

## **ESTUDIO DE LOS COMPUESTOS ACTIVOS DEL AROMA EN EL BANANO CV. BOCADILLO DE COLOMBIA**

*Jorge A. Pino<sup>1</sup>, Clara Quijano-Celis<sup>2\*</sup> y Daniel Echeverri-Gil<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia, Carretera al Guatao, km 3 1/2,  
La Habana, C.P. 19 200, Cuba.*

*<sup>2</sup>Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias, Dpto. de Química, Cra. 1a Este N° 18-A-10  
Edif. (Q-826), Bogotá, Colombia.  
E-mail: cquijano@uniandes.edu.co*

### **RESUMEN**

Los compuestos volátiles del banano cv. Bocadoillo cultivado en Colombia, se aislaron por destilación-extracción simultáneas y se analizaron por GC-MS. Se identificaron 139 compuestos volátiles distribuidos en 67 ésteres, 22 alcoholes, 16 cetonas, 6 aldehídos, 6 ácidos, 8 parafinas y 14 compuestos de otra naturaleza química, que constituyen 61,23 mg/kg de la fruta. El aporte sensorial de los compuestos identificados se determinó a partir de la relación entre la concentración en la fruta y el umbral de detección del olor del compuesto en agua. Del total de constituyentes identificados, 34 pueden considerarse como compuestos activos del aroma de este cultivar de banano, donde sobresalieron el acetato de 3-metilbutilo, butanoato de 3-metilbutilo, butanoato de etilo, (E)- $\beta$ -ionona, (E)-2-hexenal y hexanal.

**Palabras clave:** banano, compuestos volátiles, contribución sensorial.

### **ABSTRACT**

#### **Study of aroma-active compounds in banana cv. Bocadoillo from Colombia**

The volatile compounds of banana cv. Bocadoillo grown in Colombia were isolated by simultaneous distillation-extraction and analyzed by GC-MS. The 139 compounds identified were distributed in 67 esters, 22 alcohols, 16 ketones, 6 aldehydes, 6 acids, 8 paraffins and 14 miscellaneous compounds, which constituted 61.23 mg/kg of the fruit. The sensory contribution of the identified compounds was determined by the ration between their content in the fruit and the odor thresholds in water. From the total of the identified compounds, 34 could be considered aroma-active compounds in this banana cultivar, from which the most important were 3-methylbutyl acetate, de 3-methylbutyl butanoate, ethyl butanoate, (E)- $\beta$ -ionone, (E)-2-hexenal and hexanal.

**Key words:** banana, volatile compounds, sensorial contribution.

### **INTRODUCCIÓN**

El nombre de plátano, banano, cambur, topocho o guineo, agrupa a un gran número de plantas herbáceas del género *Musa*, tanto híbridos obtenidos horticulturalmente a partir de las especies silvestres del género *M. acuminata* y *M. balbisiana*, como cultivares genéticamente puros de estas especies. Clasificado originalmente por Linnaeus como *Musa paradisiaca* en 1753, la especie tipo del género *Musa*, estudios posteriores han llevado a la conclusión de que la compleja taxonomía del género incluye numerosos

---

*\*Clara E. Quijano: Licenciada en Ciencias de la Educación en la especialidad de Química (Universidad Javeriana, Bogotá, 1976). Licenciada en Química en Ciencias (Universidad Nacional de Colombia, 1979). Se especializó en Alimentos en la Universidad Nacional de Colombia. Doctora en Química (2010). Trabaja como directora del Grupo de Investigación en Ciencias Agroalimentarias y del Aroma. Perteneció al Dpto. de Química Orgánica. Es miembro de la Junta directiva de la Asociación de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ACTAC) en Colombia. Sus principales líneas de investigación son: química de aromas, fotoquímica, química de alimentos y química orgánica.*

híbridos, de variada composición genética y se ha desarrollado un sistema estrictamente *sui generis* de clasificación para dar cuenta de esta variación. Sin embargo, el nombre inicial sigue siendo usado, tanto en su forma original como en la modificada Musa × paradisiaca, que indica que se trata de un híbrido, para designar genéricamente a estas variedades. Popularmente, se traza una diferencia entre los bananos, consumidas crudas como fruta y los plátanos, que por su superior contenido en fécula deben hervirse o freírse antes de su ingesta. La diferencia no corresponde exactamente con ningún criterio genético; aunque las variedades con mayor presencia genética de M. balbisiana suelen estar comprendidas en este segundo grupo (1, 2).

El banano posee un aroma y sabor agradables y constituye la fruta intertropical más consumida del mundo. Los estudios realizados, con ayuda de diferentes métodos analíticos, sobre el aroma de la fruta, han arrojado la identificación de más de 300 compuestos volátiles (3-12). Sin embargo, la importancia en la contribución al aroma de cada constituyente solo puede determinarse mediante el estudio de los valores de actividad de olor y de técnicas de cromatografía de gases-olfatometría (13).

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la contribución sensorial de los compuestos volátiles al aroma del banano cv. Bocado de Colombia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio se utilizaron frutas maduras del cv. Bocado, recolectadas en Octubre de 2011, en Anapoima, región de Cundinamarca (Colombia) y analizadas antes de las 24 h de recolectadas.

El aislamiento y concentración de los compuestos volátiles se realizó mediante destilación-extracción simultáneas (14). Una muestra de 200 g de fruta, obtenida de una docena de bananos, se homogenizó en una licuadora con 800 mL de agua destilada y 0,8 mg de nonanoato de metilo como estándar interno. La extracción se realizó durante 1 h con 25 mL de éter etílico redestilado. El extracto etéreo se secó sobre sulfato de sodio anhidro y se concentró hasta 0,6 mL en un evaporador Kuderna-Danish y posteriormente con corriente de nitrógeno suave hasta 0,2 mL para su análisis. Los análisis se hicieron por duplicado.

El análisis por GC-MS se realizó en un cromatógrafo de gases HP 6890, acoplado a un detector de masas HP-5973 (Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, CA) y a una columna de polaridad media HP-5ms (30 m x 0,25 mm d.i. x 0,25  $\mu$ m). El programa de temperatura fue: 50 °C durante 4 min y rampa hasta 250 °C a 4 °C/min, posteriormente se mantuvo a esta temperatura por 10 min. El gas portador utilizado fue helio, con un flujo de 1 mL/min. La temperatura del inyector, interfase y detector fue de 250 °C. Se inyectó 1  $\mu$ L en modo split con una relación 1:10. Los espectros de masas se midieron a 70 eV en el rango de m/z 35 a 400 u. Se calcularon los índices de retención cromatográficos a partir de una mezcla de n-alcenos de C<sub>8</sub>-C<sub>32</sub>.

Los compuestos fueron identificados por comparación de sus espectros de masas con los registrados en las bases NIST 02, Wiley 275, Palisade 600, la base propia FLAVORLIB (creada con registros de sustancias patrones), los publicados (15) y confirmados en muchos casos por comparación de sus índices de retención lineales (IRL) con los de sustancias patrones. Las determinaciones cuantitativas se hicieron por el método de estándar interno, en análisis por duplicado, a partir de las áreas del cromatograma de la corriente iónica total, medidas electrónicamente. El análisis se hizo por duplicado.

La determinación de umbrales de olor para algunos de los compuestos identificados se hizo por un método de comparación múltiple pareada reportado (16). Para garantizar la ausencia de sustancias odoríferas contaminantes, todos los compuestos de referencia fueron primeramente analizados por GC-MS para chequear su pureza. Las muestras fueron preparadas en frascos de vidrio, con tapas, de 50 mL. Un grupo de 30 personas no entrenadas fue utilizado para determinar los umbrales de olor. En cada caso, las pruebas fueron replicadas un número suficiente de veces hasta alcanzar un mínimo de 60 respuestas para determinar cada umbral. La prueba requirió presentar a cada juez varias muestras, junto con una muestra de agua bidestilada usada como referencia. El olor de cada muestra fue comparada individualmente contra la referencia para determinar si había diferencia. Seis muestras fueron presentadas durante cada sesión. La primera botella codificada fue la propia referencia, otras cuatro codificadas con diluciones crecientes de la sustancia en agua bidestilada y la referencia. El umbral de olor se determinó por el cálculo de 50 % de las respuestas positivas del total de juicios. El cálculo se hizo por regresión li-

neal del porcentaje de detección vs. logaritmo vulgar de las concentraciones de la sustancia analizada. El límite para 95 % de confianza fue calculado como medida del error.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El aislamiento de los compuestos volátiles del banano cv. Bocado mediante destilación-extracción simultáneas permitió obtener un extracto que, una vez concentrado, mantuvo el aroma característico de la fruta, por lo que puede asumirse que la composición química presente representa su aroma natural.

La Tabla 1 muestra que el análisis de los compuestos volátiles por GC-MS permitió la identificación de 139 compuestos volátiles, que representan 61,23 mg/kg de fruta. Esta concentración es menor que la encontrada para el cv. Cavendish gigante (106 mg/kg) (8), pero mayor a la del cv. Indio (42 mg/kg) (11), ambos cosechados en Cuba.

Tabla 1. Compuestos volátiles del banano cv. Bocado

Compuesto	IRL	mg/kg
etanol	537	0,35
2,3-butanodiona	595	0,02
acetato de etilo	612	0,20
2-metil-1-propanol	625	1,64
1-butanol	650	0,08
3-metilbutanal	654	tr
2-pentanona	688	4,52
2-pentanol	710	6,07
3-hidroxi-2-butanona	718	0,07
1,1-dietoxietano	726	0,01
3-metil-1-butanol	741	6,03
(E)-2-pental	757	0,06
2-hexanol	763	0,03
acetato de 2-metilpropilo	767	0,32
(Z)-2-pentenol	770	tr
3-metil-2-buten-1-ol	774	0,03
formiato de 3-metilbutilo	790	tr
2-hexanona	794	0,05
hexanal	801	0,58
butanoato de etilo	805	0,58
ácido butanoico	808	tr
acetato de butilo	813	0,05
4-metil-1-pentanol	833	tr
acetato de 2-pentilo	853	2,29
(E)-2-hexenal	856	2,81
(Z)-3-hexenol	859	0,10
(E)-2-hexenol	861	tr
2-metil-3-hexanol	863	0,04

Tabla 1. (cont.)

Compuesto	IRL	mg/kg
p-xileno	867	0,16
1-hexanol	872	0,95
acetato de 3-metilbutilo	880	1,44
acetato de 2-metilbutilo	884	0,06
(Z)-4-hexen-1-ol	887	0,23
(Z)-4-hepten-2-ol	890	1,25
2-heptanona	892	0,83
(E)-4-hepten-2-ona	896	0,86
butanoato de propilo	899	0,02
2-heptanol	902	0,38
3-(metil)propanal	905	tr
2-butoxietanol	908	0,02
(E,E)-2,4-hexadienal	911	0,03
2-metilpropanoato de 2-metilpropilo	915	0,05
(E)-2-hepten-4-ona	922	0,29
$\alpha$ -tuyeno	930	0,01
(E)-3-hepten-2-ona	933	0,16
acetato de 2-hexilo	937	0,04
butanoato de 2-metilpropilo	943	0,58
benzaldehído	960	tr
acetato de (Z)-3-hexenilo	965	0,02
2-hidroxi-3-metilbutanoato de etilo	968	0,05
2-metilpropanoato de 1-metilbutilo	980	0,04
(E,E)-3,5-heptadien-2-ona	990	0,03
butanoato de butilo	995	0,32
n-decano	1000	tr
hexanoato de etilo	1003	0,02
2-metilbutanoato de 2-metilpropilo	1006	0,10
3-metilbutanoato de 2-metilpropilo	1009	0,28
3-metil-3-heptanol	1012	0,10
2-metilpropanoato de 3-metilbutilo	1017	0,40
butanoato de 2-pentilo	1025	2,41
1,8-cineol	1031	0,03
acetato de (Z)-4-hepten-2-ilo	1036	0,13
acetato de 2-heptilo	1044	1,15
3-metilbutanoato de butilo	1048	0,13
butanoato de 3-metilbutilo	1056	0,83
1-feniletanol	1062	0,04
acetofenona	1067	0,14
2-metilbutanoato de 2-metilbutilo	1080	0,18
2-butoato de 2-pentilo	1084	0,03
3-metilbutanoato de 2-pentilo	1088	0,69
terpinoleno	1091	0,01
2-nonanona	1096	0,05
2-metilbutanoato de 3-metilbutilo	1100	0,73
3-metilbutanoato de 3-metilbutilo	1103	0,70
2-feniletanol	1107	tr
3-metilbutanoato de 3-metil-3-butenilo	1114	0,22
butanoato de 2-hexilo	1118	0,07

Tabla 1. (cont.)

Compuesto	IRL	mg/kg
butanoato de (E)-2-hexenilo	1180	0,03
trans-tetrahidrojasmona	1185	0,03
tiglato de 3-metilbutilo	1189	0,05
butanoato de hexilo	1192	0,56
4-metil-2-metoxifenol	1196	tr
butanoato de (Z)-3-hexenilo	1200	0,12
butanoato de 2-heptilo	1207	3,18
butanoato de (Z)-4-hepten-2-ilo	1211	0,99
(E)-3-hexenoato de hexilo	1218	0,77
2-metilbutanoato de (Z)-3-hexenilo	1231	0,04
2-metilbutanoato de hexilo	1236	0,25
3-metilbutanoato de hexilo	1244	1,16
hexanoato de 3-metilbutilo	1254	1,05
3-metilbutanoato de (Z)-3-hexenilo	1260	0,13
butanoato de (Z)-4-hepten-1-ilo	1267	0,97
3-metilbutanoato de (Z)-4-hepten-2-ilo	1274	1,37
6-metil-2-hepten-4-ol	1287	0,20
2-undecanona	1294	0,01
tiglato de hexilo	1332	0,02
eugenol	1359	0,19
hexanoato de hexilo	1383	0,11
butanoato de 1-feniletilo	1392	0,10
hexanoato de (Z)-3-hexenilo	1406	0,01
(E)-3-hexenoato de 2-metilpropilo	1411	0,73
butanoato de 1-metiloctilo	1418	0,35
2-metilbutanoato de 1-feniletilo	1432	0,10
3-metilbutanoato de octilo	1443	0,06
2-metilpropanoato de 2-feniletilo	1447	0,02
(E)- $\beta$ -ionona	1487	0,06
3-metilbutanoato de 2-feniletilo	1491	0,13
2-tridecanona	1494	0,18
cis-cadina-1,4-dieno	1498	0,03
elemicina	1555	0,98
ácido dodecanoico	1568	0,24
decadienoato de metilo	1588	0,23
metoxieugenol	1609	0,09
butanoato de 3-fenilpropilo	1615	0,18
oxalato de 2-feniletilo	1654	0,17
n-heptadecano	1700	tr
2-pentadecanona	1706	0,19
acetosiringona	1741	0,60
2-pentadecanol	1754	0,07
ácido tetradecanoico	1779	0,23
n-octadecano	1800	0,06
ácido pentadecanoico	1868	0,17
n-nonadecano	1900	0,06
4-alilsiringol	1951	tr
ácido hexadecanoico	1960	1,30
ácido octadecanoico	2200	0,38
n-tricosano	2300	0,09
octadecanoato de butilo	2387	0,04
n-tetracosano	2400	0,42
n-pentacosano	2500	0,07
n-hexacosano	2600	0,07

IRL: Índice de retención lineal. tr: < 0,01 mg/kg

La composición de la fruta incluyó 67 ésteres (44,6 % del total de los componentes volátiles), 22 alcoholes (28,8 %), 16 cetonas (13,3 %), 6 aldehídos (5,7 %), 6 ácidos (3,8 %), 8 parafinas (1,2 %) y 14 compuestos de otras naturaleza química (2,6 %). El gran número de ésteres identificados y su alta concentración como clase química es típico de la composición de volátiles de esta fruta (3-11). En el orden individual, los componentes mayoritarios fueron los alcoholes 2-pentanol (9,9 %) y 3-metil-1-butanol (9,8 %).

Aunque las técnicas de combinación de la cromatografía de gases con detector olfativo son útiles para detectar las sustancias odoríficas importantes en los alimentos, estas no permiten tener en cuenta la influencia de la propia matriz del alimento que puede causar interacciones con las sustancias volátiles y alterar la propia impresión del olor (13). Por esta razón, fue considerada la determinación del valor de actividad de olor (VAO).

Sin embargo, es necesario que el umbral del compuesto sea determinado en una matriz lo más similar posible al producto en cuestión. Por tanto, los umbrales de olor para los compuestos bajo investigación se tomaron en agua para simular la matriz de la fruta (17). La Tabla 2 refleja que del total de compuestos volátiles identificados, 34 resultaron con VAO 1, es decir, que pueden considerarse como contribuyentes importantes del aroma de este cultivar de banano.

Los ésteres se caracterizan por aportar, en general, notas frutales a las frutas (18). A esta clase química correspondió el mayor número de contribuyentes importantes con un total de 17 compuestos. El alto VAO para tres de ellos (acetato de 3-metilbutilo, butanoato de 3-metilbutilo y butanoato de etilo) era de esperar, pues es conocido que aportan un olor frutal-fresco pronunciado y a banano maduro, por lo que son empleados extensivamente en composiciones para imitar al aroma de la banana (18). Estos tres ésteres fueron reportados también como contribuyentes importantes en el aroma de otros cultivares de bananos (7, 9, 11).

**Tabla 2. Contribuyentes importantes al aroma del banano cv. Bocadillo**

<b>Compuesto</b>	<b>UO</b>	<b>VAO</b>	<b>Descripción del olor<sup>a</sup></b>
2,3-butanodiona	15 <sup>b</sup>	1	mantequilla
3-metilbutanal	0,2 <sup>c</sup>	4	frutal
2-pentanona	50 <sup>b</sup>	90	banano
3-metil-1-butanol	300 <sup>c</sup>	20	frutal
acetato de 2-metilpropilo	66 <sup>c</sup>	5	dulce-frutal
hexanal	4,5 <sup>c</sup>	128	graso-verdoso
butanoato de etilo	1 <sup>c</sup>	578	frutal, banano
acetato de butilo	66 <sup>c</sup>	1	etéreo-frutal
( <i>E</i> )-2-hexenal	17 <sup>c</sup>	166	verde-frutal
( <i>Z</i> )-3-hexenol	70 <sup>c</sup>	1	graso-verdoso
acetato de 3-metilbutilo	2 <sup>c</sup>	718	banano
acetato de 2-metilbutilo	5 <sup>c</sup>	12	dulce-frutal
2-heptanona	140 <sup>c</sup>	6	frutal-cremoso
( <i>E</i> )-4-hepten-2-ona	150 <sup>d</sup>	6	banano
butanoato de propilo	18 <sup>c</sup>	1	dulce-frutal
2-heptanol	400 <sup>b</sup>	1	graso-herbáceo
( <i>E,E</i> )-2,4-hexadienal	10 <sup>c</sup>	3	dulce-verdoso
2-metilpropanoato de 2-metilpropilo	30 <sup>c</sup>	2	dulce-frutal
acetato de ( <i>Z</i> )-3-hexenilo	8 <sup>b</sup>	2	cáscara de banano
butanoato de butilo	100 <sup>c</sup>	3	dulce-frutal
hexanoato de etilo	1 <sup>b</sup>	21	frutal
2-metilpropanoato de 3-metilbutilo	70 <sup>b</sup>	6	dulce-frutal
1,8-cineol	12 <sup>c</sup>	3	alcanforado
butanoato de 3-metilbutilo	1,3 <sup>b</sup>	639	banano
acetofenona	65 <sup>c</sup>	2	floral
3-metilbutanoato de 2-metilbutilo	65 <sup>b</sup>	11	frutal
butanoato de hexilo	250 <sup>c</sup>	2	frutal
2-metilbutanoato de hexilo	22 <sup>c</sup>	12	fruta verde
3-metilbutanoato de hexilo	85 <sup>b</sup>	14	pungente-frutal
3-metilbutanoato de ( <i>Z</i> )-3-hexenilo	76 <sup>b</sup>	2	verde-frutal
2-undecanona	7 <sup>c</sup>	2	aceitoso-frutal
eugenol	6 <sup>c</sup>	32	especiado
( <i>E</i> )- $\beta$ -ionona	0,2 <sup>c</sup>	300	frutal
elemicina	100 <sup>b</sup>	10	maderoso-floral, especiado

UO y VAO: Umbral de olor ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) y valor de actividad de olor ( $\text{mg}/\text{kg}$ ).

<sup>a</sup>Referencia 18. <sup>b</sup>Determinado experimentalmente. <sup>c</sup>Referencia 27. <sup>d</sup>Referencia 6.

Como compuestos carbonílicos, la (E)- $\beta$ -ionona, (E)-2-hexenal y hexanal, fueron los mayores contribuyentes al aroma de este cultivar, en particular el primero que aporta una nota frutal (18). No se tiene referencia de ningún reporte anterior que haya indicado a la (E)- $\beta$ -ionona como contribuyente importante del aroma del banano, pero el (E)-2-hexenal y hexanal, sí habían sido reconocidos anteriormente como contribuyentes importantes (9). Tres metil cetonas: 2-pentanona, 2-heptanona y 2-undecanona, resultaron contribuyentes al aroma, en particular la 2-pentanona que aporta nota a banano (18), mientras que las otras dos poseen notas frutales. La 2-pentanona y 2-heptanona se emplean en la formulación de saborizantes de banano (18).

## CONCLUSIONES

Se identificaron 139 compuestos volátiles distribuidos en 67 ésteres (44,6 % del total de los componentes volátiles), 22 alcoholes (28,8 %), 16 cetonas (13,3 %), 6 aldehídos (5,7 %), 6 ácidos (3,8 %), 8 parafinas (1,2 %) y 14 compuestos de otras naturaleza química (2,6 %), que constituyen 61,23 mg/kg de la fruta. De ellos, 34 pueden considerarse como compuestos activos del aroma de este cultivar de banano, donde sobresalieron el acetato de 3-metilbutilo, butanoato de 3-metilbutilo, butanoato de etilo, (E)- $\beta$ -ionona, (E)-2-hexenal y hexanal.

## REFERENCIAS

1. Simmonds, N. W. Los Plátanos. Barcelona, Blume, 1960, p. 91.
2. Morton, J. F. Banana. En: Fruits of Warm Climates. Miami, FL., Creative Resource Systems, 1987, pp. 29-46.
3. Hultin, H. O. y Proctor, B. E. Food Technol. 15: 440-445, 1961.
4. McCarthy, A. I.; Palmer, J. K.; Shaw, C. P. y Anderson, E. E. Technol. 28: 379-384, 1963.
5. Tressl, R.; Drawert, F. y Heimann, W. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 142: 249-263, 1970.
6. Berger, R. G.; Drawert, F. y Kollmannsberger, H. Mikrobiol. Technol. Lebensm. 10: 120-124, 1986.
7. Shiota, H. J. Agric. Food Chem. 41: 2056-2062, 1993.
8. Pino, J.; Fernández, M. y Rosado, A. Alimentaria (268): 53-55, 1995.
9. Jordán, M. J.; Goodner, K. L. y Shaw, P. E. Proc. Fla. State Hort. Soc. 113: 284-286, 2000.
10. Jordán, M. J.; Tandon, K.; Shaw, P. E. y Goodner, K. L. J. Agric. Food Chem. 49: 4813-4817, 2001.
11. Pino, J.; Ortega, A., Marbot, R. y Agüero, J. J. Essent. Oil Res. 15: 79-80, 2003.
12. Guylene, A.; Ginies, C.; Ganou-Parfait, B.; Renard, C. M. y Fährasmane, L. Food Chem. 129: 28-34, 2011.
13. Schieberle, P. New developments in methods for analysis of volatile flavor compounds and their precursors. En: Characterization of Food: Emerging Methods, A. Gaonkar (Ed.), Amsterdam, The Netherlands, Elsevier, 1995, pp. 403-431.
14. Chaintreau, A. Flavour Fragr. J. 16: 136-148, 2001.
15. Adams, R.P. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry, 4th ed., Carol Stream, I. L., Allured Publications Corp., 2004.
16. Pino, J. y Mesa, J. Flavour Fragr. J. 21: 214-221, 2006.
17. Leffingwell & Assoc. Odor and flavor detection thresholds in water (in parts per billion). Accesible en: <http://www.leffingwell.com/odorthre.htm> Acceso: Octubre 18, 2011.
18. Arctander, S. Perfume and Flavor Chemicals. Det Hoffensbergske Etablissement, Copenhagen, 1969.
19. Beelitz, H.-D. y Grosch, W. Food Chemistry. Springer-Verlag, Berlin, 1987.