








2009
XVII Congreso Chileno
de Ingeniería Química
Viña del Mar, Valparaíso, Chile

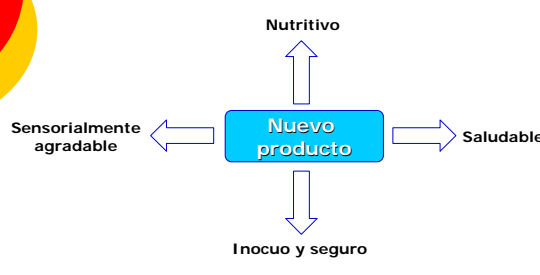
Optimización Estadística de un Proceso de Deshidratación Osmótica para Maximizar el Contenido de Carotenoides Totales en el Desarrollo de una Golosina de Zanahoria

J. Pablo Vivanco*, Julio Barra, Vilma Quiral, Paz Robert
26 de Octubre de 2009

Esquema de la presentación

-  Introducción
-  Hipótesis y objetivo
-  Metodologías a emplear
-  Resultados
-  Conclusiones

¿Qué requisitos deberían considerarse al desarrollar un nuevo alimento?



Nuevo producto

¿Por qué es importante desarrollar productos para consumidores infantiles?

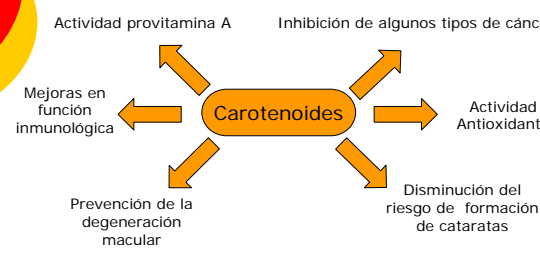
Importante mercado objetivo para la industria debido a la influencia creciente de los niños sobre el poder de compra en los adultos



Para asegurar el éxito de los alimentos infantiles, se deben considerar tanto las expectativas de calidad global, como aquellas relacionadas con la satisfacción hedónica



Importancia de los carotenoides en la dieta



Carotenoides


Pigmentos responsables de los colores rojo, anaranjado y amarillo en los alimentos

Elección de materia prima: zanahoria

✓ Hortaliza con mayor contenido de α - y β -carotenos

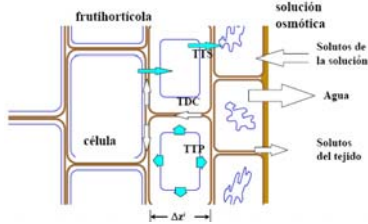
↓

Relacionados con actividad de provitamina A o retinol



✓ 1 EAR = 6 μg β -caroteno = 12 μg de α - o γ -carotenos

Deshidratación osmótica



- ✓ Intercambio de solutos entre el interior y el exterior del tejido
- ✓ Liberación de agua hacia el espacio exterior

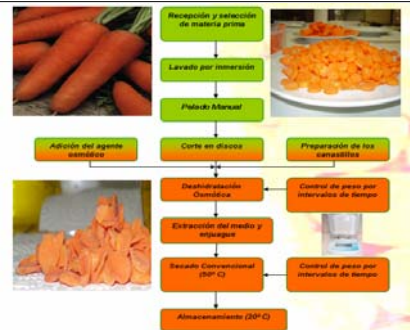
Hipótesis de trabajo

- ✓ La temperatura, tiempo y concentración del medio osmótico, influyen en el contenido de carotenoides de un snack de zanahoria
- ✓ Es posible la elaboración de una golosina de zanahoria en el cual se optimice el contenido de carotenoides totales, mediante la búsqueda de la mejor combinación de variables, que constituya una alternativa de buena calidad nutricional y sensorial para la ingesta por consumidores infantiles

Objetivo General

- ✓ Diseñar un alimento tipo *snack* a base de zanahoria mediante deshidratación osmótica y posterior secado convencional, orientado a consumidores infantiles, aplicando la metodología de superficie de respuesta

Metodología: Elaboración de la golosina



Metodología: Diseño experimental de tamizado

Diseño de tamizado factorial completo 2^3 , con 3 ejecuciones en el punto central del diseño a un nivel de confianza del 95%

Código	Concentración [%m/m]	Tiempo [h]	Temperatura [°C]
-1	40	4	30
0	50	5	40
1	60	6	50

- ✓ Variable de respuesta: concentración de carotenoides totales en el producto
- ✓ Software: *Statgraphics Plus®* 5.1

Metodología: Determinación de carotenoides totales en el producto

Extracción secuencial con acetona, almacenamiento en éter de petróleo



Lectura espectrofotométrica a $\lambda = 450 \text{ nm}$

Metodología: Diseño experimental de optimización


Diseño compuesto central rotacional, con 3 ejecuciones en el punto central, empleando la metodología de superficie de respuesta (MSR)

↓

Permite optimizar las respuestas de un proceso al alejarse de la región experimental inicial, a través de la ruta de la pendiente ascendente

Metodología de evaluación sensorial: Prueba de aceptabilidad

- ✓ Atributos evaluados: color y sabor
- ✓ Niños de ambos géneros, no entrenados, de edades entre 8-14 años, de estrato socioeconómico medio
- ✓ n=80



Metodología de evaluación sensorial (II): Escala de aceptabilidad empleada

- 😊 5. Me gusta mucho
- 😊 4. Me gusta
- 😐 3. No me gusta ni me disgusta
- 😞 2. Me disgusta
- 😡 1. Me disgusta mucho

Metodología de evaluación sensorial (III): Segmentación

- ✓ Por grupos etáreos: 8-9 años, 10-12 años, y 13-14 años
- ✓ Por género: Hombres y mujeres

↓

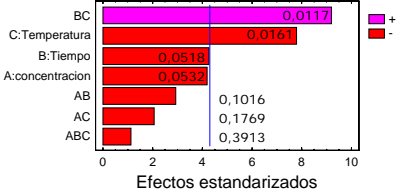
- ✓ Resultados se analizan estadísticamente (ANDEVA): ¡Lograr una mejor interpretación de la evaluación sensorial!

Resultados: Diseño experimental de tamizado factorial 2³

Variables codificadas			Respuesta
Concentración	Tiempo	Temperatura	Carotenoides [µg/g]
-1	-1	-1	52,9
1	-1	-1	52,4
-1	1	-1	33,7
1	1	-1	27,2
-1	-1	1	26,4
1	-1	1	22,7
-1	1	1	41,2
1	1	1	24,3
0	0	0	43,5
0	0	0	46,9
0	0	0	42,4

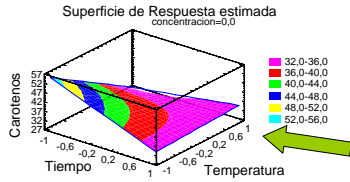
Diseño de tamizado factorial completo 2³: análisis

Gráfico de Pareto estandarizado para Carotenos



- ✓ $P_{rda} = 0,0799$
- ✓ $D-W = 1,44$ ($P_{D-W} = 0,1002$)
- ✓ $r^2 = 0,7854$

Resultados: Ruta de la pendiente ascendente - diseño 2³



Modelo matemático: $[C] = 37,6 - 3,45[A] - 3,5t - 6,45T^{\circ} + 7,6tT^{\circ}$

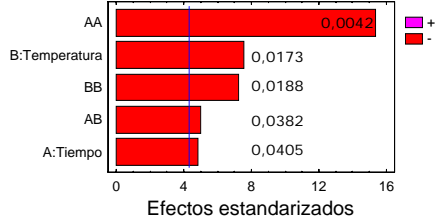
Óptimo local = 58,6 µg C/g de producto

Resultados: Diseño experimental compuesto central rotacional 2² + estrella

Variables codificadas		Variables sin codificar			Respuesta
Tiempo	Temperatura	Concentración	Tiempo	Temperatura	Carotenoides[µg/g]
-1	-1	50	2	20	33,9
1	-1	50	4	20	39,8
-1	1	50	2	40	43,7
1	1	50	4	40	32,2
$-\sqrt{2}$	0	50	1,6	30	43,9
$\sqrt{2}$	0	50	4,4	30	31,0
0	$-\sqrt{2}$	50	3	16	63,3
0	$\sqrt{2}$	50	3	44	35,5
0	0	50	3	30	58,7

Diseño compuesto central rotacional 2² + estrella: análisis

Gráfico de Pareto estandarizado para [Carotenos]



Diseño compuesto central rotacional 2² + estrella: análisis (II)

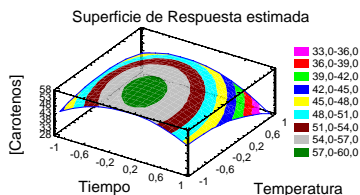
Parámetro	Valor
Falta de ajuste	$P_{\text{fda}} = 0,0291$
Durbin-Watson	1,32 ($P_{\text{D-W}} = 0,1026$)
r^2	0,8782

Al eliminar secuencialmente la variable A, y las interacciones AB y BB...

Parámetro	Valor
Falta de ajuste	$P_{\text{fda}} = 0,0567$
Durbin-Watson	2,38 ($P_{\text{D-W}} = 0,1197$)
r^2	0,8152

¡Mejor ajuste y ausencia de correlación entre los residuos!

Resultados: Modelo estadístico de superficie de respuesta - diseño 2² + estrella



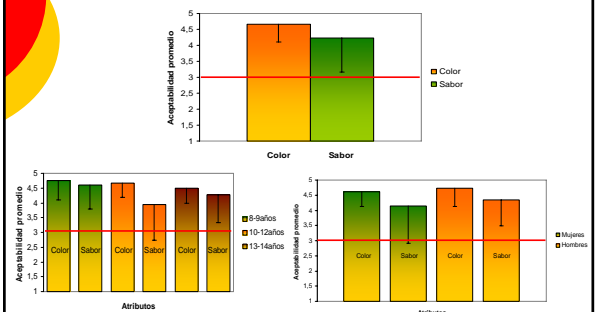
Modelo matemático: $[C] = 56,9 - 46,1 \cdot T^{\circ} - 11,3 \cdot t^2 - 5,3 \cdot T^2$

Combinación de condiciones óptimas

Tiempo: 3 horas, Temperatura: 26 °C, Concentración de 50% m/m (fija)

Óptimo: 58 µg carotenoides/g de producto

Evaluación sensorial de aceptabilidad



Conclusiones

- Se desarrolló un nuevo alimento tipo *snack* en base a zanahoria a través de los procesos de deshidratación osmótica y posterior secado convencional.
- El análisis del diseño de tamizado dio como resultado que el tiempo de deshidratación osmótica y la temperatura del proceso fueron estadísticamente significativos. El análisis de la ruta de la pendiente ascendente sugiere que ambas variables deben disminuirse simultáneamente para maximizar el contenido de compuestos carotenoides totales en la golosina.


Conclusiones

- El diseño estadístico compuesto central mostró que las variables temperatura del proceso y tiempo de deshidratación osmótica presentaron un efecto significativo sobre el contenido de carotenoides en la golosina de zanahoria.
- Las condiciones óptimas fueron de: 3 horas de proceso y temperatura del medio osmótico de 26°C, estimándose un óptimo de 58 $\mu\text{g C/g}$ de *snack*.
- Así, este producto es una alternativa de consumo más saludable que los productos *snacks* del mercado actual, y además es una opción para fomentar el consumo de zanahorias por parte del público infantil.



Optimización Estadística de un Proceso de Deshidratación Osmótica para Maximizar el Contenido de Carotenoides Totales en el Desarrollo de una Golosina de Zanahoria

J. Pablo Vivanco Lovazzano
(jpvivanco@gmail.com)

Agradecimientos:  CONICYT
CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA