

# Sinergia entre edulcorantes no calóricos y el ácido fumárico

**Mauricio Restrepo Gallego**

Ingeniero de Alimentos – Corporación Universitaria Lasallista, Especialista en Pedagogía y Psicología, profesor del programa de Ingeniería de Alimentos, Facultad de Ingenierías de la Corporación Universitaria Lasallista

Correspondencia: Mauricio Restrepo Gallego, email: marestrepo@lasallista.edu.co

Línea de investigación: Bioprocesos. Innovación y desarrollo de productos alimentarios

## Sinergy between non-caloric sweeteners and fumaric acid.

### Resumen

Ante la gran demanda de productos libres de azúcar se evidencia la necesidad de encontrar nuevas aplicaciones para productos tradicionales. Es el caso del ácido fumárico, para el cual se está buscando el edulcorante o mezcla de edulcorantes que otorgue un buen nivel de sinergia en productos como los refrescos en polvo. Las investigaciones actuales sugieren el proceso de encapsulación como la mejor alternativa para llegar a un equilibrio óptimo entre acidulantes y edulcorantes, aprovechando las propiedades fisicoquímicas y sensoriales que poseen.

**Palabras clave:** Ácido fumárico. Edulcorante. Acidulante. Sinergia. Encapsulación. Refrescos en polvo.

### Abstract

Given the great demand of sugar-free products it is necessary to find new applications for traditional products and additives. This is the case of the fumaric acid, for which a sweetener or sweeteners mixture that grants a good level of synergy in products like powder beverages is being searched. The current investigations suggest that the encapsulation process is the best alternative to achieve a good balance between acidulants and sweeteners, taking advantage of their physicochemical and sensorial qualities.

**Key words :** Fumaric acid. Sweeteners. Acidulant. Synergy. Encapsulation. Powder beverages.

## Introducción

Las propiedades organolépticas de un producto alimenticio, determinan en gran medida el grado de aceptación que el consumidor final manifiesta hacia él. De hecho, más que el precio o el empaque, se suele recomendar un alimento por su buen sabor, apariencia o aroma. De estos factores el sabor y el aroma se asocian con diversos fenómenos químicos comprendidos en el campo de estudio de la quimiorrepción, un área que no agrupa a más de 3000 científicos en todo el mundo pero que realiza aportes considerables desde sus centros de investigación en Europa, Norteamérica y Japón<sup>1</sup>. Es así como se avanza continuamente en estudios que permitan la comprensión de las percepciones ácida, dulce, salada y amarga para desarrollar ingredientes y productos que le brinden al consumidor una sensación agradable y duradera sin disminuir otros fac-

tores, como el valor nutricional, la inocuidad y, obviamente, el precio.

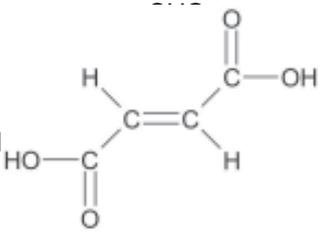
En el caso concreto de aditivos para alimentos, los acidulantes y edulcorantes representan un segmento bastante amplio sobre el cual se enfocan grandes esfuerzos investigativos. Los acidulantes, además de proporcionar la percepción ácida y disminuir el pH, tienen propiedades que les permiten actuar como conservadores, modificadores de viscosidad, coagulantes, inhibidores de algunas reacciones y antioxidantes, entre otros<sup>2,3</sup>. Los edulcorantes, por su parte, adquieren importancia gracias a la preocupación existente por enfermedades como la diabetes y otras condiciones asociadas a la salud y al cuidado del cuerpo, que obliga a una reducción de la ingesta de azúcar, y conduce al desarrollo de una nueva gama de productos que aporten dulzura al alimento sin perjudicar la salud<sup>4</sup>.

Surge entonces la inquietud sobre las aplicaciones que puede tener un acidulante como el ácido fumárico en el segmento de los refrescos en polvo bajos en calorías. Para ello, es necesario encontrar un edulcorante no calórico con un grado de sinergia óptimo con el acidulante en cuestión, teniendo en cuenta factores como la solubilidad en el agua, el pH, la durabilidad de la sensación ácida y dulce, la inhibición del regusto del edulcorante y el costo final del producto.

### ¿Por qué ácido fumárico?

El ácido fumárico (E-297) es la forma *trans* del ácido butenodióico. Se obtiene como subproducto en la industria del anhídrido ftálico y el anhídrido maléico. También es posible obtenerlo por isomerización catalítica y en caliente del ácido málico. La fermentación de glucosa o melazas es un método biotecnológico alternativo para su producción<sup>5</sup>.

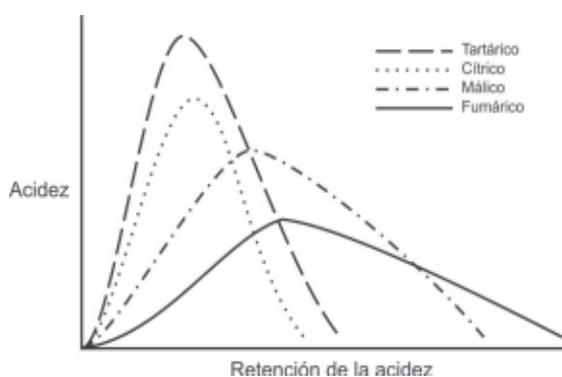
**Tabla 1. Propiedades del ácido fumárico** <sup>3,6,7</sup>

Propiedad	Valor
Nombre IUPAC	Ácido <i>trans</i> -butenodioico
Fórmula molecular	C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>4</sub>
Fórmula empírica	
Fórmula estructural	
Masa molar	116,07 g
Peso equivalente	58,04 g
Gravedad específica	1,635 (20°C/4°C)
Punto de fusión	286°C
Solubilidad (en 100 g de agua a 20°C)	0,5 g
Higroscópico	NO
pH de una solución 0,1N	2,21
pK <sub>1</sub>	3,03
pK <sub>2</sub>	4,44

El ácido fumárico se encuentra naturalmente en el arroz, la caña de azúcar, las hojas de algunas plantas, hongos, manzanas, zanahorias y sandías<sup>2,7,8</sup>. Es utilizado en la industria alimenticia en bebidas refrescantes, bebidas en polvo, bebidas

alcohólicas, jaleas, gelatinas, conservas, goma de mascar, tortillas, jugos de fruta y confites<sup>9</sup>. Por su condición de no higroscópico, es un producto ideal para la producción de mezclas en polvo para refrescos y gelatinas, en cuanto no se requiere de condiciones de empaque y almacenamiento tan rigurosas como en otros casos, en donde la humedad es un factor ambiental crítico para la conservación<sup>5</sup>. También es empleado para acelerar la fijación del color en productos cárnicos curados, como sustituto del ácido tartárico en bebidas, y en panificación<sup>3</sup>.

En comparación con los demás ácidos orgánicos de grado alimenticio, el fumárico es el menos costoso desde el punto de vista de las cantidades requeridas y la persistencia del sabor ácido. Esto se debe a que es el más ácido de toda su familia, tanto por la cantidad de iones de hidrógeno que libera en estado acuoso, como por el sabor ácido que imparte<sup>3</sup>. Como puede verse en la Tabla 1, es un ácido con una solubilidad muy baja en agua, lo cual, aunque es una desventaja frente a otros, como el cítrico, que tiene una solubilidad de 181 gramos, y el málico, de 62 gramos<sup>7</sup>, puede aprovecharse como fortaleza en ciertos productos, debido a que al ser menos soluble, la retención de la sensación ácida en la boca es más duradera, tal como se aprecia en la gráfica 1.



**Gráfica 1. Comparación entre la acidez y retención de acidez de cuatro acidulantes para alimentos**<sup>10</sup>

Se observa que, si bien, el ácido tartárico tiene el pico de acidez más alto de los cuatro (la percepción ácida es más fuerte e intensa), el ácido fumárico proporciona una retención de la acidez más prolongada por la lentitud con la que se disuelve. Desde esta comparación puede estable-

cerse un factor de reemplazo de acidulantes, en cuanto a la capacidad de uno de ellos para producir una acidez (sensación) similar a la del ácido cítrico, que es el ácido de referencia.

**Tabla 2. Equivalencia de acidez\* entre cuatro acidulantes para alimentos<sup>11</sup>**

Ácido	pH = 3,0	pH = 4,0
<b>Cítrico</b>	1,00	1,00
<b>Fumárico</b>	0,68	0,97
<b>Málico</b>	0,71	0,82
<b>Tartárico</b>	0,88	1,29

\* Gramos del ácido requeridos para proporcionar una acidez equivalente a la provocada por un gramo de ácido cítrico en 500 gramos de bebida

De acuerdo con la Tabla 2, en una bebida cuyo pH sea 3,0 se requieren 0,68 gramos de ácido fumárico por cada 500 gramos de producto, frente a 1,00 gramo de ácido cítrico, 0,71 gramos de málico y 0,88 gramos de tartárico. En estas condiciones, el ácido fumárico tiene el mayor poder de acidez de los cuatro y por esto su dosificación es menor. Un dato concreto de los efectos de esta sustitución en la industria alimenticia es el reportado en el Encuentro Anual de la Sociedad Americana de Enólogos en 1978 en San Diego, California: se hicieron varios ensayos empleando ácido dl-málico, fumárico y cítrico como acidulantes de vinos para determinar la mejor proporción de reemplazo, encontrándose una óptima de 3:5 (fumárico:cítrico), no detectable por la mayoría de los evaluadores del panel sensorial<sup>12</sup>. De hecho, el informe completo reporta ensayos previos con agua y ácido únicamente, que podrían ser útiles al momento de evaluar la sinergia entre acidulantes y otros aditivos, como los edulcorantes.

Además de las aplicaciones mencionadas y sugeridas, el ácido fumárico es óptimo en la formulación de bebidas funcionales, gracias a su mayor capacidad de amortiguación de pH, la menor dosificación requerida (menor costo) y el carácter no-higroscópico que permite su empleo en premezclas. Por ejemplo, puede emplearse en suplementos libres de azúcar y enriquecidos con calcio, pues, además de regular el pH, mejora la solubilidad de este mineral<sup>13</sup>.

En el campo de la nutrición animal, los acidulantes adquieren otro tipo de importancia por sus pro-

iedades conservantes, antibióticas y nutricionales. El ácido fumárico utilizado en alimentación de pollos de engorde, mejora la relación alimento: ganancia: (gramos de alimento ingeridos por gramos de peso corporal ganado), gracias a la inhibición que hace de bacterias patógenas y, en general, de la carga microbiana del intestino. En algunos rumiantes, la presencia del ácido fumárico mejora el metabolismo al estimular el crecimiento de algunas bacterias del rumen que siguen la vía metabólica succinato-propionato<sup>14</sup> (debe recordarse que el ácido fumárico es uno de los metabolitos del ciclo de Krebs).

Finalmente, una de las aplicaciones en alimentos que tiene gran desarrollo actualmente es en la fabricación de tortillas de maíz y de harina de trigo (especialmente en el mercado mexicano). Se emplea la encapsulación del ácido fumárico para prevenir su rápida liberación, mejorando la estructura de la tortilla y contribuyendo a la regulación del pH. No absorbe humedad y opera como agente antimicrobiano<sup>15</sup>.

### Endulzar sin calorías

Antes de abordar el tema de la sinergia entre los edulcorantes y los acidulantes, es importante hacer una revisión al tema de lo dulce y sus consideraciones actuales en la industria de los alimentos.

La capacidad de disfrutar de la dulzura de un alimento es algo innato en los seres humanos, bien sea porque es natural (una fruta por ejemplo), o adicionada (un postre o una bebida). Desde tiempos remotos se ha utilizado el azúcar (sacarosa), como edulcorante universal, que se obtiene de la caña de azúcar o de la remolacha.

Sin embargo, hay condiciones asociadas al consumo de sacarosa que tienen incidencia en el actual comportamiento de los consumidores y en cierta forma se relaciona con la salud:

- Obesidad
- Caries
- Diabetes

Las tres situaciones se refieren, respectivamente, al aporte calórico del azúcar y su almacenamiento como grasas, el metabolismo bacteriano que sucede en la boca y la transforma en ácidos

orgánicos que atacan el esmalte dental, y la imposibilidad metabólica para degradarla en sus monosacáridos constituyentes.

Afortunadamente, la sacarosa no es el único compuesto que proporciona una percepción dulce al gusto cuando hace parte de un alimento. Todo compuesto que produce esa sensación recibe el nombre de edulcorante, y de acuerdo con sus características, pertenece a una clasificación determinada.

**Tabla 3. Clasificación de los edulcorantes<sup>2</sup>**

Grupo	Grupo	Edulcorante
Naturales	Carbohidratos	Glucosa
		Fructosa
		Sacarosa
		Lactosa
		Miel de abeja
		Azúcar invertido
		Jarabes de maíz
	Alcoholes polihidroxilados	Sorbitol
		Xilitol
	Proteínas	Miralina
		Monelina
		Taumatina
	Glucósidos	Filodulcina
Esteviósidos		
Osladina		
Glicirricina		
Sintéticos	Acesulfame K	
	Aspartame	
	L-azúcares	
	Ciclamatos	
	Dihidrochalconas	
	Dulcina	
	Sacarina	
	Sucralosa	
	Alitame	
	Neotame	

Por lo general, un carbohidrato aporta calorías en su metabolismo y, por lo tanto, se denomina como *calórico*, el sorbitol y el xilitol son *de bajo aporte calórico*, y los demás, especialmente los sintéticos, son *no calóricos*.

Este último grupo de edulcorantes es el que concentra gran parte del interés de los investigado-

res de la ciencia de los alimentos. Por sus características, parecen ser los sustitutos perfectos de los carbohidratos:

- No aportan calorías
- No producen caries
- No se asocian a la diabetes

Una característica fundamental a la hora de considerar el uso de un edulcorante no calórico es su poder endulzante, que se mide con referencia a la sacarosa (como el ácido cítrico con los acidulantes) y expresa la cantidad de ella que habría que agregar para producir una sensación dulce similar.

Según la Tabla 4, tomando como ejemplo al Aspartame, un gramo equivale a 200 gramos de sacarosa. Como puede verse, la relación es bastante grande y esto se aprovecha al momento de formular productos para disminuir las cantidades y facilitar el manejo de las materias primas. También el costo se ve relacionado, pues aunque estos edulcorantes son costosos, las cantidades empleadas son tan pequeñas que apenas superan en precio al edulcorante que se está sustituyendo.

**Tabla 4. Edulcorantes y su potencia relativa (sacarosa = 1)<sup>16</sup>**

Edulcorante	Potencia
Fructosa	1,2
Xilitol	1
Sucralosa	600
Ciclamato	30
Acesulfame K	150
Dulcina	250
Taumatina	3.500
Esteviósidos	300
Glicirricina	50
Aspartame	200
D-Triptófano	35
Ácido sucronónico	200.000
Neotame	8.000

El problema que se presenta en el campo de los edulcorantes no calóricos es la presencia de percepciones gustativas secundarias, conocidas como *regusto* y que puede ser metálico, amargo, mentolado o alcorado. Los desarrollos actuales se orientan a minimizarlo, empleando mezclas con

otros edulcorantes o con aditivos que ayuden a enmascararlo.

Al nivel del metabolismo, se considera como delicado el caso del aspartame, que es el éster metílico del dipéptido L-aspartil-L-fenilalanina. Por su carácter peptídico, se hidroliza liberando sus dos aminoácidos constituyentes, lo cual representa un riesgo para pacientes que sufren fenilcetonuria, una enfermedad en la cual no se metaboliza el aminoácido fenilalanina, con consecuencias como daños neuronales, retraso mental y convulsiones, entre otros. Esto hace que sea obligatorio declarar la presencia del aspartame (y la fenilalanina) en los productos en que se emplea<sup>2</sup>.

Tres edulcorantes que están posicionados en la cúspide de su grupo son la sucralosa, los esteviósidios y el neotame. La causa es su aporte calórico nulo, regusto bajo o ausente y poca o ninguna participación en el metabolismo.

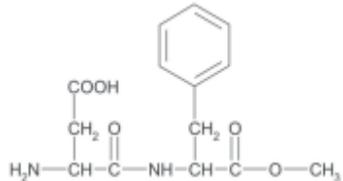
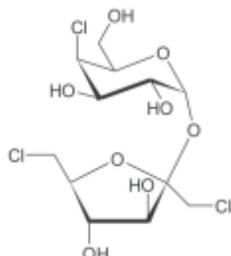
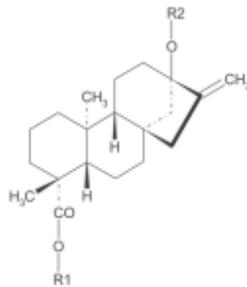
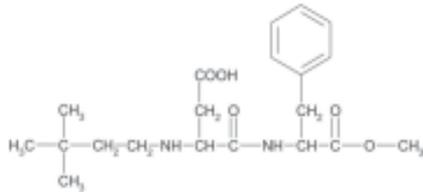
La sucralosa es un compuesto derivado de la sacarosa por sustitución selectiva (proceso patentado) de tres grupos hidroxilo por átomos de cloro<sup>17</sup>. La presencia de estos átomos incrementa la potencia edulcorante e impide que se metabolice, por lo cual no aporta calorías. Fue aprobada por la FDA en 1999 recomendando una dosis diaria aceptable de 5mg/kg de peso corporal<sup>18</sup>. No tiene regusto metálico y equivale a 600 unidades de sacarosa.

La stevia es una planta originaria de Paraguay con una potencia edulcorante de 300 unidades de sacarosa. De sus hojas se extrae el principio endulzante que, por su carácter natural, parece ser el edulcorante perfecto, tanto que en 1995 se vendieron 2000 toneladas en Japón. Los esteviósidios no son metabolizados por el organismo y, aunque en su origen conservaban cierto regusto "verde" característico de las hojas, actualmente se han purificado, eliminándolo casi por completo. Aún no ha sido aprobado por la FDA para su uso en alimentos, aunque sí su distribución en tiendas naturistas. En países como Canadá, Japón, China, Rusia, Corea, Israel y en la mayoría de los de América del Sur, es común su producción y comercialización como ingrediente puro o en productos terminados<sup>19</sup>.

El neotame es un sucesor del aspartame, tal como puede verse en la Tabla 5. Sus estructuras químicas

son similares pero la diferencia mejora notablemente sus propiedades, pues no presenta problemas metabólicos, ya que la fenilalanina no es liberada en el metabolismo y su poder edulcorante es de 8000 unidades de sacarosa. Fue aprobado en 2002 por la FDA y tiene numerosas aplicaciones, debido a sus propiedades adicionales como potenciador del sabor. Por ejemplo, en refrescos en polvo, puede hacerse una disminución de ácido cítrico del 20% sin que se afecte la percepción ácida<sup>20,21</sup>.

**Tabla 5. Estructura química de algunos edulcorantes**

Edulcorante	Estructura
Aspartame	
Sucralosa	
Esteviósidio	
Neotame	

### Ácido y dulce

Los edulcorantes no calóricos poseen un perfil sensorial que impacta fuertemente en el sentido

del gusto del consumidor. Se ha encontrado que tales impactos pueden ser minimizados por un descenso en el pH y la presencia de otras percepciones de sabor más duraderas<sup>22</sup>.

Al considerar algunas características de los edulcorantes antes mencionados y, sobre todo, del proceso de microencapsulación, se pueden encontrar caminos que permitan ofrecer a fabricantes y consumidores en calorías una nueva alternativa de bajo costo y mejor impacto sensorial.

*La sucralosa* es estable a bajas temperaturas, no sufre alteraciones cuando se trabaja en medio ácido, es altamente soluble en agua y no interactúa con otros ingredientes de manera desfavorable<sup>23</sup>.

*Los ácidos málico y láctico* han brindado una percepción de dulzura y acidez más prolongada sin presencia de regustos metálicos o picos de acidez desagradables, cuando se emplean en productos que contienen aspartame, sucralosa y neotame<sup>24</sup>.

*El ácido málico* cumple funciones relevantes en las bebidas cuando es incorporado:

- Potenciador del sabor
- Incremento de la sensación de sed y la salivación
- Modifica la dulzura del azúcar y otros edulcorantes
- Opera como amortiguador de pH
- Actúa como quelante (captura iones metálicos)
- Incrementa la efectividad de conservantes
- Actúa en sinergia con los antioxidantes<sup>11</sup>

Además, las mezclas de *ácido málico y cítrico* en bebidas bajas en calorías, garantizan una mejor palatabilidad de las percepciones ácidas y dulces al crear un balance óptimo entre ambas. La razón fundamental es el enmascaramiento de los regustos de edulcorantes como la sacarina, ciclamatos y acesulfame-K, debido a la duración de su sensación ácida<sup>8,11</sup>.

*El ácido fumárico* mejora notablemente la palatabilidad en bebidas sabor uva, tamarindo, cereza y jamaica, gracias a su condición de astringencia adicional que potencia el sabor del producto. También se emplea ampliamente en la elaboración de gomas de mascar, gracias a su baja solubilidad que prolonga la sensación ácida liberándola lentamente<sup>9</sup>.

Luego de estas presentaciones específicas sobre las aplicaciones de acidulantes y edulcorantes, es el momento de considerar las ventajas de la técnica de la microencapsulación, como clave para lograr la sinergia deseada entre los dos aditivos que se han venido tratando.

Se trata de un proceso en el cual sustancias sensibles a condiciones del entorno como vitaminas, sabores, aromas, colores o aceites se rodean de un material especial formando microesferas, en las cuales se retiene el producto delicado para evitar su pérdida, o para liberarlo lentamente cuando sea requerido. Existen varios métodos como el secado por aspersión, la aspersión por enfriamiento, la extrusión, la cobertura por lecho fluidizado, el atrapamiento en liposomas, la inclusión de complejos, la coacervación y la polimerización interfacial. Los más recomendados para el caso de ácidos son la aspersión por enfriamiento y la cobertura por lecho fluidizado. En ambos es posible emplear materiales de cobertura de carácter lipídico (fácilmente fundente) o derivados de carbohidratos complejos como almidones, gomas o maltodextrinas (fácilmente solubles)<sup>25</sup>.

Por ejemplo, volviendo al caso de las gomas de mascar, el aspartame es encapsulado con lípidos. Así se asegura una liberación lenta mientras se mastica. Gracias a la fusión de la pared por la temperatura de la boca<sup>26</sup>, la percepción dulce es más duradera y agradable.

Las aplicaciones de la microencapsulación no comprenden únicamente el campo de los alimentos. En la industria farmacéutica se utiliza con éxito en la producción de medicamentos, en los cuales es necesario "proteger" el principio activo durante el trayecto de la boca al estómago para que se libere lentamente y cumpla su función. En un caso particular, se empleó el ácido fumárico como parte de la pared de la cápsula, para que al disolverse lentamente creara un microentorno ácido alrededor del fármaco, ya que éste operaba de manera más óptima en esas condiciones<sup>27</sup>. Una vez más, se logra convertir la baja solubilidad del fumárico en una fortaleza.

## Conclusiones

En la búsqueda del equilibrio dulce/ácido óptimo y productos bajos en calorías, deben considerar-

se y aprovecharse las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de ambos grupos de aditivos, para su empleo solos o en mezclas.

El ácido fumárico, gracias a su baja solubilidad y alta retención de la percepción ácida, puede emplearse en mezclas con otros ácidos (cítrico, málico, tartárico), para mejorar las propiedades sensoriales de productos como las bebidas y los dulces. Bajo el mismo principio es viable emplear la técnica de microencapsulación con edulcorantes como la sucralosa, la stevia y el neotame. De esta forma ambos aditivos se liberan gradualmente, alargando las percepciones ácida y dulce.

Estas consideraciones permiten plantear la viabilidad técnica de ensayos para determinar la mejor proporción de mezcla, material encapsulante, técnica de encapsulación y aditivos, empleados para maximizar el campo de aplicación del ácido fumárico en alimentos.

## Referencias

1. BIRCH, G. Chemoreception. En: Chemistry & Industry. N°5 (Marzo 2004) p.22
2. BADUI DERGAL, S. Química de los Alimentos. 3ª ed. México: Addison Wesley de México; 1999. 648 p.
3. GOLDBERG, I. WILLIAMS, R. Biotechnology and Food Ingredients. Aspen: Aspen Publishers; 1991. 569 p.
4. KILCAST, D. Satisfying consumer demands for sweetness quality. En: AgroFOOD industry hi-tech. Vol 15, N° 4 (Julio/Agosto 2004) p.36-38
5. MCCORMICK, R. The pH factor: choosing the optimum acidulent. En: Prepared Foods. (Abril 1983) p.106-113
6. BARTEK INGREDIENTS INC. Bartek Fumaric Acid: Physical and chemical properties. [13-Ene-2005] URL disponible en: [http://www.bartek.ca/fumaric\\_acid.html](http://www.bartek.ca/fumaric_acid.html)
7. DZIEZAK, J. Acidulants: Ingredients that do more than meet the acid test. En: Food Technology. Vol 44, N°1 (Enero 1990) p.76-83
8. SORTWELL, D. WOO A. Improving the flavor of fruit products with acidulants. México: NutriQuim & Bartek Ingredients; (Expotecnoalimentaria'96; Marzo 28)
9. BARTEK INGREDIENTS INC. Benefits of malic and fumaric acids by product category. [13-Ene-2005] URL disponible en: [http://www.bartek.ca/fumaric\\_acid.html](http://www.bartek.ca/fumaric_acid.html)
10. RYCROFT FOWLDS, Robert Walter. Production of a food acid mixture containing fumaric acid. US Patent N°6,399,141 B1, Junio 4, 2002
11. BARTEK INGREDIENTS INC. The advantage of using Bartek malic acid with high intensity sweeteners in beverages. [13-Ene-2005] URL disponible en: [http://www.bartek.ca/fumaric\\_acid.html](http://www.bartek.ca/fumaric_acid.html)
12. BUECHSENSTEIN, J. OUGH, C.S. Comparison of citric, dl-malic, and fumaric acids as wine acidulants. En: American Journal of Enology and Viticulture. Vol 30, N°2 (1979) p.93-97
13. BARTEK INGREDIENTS INC. Bartek malic and fumaric acids in the nutraceutical evolution. [13-Ene-2005] URL disponible en: [http://www.bartek.ca/fumaric\\_acid.html](http://www.bartek.ca/fumaric_acid.html)
14. BARTEK INGREDIENTS INC. Fumaric and malic acids used as feed acidulants. [13-Ene-2005] URL disponible en: [http://www.bartek.ca/fumaric\\_acid.html](http://www.bartek.ca/fumaric_acid.html)
15. LABELL, F. Encapsulated acid improves flour tortilla quality. En: Prepared Foods (Octubre 1991) p.91
16. VAN DER HEIDJEN, A. Sweetness: The biological, behavioral and social aspects. ILSI Europe. Belgica, 1995; 23 p
17. JENNER, M. et al. Process for the preparation of 4,1',6'-trichloro-4,1',6'-trideoxygalactosucrose. US Patent N°4,362,869, Diciembre 7, 1982
18. La sucralosa. En: Alimentación Sana [24-Ene-2005] URL disponible en: <http://www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/novedades/sucralosa.htm>

19. STRAUSS, S. The perfect sweetener? En: Technology Review. Vol 98, 1995; p.18-20
20. NUTRASWEET. Neotame: A scientific overview. [14-Ene-2005] URL disponible en: <http://www.neotame.com>
21. NUTRASWEET. Neotame and flavor enhancement [14-Ene-2005] URL disponible en: <http://www.neotame.com>
22. MORGAN, D. New acidulant offers a mellow option. En: Prepared Foods. (Noviembre 2003) p.71
23. FRANK, P. Candie's shocking flavor sensation. [17-Ene-2005] URL disponible en: <http://www.foodproductdesign.com>
24. O'DONELL, C. Ingredients in use: Acidifiers find functions. En: Prepared Foods. (Mayo 2003) p.95-97
25. YÁÑEZ FERNÁNDEZ, J. y otros. Aplicaciones biotecnológicas de la microencapsulación. En: Avance y perspectiva. Vol. 21. (Septiembre-Octubre, 2003) p313-319
26. GIBBS, B. Encapsulation in the food industry: a review. En: International Journal of Food Sciences. Vol. 50. Nº3. (Mayo 1999) p. 213-225
27. MUNDAY, D. Film coated pellets containing verapamil hydrochloride: Enhanced dissolution into neutral medium. En: Drug development and industrial pharmacy. Vol. 29. Nº 5. (2003) p.575-583