

美国大杏仁烘烤和贮存过程中的香气成分分析

杨继红, 王 华

(西北农林科技大学 葡萄酒学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 【目的】研究美国大杏仁烘烤和烘烤后贮存过程中香气成分及其含量的变化, 为美国大杏仁的加工及贮存提供理论依据。【方法】通过氯化钙柱吸附法制备样品, 采用气相色谱-质谱联用仪对美国大杏仁烘烤前、后及烘烤后贮存 3 个月和 6 个月的风味成分及其含量进行分析。【结果】美国大杏仁烘烤前的主要挥发性物质有 25 种, 烘烤后的主要挥发性物质有 44 种, 烘烤后贮存过程中的主要挥发性物质有 50 种; 美国大杏仁中的挥发性香气成分主要为芳香醛类、脂肪族醛类、芳香醇类、脂肪族醇类、吡嗪类及其衍生物, 苯甲醛是美国大杏仁挥发性成分的主要特征香气组分。【结论】纸袋包装的烘烤美国大杏仁在 37 °C 下贮存 6 个月时已经氧化变质, 高含油量及高不饱和脂肪酸的存在是引起烘烤杏仁变质的主要原因, 壬醛、己醛、2-辛烯醛、辛醛及庚醛等脂肪族醛类物质是烘烤美国大杏仁氧化酸败后产生不良气味的主要组分; 壬醛和己醛的组分含量可以作为油脂氧化程度及确定烘烤美国大杏仁货架期的检测指标。

[关键词] 美国大杏仁; 香气成分; 热风烘烤; 气相色谱-质谱法; 货架期

[中图分类号] TS255.6

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2010)12-0210-05

Analysis of the flavor components during the processing of almond roasting and storage

YANG Ji-hong, WANG Hua

(College of Enology, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】Analysis of the change of flavor components during the processing of almond roasting and storage was carried out to provide a theoretical basis for processing and storage of almonds. 【Method】The volatiles of raw and roasted almonds were extracted by Tenax (Vigreux) column, and the extracts were analyzed by combination gas chromatography-mass spectrometry. 【Result】Twenty-five compounds were identified from raw almond volatiles, forty-four compounds from fresh roasted almond volatiles, and fifty compounds from roasted almond volatiles which had been stored for three or six months; aromatic aldehydes, aliphatic aldehydes, aromatic alcohol, aliphatic alcohols, pyrazines and their ramifications were the main flavor components of almonds; and benzaldehyde seemed to make the largest contribution to the aroma of raw and fresh roasted almonds. 【Conclusion】Roasted almonds, packaged with paper bags, have been oxidized, and rancidity after six months' storage might have been induced by high oil content and polyunsaturated fatty acids and produced volatile aliphatic aldehydes such as nonanal, hexanal, 2-octenal, octanal, and N heptanal components to come off-flavors. This study showed nonanal and hexanal might be a better peroxide index for shelf life of roasted almonds kernels.

Key words: almonds; flavor component; hot air roasting; GC/MS; shelf life

* [收稿日期] 2010-11-12

[基金项目] 西北农林科技大学回国人员资助项目(V111020902)

[作者简介] 杨继红(1975—), 女, 陕西扶风人, 讲师, 在读博士, 主要从事葡萄与葡萄酒研究。E-mail: yangjihong@nwsuaf.edu.cn

[通信作者] 王 华(1959—), 女, 河北阜城人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事葡萄与葡萄酒研究。

E-mail: wanghua@nwsuaf.edu.cn

美国大杏仁,又称巴旦杏、巴旦木、扁桃,年产量居杏仁、榛子、核桃、腰果 4 大干果之首,主要产于美国加利福尼亚州。根据联合国粮食及农业组织统计数据,2008 年加利福尼亚州美国大杏仁产量约 74 万 t,占全球总产量的 84.8%^[1]。美国大杏仁营养丰富(表 1),含油量为 43%~56%^[2-3],不饱和脂肪酸(油酸、亚油酸)含量超过 90%,含有丰富的蛋白质、维生素及微量元素,且 V_E 含量高,具有很强的抗氧化能力,不含胆固醇,能预防心脑血管疾病,防止动脉粥样硬化。美国大杏仁,尤其是经烘烤加工后的美国大杏仁气味芳香,甜脆可口,深受消费者喜爱。Takei 等^[4-5]对烘烤后的美国大杏仁进行了分

析,共鉴定出 43 种香气成分;García-Pascual 等^[6]对烘烤前、后的美国大杏仁的货架期进行了研究,结果表明烘烤的美国大杏仁在贮存过程中随贮存时间的延长,过氧化值迅速增加,质量逐渐降低。目前,对烘烤美国大杏仁货架期的研究主要集中在通过优化包装及贮存条件从而延长其货架期方面^[6-7],而对烘烤后在贮存过程中香气成分的变化及引起变质的真正原因尚未见研究报道。为此,本试验采用气相色谱-质谱法(GC-MS),对烘烤前及烘烤后美国大杏仁在贮存过程中的香气成分变化进行了分析,以期揭示贮存过程中引起杏仁变质的主要原因,为杏仁加工及贮存提供理论依据。

表 1 美国大杏仁营养成分一览表^[8]

Table 1 Nutrients of almonds					
营养成分 Nutrient	含量 Content	营养成分 Nutrient	含量 Content	营养成分 Nutrient	含量 Content
热量/MJ Calories	2.4	钙/mg Calcium	248	维生素 A/IU Vitamin A	10
蛋白质/g Protein	21	铁/mg Iron	4	维生素 E/mg Vitamin E	26
总脂肪/g Total fat	51	镁/mg Magnesium	275	维生素 C/mg Vitamin C	0
碳水化合物/g Carbohydrate	20	磷/mg Phosphorus	474	维生素 B ₁ /mg Thiamin	0.2
纤维/g Fiber	12	钾/mg Potassium	728	维生素 B ₂ /mg Riboflavin	0.8
糖/g Sugars	5	钠/mg Sodium	1	维生素 B ₆ /mg Vitamin B ₆	0.1
饱和脂肪酸/g Saturated fat	4	锌/mg Zinc	3	烟酸/mg Niacin	4
单一不饱和脂肪酸/g Monounsaturated fat	32	铜/mg Copper	1	叶酸/ μ g Folate	29
多元不饱和脂肪酸/g Polyunsaturated fat	12	锰/mg Manganese	3	植物甾醇/mg Phytosterols	120
亚油酸/g Linoleic acid(18:2)	12	硒/mg Selenium	8	胆固醇/mg Cholesterol	0

1 材料与方法

1.1 材 料

美国大杏仁,品种为 Nonpareil,千粒质量 960.05 g,长×宽×高=(21.39±1.1) mm×(12.29±0.27) mm×(7.72±0.45) mm,由美国加州大杏仁委员会提供,挑选籽粒饱满、无损伤的生杏仁装入可封口塑料袋中置 4℃贮存待用。

1.2 样品处理

称取美国大杏仁 500 g,参照 Yang 等^[9]美国大杏仁的热风烘烤方法,置于热风温度为 130℃烘箱中烘烤 35 min,自然冷却至室温,称取烘烤后样品 450 g 及烘烤前样品 200 g,用纸袋分别包装。Harris 等^[7]对烘烤前美国大杏仁货架期的研究表明,ASHT 加速高温贮存测试虽然可以缩短试验时间,但当贮存温度高于 43℃时,过高的温度会引起美国大杏仁的质量发生变化,并不能反映真正的自然氧化过程及结果。因此,考虑到夏季的气候条件,本研究进行 ASLT 加速低温贮存测试,样品于(37±1)℃恒温贮存 6 个月,期间对烘烤前、烘烤后、烘烤后贮存 3 和 6 个月的美国大杏仁样品进行 GC-MS 分

析。

1.3 气相色谱分析

1.3.1 样品制备 称取 2-己酮、2-辛酮和茴香脑各 50 mg,分别加入 50 mL 去离子纯净水配制成内标溶液备用,其中内标 2-己酮用于确定 C₄、C₅ 和 C₆ 组分的含量,2-辛酮用于确定 1-辛烯-3-醇的含量,茴香脑用于确定其他香气成分的含量。

取经贮存处理的生杏仁或烘烤杏仁样品,研磨成粉末后称取 30 g,放入 1 L 圆底烧瓶中,加入 150 mL 去离子纯净水、54 g NaCl(NaCl 在使用前加热到 150℃以去除其中的挥发性物质),然后分别加入 2-己酮、2-辛酮和茴香脑内标溶液各 200 μ L(相对于每 g 大杏仁,3 种内标含量均为 3.33 μ g),磁力搅拌浸提 2 h,以 6 L/min 氮气循环,氯化钙柱吸附。浸提结束后,用 70 mL 新蒸馏的二乙醚冲洗吸附柱,冲洗液经 40℃热水浴浓缩至 600 μ L,再通入少量纯净氮气流浓缩至 200 μ L;供 GC-MS 分析。

1.3.2 样品的 GC-MS 分析 采用美国 Agilent GC6890/MS5973N MSD 气相色谱-质谱联用仪进行试验。GC 条件:DB-WAX 弹性石英毛细管柱 60 m×0.25 mm×0.25 μ m;载气为高纯氮气,恒流模

式,流速 1.0 mL/min;进样口温度 200 ℃,起始温度 30 ℃,保留 4 min,以 2 ℃/min 升温至 200 ℃,保留 60 min,载气 He,进样量 1 μL。MS 条件:电离方式 EI,离子源温度 250 ℃,离子能量 70 eV,溶剂延迟 2.0 min,全扫描方式,扫描范围 2~800 amu。

1.3.3 样品定量分析 比较烘烤前、烘烤后、烘烤后贮存 3 个月及 6 个月样品的香气成分*i*的峰面积(*A_i*)与内标的峰面积(*A*),由公式(1)计算出样品中香气成分*i*的含量(*C_i*)。

$$C_i = \frac{\text{样品中香气成分的峰面积 } A_i \times 3.33}{\text{内标的峰面积 } A} \quad (1)$$

2 结果与分析

由表 2 可见,美国大杏仁烘烤前主要挥发性物质有 25 种,烘烤后主要挥发性物质有 44 种,烘烤杏仁贮存过程中主要挥发性物质有 50 种。美国大杏仁烘烤前挥发性物质含量较高的脂肪族醇类有 7 种:2-甲基丁醇(香气较清快的醇类香料)、正戊醇(杂醇油气味)、正己醇(淡青嫩叶气息,略带酒香、果香和脂肪气息)、2,3-丁二醇、糠醇(特殊的苦辣滋味)、庚醇(芳香气味)、1-辛烯-3-醇;脂肪族醛类 6 种:己醛(刺激性气味)、庚醛(强烈的不愉快脂肪气味)、E-2-己烯醛(浓郁的新鲜水果、绿叶清香气)、E-2-庚烯醛、辛醛(轻微油脂、蜂蜜样香气)、壬醛(强烈的油脂气味和甜橙气息,量多有毒性);芳香醛 2 种:苯甲醛(苦杏仁油味)、苯乙醛(浓郁的玉簪花香气);吡嗪类 2 种:2-乙基-3,5 二甲基吡嗪(炒可可和杏仁香味)、2-甲基吡嗪(坚果及烘烤食品香味)。此外,还含有芳香醇苯乙醇(柔和、愉快而持久的玫瑰香

气)、丁内酯(丙酮气味)、2-正戊基呋喃、苧烯(类似柠檬的香味)和各种烷烃类化合物。

美国大杏仁经热风烘烤后,生杏仁中原有的挥发性香气成分几乎均有明显增加,如 2-乙基-3,5-二甲基吡嗪、2-甲基吡嗪、E-2-己烯醛、己醛、辛醛、庚醛、壬醛、苯乙醛、糠醇、正戊醇、庚醇、1-辛烯-3-醇和苧烯等。同时,有 19 种生杏仁中未检出的挥发性香气成分在烘烤后被检测出来,新鉴定出的挥发性香气成分中含脂肪族醛类 5 种:糠醛(杏仁香味)、2-壬烯醛、(E)-2-癸烯醛(橙子及鸡、家禽肉香味)、2,4-癸二烯醛(强烈的鸡香和鸡油味)、2-十一烯醛(强烈的新鲜醛气味);酮类 3 种:3-羟基-2-戊酮、2-甲基四氢呋喃-3-酮(甜味,烘烤面包及坚果香味)、2-庚酮(类似梨的水果香味);吡嗪 3 种:甲基吡嗪(烘烤坚果香味)、2,5 二甲基吡嗪和 2,6 二甲基吡嗪(烘烤坚果香味);高级醇 2 种:3-甲硫基丙醇、甲基庚烯醇;芳香烃类 2 种:甲苯(特殊芳香味)、邻二甲苯(特殊芳香味),以及 γ-壬内酯(杏、李子香气)和 2-乙酰基-1-吡咯啉(大米香味)等。

烘烤杏仁经贮存后,新鉴定出的挥发性物质有 6 种,分别是 3-辛烯-2-酮、2-辛烯醛(脂肪、鸡肉类香气,并具有黄瓜香味)、甲酸辛酯(清甜的水果香气)、2-癸酮、2,4-壬二烯醛(酯香、花香)及 γ-辛内酯(桃、椰子似甜果香气和燕麦面包香味);随着贮存时间的增长,香气组分 2-乙酰基-1-吡咯啉、2-壬烯醛、(E)-2-癸烯醛和 2,4-癸二烯醛含量均有所增加,而芳香族主要香气组分苯甲醛、苯乙醛和苯乙醇含量均明显降低;同时,嗅类物质如己醛、庚醛和壬醛等组分的含量均显著增加。

表 2 美国大杏仁烘烤和贮存过程中香气成分的变化

Table 2 Analysis of the changes of flavor component during the processing of almond roasting and storage

编号 No.	保留指数 RI	香气成分 Flavor component	分子式 Formula	含量/(μg · g ⁻¹) Content			
				烘烤前 Raw	烘烤后 Fresh roasted	贮存 3 个月 3 month storage	贮存 6 个月 6 month storage
1	710.34	2-甲基丁醇 2-methyl-1-butanol	C ₅ H ₁₂ O	0.031	0.165	0.295	0.159
2	737.04	甲苯 Benzene methyl	C ₇ H ₈		0.009	0.008	0.006
3	741.98	正戊醇 1 Pentanol	C ₅ H ₁₂ O	0.009	0.272	0.193	0.833
4	744.72	2,3-丁二醇 2,3-butandiol	C ₄ H ₁₀ O ₂	0.003	0.009	0.017	0.041
5	757.81	3-羟基-2-戊酮 3-hydroxy-2-pentanone	C ₅ H ₁₀ O ₂		0.023	0.015	0.018
6	760.51	2-甲基四氢呋喃-3-酮 dihydro-2-methyl-3(2H)-furanone	C ₅ H ₈ O ₂		0.077	0.034	0.034
7	763.50	己醛 Hexanal	C ₆ H ₁₂ O	0.007	0.319	0.328	2.080
8	780.32	甲基吡嗪 Methylpyrazine	C ₅ H ₆ N ₂		0.073	0.065	0.069
9	783.78	糠醛 Furfural	C ₅ H ₄ O ₂		0.260	0.110	0.086
10	786.15	辛烷 Octane	C ₈ H ₁₈	0.001	0.012	0.012	0.059
11	810.80	E-2-己烯醛 E-2-hexenal	C ₆ H ₁₀ O	0.001	0.032	0.014	0.025
12	820.88	糠醇 2-furamethanol	C ₅ H ₆ O ₂	0.004	0.044	0.036	0.031
13	841.59	丁内酯 Butyrolactone	C ₄ H ₆ O ₂	0.001	0.010	0.018	0.004
14	851.42	3-甲硫基丙醇 3-methylthio propanoal	C ₄ H ₁₀ OS		0.059	0.021	0.018

续表 2 Continued table 2

编号 No.	保留指数 RI	香气成分 Flavor component	分子式 Formula	含量/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) Content			
				烘烤前 Raw	烘烤后 Fresh roasted	贮存 3 个月 3 month storage	贮存 6 个月 6 month storage
15	857.51	2-庚酮 2-heptanone	C ₇ H ₁₄ O		0.011	0.075	0.081
16	861.77	邻二甲苯 Ortho-xylene	C ₈ H ₁₀		0.004	0.010	0.003
17	866.28	庚醛 N heptanal	C ₇ H ₁₄ O	0.001	0.020	0.025	0.142
18	869.84	2,5 和 2,6 二甲基吡嗪 2,5 and 2,6-dimethylpyrazine	C ₆ H ₈ N ₂		0.212	0.323	0.302
19	878.09	2-乙酰基-1-吡咯啉 2-acetyl-1-pyrroline	C ₆ H ₇ NO		0.013	0.034	0.106
20	886.22	壬烷 Nonane	C ₉ H ₂ O	0.0004	0.004	0.004	0.007
21	895.82	正己醇 Hexanol	C ₆ H ₁₄ O	0.0003	0.002	0.001	0.010
22	908.53	苯甲醛 Benzaldehyde	C ₇ H ₆ O	2.052	4.765	3.907	1.656
23	913.59	E-2-庚烯醛(E)-2-heptenal	C ₇ H ₁₂ O	0.012	0.082	0.030	0.083
24	931.00	甲基庚烯醇 Heptenol	C ₈ H ₁₆ O		0.006	0.057	0.016
25	944.73	庚醇 Heptanol	C ₇ H ₁₆ O	0.002	0.027	0.038	0.271
26	954.34	1-辛烯-3-醇 1-octen-3-ol	C ₈ H ₁₆ O	0.001	0.056	0.031	0.079
27	960.89	2-甲基吡嗪 2-methyl-5-ethylpyrazine	C ₅ H ₆ N ₂	0.003	0.044	0.102	0.079
28	965.94	2-正戊基呋喃 2-pentyl furan	C ₉ H ₁₄ O	0.010	0.061	0.041	0.132
29	967.46	辛醛 Octanal	C ₈ H ₁₆ O	0.007	0.316	0.046	0.580
30	985.67	癸烷 Decane	C ₁₀ H ₂₂		0.020	0.045	0.042
31	987.84	苯乙醛 Phenyl ethanal	C ₈ H ₈ O	0.138	1.380	0.390	0.179
32	996.68	3-辛烯-2-酮 3-octen-2-one	C ₈ H ₁₄ O			0.030	0.078
33	999.78	苧烯 DL-limonene	C ₁₀ H ₁₆	0.034	0.204	0.381	0.276
34	1 014.61	2-辛烯醛 2-octenal	C ₈ H ₁₄ O			0.422	1.975
35	1 039.39	2-乙基-3,5 二甲基吡嗪 3,5-dimethyl-2-ethylpyrazine	C ₈ H ₁₂ N ₂	0.007	0.243	0.488	0.672
36	1 042.42	甲酸辛酯 Octylformate	C ₉ H ₁₈ O ₂			0.386	1.584
37	1 064.20	苯乙醇 2-phenyl ethanol	C ₈ H ₁₀ O	0.400	0.305	0.385	0.090
38	1 067.62	壬醛 Nonanal	C ₉ H ₁₈ O	0.040	0.532	1.201	5.543
39	1 085.39	十一烷 Undecane	C ₁₁ H ₂₄	0.024	0.193	0.287	0.239
40	1 115.87	2-壬烯醛 Nonenal	C ₉ H ₁₆ O		0.070	0.162	0.272
41	1 147.96	2-癸酮 2-decanone	C ₁₀ H ₂₀ O			0.289	1.060
42	1 167.76	2,4-壬二烯醛 2,4-nonadienal	C ₉ H ₁₄ O			0.108	0.664
43	1 184.27	十二烷 Dodecane	C ₁₂ H ₂₆	0.019	0.287	0.975	0.664
44	1 187.27	γ -辛内酯 5-butylidihydro-2(3H)-furanone	C ₈ H ₁₄ O ₂			0.121	0.147
45	1 210.57	γ -壬内酯 2(3H)-furanone,dihydro-5-pentyl	C ₉ H ₁₆ O ₂		0.639	0.133	0.135
46	1 217.29	(E)-2-癸烯醛(E)-2-decenal	C ₁₀ H ₁₈ O		0.103	0.060	0.321
47	1 272.86	2,4-癸二烯醛 2,4-decadienal	C ₁₀ H ₁₆ O		0.028	0.050	0.184
48	1 283.08	十三烷 Tridecane	C ₁₃ H ₂₈		0.197	0.270	0.153
49	1 333.45	2-十一烯醛 2-undecenal	C ₁₁ H ₂₀ O		0.082	0.143	0.105
50	1 382.03	十四烷 Tetradecane	C ₁₄ H ₃ O		0.029	0.174	0.180

3 结论与讨论

本研究结果表明,美国大杏仁的挥发性香气成分主要为:芳香醛类(苯甲醛、苯乙醛等)、脂肪族醛类(辛醛、E-2-庚烯醛等)、脂肪族醇类(正戊醇、糠醇等)、芳香醇类(苯乙醇)、吡嗪类(甲基吡嗪、二甲基吡嗪等)、酮类(3-羟基-2-戊酮、2-庚酮等)、芳香烃(甲苯、邻二甲苯)、萜烯类(苧烯)、直碳氢化合物(辛烷、十二烷等)、吡咯类(2-乙酰基-1-吡咯啉)、呋喃类(2-正戊基呋喃、2-甲基四氢呋喃-3-酮)及其衍生物,其中苯甲醛、苯乙醇、苯乙醛、壬醛、苧烯及 2-甲基丁醇是构成生杏仁香味成分的主要组分。不论在生杏仁还是烘烤杏仁中,苯甲醛都是杏仁挥发性成分的

主要特征香气组分,而且杏仁经烘烤后,苯甲醛含量增加,香味更浓,但随着烘烤后贮存时间的延长,苯甲醛含量逐渐减弱。烘烤杏仁的挥发性物质以脂肪族醛类、芳香醛类及吡嗪类物质为主要组分,除生杏仁中原有的芳香族物质苯乙醛、苯乙醇,脂肪族醛类壬醛、己醛、辛醛以及正戊醇、2-乙基-3,5 二甲基吡嗪、苧烯等外, γ -壬内酯、糠醛、2,5 和 2,6 二甲基吡嗪、(E)-2-癸烯醛是构成烘烤杏仁的主要特征香气组分。本研究结果与贾春利等^[10]报道的烘烤后去皮整粒杏仁的主要挥发性风味物质为脂肪族醛类和吡嗪类,以及 Walradt 等^[11]、Kinlin 等^[12]认为吡嗪是坚果类烘烤后产生的主要风味物质的研究结果相吻合,但与贾春利等^[10]的研究结果烘烤后去皮整

粒杏仁的最主要挥发性风味物质是 2-甲基丁醛,以及 Takei 等^[4-5]的研究结果 2,5-二甲基-4-羟基-3(2H)-呋喃酮是对烘烤杏仁甜味贡献最大的组分的结论不尽相同,由此推断,杏仁的品种、产地、烘烤方法不同,得到的主要风味成分亦会有所差异。El-Kayati 等^[13]在 120 和 150 °C 下对花生烘烤后进行感官分析,结果表明,相对于 120 °C 的烘烤温度,样品在 150 °C 高温烘烤时产生了大量高浓度的吡嗪组分,使得样品在感官评价中得分较高,这也证明坚果的烘烤温度不同,其挥发性组分存在着差异。

在烘烤后贮存过程中,杏仁中壬醛、己醛、2-辛烯醛含量逐渐增高,在 37 °C 下贮存 6 个月时,壬醛、己醛及 2-辛烯醛的含量已经超过杏仁的主要特征香气组分苯甲醛;同时,辛醛、庚醛和正戊醇等随含量增加已经成为样品主要的挥发性物质组分;由此推断,纸袋包装的烘烤杏仁在 37 °C 下贮存 6 个月时已经氧化变质,不适宜食用。Abegaz 等^[14]通过对花生酱货架期的研究发现,花生酱的高含油量(500 g/kg)易造成其恶臭及不良气味,油脂中的高不饱和脂肪酸易氧化酸败分解为单分子过氧化物,从而生成脂肪族醛类气味,如壬醛、辛醛、癸醛和己醛。El-Kayati 等^[13]、Buckholz 等^[15]对 2 种不同加热温度烘烤的花生进行感官分析证实,由于非酶促褐变或油脂氧化致使油脂形成低分子量的脂肪族醛类及其衍生物,从而引起烘烤花生变质,货架期缩短。由此可见,与其他坚果类氧化的原因相同,高含油量及高不饱和脂肪酸的存在是引起烘烤杏仁变质的主要原因,壬醛、己醛、2-辛烯醛、辛醛及庚醛等脂肪族醛类物质是形成烘烤杏仁氧化酸败后产生不良气味的主要组分。

Fritsch 等^[16]通过对烘烤向日葵籽仁货架期的研究发现,己醛较过氧化物更能反映样品的氧化程度,以其作为检测氧化程度的指标时货架期的衡量终点为 6 μg/g,与现在常用的其他检测氧化酸败的方法相比,用己醛来检测氧化程度不需要从样品中提取油脂,更加方便准确。由此推断,随着烘烤杏仁贮存时间的延长,含量迅速增加且具有强烈刺激性不良气味的壬醛和己醛,可以用来检测氧化程度,确定烘烤杏仁的货架期,具体衡量标准尚有待进一步深入研究。

[参考文献]

- [1] Almond Board of California. USDA foreign agricultural service 2009/2010 almond forecast overview [R]. California: Almond Board of California, 2007.
- [2] Ahrens S, Venkatachalam M, Mistry A M, et al. Almond (*Prunus dulcis* L.) protein quality [J]. Plant Foods for Human Nutrition, 2005, 60: 123-128.
- [3] Sathe S K, Seeram N P, Kshirsagar H H, et al. Fatty acid composition of California grown almonds [J]. Journal of Food Sci, 2008, 73: c607-c614.
- [4] Takei Y, Yamanishi T. Flavor components of roasted almond [J]. Agriculture and Biological Chemistry, 1974, 38(12): 2329-2336.
- [5] Takei Y, Shimada K, Watanabe S. Volatile components of roasted almonds: basic fraction [J]. Agriculture and Biological Chemistry, 1974, 38(3): 645-648.
- [6] García-Pascual P, Mateos M, Carbonell V, et al. Influence of storage conditions on the quality of shelled and roasted almonds [J]. Biosystems Engineering, 2003, 84(2): 201-209.
- [7] Harris N E, Westcott D E, Henick A S. Rancidity in almonds: shelf life studies [J]. Journal of Food Sci, 1972, 37: 824-827.
- [8] Almond Board of California. California almonds [EB/OL]. [2010-09-01]. <http://www.almondboard.com>.
- [9] Yang J, Bingol G, Pan Z, et al. Infrared heating for dry-roasting and pasteurization of almonds [J]. Journal of Food Engineering, 2010, 101: 273-280.
- [10] 贾春利, 黄卫宁, 袁永利, 等. 美国加州杏仁月饼挥发性风味物质研究 [J]. 食品科学, 2005, 26(9): 400-407.
Jia C L, Huang W N, Yuan Y L, et al. Studies on the volatile flavor compounds of moon cakes containing California almond flour [J]. Food Science, 2005, 26(9): 400-407. (in Chinese)
- [11] Walradt J P, Pittet A O, Kinlin T E, et al. Volatile components of roasted peanuts [J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 1971, 19(5): 972-979.
- [12] Kinlin T E, Muralidhara R, Pittet A O, et al. Volatile components of roasted filberts [J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 1972, 20(5): 1021-1028.
- [13] El-Kayati S M, Fadel H H M, Mageed M A A, et al. Heat and storage effects on the flavour of peanuts [J]. Nahrung, 1998, 6: 416-421.
- [14] Abegaz E G, Kerr W L, Koehler P E. The role of moisture in flavor changes of model peanut confections during storage [J]. Lebensm Wiss u Technol, 2004, 37: 215-225.
- [15] Buckholz L L J, Daun H. Instrumental and sensory characteristics of roasted peanut flavor volatiles [J]. Acs Symposium Series, 1981, 170: 163-181.
- [16] Fritsch C W, Hofland C N, Vickers Z M. Shelf life of sunflower kernels [J]. Journal of Food Sci, 1997, 62(2): 425-428.