrot and quinoa hydrolys are integrated. The application of the linear programming model (WinQ5B) resulted in the values of the following extracts on a basis of calculation 172, 22 kg: carambola extract 21.87 %, carrot extract 21.70% and protein hydrolysate of quinoa 56.43%, giving a nectar of with 3.8% soluble solids and 96.2% water. A 360 ml bottle contains 502 mg of vitamin C, 322 mg of Alpha carotene and 4.48 g of peptides and amino acids.

Keywords: optimization, second generation nectar

¹Universidad Nacional Federico Villareal, Lima - Parú

²Universidad Le Cordon Bleu, Lima - Perú

INTRODUCCIÓN

En la tecnología actual, altamente compleja y competitiva industria alimentaria, se viene implementando técnicas de optimización, que significa “hacer perfecto, efectivo y funcional como sea posible” (Nakai, 1982). Cualquier herramienta matemática que mejore un proceso o sistema puede ser considerado como una de las mejores vías de optimización. En el diseño de un alimento, existen variables de decisión a ser especificadas que afectan generalmente en la calidad y aceptación del producto final.

Dentro del modelado todo el problema de optimización implica:

- a) Definir las variables de decisión cuyos parámetros en el proceso o sistema pueden ser determinados para mejorar el sistema.
- b) La función objetivo sea maximizar o minimizar que es a menudo referida a la utilidad: costo, cuyos términos de eficiencia evalúa e indica el valor de la función objetivo.
- c) Las restricciones o limitaciones de todo sistema, están condicionadas mediante inequaciones o igualdades sujetas a las especificaciones del producto, incluyendo en estas las condiciones técnicas operacionales del proceso.
- d) Las condiciones de no negatividad circunscriben resultados que ayudan a la solución informática del modelo.

El modelo de programación lineal es uno de los modelos más usados en el diseño de alimentos, que se ajustan a esta estructura, como también la metodología de superficie de respuesta cuya metodología se realiza mediante experimentación secuencial, esto es la aproximación a la región de interés de forma iterativa utilizando diseños cada vez más complejas que dependen de la información que se tiene en cada etapa (Figueroa, 2003).

La Metodología de Superficie de Respuesta (MSR), ha sido ampliamente utilizada (Montgomery, 1991), en áreas donde el error experimental es tan pequeño que se puede considerar despreciable, especialmente en química (Torres *et al*, 2003). No obstante, su uso se ha generalizado en las ciencias del agro. Chacin (1993) refiere que el uso de la MSR permite determinar los factores que están incidiendo en la variable respuesta de interés y encontrar los niveles de los factores que producen la respuesta óptima. En la actualidad los néctares fortificados se vienen popularizando, a los cuales se adiciona extractos de cereales andinos o bioenergizantes (Terry *et al*, 2005) como una alternativa de consumo de estos productos.

De acuerdo a Ayala & Pardo (1995), consideran que las etapas de optimización consta de una primera etapa conocida como Screening que puede prescindirse cuando se conoce los parámetros de respuesta, una segunda etapa es el

escalamiento para lo cual se usa diseños experimentales mediante el método directo simplex, para luego pasar a la tercera etapa de optimización final donde se ubica la región experimental óptima. Los objetivos planteados para el presente trabajo fueron:

- Aplicar el modelo de programación lineal para optimizar la mezcla de ingredientes del néctar de segunda generación.
- Determinar el aporte nutricional por cada envase de 0,360 kg que el humano ingiera.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Muestra

La materia prima base de acuerdo a las referencias bibliográficas, Terry *et al* (2005), para la elaboración de un néctar se hizo de acuerdo a frutas como la carambola, hortalizas como la zanahoria y maca e hidrolizados proteicos.

Materiales y Equipos:

- Vasos, tubos de ensayo, pipetas 0,5, 1,5 ,

10, 15, 20 ml espátulas. balanza analítica, refractómetro. papel Whatman, envases de vidrio capacidad 360 ml. Equipos del laboratorio de Tecnología de Alimentos

- Fiolas, balones de digestión, placas petri, accesorios de cocina, centrífuga, estufa, mufla, molino y tamices.

Reactivos:

- Enzimas: Alpha amilasa fúngica, Proteasa (proteasa neutra obtenida por fermentación sumergida) obtenida del *Aspergillus oryzae* (Amilasa fungica purificada obtenida por fermentación sumergida, Granotec – Perú)

Análisis Realizados:

Vitamina C (yodometria), alpha caroteno (Cia SAC), nitrógeno amínico(método Kjdaahl), Contenido de solidos solubles se efectuó utilizando un refractómetro.

Se utilizo el Software de Programación lineal: WinQ5B para lograr obtener los valores óptimos de las cantidades requeridas para la elaboración del néctar de segunda generación.

RESULTADOS

El método de elaboración del hidrolizado de la quinua se muestra en la figura 1.

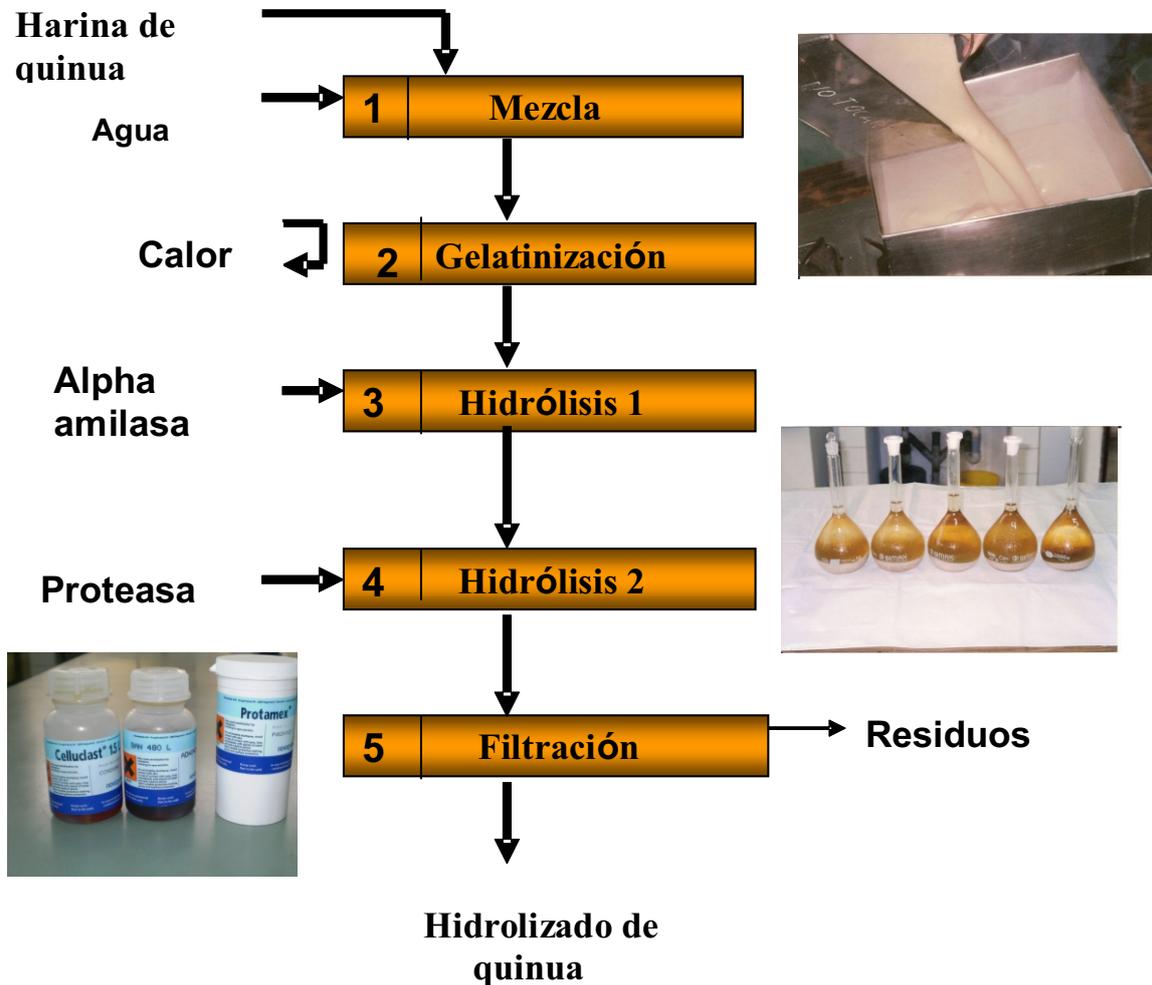


Figura 1. Hidrolizado de quinua

Los parámetros de hidrolisis fueron anteriormente realizados, Terry *et al* (2005) y fueron los siguientes:

Gelatinizar La quinua con 10% de harina de quinua, 90 % de agua y 1gramo/ 1000 de ácido cítrico, con lo cual se ajusta el pH.

Adicionar 1 g de enzima / 1000 de la suspensión, primero con la alpha amilasa y luego con la proteasa.

Realizar la hidrolisis a 40°C x 4 horas, primero con la alpha amilasa y luego con la proteasa.

Filtrar separando los residuos, sólidos.

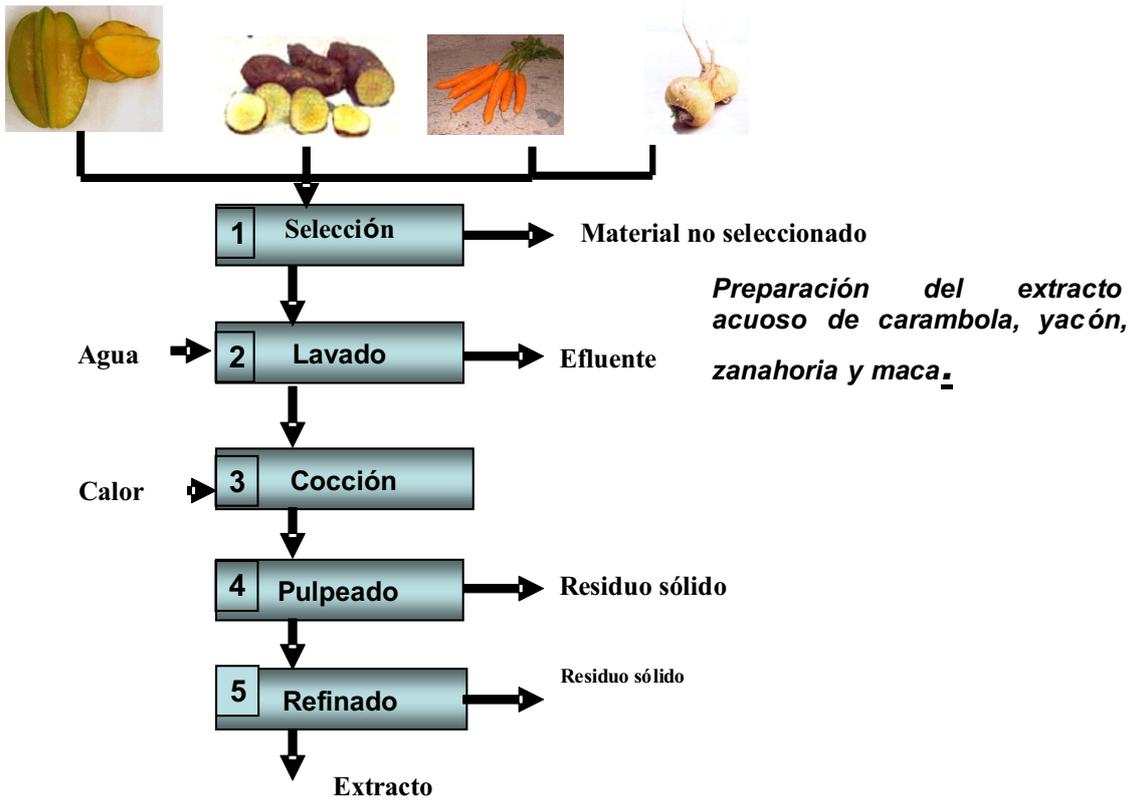


Figura 2. Preparaciones de los extractos acuosos de la carambola, el yacón, la zanahoria y maca.

Descripción de las operaciones; los materiales se lavan con agua clorada, posteriormente se procede a una cocción, se pulpea los materiales y sigue un refinado.



Figura3. Extracto de carambola, zanahoria, maca y hidrolizado de quinua

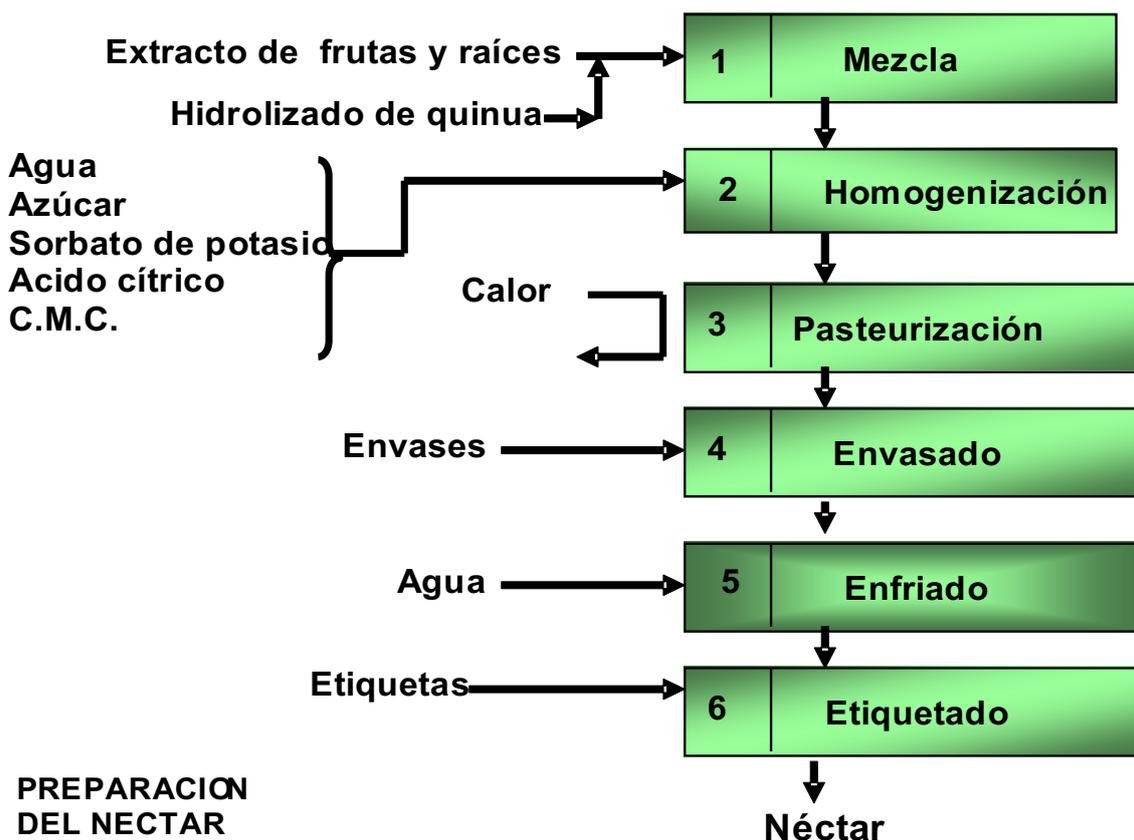


Figura 4. Preparación del néctar experimental

Proceso térmico: Pasteurización, utilizando el método general de Bigelow para producto cuyo pH es menor a 4,5, siendo evaluado desde el punto de vista microbiológico.

En la tabla 1, se presentan la composición en sólidos solubles de los extractos acuosos de los componentes del néctar, determinados mediante, el uso del refractómetro.

Preparación de los extractos: Extracto de yacón, Extracto de zanahoria, extracto de carambola, Extracto de maca, Hidrolizado de quinua.

Tabla 1. Composición de los extractos que conforman bebida tipo néctar de segunda generación

Composición	Sólidos solubles(mg/g)	Agua (mg/g)	Costo por kilo de extracto (S/.)
Extracto de carambola	600	9400	0,9
Extracto de yacón	550	9450	1,0
Extracto de zanahoria	600	9400	0,8
Extracto de maca	7750	9250	1,5
Hidrolizado de quinua	500	9500	1,1

En la tabla 2, se muestran los resultados de los principales micronutrientes de los extractos empleados en el proceso.

Tabla 2. Nutrientes de los extractos acuosos

Composición	Vitamina C mg /g	Alpha caroteno mg/g	Péptidos mg/g
Extracto de carambola	258	0,0015	7,0
Extracto de yacón	0,6	0	12,0
Extracto de zanahoria	0,009	130,0	9,0
Extracto de maca	0,00025	0	1
Hidrolizado de quinua	0,0005	0	600,0

La aplicación del modelo de programación lineal se realizó en base al diagrama de flujo presentado en la figura 4, donde se muestran los pasos que se siguieron para encontrar la composición óptima que debía tener el néctar de segunda generación.

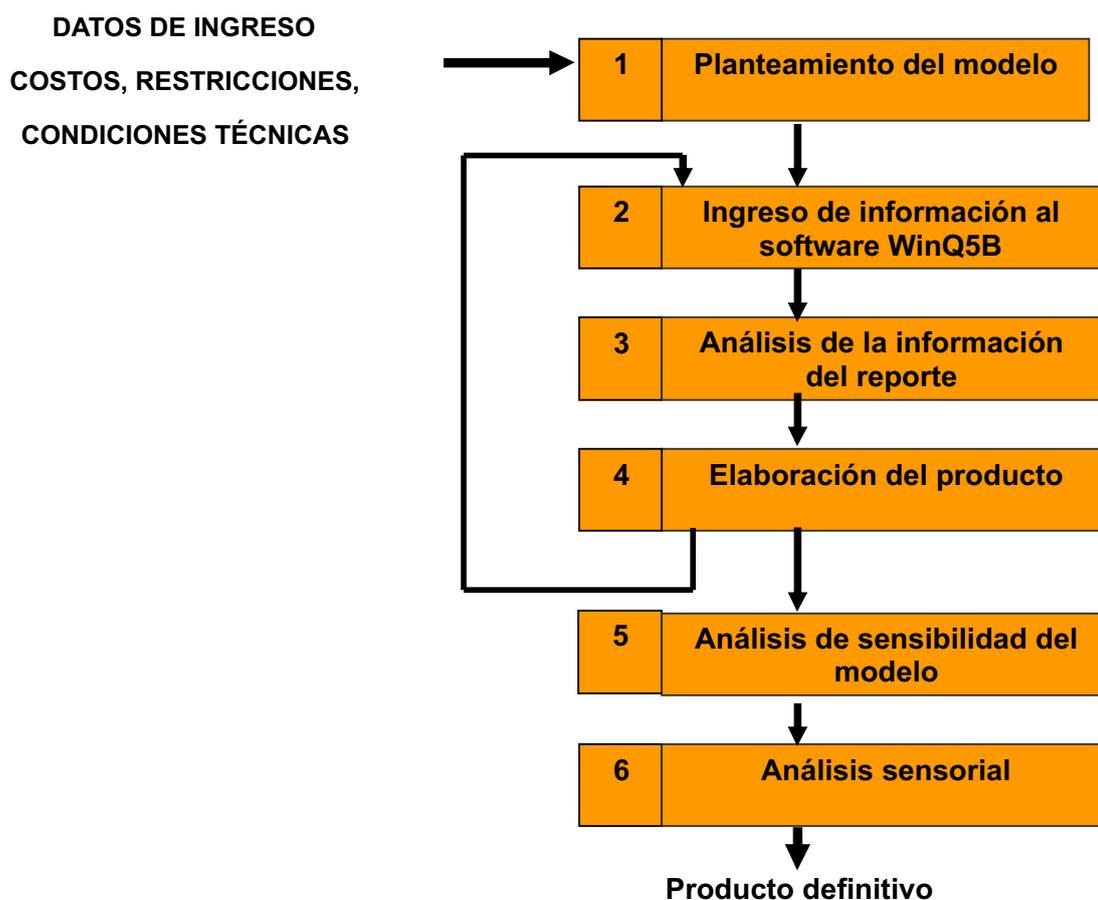


Figura 5. Planteamiento del modelo para diseño del producto definitivo

Aplicación del modelo de programación lineal WinQ5B

Donde se plantea la función objetivo basado en la costo del extracto de la carambola, yacón, zanahoria, maca y hidrolizado de quinua.

La función objetivo

$$0,9X1+1X2+0.8X3+1.5X4+1.1X5$$

- X1: CARAMBOLA
- X2: YACÓN
- X3: ZANAHORIA
- X4: EXTRACTO DE MACA
- X5: HIDROLIZADO DE QUINUA

Planteada la función objetivo se programa las restricciones del modelo basado en sus nutrientes y composición proximal

Las restricciones

Vitamina C mg/g

$$258X1+0.6X2+0.009X3+0.00025X4+0.0005x5 \geq 100$$

Beta caroteno mg/g

$$0.00155X1+0X2+130X3+0X4+0X5 \geq 50$$

Humedad mg/g

$$9400X1+9450X2+9400X3+9250X4+9800X5 \geq 9200$$

Proteínas mg/g

$$7X1+12X2+9X3+1X4+600X5 \geq 500$$

Sólidos totales mg/g

$$600X1+550X2+600X3+750X4+500X5 \geq 400$$

Donde:

X1: CARAMBOLA

X2: YACÓN

X3: ZANAHORIA

X4: EXTRACTO DE MACA

X5: HIDROLIZADO DE QUINUA

Aplicando el modelo se obtiene, los siguientes valores

La composición óptima que determina el modelo (ver anexo) da siguiente resolución

Carambola, 38,76 kg,

Zanahoria 27,78 kg

Hidrolizado de quinua 82,46 kg,

La mezcla determino un % de sólidos solubles de 3,8% y % de agua de 96,2%

El programa hace despreciable a los extractos de yacón y de maca, quedando a voluntad la adición de estos, operación que se realizó posteriormente.

Tabla 3. Resultado de la programación lineal

Extractos	Peso total (kg)	% humedad	% sólidos
Carambola	38,76	94,00	6,00
zanahoria	27,78	94,00	6,00
hidrolizado	82,46	98,00	2,00
Total	149,00		
%solidos	3,8	3,8	
% humedad	96,2	96,2	

Calculo de la cantidad de néctar de segunda generación que se obtendría, aplicando un balance de materiales

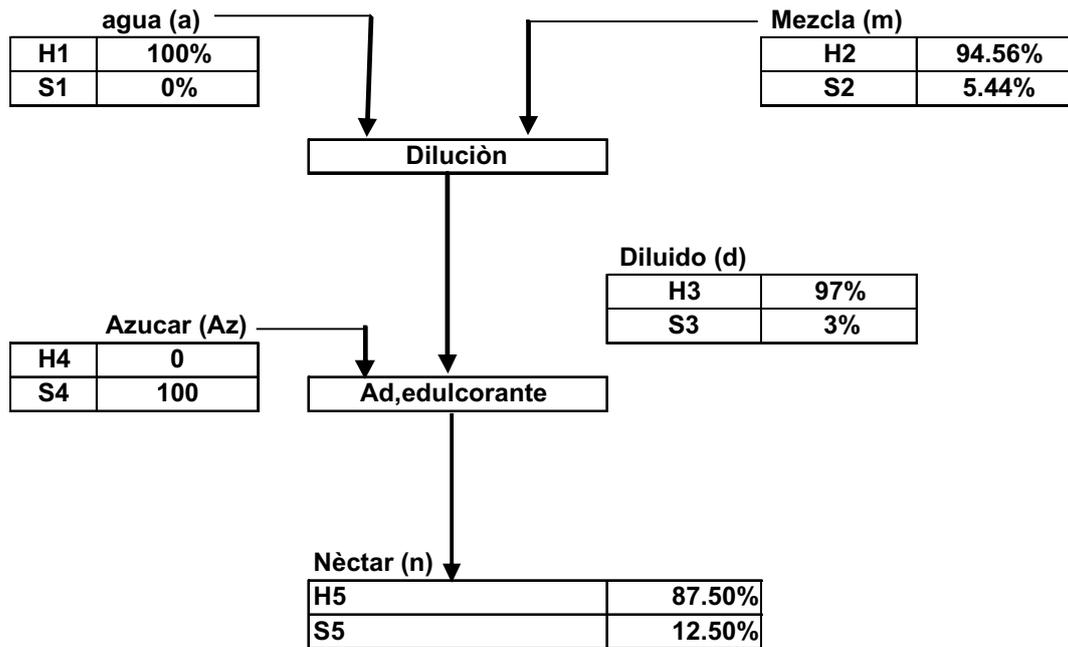


Figura 6. Planteamiento del sistema de ecuaciones para el balance de materiales

Ecuaciones del sistema

$$a + m = d$$

$$1(a) + 0,9456(m) = 0,97(d) \dots (1)$$

$$0(a) + 0,0544(m) = 0,03(d) \dots (2)$$

$$Az + d = n$$

$$0(Az) + 0,97(d) = 0,8750 (n) \dots (3)$$

$$1(Az) + 0,03(d) = 0,1250(n) \dots (4)$$

Ordenando; haciendo $m=100$ kg

$$\text{De (1)} \quad 0,97(d) - 1(a) = 94,56$$

$$\text{De (2)} \quad 0,03(d) - 0(a) = 5,44$$

$$\text{De (3)} \quad 0(Az) + 0,97(d) - 0,8750(n) = 0$$

$$\text{De (4)} \quad 1(Az) + 0,03(d) - 0,1250(n) = 0$$

Aplicando el software Mathcad 13, se obtuvieron los siguientes resultados:

La matriz	0.97	-1	0	0	94.56
	0.03	0	0	0	5.44
	0.97	0	0	-0.8750	0
	0.03	0	1	-0.1250	0

$$r = \begin{pmatrix} 181.333 \\ 81.333 \\ 19.688 \\ 201.021 \end{pmatrix}$$

Con la mezcla de los extractos acuosos se obtendrían 201,02 kilos de néctar de segunda generación

Se determinó que una botella de la bebida néctar contiene 0,360 kg con los siguientes nutrientes.

1. 502 mg de vitamina C
2. 322 mg de Beta caroteno
3. 4,48 g de péptidos y aminoácidos libres

Prueba organoléptica

La evaluación sensorial

Se realizó con un panel de 10 jueces entrenados (p 0,05) determinó la calidad sensorial de las formulaciones predeterminadas mediante el modelo de Programación Lineal en función a los estándares del producto, luego evaluada por sus atributos de olor, color, sabor y aspecto. Se empleó una escala no estructurada de 80 mm con valores extremos de “muy mala y muy buena” respectivamente.

Mediante comparaciones múltiples de Friedman se comparó con una muestra base en función al fruto principal, no existiendo diferencia significativa entre

las muestras.

DISCUSIÓN

Las muestras obtenidas fueron contrastadas no con una muestra comercial, dado de que no existe este producto en el mercado, para lo cual se preparó un néctar en base al fruto principal como la carambola.

Las formulaciones iniciales fueron predeterminadas por programación lineal y precalificados sensorialmente para reducir el número de pruebas.

Las características pH y sólidos disueltos se encuentran catalogados dentro de las especificaciones del producto.

La mezcla obtenida fue predeterminada, de acuerdo a Terry *et al* (2005), obviándose la primera etapa sugerida por Ayala & Pardo (1995).

CONCLUSIONES

El resultado del cálculo de la programación lineal, muestra que se debe utilizar el extracto de carambola, el extracto de zanahoria y el hidrolizado, pero se adiciono el extracto de maca y el extracto de yacón como complementos.

El costo del producto óptimo aproximado a nivel de laboratorio es de 1,80 soles nuevos pudiéndose reducir a nivel industrial.

Los modelos de programación pueden ayudar a determinar la mezcla óptima, de acuerdo a las restricciones y/o especificaciones del producto. Pero es potestad del investigador a tomar la decisión final.

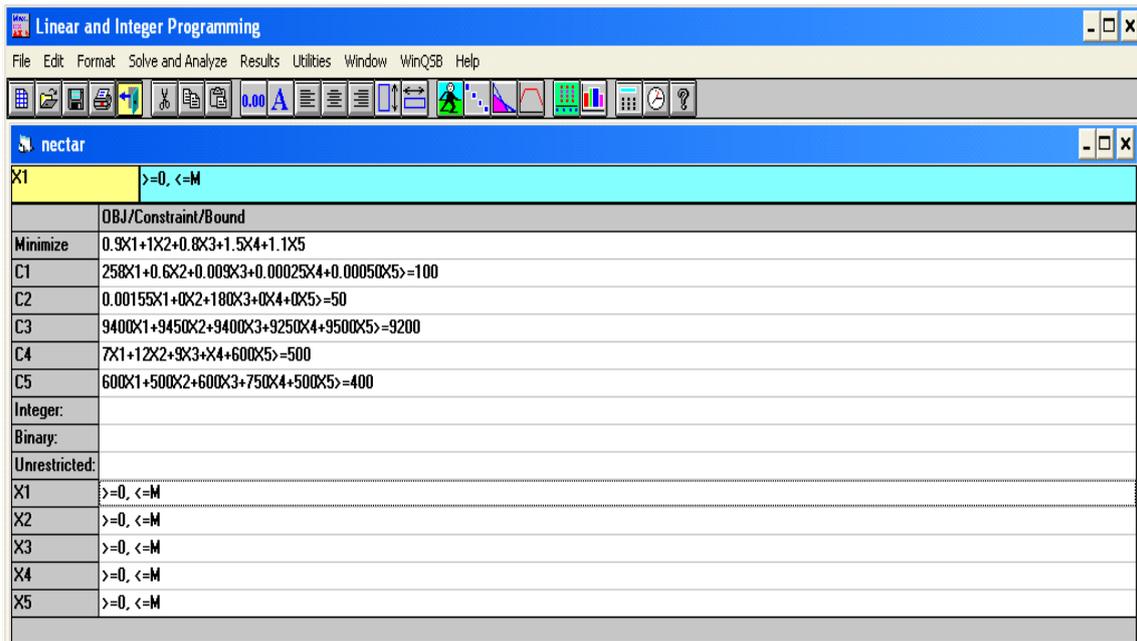
De acuerdo al análisis sensorial, los jueces no detectaron ingredientes adicionales. El néctar base de carambola en su composición tiene *la vitamina C*, la zanahoria aporta el *beta caroteno*, la maca como *bioenergizantes*, el yacón aporta un *coloide protector*, que es un hidrato de carbono no digerible y el hidrolizado aporta *aminoácidos*. Estos ingredientes son diluidos hasta las especificaciones del producto y a una concentración de 14° Brix.

El ser humano que ingiera una botella de este néctar, estaría consumiendo los siguientes nutrientes naturales, no sintéticos, de acuerdo a los cálculos efectuados: vitamina C, Beta caroteno y péptidos más aminoácidos libres.

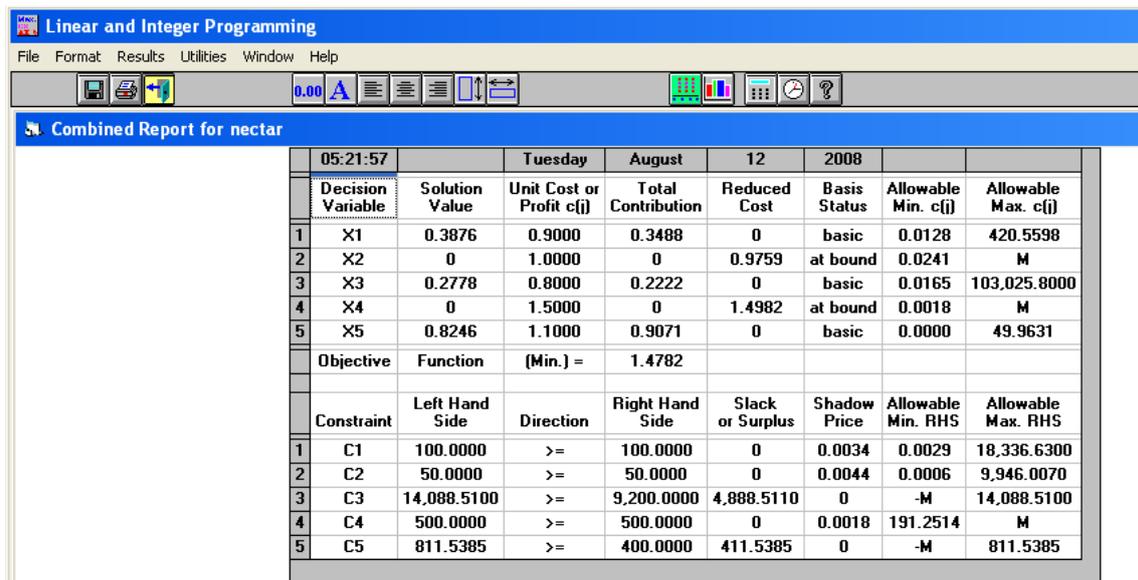
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala & Pardo (1995). *Optimización en Diseños Experimentales*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Lima–Perú.
- Chacin, F. (1993). *Teoría y aplicaciones básicas de superficies de respuesta*. Trabajo de ascenso. Venezuela: Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela.
- Figuroa, P.G. (2003). *Optimización de una superpie de respuesta utilizando JMP IN. Mosaicos matemáticos*. 11: 17-23.
- Montgomery, D. (1991). *Diseño y análisis de experimentos*. México: Editorial Iberoamericano.
- Nakai, S. (1982). *Comparison of techniques optimization for application in food products and procesing*. Journal of Food Science, 47, 144-152.
- Terry *et al.*, (2005). *Elaboración de néctares de segunda generación, basándose en frutas (carambola), hortalizas (zanahoria y maca) e hidrolizados proteicos*. Lima: UNFV-FOPCA.
- Torres, R.; Chacin, F.; García, J. & Ascanio, M. (2003) *Optimización en modelos de superficies de respuesta*. Revista Fac. Agronomía (Maracay) Universidad Central de Venezuela.

Anexos



Planteamiento de la programación lineal en el software **WinQ5B**



Resultado de la aplicación del software. **WinQ5B**

CORRESPONDENCIA

Dr. Victor Terry Calderón
victor.terry@uclb.edu.pe