

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.06.019

不同含蛋量与沙琪玛香气之间的关系研究

杨平¹, 尤梦晨^{1,2}, 宋焕禄¹✉

- (1. 北京食品营养与人类健康高精尖创新中心, 北京市食品添加剂工程技术研究中心, 北京工商大学分子感官科学实验室, 北京工商大学, 北京 100048;
2. 国家粮食和物资储备局科学研究院, 北京 100037)

摘要: 分别制作蛋含量为 0%、10%、20%、30% 的沙琪玛样品, 采用固相微萃取结合气相色谱-嗅闻-质谱联用技术测定其香气成分, 结果如下: 醇、醛、杂环类化合物为沙琪玛中的主要香气组分。醇类和醛类物质的含量随着蛋含量的增加而下降。相反, 杂环类化合物, 尤其是吡嗪类化合物, 随蛋含量的增加而增加。此外加入鸡蛋后能够检测到的气味化合物有: 2-甲基丁醛、3-甲基丁醛、6-甲基-5-庚烯-2-酮、5-甲基-2-乙基吡嗪、2-乙基吡嗪、1,4-二甲基吡唑、糠醇、2-乙酰吡咯、2,5-二甲基吡嗪、2,6-二甲基吡嗪和 3,5-二甲基-2-乙基吡嗪。2-甲基丁醛、3-甲基丁醛在当蛋含量为 20% 和 30% 的沙琪玛制品中被检测到。鸡蛋对沙琪玛整体香气的重要贡献作用。

关键词: 沙琪玛; 蛋含量; 固相微萃取; 气相色谱-嗅闻-质谱联用

中图分类号: TS253.4 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2020)06-0145-07

网络首发时间: 2020-10-22 09:55:38

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.TS.20201022.0901.001.html>

Research on the Relationships between the Aroma of Sachima and the Contents of Egg

YANG Ping¹, YOU Meng-chen^{1,2}, SONG Huan-lu¹✉

- (1. Beijing Advanced Innovation Center for Food Nutrition and Human Health, Beijing Research Center for Food Additive Engineering Technology, Laboratory of Molecular Sensory Science, Beijing Technology and Business University (BTBU), Beijing 100048, China;
2. Academy of National Food and Strategic Reserves Administration, Beijing 100037, China)

Abstract: The Sachima samples with different egg contents (0%, 10%, 20% and 30%) were prepared in order to explore the contributions of egg content to aroma of Saqima. The aroma compounds were determined by solid phase microextraction combined with gas chromatography-olfactory-mass spectrometry. The results were as follows: Alcohols, aldehydes and heterocyclic compounds were the main aroma components in Saqima. The content of alcohols and aldehydes decreased with the increase of egg content. On the contrary, heterocyclic compounds, especially pyrazines, showed an obvious increase tendency with the increase of egg content. The content of ketones did not change too much. In addition, eleven compounds can be detected in the Sachima with egg addtion, including 2-methylbutyraldehyde, 3-methylbutyraldehyde, 6-methyl-5-heptene-2-one, 5-methyl-2-ethylpyrazine, 2-vinyl pyrazine, 1,4-dimethylpyrazole, furfuryl alcohol, 2-acetylpyrrole, 2,5-dimethylpyrazine, 2,6-dimethylpyrazine and 3,5-dimethyl-2-ethylpyrazine. 2-Methylbutyraldehyde and

收稿日期: 2020-07-28

基金项目: 企业委托项目 (G201509)

作者简介: 杨平, 女, 1993 年出生, 博士研究生, 研究方向为分子感官科学。E-mail: yangp_yp@163.com.

通讯作者: 宋焕禄, 男, 1961 年出生, 博士, 教授, 研究方向为分子感官科学、美拉德反应。E-mail: songhl@th. btbu.edu.cn.

3-methylbutyraldehydewere detected in the Saqima with 20% and 30% egg respectively. Therefore, the content of egg plays an important role in the overall aroma of Saqima.

Key words: saqima; egg content; solid phase micro-extraction; gas chromatography-olfactory-mass spectrometry

沙琪玛被称为“萨琪玛”，起源于满族，曾作为祭祀食品，后因其口感绵甜松软、味道香浓、色泽金黄等特点成为闻名的京式四时小吃，深受人们的喜爱^[1-2]。最早沙琪玛的制作原料和工艺较为简单，即将冰糖、奶油、白面粉等原材料混合，切成条状后用烘炉烤制而成^[3]。后经发展，沙琪玛加入了鸡蛋、食用油和面粉混合，经切条、油炸后，用饴糖或蜂蜜搅拌压模成型^[4]。现在，沙琪玛的制作工艺经过不断优化，产品日趋完善，融合了中西制作面点的工艺特色，成为目前老百姓备受喜爱的食品之一^[5]。

沙琪玛制作过程中，原料之间发生复杂多变的化学反应，如：面团发酵、脂肪氧化、热反应（美拉德反应和焦糖化反应）、乳酸菌的生长代谢、发酵过程中的酶活等，因此各原料之间的相互作用也会对最终香气化合物的组成起着至关重要的作用^[6]。如蛋白是脯氨酸、精氨酸和组氨酸的重要来源，它们与面团中五碳糖发生美拉德反应，生成具有甜味香气的吡喃酮等化合物，这对产品的最终风味轮廓具有重要的作用^[6]。

沙琪玛主要原料包括面粉、棕榈油、糖和鸡蛋，此外还会加入酵母、小苏打、奶粉等辅料以提高品质^[7]。棕榈油中含有如：油酸、月桂酸、肉豆蔻酸、棕榈酸等大量脂肪酸，油炸过程的氧化分解会产生大量重要的气味物质，如：醇、醛、酮、酸等，未完全分解的长链脂肪酸还会环化生成内酯化合物^[8]。糖的加入会与原料中的氨基酸等发生美拉德反应或自身热降解，对沙琪玛香气具有贡献作用^[9]。但在沙琪玛制作过程中，由于大量糖的引入是在最后的淋糖过程，因此额外加入的糖对沙琪玛整体香气贡献度有限^[10]。鸡蛋中因其含有丰富的脂质和氨基酸等物质，可为产品提供大量香气成分，成为中外烘焙制品中重要的原料。如甲硫氨酸产生含硫化合物，缬氨酸通过 Strecker 降解可生成具有麦芽味的 2-甲基丙醛等^[11]。面粉是沙琪玛制作的最基本原料，据报道 2-甲基丁醛和苯乙醛是面团产生的重要香气

成分，但它所能提供的挥发性化合物以及气味物质的前驱物较少，因此它对产品最终香气的贡献相对较小^[6]。

目前鸡蛋对沙琪玛香气的贡献作用，鸡蛋添加量对沙琪玛香气的影响以及香气变化还未有人涉及。本章研究的目的是探究蛋香味对沙琪玛香气的贡献作用。

1 实验材料与方法

1.1 材料与试剂

1.1.1 材料

棕榈油：天津龙威粮油工业有限公司；鲜鸡蛋：北京德青源农业科技股份有限公司；高筋面粉：北京古船食品有限公司；饮用水：市饮用水。

1.1.2 试剂

氮气（99.9992%）、氦气（99.9990%）：北京氮普北分气体工业有限公司；正己烷（色谱纯）、正构烷烃、2-甲基-3-庚酮：美国 Sigma 公司；正戊烷、无水硫酸钠（分析纯）、乙醚：国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器和设备

1.2.1 沙琪玛制作

电子称：永康市康尔牛工贸有限公司；恒温发酵箱：美的集团股份有限公司；和面机：小熊电器股份有限公司；数显食品温度计：深圳市乐格电子有限公司。

1.2.2 固相微萃取

恒温水浴锅：国华电器有限公司；固相微萃取顶空瓶（100 mL）：美国 QEC 公司；微量注射器（10 μ L）：美国 Agilent 公司；固相微萃取手动进样手柄、CAR/PDMS/DVB 萃取头：美国 Supelco 公司；电子天平：上海舜宇恒平科学仪器有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 不同蛋含量沙琪玛样品的制备

为排除辅料干扰及影响，本研究的制作原料只选取了面粉、鸡蛋、水和棕榈油。此外由于面粉与鸡蛋的比例最大不超过 2 : 1（即完全用鸡蛋

和面的最大比例,超过则无法形成正常面团),因此鸡蛋添加量最多为 30%。

果子制作部分:原料按设计比例(如表 1 所示)混合→放入和面机→搅拌 8 min 至出面筋→面团取出→揉成光滑面团→37 °C 恒温发酵 2 h→压面、揉面二次醒发 2 h→取出面团→面团擀成面饼(厚约 0.5 cm)→面饼切成面条(长、宽约为 10 cm×2 cm)→筛除多余干粉。

表 1 不同含蛋量沙琪玛中三种原料的配比

编号	面粉/g	鸡蛋/g	水/g	物料总重/g	鸡蛋占比/%
1	40	20	0	60	30
2	40	12	8	60	20
3	40	6	14	60	10
4	40	0	20	60	0

油炸果子部分:称取 40 g 棕榈油→倒入炸锅→待油温升高→分次放入沙琪玛果子→油炸 60 s (170 °C)→捞出沙琪玛果子→沥油→冷却→静置→稳定 24 h→准备检测。

1.3.2 固相微萃取 (SPME) 法的香气测定

准确称取沙琪玛样品 (7.0 g)→置于 40 mL 气相顶空瓶中(干净、无异味)→加入 1 μL 内标 2-甲基-3-庚酮 (0.816 μg/μL,溶于正己烷)→盖好瓶盖→65 °C 恒温水浴→插入固相微萃取针→平衡 20 min→吸附涂层推出→吸附 40 min (温度不变)→插入气相色谱-嗅闻-质谱联用仪进样口→解析 5 min 后拔针(进样口温度为 250 °C)→嗅闻。

每个样品重复 3 遍。

1.3.3 气相色谱-嗅闻-质谱联用 (GC-O-MS)

色谱条件:升温程序为起始温度设定为 40 °C,在此温度保持 3 min,后以 5 °C /min 速度升温至 200 °C,再以 10 °C /min 升至 230 °C 维持 3 min。载气为氦气,其恒定流速设为 1.2 mL /min,进样口温度为 250 °C。分流比设为不分流。

质谱条件:离子源为电子轰击 (electron impact, EI) 离子源,电子能量为 70 eV,传输线温度设为 280 °C,离子源温度设定为 230 °C,四极杆温度设为 150 °C,溶剂延迟 4 min,质量扫描范围 m/z 设为 50~350。

嗅闻探测器条件:气味输出通过无涂层填充的空色谱柱,色谱柱温度设定为 150 °C,同时通入湿润氮气以防止实验员鼻腔干燥。

1.3.4 数据分析

柱形图制作由 Originpro 8.5.1 完成,表格制作由 Microsoft Office Excel 2007 软件完成。

2 结果与分析

2.1 背景香气成分的测定

棕榈油本身具有香气,为排除其自身香气及加热后产生香气的干扰,需测定油炸油炸沙琪玛后剩下的油脂样品以及在不添加任何原料,相同温度下单独加热棕榈油产生的香气成分,加热时间 60 s。分析结果如表 2 所示。

表 2 原油中的香气化合物

序号	气味化合物	RI 值		气味描述
		DB-WAX	DB-5	
1	1-壬醇	931	1 154	脂肪味
2	戊醛	965	732	麦香
3	顺-3-壬烯-2-醇	1 044	-	-
4	己醛	1 070	886	青草味
5	反-2-戊烯醛	1 116	754	草莓
6	1-戊烯-3-醇	1 148	686	黄油
7	3-甲基环戊基乙酸酯	1 153	-	-
8	庚醛	1 174	975	柑橘味
9	3-甲基-2-丁烯醛	1 185	-	-
10	D-柠檬烯	1 189	1 109	柑橘味
11	反-2-己烯醛	1 206	927	苹果味
12	2-戊基呋喃	1 221	1 069	青豆味
13	1-戊醇	1 240	-	香油味
14	辛醛	1 279	1 080	脂肪味
15	反-2-庚烯醛	1 314	-	脂肪味
16	6-甲基-5-庚二烯-2-酮	1 326	1 064	胡椒味
17	壬醛	1 385	1 186	柑橘味
18	反-2-辛烯醛	1 419	1 138	生坚果, 脂肪
19	1-辛烯-3-酮	1 438	1 057	蘑菇味
20	反-2-壬烯醛	1 444	1 245	黄瓜味
21	反,反-2,4-庚二烯醛	1 452	-	生坚果, 脂肪
22	4-乙基环己醇	1 473	-	-
23	反-2-癸烯醛	1 489	1 293	牛油味
24	3-壬烯-2-酮	1 502	1 223	-
25	苯甲醛	1 509	1 037	苦杏仁
26	1-辛醇	1 546	1 152	金属味
27	6-甲基-3-5-庚二烯-2-酮	1 580	-	-
28	5,5-二甲基-2(5H)呋喃酮	1 592	-	-
29	癸烯醛	1 634	-	-
30	1-(1-环己烯-1-基)-乙醇	1 666	-	-
31	2-十一烯醛	1 742	1 459	甜香
32	反,顺-2,4-癸二烯醛	1 752	1 386	脂肪味
33	反,反-2,4-癸二烯醛	1 798	1 410	脂肪味
34	4-氧醛酸醛	1 815	-	-
35	己酸	1 827	1 019	汗臭
36	苯甲醇	1 857	-	花香
37	庚酸	1 935	-	-
38	反,反-2,4-十二碳烯醛	1 987	-	-
39	椰子醛	2 014	-	椰子味

棕榈油在加热后产生大量的醛类物质及少量的醇类、酮类和酸类物质,种类与油炸沙琪玛相似,二者共有的香气成分主要为醇、醛、酮类,包括:1-戊醇、1-辛烯-3-醇、苯甲醇、己醛、1-辛醇、反-2-己烯醛、辛醛、庚醛、反-2-庚烯醛、反-2-辛烯醛、反,反-2,4-庚二烯醛、苯甲醛、反-2-辛烯醛、壬醛、反-2-癸烯醛、反,顺-2,4-癸二烯醛、反,反-2,4-癸二烯醛、2-十一烯醛、顺-庚烯醛、癸烯

醛、6-甲基-5-庚烯-2-酮、3-壬烯-2-酮、D-柠檬烯、2-戊基呋喃。以上化合物由于大多为醛类物质,阈值较低,又多呈现清香、脂肪等味道,是沙琪玛中清香和脂肪香的重要来源。在沙琪玛中,推测这些成分也来源于脂肪氧化。

2.2 自制沙琪玛中香气化合物的鉴定

对不同蛋白含量的每个样品进行香气成分测定,得到表 3。由于与市售沙琪玛样品相比,制

表 3 不同蛋白含量沙琪玛样品中的香气成分

类别 NO.	气味化合物	色谱柱		检测方式	气味描述	浓度 / (ng/g)			
		DB-WAX	DB-5			无	10%	20%	30%
醇	1 1-戊醇	1 247	-	MS/RI/STD/O	香油味	3.910±1.70 ^a	6.16±2.35 ^a	3.72±0.85 ^a	5.27±2.10 ^a
	2 己醇	1 350	-	MS/RI/STD	松香味	2.580±1.15 ^b	ND ^a	2.69±0.39 ^b	3.75±0.39 ^b
	3 2-丁氧基乙醇	-	981	MS	-	8.760±1.22 ^a	7.31±1.30 ^a	7.31±2.07 ^a	8.28±0.40 ^a
	4 1-辛烯-3-醇	1 446	1 057	MS/RI/STD	蘑菇味	7.430±4.10 ^a	8.66±1.90 ^a	10.07±2.38 ^a	7.25±1.21 ^a
	5 1-辛醇	1 554	1 152	MS/RI/STD	清香味	19.810±2.87 ^b	7.21±2.45 ^a	10.19±2.88 ^a	4.50±0.61 ^a
	6 苯甲醇	1 856	-	MS/RI/STD	花香	ND ^a	1.26±0.59 ^b	1.70±0.44 ^b	ND ^a
	7 苯乙醇	1 902	-	MS/RI/STD/O	玫瑰香	0.580±0.04 ^a	0.54±0.14 ^a	0.58±0.18 ^a	0.32±0.07 ^a
	8 2-苯氧基乙醇	2 130	-	MS	-	0.510±0.18 ^b	0.31±0.27 ^b	ND ^a	ND ^a
	9 1-庚醇	-	1 048	MS/RI/STD	清香味	12.920±0.43 ^b	8.26±0.58 ^b	8.57±1.85 ^b	5.14±0.52 ^a
总计					56.100±7.93	39.70±9.58	44.82±11.03	34.50±5.31	
醛	10 2-甲基丁醛	908	-	MS/RI/STD/O	可可味	ND ^a	ND ^a	9.63±4.83 ^b	18.10±7.15 ^c
	11 异戊醛	909	-	MS/RI/STD/O	麦芽味	ND ^a	ND ^a	ND ^a	21.76±7.46 ^b
	12 己醛	1 077	886	MS/RI/STD/O	青草味	14.090±3.62 ^a	14.55±1.61 ^a	17.46±3.21 ^a	12.79±1.11 ^a
	13 庚醛	1 175	975	MS/RI/STD	柑橘味	6.950±1.14 ^c	5.49±0.37 ^b	6.10±2.18 ^b	5.89±0.44 ^a
	14 反-2-己烯醛	1 214	927	MS/RI/STD	苹果味	3.550±0.17 ^b	ND ^a	ND ^a	ND ^a
	15 辛醛	1 287	1 080	MS/RI/STD/O	脂肪味	23.450±3.83 ^b	3.95±0.87 ^a	6.34±1.21 ^b	6.07±1.07 ^b
	16 反-2-庚烯醛	1 321	-	MS/RI/STD	脂肪味	15.450±2.10 ^b	11.95±2.31 ^b	ND ^a	ND ^a
	17 壬醛	1 392	1 186	MS/RI/STD/O	柑橘味	98.238±12.45 ^c	83.20±17.38 ^b	64.34±1.18 ^b	49.58±12.23 ^a
	18 5-乙基茂稠-1-烯醛	1 415	-	MS/RI/STD	-	20.930±9.72 ^c	13.91±4.00 ^b	15.53±4.04 ^b	7.34±0.70 ^a
	19 反-2-辛烯醛	1 428	1 138	MS/RI/STD/O	生坚果, 脂肪	19.490±1.86 ^c	11.70±3.36 ^b	13.01±3.94 ^b	5.03±1.01 ^a
	20 反,反-2,4-庚二烯醛	1 481	-	MS/RI/STD	生坚果, 脂肪	ND ^a	5.41±1.61 ^b	ND ^a	ND ^a
	21 苯甲醛	1 516	1 037	MS/RI/STD/O	苦杏仁	21.450±7.00 ^a	15.41±1.23 ^a	12.58±2.99 ^a	12.98±1.43 ^a
	22 反-2-壬烯醛	1 535	1 245	MS/RI/STD/O	黄瓜味	8.110±0.51 ^c	6.35±1.18 ^b	6.37±1.46 ^b	2.81±0.82 ^a
	23 苯乙醛	1 623	1 124	MS/RI/STD/O	蜂蜜味	22.890±2.35 ^a	14.14±0.53 ^a	20.59±2.82 ^b	35.96±9.57 ^b
	24 反-2-癸烯醛	1 643	1 352	MS/RI/STD/O	牛油味	27.880±4.27 ^a	19.24±1.63 ^a	29.66±5.61 ^a	17.43±2.99 ^a
	25 反-2-十二烯醛	1 742	-	MS/RI/STD/O	甜香	ND ^a	5.10±2.19 ^b	ND ^a	ND ^a
	26 2-十一烯醛	1 751	1 459	MS/RI/STD	甜香	21.390±4.80 ^c	7.35±2.14 ^{ab}	10.51±2.95 ^a	6.16±0.79 ^a
	27 反,顺-2,4-癸二烯醛	1 761	1 386	MS/RI/STD	脂肪味	26.440±6.55 ^{ab}	20.44±5.98 ^a	36.81±15.46 ^b	16.15±4.45 ^a
	28 反,反-2,4-癸二烯醛	1 807	1 410	MS/RI/STD/O	脂肪味	59.370±10.25 ^a	42.44±13.24 ^a	48.97±13.03 ^a	45.54±11.64 ^a
	29 反,反-2,4-十一碳二烯醛	1 996	-	MS/RI/STD/O	-	2.270±1.16 ^b	ND ^a	ND ^a	ND ^a
	30 反-肉桂醛	2 031	-	MS/RI/STD/O	肉桂味	0.810±0.28 ^b	0.54±0.17 ^b	ND ^a	ND ^a
	31 反-庚烯醛	-	1 032	MS/RI/STD	脂肪味	15.450±2.09 ^c	11.55±0.44 ^b	11.59±2.42 ^b	5.70±1.30 ^a
	32 癸烯醛	1 634	1 293	MS/RI/STD		4.040±0.81 ^c	ND ^a	3.06±1.32 ^{bc}	2.08±0.36 ^b
	33 反,反-2,4-壬二烯醛	-	1 301	MS/RI/STD	脂肪味	2.610±0.01 ^b	2.30±0.64 ^b	2.48±1.18 ^b	ND ^a
	34 3-甲硫基丙醛	1 437	1 028	RI/STD/O	烤土豆	ND ^a	ND ^a	ND ^a	ND ^a
	总计					414.860±74.98	294.99±60.88	315.04±69.84	271.38±64.51

续表 3

类别 NO.	气味化合物	色谱柱		检测方式	气味描述	浓度 (ng/g)			
		DB-WAX	DB-5			无	10%	20%	30%
酮	35 6-甲基-5-庚烯-2-酮	1 325	1 064	MS/RI/STD/O	橡胶味	ND ^a	2.27±0.48 ^b	ND ^a	1.75±0.35 ^b
	36 2,3-辛二酮	-	1 061	MS	-	ND ^a	ND ^a	ND ^a	1.62±0.40 ^b
	37 5-甲基-3-庚烯-2-酮	-	1 109	MS	-	ND ^a	3.61±0.61 ^b	ND ^a	ND ^a
	38 3-壬烯-2-酮	-	1 223	MS	-	5.760±0.64 ^a	3.89±0.59 ^a	5.23±2.69 ^a	3.57±0.69 ^a
	39 1-辛烯-3-酮	1 294	976	RI/STD/O	蘑菇味	ND ^a	ND ^a	ND ^a	ND ^a
总计						5.760±0.64	977.00±1.67	5.23±2.69	6.94±1.44
杂环	40 吡嗪	1 206	823	MS	-	8.990±2.29 ^b	ND ^a	11.53±3.54 ^{ab}	26.55±8.41 ^b
	41 2-戊基呋喃	1 229	1 069	MS/RI/STD/O	青豆味	9.240±2.97 ^a	8.76±1.70 ^a	9.58±1.87 ^a	6.26±1.18 ^a
	42 甲基吡嗪	1 261	899	MS/RI/STD/O	爆米花味	11.490±4.79 ^b	2.14±0.13 ^a	54.64±16.59 ^c	56.92±16.29 ^c
	43 2,5-二甲基吡嗪	1 313	-	MS/RI/STD/O	烤坚果味	ND ^a	ND ^a	ND ^a	10.57±1.10 ^b
	44 乙基吡嗪	1 332	989	MS/RI/STD/O	花生油味	2.450±1.29 ^{ab}	ND ^a	6.08±1.54 ^b	17.34±5.08 ^c
	45 2,3-二甲基吡嗪	1 344	-	MS/RI/STD/O	花生油味	1.280±0.67 ^b	ND ^a	1.96±0.50 ^b	7.87±2.64 ^c
	46 5-甲基-2-乙基吡嗪	-	-	MS/RI/STD	水果味	ND ^a	ND ^a	ND ^a	1.51±0.85 ^b
	47 2-乙烯基吡嗪	1 424	1 005	MS	-	ND ^a	ND ^a	ND ^a	10.08±2.58 ^b
	48 1,4-二甲基吡啶	1 445	-	MS	-	ND ^a	ND ^a	ND ^a	10.63±1.68 ^b
	49 1,5-二甲基-1-氢吡啶	1 453	-	MS	-	17.200±7.12 ^b	ND ^a	ND ^a	ND ^a
	50 糠醇	1 639	934	MS/RI/STD	焦糊味	ND ^a	ND ^a	ND ^a	12.65±3.86 ^b
	51 苯并噻唑	1 950	-	MS/RI/STD	汽油味	0.700±0.24 ^a	1.42±0.50 ^b	1.84±0.40 ^b	0.42±0.17 ^a
	52 2-乙酰基吡咯	1 948	-	MS/RI/STD	花生味	ND ^a	ND ^a	ND ^a	0.68±0.05 ^b
	53 2,6-二甲基吡嗪	-	986	MS/RI/STD	烤坚果味	ND ^a	ND ^a	ND ^a	6.73±0.68 ^b
	54 3,5-二甲基-2-乙基吡嗪	-	1 161	MS/RI/STD	土豆味	ND ^a	ND ^a	ND ^a	2.20±0.16 ^b
55 4-羟基-2,5-二甲基-3(2H)-呋喃酮	-	1276	MS/RI/STD	焦糖味	12.520±4.44 ^a	9.23±1.97 ^a	10.78±6.12 ^a	6.47±1.70 ^a	
总计						63.860±23.80	21.56±4.30	96.41±30.56	176.89±46.44
其他	56 甲苯	1 034	-	MS/RI/STD	颜料	10.360±2.70 ^b	5.66±0.64 ^a	7.81±2.68 ^a	6.00±0.74 ^a
	57 (+)-柠檬烯	1 198	1 109	MS/RI/STD	柑橘味	18.160±5.44 ^b	13.06±2.53 ^a	12.14±1.33 ^a	10.42±1.41 ^a
	58 苯乙烯	1 251	-	MS/RI/STD	香油味	3.330±0.84 ^b	ND ^a	ND ^a	ND ^a
	59 萘	1 727	-	MS/RI/STD	焦油味	ND ^a	5.63±1.82 ^b	6.29±1.03 ^c	3.20±0.71 ^{ab}
	60 γ-辛内酯	1 911	-	MS/RI/STD	椰子味	1.540±0.12 ^b	ND ^a	ND ^a	ND ^a
	61 戊二酸二甲酯	-	1 221	MS	-	ND ^a	ND ^a	1.97±0.74 ^b	ND ^a
	62 乙酸丙酯	965	<800	RI/STD/O	奶酪味	ND ^a	ND ^a	ND ^a	ND ^a
总计						33.390±9.10	24.35±5.00	28.21±5.78	19.63±2.86
总和						573.970±116.43	390.37±81.43	489.71±119.90	509.35±120.56

作工艺和制作条件差异较大,因此鉴定出来的挥发性成分也有所区别,如酯类化合物明显减少^[12]。但是所包含的化合物种类以及比例基本一致,比如醇、醛、杂环类化合物占比较大^[12-13]。其中醇、醛类物质大多为直链醇、直链醛,这类化合物大多是由脂肪氧化降解产生。杂环类及直链醛和少量醇类由美拉德反应产生^[10]。

在本研究中,所有样品中都检测到了 4-羟基-2,5-二甲基-3(2H)-呋喃酮,并且随着蛋含量的升高而逐渐降低,然而在市售沙琪玛中并未检测出

该物质^[12-13]。该物质于 1965 年首次发现于菠萝中,又名呋喃酮(FuraneolTM, HDMF),因极低的香气阈值和浓郁的焦糖香气而被广泛应用。呋喃酮可以通过酵母、细菌等微生物的代谢以及美拉德反应生成^[14-15]。推测市售沙琪玛未能检测到的原因是因为检测时间距生产时间过长,而自制沙琪玛在制成 24 h 后即可检测。

2.3 不同蛋含量沙琪玛之间的香气化合物比较

结合图 1、表 3 进行分析看出,杂环类化合物,如:甲基吡嗪、2,3-二甲基吡嗪、5-甲基-2-

乙基吡嗪、3,5-二甲基-2-乙基吡嗪、2,5-二甲基吡嗪、2,6-二甲基吡嗪、乙基吡嗪等吡嗪类化合物却随着蛋含量的增加而增加。相反,1-辛醇、2-苯氧基乙醇、1-庚醇等醇类物质随蛋含量的增加而略有下降;反-2-己烯醛、庚醛、反-2-辛烯醛、反-2-壬烯醛、2-十一烯醛、反-肉桂醛、反-2-庚烯醛、壬醛等醛类物质,随蛋含量的增加而减少。

可以说明鸡蛋含量的增加为沙琪玛贡献了大量的吡嗪类物质,这些物质主要来源于鸡蛋中氨基酸与还原糖发生的美拉德反应^[10]。杂环类化合物与醇类、醛类化合物相反的变化现象推测与美拉德反应具有抗氧化作用有关。据报道,美拉德反应的中间产物具有较强的抗氧化活性,能够清除自由基,抑制氧化反应,尤其是脂肪氧化反应^[16-17]。

不仅美拉德反应中类黑精等高分子量中间产物具有强抗氧化性,低分子量化合物也同样具有一定的抗氧化能力^[18]。因此推测随着蛋含量的增加,促进了美拉德反应的进程,从而在一定程度上抑制了脂肪氧化的发生。

另外一些醛类物质,如2-甲基丁醛、3-甲基丁醛为美拉德反应产物,这两种物质在蛋含量为20%和30%才被检测到,说明有更多的亮氨酸和异亮氨酸参与了此时的反应,这是鸡蛋的加入而产生的香气成分,而前面的研究表明这两种物质是沙琪玛中关键的气味成分,因此可以看到鸡蛋对沙琪玛香气的重要贡献作用。酮类化合物在不同蛋含量样品中含量变化不明显,含量与其它几类化合物相比也相对较少。

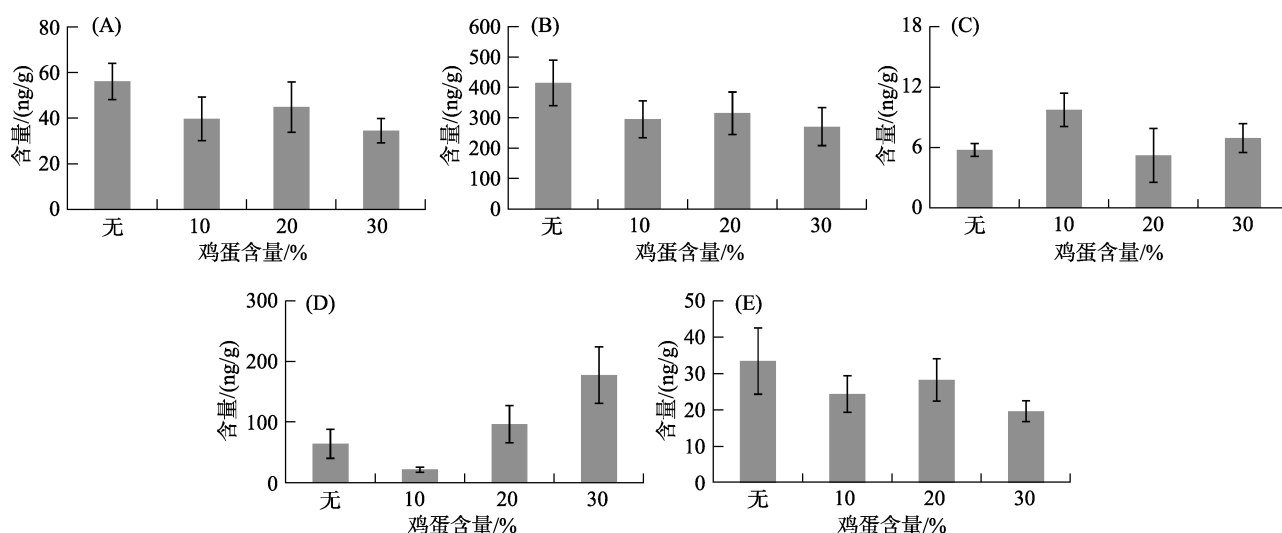


图1 不同百分比含量鸡蛋沙琪玛中醇类(A)、醛类(B)、酮类(C)、杂环类(D)、其他类(E)化合物的含量变化。

3 结论

分别制作蛋含量为0%、10%、20%、30%的沙琪玛样品,对每个样品逐一进行香气成分测定,得到的化合物与沙琪玛成品相比具有一定差别,但是醇、醛、杂环类化合物仍占相当大的比重。对各化合物进行浓度计算发现,醇类和醛类物质的含量随着蛋含量的增加而下降。相反的,杂环类化合物,尤其是吡嗪类化合物随着蛋含量的增加大大增加,说明鸡蛋的加入为沙琪玛的整体香气贡献了大量的吡嗪类物质,而主要来源于鸡蛋中蛋白质或氨基酸与还原糖发生的美拉德反应。其中在不添加鸡蛋没有检测到,而加入鸡蛋能够检测到的气味化合物有:2-甲基丁醛、3-甲基丁醛、

6-甲基-5-庚烯-2-酮、5-甲基-2-乙基吡嗪、2-乙基吡嗪、1,4-二甲基吡啶、糠醇、2-乙酰基吡咯、2,5-二甲基吡嗪、2,6-二甲基吡嗪和3,5-二甲基-2-乙基吡嗪。

另外杂环类化合物与醇类、醛类化合物相反的变化现象推测与美拉德反应具有抗氧化作用有关。因此推测随着蛋含量的增加,促进了美拉德反应的进程,从而在一定程度上抑制了脂肪氧化的发生。酮类物质在不同蛋含量样品中含量变化不明显。2-甲基丁醛、3-甲基丁醛在蛋含量为20%和30%的沙琪玛制品中被检测到,说明有更多的亮氨酸和异亮氨酸参与了反应,这是鸡蛋的加入而产生的香气成分,因此可以看到鸡蛋对沙琪玛

整体香气的重要贡献作用。

本研究初步探索了蛋含量与简单体系沙琪玛之间的关系以及鸡蛋对沙琪玛整体香气的贡献作用。然而在制作沙琪玛过程中,反应体系十分复杂,沙琪玛中各原料是如何参与反应的,它们之间存在着怎样的关系是接下来值得深入讨论的问题。

参考文献:

- [1] 王彦蓉, 崔春, 赵谋明. 固相微萃取与气质联用法分析沙琪玛中的风味成分[J]. 现代食品科技, 2011, 27(11): 1406-1409.
- [2] 王彦蓉, 丛懿洁, 崔春, 等. 固相微萃取与气质联用法分析沙琪玛储存过程中挥发性风味成分变化[J]. 现代食品科技, 2012, 38(2): 218-222.
- [3] 潘容陞, 富察敦崇. 帝京岁时纪胜·燕京岁时记[M]. 北京: 北京古籍出版社, 1981.
- [4] 清高宗弘历敕. 御制增订清文鉴(2册)[M]. 吉林省: 吉林出版集团有限责任公司, 2005.
- [5] 邓璐璐. 全麦粉对沙琪玛品质及含油率的影响研究[D]. 无锡市: 江南大学, 2014.
- [6] POZO-BAYÓN M A, GUICHARD E, CAYOT N. Flavor control in baked cereal products[J]. Food Reviews International, 2006, 22(4): 335-379.
- [7] 李三宝, 崔春, 赵谋明. 沙琪玛生产配方的优化研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(9): 314-349.
- [8] NEHDI I A, SBIHI H M, TAN C P, et al. Chemical composition of date palm (phoenix dactylifera L.) seed oil from six saudi arabian cultivars[J]. Journal of food science, 2018, 83(3): 624-630.
- [9] 汪东风. 食品化学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2012.
- [10] 杨平. 含蛋烘焙制品--沙琪玛的风味研究[D]. 北京工商大学, 2018.
- [11] UMANO K, HAGI Y, SHOJI A, et al. Volatile compounds formed from cooked whole egg, egg yolk, and egg white[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1990, 38(2): 461-464.
- [12] PING Y, YINGYING Z, MENGCHEN Y, et al. Characterization of key aroma - active compounds in four commercial egg flavor Sachimas with differing egg content[J]. Journal of Food Biochemistry, 2019, 43(12): e13040.
- [13] PING Y, MENGCHEN Y, HUANLU S, et al. Determination of the key aroma compounds in Sachima and using solid phase micro extraction (SPME) and solvent-assisted flavour evaporation (SAFE)-gas chromatography-olfactometry-mass spectrometry (GC-O-MS)[J]. International Journal of Food Properties, 2018, 21(1): 1233-1245.
- [14] NASHALIAN O, WANG X, YAYLAYAN V A. Formation of the reduced form of furaneol® (2, 5-dimethyl-4-hydroxy-tetrahydrofuran-3-one) during the Maillard reaction through catalysis of amino acid metal salts[J]. Food Chemistry, 2016, 210: 43-48.
- [15] SCHWAB W. Natural 4-hydroxy-2, 5-dimethyl-3(2H)-furanone (Furaneol®)[J]. Molecules (Basel, Switzerland), 2013, 18(6): 6936-6951.
- [16] 项惠丹, 许时婴, 王璋. 蛋白质与还原糖美拉德反应产物的抗氧化活性[J]. 食品科学, 2008, 29(7): 52-57.
- [17] 周向军, 周健, 冯进兵, 等. 4种模式美拉德反应条件及其产物抗氧化作用[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(6): 27-36.
- [18] GONZÁLEZ-MATEO S, GONZÁLEZ-SANJOSÉ M L, MUÑIZ P. Presence of maillard products in spanish muffins and evaluation of colour and antioxidant potential[J]. Food and Chemical Toxicology, 2009, 47: 2798-2805. 