

LOS COMPUESTOS VOLÁTILES DE LA JUDÍA

Vilanova, M.; Canosa, P.

Misión Biológica de Galicia. CSIC. Pontevedra

1. Introducción

Phaseolus vulgaris es una planta anual, herbácea intensamente cultivada desde la zona tropical hasta las zonas templadas. Es originario de América y se le conoce con diferentes nombres: poroto, haricot, caraota, judía, aluvia, habichuela y otros. Diferentes variedades de *Phaseolus vulgaris* son uno de los alimentos más antiguos que el hombre conoce y han formado parte importante de la dieta humana desde hace miles de años. Se encuentran entre las primeras plantas alimenticias domesticadas y luego cultivadas. Existen numerosas variedades y de ella se consumen tanto las vainas verdes como los granos secos. Ambas son una importante fuente de nutrientes y compuestos bioactivos con grandes beneficios para la salud como son los polifenoles, lectinas, carbohidratos y los compuestos volátiles (Lee et al., 2000).

Los compuestos volátiles de origen vegetal son producidos principalmente por dos rutas biosintéticas, la vía de los ácidos grasos/lipooxigenasa (Pare y Tumlinson, 1996) o vía de los volátiles de hojas verdes (VHV) que dan olor característico a estas. Son sintetizados a partir de ácido linoleico e incluye la formación de alcoholes, aldehídos y ésteres. La segunda ruta biosintética para la síntesis de volátiles es la que da origen a los terpenos y se lleva a cabo por dos vías, la del mevalonato y la del no mevalonato. Por esta se forman los homoterpenos, monoterpenos, sesquiterpenos y diterpenos (Knudsen et al., 1993; Longhrin et al., 1990).

Muchos de estos compuestos volátiles en la judía se encuentran glicosilados por lo que es necesaria su liberación para que pasen a formar parte del aroma

y del flavour de la judía. Esta liberación en alimentos frescos se procede de forma natural mediante degradación enzimática durante el proceso de recolección y procesamiento. En alimentos cocinados es debido a una compleja secuencia de reacciones químicas y enzimáticas dependientes de la temperatura (Tressl y Rewicki, 1999;).

Como técnicas de análisis los compuestos volátiles, la microextracción en fase sólida (SPME) seguida de la determinación mediante cromatografía de gases acoplada espectrometría de masas (GC/MS) es la más utilizada ya que permite identificar y cuantificar numerosas familias de compuestos en concentraciones del orden de partes por trillón (Rodríguez-Bernaldo De Queirós et al., 2000; Van Ruth et al., 1996).

A nivel sensorial se han realizado estudios mediante análisis sensorial descriptivo cuantitativo (QDA) para llegar a establecer un perfil que defina las características de diferentes variedades de judía, estableciendo descriptores de apariencia, sabor, aroma, textura y tacto (Van Ruth et al., 1996; Armelin et al., 2006; Berger et al., 2007).

2. Familias de compuestos volátiles encontrados en judía

A continuación se describen las familias de compuestos volátiles mas importantes encontradas en judía: aldehídos, alcoholes, cetonas, ésteres, compuestos azufrados, terpenos, alcanos e hidrocarburos aromáticos, ácidos grasos y pirazinas. En la Tabla 1 se muestran los diferentes compuestos volátiles encontrados en judía grano, judía vaina, judía cocinada, judía durante la masticación y judía seca rehidratada.

Aldehídos. Los aldehídos lineales (2-butenal, hexanal, octanal, nonanal y decanal) proceden, generalmente de la degradación oxidativa de los ácidos grasos insaturados (oleico, linoleico, linolenico), siendo mayor la concentración de los mismos cuando se lleva a cabo la cocción de los vegetales (la oxidación

se ve acelerada por la temperatura). La presencia de compuestos C6 (hexanal por ejemplo, y los alcoholes) está relacionado con la destrucción de las células vegetales (estos son los responsables de los aromas herbáceos). Con respecto a los aldehídos de cadena ramificada, se generan a partir de descarboxilaciones-desaminaciones oxidativas (degradación vía Streeker), como sucede con el 3-metilbutanal que procede del aminoácido leucina. Por último, los aldehídos aromáticos (bezaldehido) derivan a partir del metabolismo del ácido shikímico, transformándose previamente en fenilalanina.

Alcoholes. En el caso de las judías frescas, los alcoholes son los componentes mayoritarios. La presencia de alcoholes con el mismo número de carbonos que los ácidos grasos correspondientes, pone en evidencia la actividad oxidoreductasa en los tejidos, especialmente en la destrucción celular cuando éstas son cocinadas, la mayor parte de los alcoholes pasa al agua, aunque estos, especialmente los de cadena corta, se pierden durante la ebullición debido a su elevada volatilidad. Cada alcohol tiene distintas características que afectan al gusto y al sabor. Por ejemplo, el 1-octanol proporciona un aroma fresco y cítrico, mientras que el 3-octanol da lugar a notas afrutadas. Aromas más agradables con descriptores como almendra, medicinal, miel y flora, son debidos a la presencia de alcoholes aromáticos (2-feniletanol, bencilalcohol, fenol y furfuro). En judía verde es el 1-octen-3-ol (aroma terreo y fúngico) el que se ha encontrado en mayor concentración.

Cetonas. Algunas de las cetonas derivan de los ácidos grasos, como por ejemplo, el 1-penten-3-ona que deriva del ácido linolénico. El 6-metil-5-hepten-2-ona se ha encontrado como producto de hidrólisis del neral y geranial por calentamiento, o también como resultado de la ruptura oxidativa de carotenoides como licopeno y fitoeno.

Ésteres. Los ésteres se forman por esterificación de ácidos carboxílicos y alcoholes. Están presentes principalmente en las judías frescas proporcionando notas de fruta verde, manzana o pera. Dado a que estos compuestos se degradan fácilmente por acción del calor, es difícil encontrarlos en la judía cocinada.

Compuestos azufrados. Proceden de la ruptura de aminoácidos sulfurados, reacción que se ve acelerada por elevadas temperaturas. Se han detectado principalmente en judías cocinadas y en judías rehidratadas. Afectan al aroma global, ya que presentan valores de percepción umbral muy bajos, con descriptores del tipo chocolate, dulce, cebolla y herbáceo.

Terpenos. También se encuentran algunos terpenos en las judías, siendo constituyentes normales de la fracción insaponificable de la grasa vegetal. Muchos de estos compuestos son los responsables de tipicidad y carácter en ciertos vegetales. En general, las concentraciones de terpenos en judías son muy bajas (muy por debajo del valor umbral de percepción), muchas veces no detectables con las técnicas analíticas empleadas. Es el Limoneno, con un agradable aroma a limón fresco y con notas de cierto dulzor, el terpeno que se encuentra en mayor concentración en las judías. Junto con éste, otros terpenos como el Δ -3-careno y el α -pineno, son identificados en otros vegetales verdes como el guisante, en hojas y en aceites esenciales.

Alcanos e Hidrocarburos aromáticos. Tanto los alcanos como los hidrocarburos aromáticos proceden de la descomposición oxidativa de grasas y ácidos grasos respectivamente. Estos contribuyen a olores desagradables u característicos afectando en general al aroma de los vegetales.

Ácidos grasos. Son precursores, en muchos casos, de otros compuestos como alcoholes o aldehídos. Sus umbrales de percepción son relativamente altos, dando lugar a notas rancias y grasas a los vegetales.

Pirazinas. Las pirazinas forman parte del aroma de ciertos vegetales como el puerro, el pimiento y las judías. Su aroma, perceptible a muy bajas concentraciones, se describe como herbáceo y pimiento verde.

Referencias

Armelim J., Canniatti-Brazaca S.G., Spoto M., Arthur V. Piedade S. 2006. *Sens Nutr Qual* 71: 8-12.

Barra A., Baldovini N., Loiseau A.M., Albino L., Leseq C., Lizzani Cuvelier L. 2007. *Food Chem* 101: 1279-1284.

Berger M., K uchler T., MaaBen A., Bush-Stockfish M., Steinhart H. 2007. *Food Chem*, 103: 875-884.

Knudsen J.T., Tollsten L. Bergstrom L.G. 1993. *Phytochem* 33: 253-280.

Lee K.G., Shibamoto T. 2000. *J Agric Food Chem* 48: 4290-4293.

Longhrin J.H., Hamilton-Kemp T.R., Andersen R.A., Hildebrand D.F. 1990. *J Agric Food Chem* 38: 455-460.

Oomah B. D., Lisa S., Liang Y. 2007. *Plant Foods Hum Nutr* 62: 177-183.

Pare P.W., Tumlinson J.H. 1996. *Behav Ecol Symp* 79: 93-103.

Rodr guez-Bernaldo de Queir s A.I., Lopez- Hernandez J., Gonzalez-Castro M.J., De la Cruz-Garcia C., Simal-Lozano J. 2000. *Eur Food Res Technol* 210: 226-230

Van Ruth S.M., Roozen J.P., Cozijnsen J.L. 1995. *Food Chem* 53: 15-22.

Van Ruth S.M. Roozen J.P., Cozijnsen J.L., Posthumus M.A. 1995. *Food Chem* 54: 1-7.

Van Ruth S.M., Roozen J.P., Cozijnsen J.L. 1996. *Food Chemistry* 56: 343-346.

¹Oomah BD et al. (2007). *Plant Foods Hum Nutr* 62, 177-183; ³Rodr guez-Bernaldo de Queirós AI et al. (2000). *Eur Food Res Technol* 210, 226-230; ²Barra A et al. (2007). *Food Chem* 101, 1279-1284; ⁴Van Ruth SM et al. (1995). *Food Chem* 53, 15-22;

⁵van Ruth SM et al. (1995). *Food Chem* 54, 1-7

Familia	Compuesto	Grupo (1)	Índice valencia (2)	Índice redox (3)	Índice de oxígeno (4)	Índice hidroxilación (5)	
Cetona	acetona	X					
	2,3-butanodiona				X	X	
	2-butanona	X					
	1-pentón-3-ona			X			
	3-metil-2-butan-2-ona		X				
	1-acetil-2-etil-1-ona			X			
	2-heptanona					X	
	pentan-2,3-diona		X			X	
	2-pentón-3-ona		X				
	4-cetón-3-ona				X		
	6-metil-3-heptanona					X	
	6-metil-3-octan-2-ona	X				X	
	2-metil-2-octan-3-ona					X	
	3,3-octadien-2-ona	X					
	4-hidroxi-4-metilpentan-2-				X		
	3-octanona		X		X		
	8-octanona					X	
	1-(1) furfuri-1-oxopropano	X					
nonanal		X					
acetofenona	X						
2-pentanona		X					
acetilacetona	X						
Aldehído	al-dehído	X					
	1,5-hexil		X				
	6,6-cetona	X					
	acetona	X		X	X		
	C-β-acetona		X				
	α-bromacetona		X				
	al-fu		X				
	alfofeno		X				
	formil		X				
	α-regiofil		X				
	formil		X				
	perfluoracetil		X				
	C-β-iodoformil		X				
	β-tercero		X				
	α-fenolformil		X				
	β-bromoformil		X				
	α-cetilformil		X				
	α-bromacetil		X				
	acetil		X				
	formil		X				
	Furano	2-etilfuran	X		X		
		2-propilfuran	X				
2-pentilfuran			X				
2-etilfuran			X				
Ester	acetilacetato	X		X			
	acetato de etilo		X				
	acetato de butilo					X	
	2,3-nitroacetato		X		X		
	acetato de etilo		X		X		
	acetato de etileno		X				
	2,3-nitroacetato		X				
	acetato de etilo		X				
	acetato de etilo		X				
	acetato de etilo		X				
	acetato de etilo		X				
	acetato de etilo		X				
	acetato de etilo		X				
Ácido grasoso	ácido acetoformil		X				
	ácido acetoformil		X				
	ácido acetoformil		X				
	ácido acetoformil		X				
Compuesto orgánico	dióxido de carbono		X			X	
	dióxido de carbono		X		X	X	
	dióxido de carbono		X			X	
	dióxido de carbono		X			X	
	dióxido de carbono		X			X	
	dióxido de carbono		X			X	
	dióxido de carbono		X			X	
Aldehído	2-etilfuran	X				X	
	2-etilfuran	X				X	
Aldehído	2-etilfuran	X				X	
	2-etilfuran	X				X	