

检测分析

不同品种花生乳挥发性组分分析

芦鑫^{1,2}, 张丽霞^{1,2}, 王奕芳³, 孙强^{1,2}, 高锦鸿^{1,2}, 黄纪念^{1,2}

(1. 河南省农业科学院 农副产品加工研究所, 郑州 450002; 2. 河南省农产品生物活性物质工程技术研究中心, 郑州 450002; 3. 河南农业大学 食品科学技术学院, 郑州 450002)

摘要:为确定花生乳的挥发性组分, 首先通过优化萃取温度、吸附时间、解吸温度, 确定花生乳挥发性组分的最佳固相微萃取条件, 随后利用气质联用仪分析7种花生加工花生乳的挥发性组分, 通过主成分分析确立特征组分。此外, 探索花生脂肪脂肪酸组成对花生乳挥发性组分的影响。结果表明: 最佳固相微萃取条件为萃取温度 80 °C、吸附时间 20 min、解吸温度 250 °C, 此时可以获得最大的色谱峰面积; 花生乳挥发性组分由醛酮、烷烯、醇酚、杂环及其他类物质构成, 其中壬醛、呋喃、己醛、2, 4-癸二烯醛、辛醛、二氢-1, 4-乙基戊烯并[1, 2b]氧杂壬基、2-正庚基-呋喃、羟甲唑啉、1, 2-二甲基-4-氧代环己基-2-甲醛、4-环戊烯-1, 3-二醇为特征组分; 花生脂肪脂肪酸组成影响花生乳的风味构成, 亚油酸与花生乳风味中醛酮及醛酮、烷烯、醇酚类化合物总和呈显著正相关关系。

关键词:花生乳; 挥发性组分; 主成分分析; 脂肪酸组成

中图分类号: TS201.1; TS207 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2018)05-0139-06

Analysis of volatile components in different varieties of peanut milk

LU Xin^{1,2}, ZHANG Lixia^{1,2}, WANG Yifang³, SUN Qiang^{1,2},
GAO Jinhong^{1,2}, HUANG Jinian^{1,2}

(1. Institute of Agricultural and Sideline Products Processing, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China; 2. Henan Engineering Research Centre of Bioactive Substances in Agricultural Products, Zhengzhou 450002, China; 3. College of Food Science and Technology, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In order to determine volatile components in peanut milk, the optimal conditions of solid phase micro-extraction for volatile components in peanut milk were obtained by optimizing extraction temperature, adsorption time and desorption temperature, then the volatile components in peanut milk which was prepared from seven kinds of peanuts were analyzed by gas chromatography-mass spectrometry, and the characteristic components were deduced by principal component analysis. Moreover, the effect of fatty acid composition in peanut fat on the volatile components in peanut milk was investigated. The results showed that the optimal conditions of solid phase micro-extraction were obtained as follows: extraction temperature 80 °C, adsorption time 20 min, and desorption temperature 250 °C. Under these conditions, the total chromatographic peak area was the maximum. The volatile components in peanut milk were composed of aldehydes and ketones, alkanes and olefins, alcohols and phenols, heterocyclic and other compounds. Nonanal, furan, hexanal, 2, 4-decadienal, caprylaldehyde, 2H-1, 4-ethanopentaleno[1, 2b] oxirene, 2-n-heptyl-furan, oxymetazoline, 1, 2-dimethyl-4-oxocyclohex-2-enecarboxal-

收稿日期: 2017-08-24; 修回日期: 2017-09-20

基金项目: 国家重点研发计划资助(2016YFD0400201-03)

作者简介: 芦鑫(1981), 男, 助理研究员, 博士, 研究方向为油脂加工(E-mail) xinlu1981@foxmail.com。

通信作者: 黄纪念, 研究员, 博士(E-mail) hjinian@sina.com。

dehyde, 4-cyclopentene-1, 3-diol were the characteristic components. Fatty acid composition of peanut fat influenced the flavor composition of peanut milk, and there were strong positive correlations between linoleic acid and aldehydes and

ketones, and total components of aldehydes and ketones, alkanes and olefins, alcohols and phenols in volatile flavor components in peanut milk.

Key words: peanut milk; volatile component; principal component analysis; fatty acid composition

花生乳饮料是以花生为主料加工而成的植物蛋白饮料,蛋白质和不饱和脂肪酸含量高,且含有丰富的维生素与矿物质,由于其营养丰富、风味独特、物美价廉,深受消费者喜爱^[1-2]。为提高花生乳的品质,研究人员不断对其生产工艺、原料配方进行革新与优化^[3-6]。然而,对于花生乳挥发性组分分析与改善的研究涉及较少,花生乳有青草味、豆腥气等不良气味的问题依然存在^[7]。

顶空固相微萃取与气质联用仪联用技术(SPME-GC-MS)是一项新兴的风味分析方法,具有高效、经济、简便、重复性高等优点,已经广泛应用于食品、化工等行业^[8-9]。目前,尚未有文献报道将该技术应用于花生乳挥发性组分分析的报道。因此,本文利用SPME-GC-MS技术分析花生乳挥发性组分,首先通过优化操作条件,建立适宜SPME富集花生乳风味条件。随后,采用GC-MS分析7种花生加工的花生乳的风味组成,采用主成分分析确立花生乳的特征挥发性组分,以便为花生乳风味的后续研究提供理论参考。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

脱红衣花生:青岛东生集团股份有限公司;豫花15、豫花22、豫花40、远杂9102、远杂9326、远杂9719、秋乐177:河南秋乐种业科技股份有限公司(上述花生品种是2016年收获,留作种子的产品);碳酸氢钠:分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

DJ13E-Q1 豆浆机;SRH60 高压均质机;7890A/5975C 气质联用仪,安捷伦科技有限公司;CAR/PDMS 固相微萃取头(1 cm, 75 μm),美国色谱科公司;45 mL 顶空进样瓶;LDZX-50KBS 立式压力蒸汽灭菌器;ACS-6 电子计价称。

1.2 实验方法

1.2.1 花生乳制作

参照谢放华等^[10]的方法,具体操作如下:取

500 g 脱红衣花生,加入 1 500 mL 5 g/L 碳酸氢钠在 60 °C 浸泡 6 h,捞出,用蒸馏水冲洗花生 3 ~ 5 次,沥干,随后按料水比 1:10 加水,80 °C 磨浆后,通过配有 200 目筛网的平板离心机 3 000 r/min 离心 15 min。滤液在 95 °C 加热 5 min,通过胶体磨处理后,均质压力为 28 MPa 均质两次,装瓶密封 121 °C 杀菌 20 min,冷却后,置于 4 °C 冰箱备用。

1.2.2 固相微萃取花生乳挥发性组分条件优化

取普通脱红衣花生加工的花生乳 25 mL 与转子转移入顶空进样瓶中,用聚四氟乙烯隔垫密封。将进样瓶置于一定温度的水浴中,加热平衡 30 min 后,将已活化的萃取头(260 °C 活化 30 min)插入隔垫并推出纤维头,顶空吸附若干时间后,在 1.0 mL/min 流速下,采用一定解吸温度解吸 5 min。以总峰面积为评价指标,对萃取温度、吸附时间与解吸温度进行优化。

1.2.3 花生乳挥发性组分分析

分别将 7 种花生加工成的花生乳采用 1.2.2 中确立的最优固相微萃取条件进行挥发性组分富集,然后采用 GC-MS 进行分析^[11]。

1.2.4 花生组分测定

7 种花生的脂肪测定采用 GB/T 14772—2008;粗蛋白质测定采用 GB/T 14489.2—2008,转换系数为 5.46;碳水化合物采用总量扣除法;灰分测定参照 GB 5009.4—2010;水分测定参照 GB 5009.3—2010。

1.2.5 花生脂肪脂肪酸组成分析

7 种花生脂肪脂肪酸组成分析采用气相色谱法,参照 GB/T 25223—2010。

1.2.6 数据处理

采用软件 SAS 9.2 进行主成分分析、单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 7 种花生组分含量(见表 1)

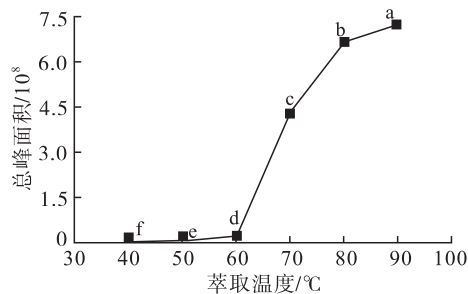
表 1 7 种花生组分含量

组分	豫花 15	豫花 22	豫花 40	秋乐 177	远杂 9102	远杂 9326	远杂 9719
脂肪	53.10	50.33	50.10	51.20	51.17	51.63	51.70
粗蛋白质	21.56	20.21	24.23	23.07	22.87	19.77	22.59
碳水化合物	16.34	20.26	16.53	17.44	16.28	20.14	17.62
灰分	2.92	2.69	2.78	2.20	2.76	2.25	2.21
水分	6.08	6.51	6.36	6.09	6.92	6.21	5.88

2.2 固相微萃取条件优化

2.2.1 萃取温度对固相微萃取效果的影响

固定吸附时间 15 min、解吸温度 240 ℃, 考察萃取温度对色谱峰总面积的影响, 结果见图 1。



注: 图中同一曲线上带有相同小写字母的样品间在 0.05 水平上无显著差异。下同。

图 1 萃取温度对花生乳色谱峰面积的影响

由图 1 可知, 萃取温度为 40 ~ 60 ℃ 时, 总峰面积变化不大, 随着萃取温度升高至 60 ℃ 以后, 总峰面积迅速增加, 但当萃取温度从 80 ℃ 升高到 90 ℃ 时, 总峰面积增加幅度减弱。萃取温度升高加速花生乳挥发性组分从花生乳传质到顶空中, 提高其在顶部空气中浓度, 这有利于萃取头吸附挥发性组分。但萃取温度过高, 原始风味物质会产生新物质, 对分析结果产生干扰^[12]。结合总峰面积与萃取温度考虑, 萃取温度以 80 ℃ 为宜。

2.2.2 吸附时间对固相微萃取效果的影响

固定萃取温度 80 ℃、解吸温度 240 ℃, 考察吸附时间对色谱峰总面积的影响, 结果见图 2。

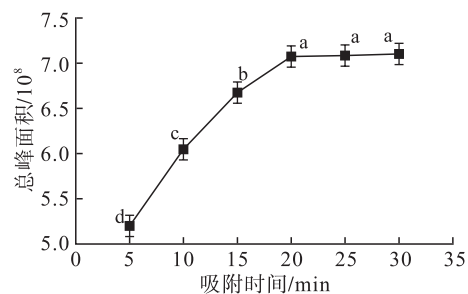


图 2 吸附时间对花生乳色谱峰面积的影响

由图 2 可知, 当吸附时间从 5 min 延长到 20 min 时, 总峰面积显著增加, 但继续延长吸附时间, 总峰面积无显著变化, 萃取头对体系内挥发性组分

的吸附达到动态平衡。为缩短吸附时间, 吸附时间以 20 min 为宜。

2.2.3 解吸温度对固相微萃取效果的影响

解吸温度也是影响风味分析效果的重要因素, 过低的解吸温度会使某些吸附在萃取头上的高沸点物质不能有效地被解吸; 而过高的解吸温度会使某些物质发生分解。固定萃取温度 80 ℃、吸附时间 20 min、考察解吸温度对色谱峰总面积的影响, 结果见图 3。

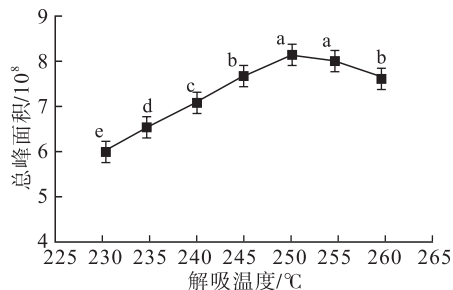


图 3 解吸温度对花生乳色谱峰面积的影响

由图 3 可知, 随着解吸温度升高, 色谱峰总面积逐渐增加, 当解吸温度达到 250 ℃, 色谱峰总面积达到最大。故解吸温度以 250 ℃ 为宜。综上所述, 固相微萃取采用萃取温度 80 ℃、吸附时间 20 min、解吸温度 250 ℃, 此时可以获得最大的色谱峰面积, 为后续气质分析奠定有利条件。

2.3 花生乳挥发性组分分析

固相微萃取法富集的 7 种花生加工的花生乳的挥发性组分, 经过 GC-MS 分析, 获得的风味物质及相对含量见表 2。

由表 2 可知, 花生乳的挥发性组分由 44 种物质组成, 主要由醛酮、烷烯、醇酚、杂环及其他类物质构成, 其中醛酮类有 19 种, 分别占 45.21% ~ 65.74%; 烷烯类有 6 种, 分别占 4.33% ~ 14.83%; 醇酚类有 11 种, 分别占 1.42% ~ 11.18%; 杂环及其他类有 8 种, 分别占 18.72% ~ 40.45%。上述挥发性组分与豆奶挥发性组分类似^[13-14]。按照生成途径, 风味物质可以分成两大类, 第一类为油脂氧化产生醛酮、烷烯、醇酚等, 第二类为美拉德反应产生的呋喃、吡嗪、吡咯、噻吩等含氮、氧杂环化合物^[7-8, 15]。

表 2 花生乳挥发性组分组成及含量

编号	风味物质	% 远杂 9326 远杂 9719						
		豫花 15	豫花 22	豫花 40	秋乐 177	远杂 9102	远杂 9326	远杂 9719
C1	己醛	16.45	0.00	21.90	13.77	0.00	14.01	0.00
C2	6-羟基-2,2-二甲基环己酮	2.00	0.00	2.46	1.42	0.00	1.37	0.00
C3	2,3-辛二酮	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.13
C4	辛醛	7.53	6.29	6.04	5.37	5.64	6.75	5.42
C5	5-乙基-1-环戊烯-1-甲醛	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.09	3.21
C6	2-辛烯醛	3.07	3.46	3.63	3.05	5.92	2.29	4.55

续表 2

编号	风味物质	豫花 15	豫花 22	豫花 40	秋乐 177	远杂 9102	远杂 9326	远杂 9719
C7	苯甲醛	1.09	1.19	0.00	0.00	1.36	1.23	0.00
C8	苯乙醛	0.00	0.00	1.66	0.00	0.00	0.00	0.00
C9	壬醛	17.43	24.86	14.68	25.15	22.31	21.07	38.82
C10	2-壬烯醛	1.04	2.02	0.77	1.91	2.10	0.81	2.44
C11	十一醛	0.80	0.00	0.00	0.49	0.00	0.00	0.00
C12	癸醛	0.67	1.22	0.28	1.54	1.16	0.71	1.76
C13	1,2-二甲基-4-氧代环己基-2-甲醛	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00
C14	2-癸醛	1.17	2.10	1.75	2.51	4.16	1.53	3.72
C15	八氢雌甾酮	2.77	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00
C16	环己酮	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80
C17	2,4-癸二烯醛	1.70	3.04	2.66	5.28	12.95	2.89	1.00
C18	3-壬烯-5-炔基	0.00	0.00	3.07	0.00	0.00	0.00	0.00
C19	2-十一碳烯醛	0.56	1.03	1.24	1.26	2.03	0.90	1.89
	醛酮类总和	56.28	45.21	60.63	61.75	57.62	56.65	65.74
C20	庚烯	4.67	0.00	2.45	2.84	0.00	2.60	0.00
C21	2-庚烯	4.18	4.33	3.63	3.18	5.68	1.97	2.24
C22	1,3-己二烯	4.21	0.00	3.34	0.00	0.00	0.00	0.00
C23	辛烷	0.00	0.00	2.65	0.00	0.00	2.63	0.00
C24	环丙烷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.60
C25	环辛烯	1.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	烷烯类总和	14.83	4.33	12.07	6.01	5.68	7.20	4.84
C26	4-环戊烯-1,3-二醇	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C27	1-辛烯-3-醇	5.76	3.90	4.55	3.46	4.83	4.08	0.00
C28	3-壬烯-2-醇	0.00	3.44	0.00	2.74	4.01	0.00	0.00
C29	1-庚醇	0.00	0.00	0.00	3.75	1.64	0.00	0.00
C30	1-辛醇	3.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C31	1-癸醇	0.00	2.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C32	3-甲基-1,6-二烯-3-庚醇	0.00	0.00	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00
C33	反式-2-十一碳烯-1-醇	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C34	环十二烷醇	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00
C35	4,4,6-三甲基-2-烯-1-环己醇	0.00	0.38	0.28	0.35	0.70	0.00	1.42
C36	苯酚	0.00	0.00	2.97	0.00	0.00	0.00	0.00
	醇酚类总和	9.53	10.00	8.58	10.98	11.18	4.08	1.42
C37	呋喃	18.99	36.67	17.06	17.06	16.33	29.57	26.16
C38	苯甲酯	0.00	0.00	0.00	1.24	0.00	0.00	0.00
C39	1,2-苯并异噻唑-3-胺	0.37	0.00	0.00	0.00	1.51	0.00	0.00
C40	2-正庚基-呋喃	0.00	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C41	二氢-1,4-乙基戊烯并[1,2b]氧杂壬基	0.00	3.14	0.00	2.96	7.69	2.50	1.84
C42	苯并噻吩-2-羧酸	0.00	0.00	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00
C43	吗啉	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C44	羟甲唑啉	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00
	杂环及其他类总和	19.36	40.45	18.72	21.25	25.53	32.07	28.00

虽然不同品种花生加工的花生乳挥发性组分组成有差别,但通过相关性分析发现花生乳的挥发性组分存在较强的一致性(见表3),这有利于花生乳

主要风味物质的确定。通过 SAS 进行主成分分析发现,第一主成分是最主要的特征向量,其贡献率为 84.57%,结合第二主成分与第三主成分,其累计贡

献率达到 97.10%。因而,前 3 个主成分可以有效描述花生乳挥发性组分信息。

花生乳挥发性组分在前 3 个主成分的分布见图 4,计算挥发性组分的模长,将模长由大到小排列,前 10 位的挥发性组分如下(括号内数值为模长):壬醛(10.348)、呋喃(10.148)、己醛(6.165)、2,4-癸二烯醛(2.131)、辛醛(1.987)、二氢-1,4-乙基戊烯并[1,2b]氧杂壬基(1.226)、2-正庚基-呋喃(1.124)、羟甲唑啉(1.123)、1,2-二甲基-4-氧代环己基-2-甲醛(1.120)、4-环戊烯-1,3-

二醇(1.118)。这些特征组分由 5 种醛类、4 种杂环类、1 种醇类组成;且油脂氧化产生挥发性组分在品种数量与所占比例均占优势(见表 2),这表明油脂氧化在花生乳风味形成过程中起到重要作用。本实验中,美拉德反应形成风味物质未起主导作用的原因可能是:①未采用浓香型花生乳生产工艺进行生产,生产过程中无烘烤生香工艺;②为减少辅料对花生乳风味的干扰,本实验中未添加甜味剂(糖)、香精、乳化剂等辅料,糖的缺失会削弱美拉德反应。

表 3 不同品种花生加工的花生乳挥发性组分的相关系数

项目	豫花 15	豫花 22	豫花 40	秋乐 177	远杂 9102	远杂 9326	远杂 9719
豫花 15	1	0.783 *	0.942 **	0.912 **	0.673 *	0.933 **	0.749 *
豫花 22	-	1	0.662 *	0.823 *	0.847 *	0.914 *	0.905 *
豫花 40	-	-	1	0.866 *	0.567	0.883 *	0.627 *
秋乐 177	-	-	-	1	0.837 *	0.917 *	0.872 **
远杂 9102	-	-	-	-	1	0.765 *	0.854 *
远杂 9326	-	-	-	-	-	1	0.846 *
远杂 9719	-	-	-	-	-	-	1

注: * 为显著相关, ** 为极显著相关。下同。

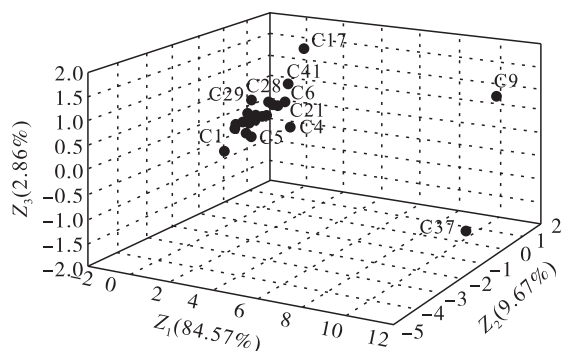


图 4 花生乳挥发性组分的主成分分析图

2.4 花生脂肪与花生乳中脂类氧化形成挥发性组分的相关性分析

由 2.3 可知,脂肪氧化对花生乳风味的形成起到重要作用,因此有必要分析花生脂肪含量与脂肪组成对花生乳中脂类氧化形成挥发性组分的关系。花生脂肪含量见表 1,7 种花生脂肪脂肪酸组成见表 4,花生脂肪与花生乳中脂肪氧化生成挥发性组分间的相关性见表 5。

表 4 7 种花生脂肪脂肪酸组成及含量

脂肪酸	豫花 15	豫花 22	豫花 40	秋乐 177	远杂 9102	远杂 9326	远杂 9719
棕榈酸	10.45	10.90	9.44	10.31	10.47	10.19	10.07
硬脂酸	4.70	4.53	5.13	4.43	4.39	4.58	4.65
油酸	39.82	40.55	39.56	38.45	38.51	39.82	39.02
亚油酸	35.02	33.41	35.50	35.74	35.52	34.53	35.59
花生酸	2.39	2.29	2.29	2.33	2.31	2.46	2.34
花生烯酸	0.94	0.90	0.95	1.05	1.07	1.00	1.02
山嵛酸	4.25	4.49	4.56	4.69	4.63	4.67	4.44
二十四烷酸	2.14	2.55	2.20	2.71	2.73	2.43	2.59

由表 1 和表 4 可知,7 种花生的脂肪含量均大于 50%,油酸、亚油酸是花生脂肪的主要组分,二者总和超过 70%。

由表 5 可知,通过相关性分析发现,亚油酸与醛酮类挥发性组分呈极显著正相关,由于亚油酸

是上述脂肪酸中稳定性最差的脂肪酸,极易氧化产生醛酮类物质。亚油酸与醛酮、烷烯、醇酚 3 类化合物总和呈极显著正相关。另外,二十四烷酸与烷烯类挥发性组分呈显著负相关,其原因有待进一步研究。

表5 花生脂肪与花生乳中脂肪氧化生成挥发性组分间的相关性

项目	醛酮类	烷烯类	醇酚类	3类化合物总和
脂肪	0.174	0.569	-0.121	0.358
棕榈酸	-0.720	-0.476	0.399	-0.640
硬脂酸	0.377	0.583	-0.553	0.359
油酸	-0.698	0.081	-0.425	-0.679
亚油酸	0.924*	0.328	0.090	0.921**
花生酸	-0.042	0.484	-0.310	0.074
花生烯酸	0.576	-0.158	0.507	0.578
山嵛酸	0.031	-0.485	0.363	-0.063
二十四烷酸	-0.093	-0.876*	0.480	-0.299

3 结论

以总峰面积为评价指标,优化固相微萃取的条件,随后采用气质联用仪分析7种花生加工的花生乳的挥发性组分,采用主成分分析确定主要的特征挥发性组分,并利用相关性分析明确花生脂肪酸组成与脂源性挥发性组分间的关系,获得以下结论:

(1)固相微萃取的最佳条件为:萃取温度80℃,吸附时间20 min,解吸温度250℃。

(2)花生乳挥发性组分由醛酮、烷烯、醇酚、杂环及其他类物质构成,其中壬醛、呋喃、己醛、2,4-癸二烯醛、辛醛、二氢-1,4-乙基戊烯并[1,2b]氧杂壬基、2-正庚基-呋喃、羟甲唑啉、1,2-二甲基-4-氧代环己基-2-甲醛、4-环戊烯-1,3-二醇为特征组分。

(3)花生脂肪的脂肪酸组成会影响花生乳的风味特征,花生脂肪中亚油酸含量对花生乳风味中醛酮类化合物的形成呈显著正相关(相关系数0.924),与醛酮、烷烯、醇酚3类化合物总和呈极显著正相关关系(相关系数0.921)。

受时间所限,本文并未讨论加工方式与参数对花生乳风味形成的影响,也未涉及甜味剂、乳化剂、香精等辅料对花生乳风味的影响,上述内容将在后续研究中进行探讨。

参考文献:

- [1] 邢建华,张峰,信建豪,等.花生乳生产工艺比较研究[J].食品科技,2014,39(7):73-75.
- [2] 张余,袁怀波,陈志宏,等.芽培花生营养及体外抗氧化性质分析[J].中国油脂,2015,40(5):28-35.
- [3] 李春发.花生乳植物蛋白饮料的研制[J].饮料工业,2013,16(6):34-36.
- [4] 李晓静,吴祎帆,韩宗元,等.Box-Behnken法优化浓香花生奶研究[J].粮食与油脂,2015,28(12):25-28.
- [5] 徐航,许琪,李鹏飞,等.水酶法提取花生油水相制备低脂花生乳饮料[J].食品发酵与工业,2015,41(4):81-86.
- [6] 李锦利.花生乳饮料干法生产工艺研究[J].中国乳品工业,2016,44(7):60-64.
- [7] 刘助生.不同提取工艺对花生乳物理、化学及感官特性的影响[J].食品工业科技,2003,24(3):58-60.
- [8] 谢婧,徐俐,吴浪,等.SPME-GC-MS对菜籽毛油和精炼菜籽油挥发性风味组分的分析[J].中国油脂,2012,37(8):84-87.
- [9] 张瑶,张沙沙,王承明.花生粕酿酒工艺及花生发酵酒风味物质和营养成分分析[J].中国油脂,2016,41(11):100-104.
- [10] 谢放华.花生乳饮料稳定性的探讨[J].食品工业,2002,30(2):19-20.
- [11] 张丽霞,芦鑫,宋国辉,等.萌芽对芝麻品质及芝麻酱风味的影响[J].中国食物与营养,2016,22(2):54-58.
- [12] 夏欣,姚磊,曹君,等.两种油茶籽油风味物质的分析与比较[J].中国食品学报,2016,16(4):251-257.
- [13] 马磊,孙君明,韩粉霞.大豆奶风味品质研究进展[J].大豆科学,2012,31(3):478-482.
- [14] POLISELI-SCOPEL F H, HEMÁNDEZ-HERRERO M, GUAMIS B, et al. Characteristics of soymilk pasteurized by ultra high pressure homogenization (UHPH)[J]. Innov Food Sci Emerg Technol, 2013, 20(10):73-80.
- [15] 宋志华,周萍萍,黄健花,等.氨基酸对浓香葵花籽油美拉德反应风味的贡献[J].中国油脂,2015,40(10):25-30.