

以模式反應模擬油炸蔥屬蔬菜香味形成之研究

歐淑霞、游銅錫

E-mail: 8809490@mail.dyu.edu.tw

摘要

洋蔥及紅蔥中含有S-Alk(en)yl cysteine sulfoxides之香味前驅物質，此等前驅物質會於蔥屬蔬菜細胞被切割或物理性破碎時經酵素Alliinase轉變成一級香味化合物Alk(en)yl thiosulfinates。蔥屬蔬菜的一級香味化合物會於高溫時引起熱裂解及熱反應而生成Sulfides、Disulfides、Polysulfides及Thiophenes等二級香味化合物賦予加熱蔥屬蔬菜的香氣；未被酵素轉變之Alk(en)yl cysteine sulfoxides也會於蔥屬蔬菜加熱過程與還原糖等進行Maillard反應，而生成高溫熱加工蔥屬蔬菜之香氣。於蔥屬蔬菜的油炸過程，蔥屬蔬菜之香味前驅物質、一級化合物及二級化合物也會相互進行反應或與食品中之成份進行熱反應，而產生香氣化合物。因有鑑於傳統上蔥屬蔬菜是以油爆香後才作為香味佐料，故本研究擬自洋蔥及紅蔥中抽出其二級香氣化合物(精油)而後與Alk(en)yl cysteine sulfoxides之類似物cysteine在還原糖的存在下於油中進行熱反應，以模擬油炸蔥屬蔬菜香氣成份的形成。另外也擬自行合成存於蔥屬蔬菜中之Alk(en)yl cysteine sulfoxides，而後於油中於糖存在與否下進行模式熱反應，探討此等Alk(en)yl cysteine sulfoxides對油炸蔥屬蔬菜香氣形成的貢獻。本研究共分成三部份：第一(二)部份為利用酸鹼區分法分析洋蔥(紅蔥)精油、油炸洋蔥(紅蔥)精油及洋蔥(紅蔥)精油模式反應抽提液之香氣成份分析，並以洋蔥(紅蔥)精油及油炸洋蔥(紅蔥)精油為控制組，洋蔥(紅蔥)精油模式反應抽提液為實驗組，以模擬油炸洋蔥(紅蔥)香氣之生成；第三部份為合成存在於蔥屬中主要的含硫香氣前驅物質，即S-methyl-L-cysteine sulfoxide、S-propyl-L-cysteine sulfoxide及S-1-propenyl-L-cysteine sulfoxide等三種化合物，而後將此前驅物質單獨或加入glucose於油溶劑中進行密閉式加熱反應(180、15min)，最後進行香氣成份之分離、萃取、濃縮及鑑定分析。總結本論文之重要研究結果如下：1. 由官能品評試驗結果得知，以油浴初溫200 至終溫155 所得之油炸洋蔥片及油炸紅蔥片之整體喜好性較佳。2. 以模式反應來模擬油炸洋蔥香氣成份生成之可能性方面而言，在油炸洋蔥風味上，洋蔥模式反應液所產生的油炸風味，在油脂的裂解物方面是可以相比擬的，在烤及油炸洋蔥香氣上也可以相比擬，但是在洋蔥模式反應液中則缺少焦糖味，且多帶了一點蘿蔔乾、乾香菇及肉味。3. 以模式反應來模擬油炸紅蔥香氣成份生成之可能性，由比較兩者之間香氣成份之可知，在油脂氧化所產生的油炸香氣上是可以被接受的，但仍然有一部份的香氣屬性有所差異，例如在acids、furans、pyrazines、其它環狀含硫化合物及非環狀含硫化合物中之差異較為顯著，其中又以furans、pyrazines類為最。4. 利用酸鹼區分法來分析洋蔥(紅蔥)精油、油炸洋蔥(紅蔥)精油、洋蔥(紅蔥)模式反應液中之香氣成份，以總量而言，在第二區分中的含量較高，而主要的含硫化合物也於此被區分出來，其它尚有aldehydes、alcohols、hydrocarbons、ketones、furans、ester及thiophenes；phenols、ethers、acids類主要於微酸性及酸性區分中(區分三、四)；pyridines、thiazoles於鹼性及中性區分出現(區分一)；pyrazines類主要於第一及第二區分中。故利用酸鹼區分能有效的分離揮發性香氣成份，以利爾後之定性、定量。5. 本研究所合成之各香氣前驅物質，由FTIR及TLC之結構及純度確認皆正確，且純度極高。6. S-methyl-L-cysteine sulfoxide (MeCySO)單獨或加glucose進行模式熱反應之後所鑑定出之香氣化合物中，以aldehydes最高，MeCySO不加glucose者以methyl trisulfide、2-pentyl pyridine及methyl disulfide為主；加glucose者以methyl trisulfides及methy disulfides之含量較高。7. S-propyl-L-cysteine sulfoxide(PrCySO)單獨或加glucose進行模式熱反應之後所鑑定出之香氣化合物中，無添加glucose組以propyl trisulfides之含量最高，其次為propyl disulfide；添加glucose組則以diisopropyl trisulfide最高，propyl disulfide次之，而在pyrazines之生成量上有明顯的增加。8. 由S-1-propenyl-L-cysteine sulfoxide (PrenCySO)單獨或加glucose進行模式熱裂解所產生之香氣化合物主要為dimethylthiophene，而不加glucose者以2-pentyl pyridine次之；添加了glucose者以1-(ethylthio)-2-methyl propene之含量次之。以含硫前驅物而言，不論是否有無添加glucose的條件之下，在monosulfides、disulfides及trisulfides中所鑑定到之香氣成份皆很少，且含量也很低。9. MeCySO、MeCySO+G、PrCySO、PrCySO+G、PrenCySO、PrenCySO+G進行模式熱反應之後所產生之香氣化合物，由香氣成份之鑑定結果，將含量較高的香氣組成依香氣成份之來源可能有，依香氣來源分類分成由含硫前驅物經熱裂解產生者、由油脂熱裂解產生者、由糖經熱裂解產生者及由未知來源產生者。

關鍵詞：蔥屬

目錄

封面內頁 簽名頁 授權書 iii 簽署人須知 iv 中文摘要 v 英文摘要 ix 誌謝 xiii 目錄 xiv 圖目錄 xvii 表目錄 xix 第一章 緒論 1 第二章 文獻回顧 第一節 蔥屬植物之簡介 5 第二節 蔥屬植物之生理活性 9 第三節 蔥屬蔬菜之相關研究 12 第四節 蔥屬香味之形成 24 第五節 蔥屬植物中含硫香氣成分之穩定性 33 第六節 非揮發性含硫前驅物質對熱加工蔥屬蔬菜香味生成之研究 41 第三章 以酸鹼區分法進行洋蔥精油、油炸洋蔥精油及洋蔥精油模式反應抽提液之香氣成份分析 摘要 44 第一節 前言 46 第二節 實驗材料與設備 48 第三節 實驗方法 52 第四節 結果與討論 58 第五節 結論 117 第四章 以酸鹼區分法進行紅蔥精油、

油炸紅蔥精油及紅蔥精油模式反應抽提液之香氣成份分析 摘要 118 第一節 前言 120 第二節 實驗材料與設備 121 第三節 實驗方法 123 第四節 結果與討論 128 第五節 結論 185 第五章 蔥屬香味前驅物之合成及以香味前驅物進行模式反應 摘要 187 第一節 前言 189 第二節 實驗材料與設備 191 第三節 實驗方法 193 第四節 結果與討論 200 第五節 結論 266 第六章 總結論及展望 268 參考文獻 270 圖目錄 圖2.1 催淚因子thiopropenal S-oxide之形成途徑 15 圖2.2 Alliin分解產生Allicin之機制圖 20 圖2.3 蔥屬植物中經由前驅物質所形成之某些香味中間物 及一級香味化合物 26 圖2.4 蔥屬植物香味前驅物經酵素作用產生香味化合物之 機制 29 圖2.5 蔥屬植物之羰基化合物之形成機制 30 圖2.6 蔥屬植物中含氧揮發性成分之形成過程 23 圖3.1 Likens-Nickerson水蒸氣蒸餾及溶劑萃取裝置 50 圖3.2 濃縮塔裝置 51 圖3.3 洋蔥樣品中香氣成份進行酸鹼區分之流程圖 57 圖5.1. S-methyl-L-cysteine之紅外線吸收光譜圖 203 圖5.2. S-methyl-L-cysteine sulfoxide之紅外線吸收光譜圖 204 圖5.3. S-propyl-L-cysteine之紅外線吸收光譜 205 圖5.4. S-propyl-L-cysteine sulfoxide之紅外線吸收光譜圖 206 圖5.5. S-allyl-L-cysteine之紅外線吸收光譜圖 207 圖5.6. S-1-propenyl-L-cysteine之紅外線吸收光譜圖 208 圖5.7. S-1-propenyl-L-cysteine sulfoxide之紅外線吸收光譜圖 209 圖5.8 各種含硫香味前驅物質之薄層層析圖 210 表目錄 表 2.1 洋蔥中主要及重要之二級香氣化合物 16 表2.2 生紅蔥及熱加工紅蔥中所鑑定到的含硫揮發性成份 及其相對含量 18 表 2.3 大蒜中主要及重要的二級香味化合物 21 表2.4 不同蔥屬植物中S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxide上之 各種alk(en)yl group相對含量比較 23 表 2.5 蔥屬植物中之一級香味化合物 28 表3.1 油炸洋蔥精油、洋蔥精油模式反應香氣抽提液經酸鹼區分後各區分之香味描述 59 表3.2 洋蔥精油、油炸洋蔥精油、洋蔥精油模式反應液香氣成份之定性、定量分析表 61 表3.3 洋蔥精油利用酸鹼區分所鑑定到之揮發性香氣成份 含量之比較 76 表3.4 油炸洋蔥精油利用酸鹼區分所鑑定到之揮發性香氣 成份含量之比較 87 表3.5 經模式反應後之洋蔥精油利用酸鹼區分所鑑定到之 揮發性香氣成份含量之比較 100 表4.1 油炸紅蔥精油、紅蔥精油模式反應液經酸鹼區分後 各區分之香味描述 129 表4.2 紅蔥精油、油炸紅蔥精油、紅蔥精油模式反應液香氣成份之定性與定量分析比較 131 表4.3 紅蔥精油利用酸鹼區分所鑑定到之揮發性香氣成份 含量之比較 148 表4.4 油炸紅蔥精油利用酸鹼區分所鑑定到之揮發性香氣 成份含量之比較 156 表4.5 經模式反應後之紅蔥精油利用酸鹼區分所鑑定到之 揮發性香氣成份含量之比較 171 表 5.1 模式反應配方組合 198 表5.2 蔥屬植物香味前驅物質在有無葡萄糖存在下於油中 進行模式反應後之色澤及香味描述 212 表5.3 methyl cysteine sulfoxide 及 /或葡萄糖進行熱裂解後 之反應液中所鑑定出之香氣成份 213 表5.4 propyl cysteine sulfoxide 及 /或葡萄糖進行熱裂解後 之反應液中所鑑定出之香氣成份 231 表5.5 1-propenyl cysteine sulfoxide 及 /或葡萄糖進行熱裂解後 之反應液中所鑑定出之香氣成份 250

參考文獻

1. 仇志強、劉素娥、吳淳美 (1983) 油炸紅蔥香料之製造。食品工業發展研究所 研究報告第324號。
2. 仇志強、吳淳美 (1985) 油炸紅蔥香味成份之形成。食品工業發展研究所 研究報告第397號。
3. 朱紹洪 (1980) 天然食用香料。朱紹洪編譯，食品工業發展研究所 食品工業叢書 92-94、120-122。
4. 吳良碧、吳淳美 (1982a) 冷凍乾燥紅蔥、烘烤紅蔥與油炸紅蔥之揮發性化合物。食品工業發展研究所 研究報告第284號。
5. 吳良碧、吳淳美 (1982b) 紅蔥之香味化學在米飯罐頭之應用。食品工業發展研究所 研究報告第244號。
6. 吳淳美 (1997) 飲食、健康及香辛料。香料會訊 4:3-27。
7. 吳淳美、吳良碧 (1981) 紅蔥之香味化學及其在食品上之應用 (一)。食品工業發展研究所 研究報告第179號。
8. 張明聰 (1978) 洋蔥。豐年社編輯 莖菜栽培 111-123。
9. 許人平、程竹青 (1993) Diallyl disulfide 與 (E,E)-2,4-Decadienal 在水溶液中的熱反應。食品科學 20(5):433-440。
10. 許人平、程竹青 (1995) 洋蔥可溶非揮發性萃取物與丙酮醛在水溶液中熱反應。食品科學 22(2): 195-207
11. 陳陵援 (1993) 儀器分析。三民書局印行。
12. 陳燕妮 (1996) 以模式反應探討紅蔥及青蔥中之香味前驅物對熱加工紅蔥及青蔥香氣生成之貢獻。大葉大學食品工程研究所碩士論文。
13. 黃涵 (1978) 分蔥。豐年社編輯 莖菜栽培 106-110。
14. 黃鵬 (1995) 蔥及分蔥之產業與研究。臺灣蔬菜產業改進研討會專集 177-192。
15. 詹敬文 (1991) 紅蔥的香味化學。香料資訊 3(1):27-30。
16. 詹敬文 (1992) 洋蔥香氣之超臨界CO₂萃取及組成分析。香料資訊 4(3):60-64。
17. 蔣慎思、蔡順仁 (1994) 青蔥蒜胺基轉月太西每之分離純化及一般性質。中國農業化學會誌 32(3): 257-267。
18. 蔡順仁 (1996) 蔥屬植物含硫化合物(Allium 's Sulphurous Compounds)之生理活性。香料會訊 4: 17-26。
19. Bayer, T.; Breu, W.; Selibmann, O.; Wray, V.; Wanger, H. (1989) Biologically active thiosulfonates and alfa-sulphinyldisulfides from *Allium cepa*. *Phytochem* 28:2373-2377.
20. Block, E. (1992) The organosulfur chemistry of the genus *allium* implications for the organic chemistry of sulfur. *Angew. Chem. Int. Eng.* 31: 1135-1178.
21. Block, E.; Naganathan, S.; Putman, D.; Zhao, S. H. (1992) 204th ACS National Meeting. Washington, DC.
22. Block, E.; Iyer, R.; Grisoni, S.; Saha, C.; Belman, S. and Losing, F. P. (1988) Lipoygenase inhibitors from the essential oil of garlic. Markovnikov addition of the allyldithio radical to olefins. *J. Amer. Chem. Soc.* 110: 7813-7827.
23. Block, E.; Naganathan, S.; Putman, D. and Ziao, S. H. (1992b) *Allium* chemistry: HPLC analysis of thiosulfonates from onion, garlic, wild galic (ramsoms), leek, scallion, shallot, elephant (greatheaded) garlic, chive, and chinese chive. uniquely hight allyl to methyl ratios in some garlic samples. *J. Agric. Food Chem.* 40: 2418-2430.
24. Block, E.; Naganathan, S.; Putman, D.; Zhao, S. H. (1993) Organosulfur chemistry of garlic and onion: Recent results. *Pure & Appl. Chem.* 65(4): 625-632.
25. Block, E.; Iyer, R.; Grisoni, S.; Saha, C.; Belman, S. and Losing, F. P. (1988) Lipoygenase inhibitors from the essential oil of garlic. Markovnikov addition of the allyldithio radical to olefins. *J. Amer. Chem. Soc.* 110:7813-7827.
26. Boelens, H. and Brandsma, L. (1972) Formation of dialkylthiophenes by thermolysis of di(1-alkenyl) disulfide and alkyl 1-propenyl disulfide. *Recl. Trav. Chem. Pays-Bas.* 91:141-145.
27. Boelens, M.; Devalois, P. J.; Wobben, H. J.; Vandergen, A. (1971) Volatile flavor compounds from onion. *J. Agric. Food Chem.* 19(5):984-991.
28. Brodnitz, M. H.; Pascale, J. V.; Van Derslice, L. (1971) Flavor components of garlic extract. *J. Agric. Food Chem.* 19:273-275.
29. Carson, J. F. (1987) Chemistry and biological properties of onions and garlic.

Food Rev. International 3(1?): 71-103. 30. Carson, J. F. and Boggs, L. E. (1966) The synthesis and base-catalyzed cyclization of (+)- and (-)-cis-S-(1-propenyl)-L-cysteine sulfoxides. *J. Org. Chem.* 31: 2862-2864. 31. Carson, J. F. and Wong, F. F. (1961) The volatile components of onions. *J. Agric. Food Chem.* 9: 140-143. 32. Cavallito, C. J. ; Bailey, J. H. ; Buck, J. S. (1945) The antibacterial principle of *Allium sativum*. III. Its precursor and essential oil of garlic. *J. Am. Chem. Soc.* 67:1032-1033. 33. Cavallito, C. J. ; Bailey, J. H. (1944) Allicin, the antibacterial principal of *Allium sativum*. I. Isolation, physical properties and antibacterial action. *J. Am. Chem. Soc.* 66:1950-1951. 34. Cavallito, C. J. ; Buck, J. S. ; Suter, C. M. (1944) Allicin, the antibacterial principle of *Allium sativum*. II. Determination of the chemical structure. *J. Am. Chem. Soc.* 66:1952-1954. 35. Challenger, F. ; Greenwood, D. (1949) Sulfur compounds of the genus *Allium*. Detection of propylthiol in the onion. The fission and methylation of diallyl disulfide in cultures of *Scopulariopsis breviclavus*. *Biochem. J.* 44:87-91. 36. Dembele, S. ; Dubois, P. (1973) Composition of essence Shallot (*Allium cepa* L., Var. *aggregatum*). *Ann. Technol. Agric.* 22:121-129. 37. Fenwick, G. R. and Hanley, A. B. (1985) The genus *Allium*-part 2. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 22: 273-340. 38. Freeman, G. G. and Whenham, R. J. (1975) A survey of volatile components of some *Allium* species in terms of S-Alk(en)yl-L-cysteine sulphoxides present as flavour precursors. *J. Sci. Food Agric.* 26: 1869-1886. 39. Freeman, G. G. and Whenham, R. J. (1976) Effect of overwinter storage at three temperatures on the flavor intensity of dry bulb onions. *J. Sci. Food Agric.* 27: 37-42. 40. Hanzawa, T. ; Nishimura, H. and Mizutani, J. (1973) UV-Photolysis of S-(cis-1-propenyl)-L-cysteine in oxygen-free aqueous solution. *Agric. Biol. Chem.* 37(10): 2393-2398. 41. Kallio, H. ; Salorinne, L. (1990) Comparison of onion varieties by head space gas chromatography-mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 38:1560-1564. 42. Lancaster, J. E. ; Kelly, K. E. (1983) Quantitative analysis of the S-alk(en)yl L-cysteine sulphoxides in onion (*Allium cepa* L.). *J. Sci. Food Agric.* 34:1229-1235. 43. Ledl, F. (1975) Analysis of a synthetic onion aroma. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 157:28. 44. Lawson, L. D. (1992) Allicin and other thiosulfinates and their precursors and transformation products from garlic and garlic products. Presented at the 204th ACS meeting, August 23-28, Washington, D. C. 45. Mazelis, M and Crews, L (1968) Purification of alliin lyase of garlic. *Allium sativum* L. *Biochem. J.* 108: 725-730. 46. Mazza, G. ; Ciaravolo, S. ; Chiricosta, G. ; Celli, S. (1992) Volatile flavour components from ripening and mature garlic bulbs. *Flavour Fragrance J.* 7:111-116. 47. Mochizuki, E. and Nakayama, A. (1988) *J. Chromatogr.* 455: 271-277. 48. Nakagawa, S. ; Kasuga, S. ; Matsuura, H. (1989) Prevention of liver damage by aged garlic extract and its components in mice. *Phytotherapy Research.* 3(2):50-53. 49. Nishimura, H. and Mizutani, J. (1973) cis-trans Isomerization products from S-(cis-1-propenyl)-L-cysteine and its sulfoxide irradiated in aqueous solutions. *Agric. Biol. Chem.* 37(2): 213-217. 50. Oaks, D. M. ; Hartmann, H. ; Dimick, K. P. (1964) Analysis of sulfur compounds with electron capture hydrogen flame dual channel chromatography. *Anal. Chem.* 36:1560-1565. 51. Semmler, F. W. (1982) The essential oil of garlic. *Arch. Pharm.* 230:40. 52. Shankaranarayana, K. L. ; Raghaven, B. ; Abraham, K. O. ; Natarajan, C. P. ; Morton, I. D. ; MacLeod, A. J. (1982) *Food Flavours Part A-Introduction*. New York. Elsevier:169. 53. Spare, C. G. ; Virtanen, A. I. (1963) On the lachrymatory factor in onion (*Allium cepa*) vapors and its precursor. *Acta Chem. Scand.* 17:641-650. 54. Stoll, A. and Seebeck, E. (1948a) *Allium* compounds. I. alliin, the true mother compound of garlic oil. *Helv. Chim. Acta* 31: 377-400. 55. I, A. ; Seebeck, E. (1948b) *Allium* compounds I. Alliin, the true mother compound of garlic oil. *Helv Chim Acta.* 31:189-210. 56. Stoll, A. ; Seebeck, E. (1949a) *Allium* compounds III. Specificity of alliinase and synthesis of compounds related to alliin. *Helv. Chim. Acta.* 32:866-876. 57. Stoll, A. ; Seebeck, E. (1949b) *Allium* compounds II. Enzymic degradation of alliin and the properties of alliinase. *Helv. Chim. Acta.* 32:197-205. 58. Vernin, G. ; Metzger, J. ; Fraisse, D. ; Scharff, C. (1986) GC-MS (EI, PCI, NCI) computer analysis of volatile sulfur compounds in garlic essential oils. Application of the mass fragmentometry SIM technique. *Planta Med.* 32:96-101. 59. Virtanen, A. I. and Matikkala, E. J. (1959) The isolation of S-methylcysteine sulfoxide and S-n-propylcysteine sulfoxide from onion and the antibiotic activity of crushed onion. *Acta. Chem. Scand.* 13: 1898-1900. 60. Virtanen, A. I. and Matikkala, E. J. (1961) Proofs of the presence of γ -glutamyl-S-(1-propenyl)-sulphoxide and cycloalliin as original compounds in onion (*Allium cepa*). *Suom. Kemistil.* B34: 114. 61. Virtanen, A. I. and Spare, C. G. (1961) Isolation of the precursor of the lachrymatory factor in onion (*Allium cepa*). *Suom. Kemistil.* 34: p72. 62. Wertheim, T. (1844) Investigation of garlic oil. *Justus Liebigs Ann. Chem.* 51:289-315. 63. Wertheim, T. (1845) On the relationship between mustard and garlic oils. *Justus Liebigs Ann. Chem.* 55:297-364. 64. Whitaker, J. R. (1976) Development of flavor, odor, and pungency in onion and garlic. *Adv. Food Res.* 22: 73-133. 65. Wu, J. L. ; Chou, C. C. ; Chen, M. H. ; Wu, C. W. (1982) Volatile flavor compounds from shallots. *J. Food Sci.* 47: 606-608. 66. Wu, L. P. ; Wu, C. M. (1983) Effect of heating on shallot essential oils (*Allium cepa* L. *Aggregatum* G.), IXth International Congress of Essential Oils, Flavors and Fragrances. Technical Paper Book 3 : 30-35, Singapore. 67. Wu, J. L. ; Chou, C. C. ; Chen, M. H. ; Wu, C. M. (1982) Volatile Flavor Compounds from Shallots. *J. Food. Sci.* 47:606-608. 68. Yu, T. H. and Wu, C. M. (1988) Effect of heating on garlic essential oils. *Food Sci.* 15(4): 385-393. 69. Yu, T. H. and Wu, C. M. (1989) Effects of pH on the formation of flavour compounds of disrupted garlic. *J. Chromatogr.* 462: 137-145. 70. Yu, T. H. and Ho, C. H. (1993) Chemistry and stability of sulfur-containing compounds in the genus *Allium*. Shelf life studies of food and beverages. P501-547. 71. Yu, T. H. ; Wu, C. M. ; Ho, C. T. (1993) Volatile compounds of deep-oil fried, microwave-heated, and oven-baked garlic slices. *J. Agric. Food Chem.* 41:800-5. 72. Yu, T. H. ; Wu, C. M. and Ho, C. T. (1993) Volatile compounds of deep-oil fried, microwave-heated, and oven-baked garlic slices. *J. Agric. Food Chem.* 41(5): 800-805. 73. Yu, T. H. (1994) Flavor chemistry of thermally processed garlic. Ph. D. Dissertation, Rutgers University, New Brunswick, NJ, USA. 74. Yu, T. H. ; Lin, L. Y. and Ho, C. T. (1994a) Volatile compounds of blanched, fried blanched, and baked blanched garlic slices. *J. Agric. Food Chem.* 42: 1342-1347. 75. Yu, T. H. ; Wu, C. M. ; Rosen, R. T. ; Hartman, T. G. and Ho, C. T. (1994b) Volatile compounds generated from thermal degradation of alliin and deoxyalliin in an aqueous solution. *J. Agric. Food Chem.* 42(1): 146-153. 76. Yu, T. H. ; Wu, C. M. and Ho, C. T. (1994c) Meat-like flavor generated from thermal interactions of glucose and alliin or deoxyalliin. *J. Agric. Food Chem.* 42(4): 1005-1009. 77. Yu, T. H. ; Wu, C. M. and Ho, C. T. (1994d) Volatile compounds generated from thermal interaction of glucose and alliin or deoxyalliin in propylene glycol.

