

面粉对发酵酱油品质的影响研究

周朝晖¹, 陈子杰², 李铁桥¹, 关沛坚¹, 卢丽玲¹

(1. 珠江桥生物科技股份有限公司, 广东中山 528415)

(2. 华南理工大学食品科学与工程学院, 广东广州 510640)

摘要: 在工业化生产条件下, 以面粉和小麦粉混合发酵酱油(FWSS)和纯小麦粉发酵酱油(WSS)为研究对象, 通过测定其理化指标、氨基酸组成以及挥发性化合物组成, 结合感官评价结果分析两类酱油风味品质差异的形成原因。结果显示: 除总酸外, 其他理化指标均无显著性差异; FWSS 酱油中大部分氨基酸含量均高于 WSS 酱油, 差异较大的为谷氨酸含量(FWSS=21.11%, WSS=20.35%)。挥发性化合物测定结果显示 FWSS 酱油挥发性化合物相对含量较高, 其中酱油中常见的香气活性物质 4-羟基-5-乙基-2-甲基-3(2H)-呋喃酮(HEMF, 焦糖香), 4-乙基愈创木酚(4-EG, 烟熏香)含量差异较为明显, 与感官评价结果中 FWSS 酱油其烟熏香味、焦糖香味更加丰富的结果一致。表明在工业生产中, 加入 40%的面粉替代小麦粉发酵酱油(FWSS), 可明显降低酱油中总酸含量(FWSS 的总酸含量为 1.15 g/100 g, WSS 的总酸含量为 1.24 g/100 g), 提高酱油的香气饱满度和滋味特征。本研究可为高盐稀态酱油的风味品质提升提供理论指导。

关键词: 酱油; 淀粉质原料; 工业化生产; 气相色谱质谱联用; 感官品质

文章编号: 1673-9078(2019)010-218-224

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.10.030

Effect of Starch on the Quality of Fermented Soy Sauce

ZHOU Chao-hui¹, CHEN Zi-jie², LI Tie-qiao¹, GUAN Pei-jian¹, LU Li-ling¹

(1. Guangdong Pearl River Bridge BIO-TECH Co. Ltd., Zhongshan 528415, China)

(2. College of Food Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Under industrial production conditions, the sensory properties, physicochemical indicators, amino acid composition and volatile profiles of flour and wheat flour mixed fermented soy sauce (FWSS) and wheat flour fermented soy sauce (WSS) were compared in this work. The results showed that there was no significant difference in other physicochemical indicators except for total acid. Most of the amino acids of FWSS had higher contents than that of WSS, and glutamic acid content (FWSS of 21.11%, WSS of 20.35%) showed the most significant difference. The volatile compounds, such as 4-hydroxy-5-ethyl-2-methyl-3(2H)-furanone (HEMF, caramel) and 4-ethyl guaiacol (4-EG, smoky), showed a higher content in FWSS than that of WSS, which was consistent with the results of the sensory evaluation, i.e. FWSS released a stronger caramel and smoky smell. Therefore, 40% flour addition instead of wheat flour in soy sauce (FWSS) industrial fermentation could reduce the total acid content and improve the aromatic richness and tasty characteristics (total acid content of FWSS was 1.15 g/100 g, total acid content of WSS was 1.24 g/100 g). Results in this work could provide theoretical guidance for the improvement of flavor quality of high-salt liquid fermented soy sauce.

Key words: soy sauce; industrial production; gas chromatography-mass spectrometry; sensory quality

酱油是中国传统的酿造调味品, 以蛋白质(大豆、豆粕)及淀粉质(小麦粉、面粉、麸皮)为原料, 在微生物与酶的作用下经过长时间的日晒夜露发酵制成, 具有浓郁的酱油风味^[1]。风味是传统发酵食品重要的质量指标, 其形成与原料的组成、发酵菌种及制备工艺等密切相关^[1]。高盐稀态酱油中常见的淀粉质原料有小麦粉和面粉, 小麦粉由全小麦颗粒粉碎获得, 包含胚乳、胚芽和麸皮; 面粉则是通过现代制粉工艺, 将小麦皮层(14.5%~18.5%)、胚乳(77%~85%)和胚

(1.1%~3.9%)分离后, 再将胚乳磨成一定细度而成, 胚乳部分主要由淀粉和蛋白组成, 其中淀粉含量约占胚乳的 80%; 而小麦粉因为含有麸皮, 会具有一定比例的非淀粉类多糖, 如纤维素、阿拉伯木聚糖等^[2], 其物质组成的差异将对风味形成具有一定影响。

有研究成果表明淀粉质原料对酱油风味具有重要影响^[3-8]。如闫华娟等^[3]以淀粉酶水解小麦麸皮获得的酶解液为原料发酵酱油, 发现 4-EG 和 HEMF 的含量明显高于空白对照组; 欧阳珊^[4]采用顶空固相微萃取法研究了焙炒淀粉质原料对酱油挥发性成分的影响, 发现面粉类酱油的醇、酯类物质含量高于小麦类

收稿日期: 2019-08-12

作者简介: 周朝晖(1968-), 男, 高级工程师, 研究方向: 食品加工工艺

酱油,且愈创木酚含量在面粉类酱油含量更高;此外,日式酱油中淀粉质原料比例较高,有报道称增加淀粉原料对酱油色、香、味的形成有利^[5]。许瑜等在实验室小罐发酵基础上,研究了不同淀粉质原料对酱油香气的影响,发现小麦类酱油香型以酸香、烟熏香为主,果香较弱,而面粉类酱油鲜香、醇香突出,烟熏香较弱^[6,8]。然而,前期在淀粉原料调控酱油风味的研究上多以实验室样品为研究对象,在实际工业生产中效果暂时不明。

本文以不同淀粉质原料制曲,投入高盐稀态酱油工业大罐中进行调控发酵,通过测定酱油中非挥发性组分(基础理化指标、氨基酸组成),及利用顶空-固相微萃取(HS-SPME)结合气相色谱-质谱联用(GC-MS)技术测定酱油中挥发性组分,分析工业发酵条件下面粉、小麦粉对高盐稀态酱油风味品质的影响,以期中式酱油产业升级及风味品质提升提供理论基础和技术指导。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

高盐稀态酱油样品由广东珠江桥生物科技股份有限公司提供。样品WSS由全小麦粉为原料发酵制成,样品FWSS由小麦粉及面粉为原料发酵制成,其中采用面粉代替40%小麦粉。

二氯甲烷、氯化钠、无水硫酸钠、磺基水杨酸为分析纯,购于国药集团化学试剂有限公司;乙醇($\geq 99.8\%$)、乙酸($\geq 99.8\%$)、乙酸乙酯($\geq 99.7\%$)为色谱纯,购于阿拉丁试剂公司;C6-C33正构烷烃标准品、3-甲基丁醛(99.5%)和3-甲硫基丙醛(98%)、HEMF(96%)、4-乙基愈创木酚($\geq 98\%$)、以及苯乙醛(95%)为色谱纯,购于Sigma(上海)有限公司。

1.2 仪器与设备

气相色谱-质谱联用仪(Thermo Fisher Scientific trace1310-ISQ II);三合一自动进样器;TR-5MS色谱柱(60 m \times 0.25 mm \times 0.25 μ m);A300氨基酸分析仪;KND-2C定氮仪,上海纤检仪器有限公司;Tim840自动点位滴定仪,法国Radiometer公司;韦氏分馏装置,广州丛源仪器有限公司;QSC-12T型水浴式氮吹浓缩仪,上海泉岛公司。

1.3 方法

1.3.1 酱油基本指标的测定

酱油基本指标的测定方法参考:GB/T 5009.3-2016(固形物);GB 5009.5-2016(总氮含量);GB 5009.235-2016(氨基酸态氮);GB/T 12456-2008(总酸);GB 5009.7-2016(还原糖)。

1.3.2 酱油游离氨基酸组成及含量的测定^[9]

取酱油样品4 mL,及1 mL 15%的磺基水杨酸于10 mL离心管中,混合均匀。2~4 $^{\circ}$ C条件下冷藏静止60 min以上,随后离心2次(10000 r/min, 15 min),取上清液稀释100倍,过0.22 μ m有机滤膜后装入样品小瓶中,采用氨基酸分析仪对游离氨基酸进行测定,用TS263锂离子交换柱对氨基酸进行分离,茚三酮显色,流速为60 μ L/min,进样体积20 μ L,检测波长570 nm和440 nm。

1.3.3 酱油挥发性化合物的萃取^[9]

采用液液萃取法(LLE),取30 mL酱油到150 mL碘量瓶,加入等量二氯甲烷以及20 μ L 16.8 mg/L的2-甲基-3-庚酮甲醇溶液作为内标。萃取30 min后离心(8000 r/min, 10 min)分离乳化层,随后用分液漏斗分离提取液。重复该操作3次,合并的到提取液,加入无水硫酸钠除水,-20 $^{\circ}$ C条件下冷冻过夜,随后用韦氏分馏装置浓缩至2 mL左右,氮气吹扫浓缩至0.5 mL,过0.22 μ m有机膜到进样小瓶中,上机分析。

1.3.4 酱油挥发性化合物的鉴定^[10]

色谱条件:TR-5MS石英毛细柱(60 m \times 0.25 mm \times 0.25 μ m);氦气(He)流速1.0 mL/min。升温程序:40 $^{\circ}$ C保持2 min,以4 $^{\circ}$ C/min升至120 $^{\circ}$ C,保持2 min,以10 $^{\circ}$ C/min升至280 $^{\circ}$ C,保持5 min。进样量1 μ L,分流比20:1。

质谱条件:电子轰击电离(EI)离子源,电子能量70 eV,传输线温度250 $^{\circ}$ C,离子源温度230 $^{\circ}$ C,电子倍增器电压350 V,质量扫描范围35~350 m/z ,扫描速度3.00 s^{-1} 。

GC-MS数据采用Xcalibur 4.1软件进行分析处理,化合物通过NIST 17和WILEY谱库检索得到初步定性结果(正反匹配度均大于750),随后将计算所得的保留指数(RI)与NIST谱库、文献报道的RI值进行对比完善定性结果,部分关键香气化合物采用标准品核对RI值。定量采用内标当量表示。

1.3.5 数据处理

采用SPSS 19.0软件进行数据统计分析,差异显著性分析采用ANOVA,显著性水平为0.05。采用Excel软件进行作图。

2 结果与讨论

表1 WSS与FWSS大罐发酵酱油的基本指标(g/100 g)

Fig.1 The basic chemical properties of WSS and FWSS tank-fermented soy sauce

项目	固形物	总氮	氨基酸态氮	总酸	还原糖	感官评价
FWSS	30.88±0.15 ^a	7.72±0.04 ^a	0.91±0.0 ^a	1.15±0.0 ^a	4.63±0.04 ^a	滋味鲜美醇厚, 咸甜酸适口, 诸味协调; 酱香、酯香较浓郁
WSS	30.49±0.68 ^a	7.57±0.07 ^a	0.93±0.02 ^a	1.24±0.02 ^b	4.73±0.05 ^a	味鲜, 咸甜酸适口; 具有酱香、酯香

注: 具有不同字母 a、b 标记的数据的差异具有显著性($p < 0.05$)。

表2 WSS与FWSS发酵酱油的氨基酸组成

Fig.2 The amino acids profiles of WSS and FWSS fermented soy sauce

项目	氨基酸	FWSS/(mg/100 mL)	%	WSS/(mg/100 mL)	%	阈值/(mg/100 mL)
鲜味	天冬氨酸	141.06	6.53	109.86	5.83	100
	谷氨酸	456.05	21.11	383.56	20.35	30
	小计	597.12	27.65	493.42	26.17	
甜味	丝氨酸	158.80	7.35	134.90	7.16	150
	甘氨酸	80.85	3.74	60.16	3.19	130
	苏氨酸	95.01	4.40	80.02	4.24	260
	丙氨酸	216.21	10.01	188.86	10.02	60
	脯氨酸	235.85	10.92	224.41	11.90	300
	赖氨酸	131.05	6.07	112.52	5.97	50
	小计	917.77	42.49	800.88	42.48	
	苦味	组氨酸	42.26	1.96	36.75	1.95
精氨酸		1.09	0.05	0.18	0.01	50
缬氨酸		136.66	6.33	123.46	6.55	40
酪氨酸		34.15	1.58	38.94	2.07	91
异亮氨酸		114.32	5.29	103.45	5.49	90
亮氨酸		173.86	8.05	153.20	8.13	190
苯丙氨酸		107.48	4.98	97.84	5.19	90
甲硫氨酸		29.57	1.37	26.29	1.39	
小计		639.39	29.60	580.10	30.77	
无味		半胱氨酸	5.61	0.26	10.87	0.58
	小计	5.61	0.26	10.87	0.58	
总量		2160		1885		

2.1 非挥发性组分分析

氨基酸态氮、总氮、还原糖和总酸是影响酱油风味的质量指标, 特别是氨基酸态氮, 含量越高则酱油鲜味越浓郁。两类酱油的基本指标如表1所示, 结果表明两类酱油氮含量均高于特级酱油的标准 0.8 g/100 mL, 其中 FWSS 与 WSS 酱油的总酸含量存在显著性差异 ($p < 0.05$), 而其他理化指标差异不显著。感官评定结果表明两类酱油品质俱佳, FWSS 的香气饱满度及鲜厚味较 WSS 稍高, 酱香更为浓郁, 其中烟熏香、焦糖香气更为明显, 而 WSS 酸香更为突出。

两类酱油的氨基酸组成及含量情况如表2所示。

两类酱油以甜味氨基酸(约42%)为主体, 苦味氨基酸(约30%)和鲜味氨基酸(约25%)次之; 谷氨酸(约20%)、丙氨酸(约10%)、脯氨酸(约11%)、亮氨酸(约8%)、丝氨酸(7%)含量较高, 合计约占游离氨基酸总量的56%, 这与梁寒峭^[11]、冯志强^[12]等人的研究结果一致。除了酪氨酸以及半胱氨酸, 其他氨基酸的在 FWSS 酱油中含量更高。含量差别较大的氨基酸有: 谷氨酸(FWSS/WSS=1.2倍)、天冬氨酸(FWSS/WSS=1.3倍)、甘氨酸(FWSS/WSS=1.3倍)、精氨酸(FWSS/WSS=6.0倍)。此外, 天冬氨酸、谷氨酸、丙氨酸、赖氨酸、缬氨酸的含量不仅差异明显, 而且均高于阈值, 是两类酱油风味差异的原因之

一。呈鲜味的谷氨酸是含量最高的单个氨基酸,且 FWSS 酱油中谷氨酸含量较 WSS 酱油高,与感官评价结果一致;研究发现谷氨酸与脯氨酸大量存在于小麦胚乳的醇溶谷蛋白中^[13],谷氨酸含量的差异可能与面粉的添加有关。精氨酸的含量是 WSS 酱油中的 6 倍,

据饭塚等研究发现,酱油中精氨酸随着乳酸菌的生长而被分解,其含量的差异可能与酱油中乳酸菌生长差异有关。

2.2 挥发性组分分析

表 3 WSS 与 FWSS 发酵酱油的香气提取物 GC-MS 结果

Table 3 The GC-MS results of WSS and FWSS fermented soy sauce

化合物名称	RI	内标当量 FWSS	WSS	面积百分比% FWSS	WSS
乙酸	<700	433.27	576.90	11.55	21.75
丁酸	788	19.44	14.36	0.52	0.54
2-甲基丙酸	757	1.44	1.50	0.04	0.06
3-甲基丁酸	848	41.24	57.33	1.10	2.16
2-甲基丁酸	859	25.84	33.15	0.69	1.25
丙酸	<700	3.38	2.92	0.09	0.11
乳酸	884	14.42	10.54	0.38	0.40
2-甲基-2-丁烯酸	924	4.74	4.80	0.13	0.18
辛酸	977	1.73	1.82	0.05	0.07
3-甲硫基丙酸	1093	3.47	4.34	0.09	0.16
苯甲酸	1171	66.11	70.36	1.76	2.65
苯乙酸	1256	148.84	162.52	3.97	6.13
3-羟基-4-甲氧基苯甲酸	1578	66.37	57.83	1.77	2.18
4-羟基-3,5-二甲氧基苯甲酸	1831	3.28	3.07	0.09	0.12
反式阿魏酸	1890	83.55	76.66	2.23	2.89
棕榈酸	1992	1.49	2.67	0.04	0.10
3-甲基-3-丁烯-1-醇	731	0.73	0.77	0.02	0.03
2,3-丁二醇 (异构体 1)	781	1092.94	399.18	29.13	15.05
2,3-丁二醇 (异构体 2)	790	484.35	158.04	12.91	5.96
3-甲基丁醇	733	11.67	6.78	0.31	0.26
2-甲基丁醇	737	3.43	1.80	0.09	0.07
3-甲基-2-丁烯-1-醇	777	2.75	2.98	0.07	0.11
2-甲基丙醇	<700	0.40	0.25	0.01	0.01
苯乙醇	1119	29.11	26.25	0.78	0.99
2-甲基-2-丁醇	<700	3.24	2.78	0.09	0.10
1,2-丙二醇	740	10.59	9.10	0.28	0.34
苯甲醇	1036	10.39	10.05	0.28	0.38
2,5-二甲基-2,5-己二醇	1060	5.86	6.15	0.16	0.23
α .23 二甲基苯甲醇	1089	1.72	1.63	0.05	0.06
1,7-辛二烯-3-醇	1184	1.79	2.42	0.05	0.09
4-羟基苯乙醇	1433	29.06	37.73	0.77	1.42
3-甲基丁醛	<700	18.43	14.65	0.49	0.55
2-甲基丁醛	<700	11.03	8.13	0.29	0.31
壬醛	1104	1.34	1.06	0.04	0.04
苯乙醛	1047	20.69	19.78	0.55	0.75
苯甲醛	963	2.80	2.53	0.07	0.10

转下页

接上页						
	2,5-二甲基苯甲醛	1226	5.61	5.82	0.15	0.22
	4-羟基-3-甲氧基苯甲醛	1411	5.54	5.13	0.15	0.19
酮	3-羟基-2-丁酮	708	187.35	76.30	4.99	2.88
	羟基丙酮	<700	4.41	3.10	0.12	0.12
	甲基环戊烯醇酮	1029	5.22	5.45	0.14	0.21
	苯乙酮	1070	3.81	3.61	0.10	0.14
	乳酸乙酯	815	107.81	110.08	2.87	4.15
酯	乙酸乙酯	<700	7.63	6.24	0.20	0.24
	2-羟基丙酸甲酯	738	29.55	32.79	0.79	1.24
	一乙酸甘油酯	1095	1.98	2.27	0.05	0.09
	4-乙基苯酚	1170	64.73	2.25	1.73	0.08
酚	4-乙基愈创木酚	1323	13.75	33.26	0.37	1.25
	4-乙基愈创木酚	1287	76.93	3.57	2.05	0.13
	含硫化合物	3-甲硫基丙醛	906	18.78	17.85	0.50
	3-甲硫基丙醇	980	4.71	3.87	0.13	0.15
	戊二酸酐	994	3.85	5.20	0.10	0.20
	麦芽酚	1117	307.23	365.92	8.19	13.80
吡喃	2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4H-吡喃-4-酮	1150	9.47	8.31	0.25	0.31
	3,5-二羟基-2-甲基-4H-吡喃-4-酮	1190	2.41	1.85	0.06	0.07
	2-甲基-3-甲氧基-4H-吡喃-4-酮	1197	34.88	34.41	0.93	1.30
	3-羟基-2,6-二甲基-4H-吡喃-4-酮	1231	2.52	1.17	0.07	0.04
	四氢-4-羟基-4-甲基-2H-吡喃-2-酮	1265	8.29	3.70	0.22	0.14
吡咯	2-乙酰基吡咯	1064	1.28	1.36	0.03	0.05
呋喃	丁内酯	913	80.80	76.14	2.15	2.87
	糠醛	856	1.35	1.47	0.04	0.06
	α -甲基- γ -戊内酯	952	0.98	0.79	0.03	0.03
	γ -戊内酯	955	2.69	1.54	0.07	0.06
	β -甲基- γ -戊内酯	961	1.98	1.94	0.05	0.07
	4-羟基-2,5-二甲基-3(2H)呋喃酮 (HDMF)	1063	27.95	28.44	0.74	1.07
	4-羟基-5-乙基-2-甲基-3(2H)-呋喃酮 (HEMF)	1148	20.63	8.62		
	5-(1-羟乙基)-四氢呋喃-2 酮	1618	9.83	6.82	0.26	0.26
合计		3752	2652	100	100	

注: 为香气物质在 DB-5 ms 柱子上的保留指数。

FWSS 与 MSS 酱油的挥发性组分如表 3 所示。共检出挥发性化合物 67 种。其中酸类物质 (16 种)、醇 (15 种)、醛 (7 种)、酮 (5 种)、酯 (4 种)、酚 (3 种)、含硫化合物 (3 种)、呋喃 (8 种), 吡喃 (7 种)、吡咯 (1 种)。酸、醇、吡喃、呋喃类是检出挥发性物质数量较多且比例较高的化合物类别。

各大类化合物的内标当量百分比如图 1 所示。酸、醇、吡喃类物质是这两类酱油中的主要成分。FWSS 酱油中醇类化合物占比最高, 为 45.44%, 其次是酸类物质, 占 24.73%。而 WSS 酱油中酸类物质占 40.75%, 其次是醇类物质, 占 25.11%。整体上 FWSS 酱油中挥

发性化合物内标当量的总和更高, FWSS 酱油醇类、酮类、酚类物质内标当量较 WSS 高, 这与欧阳珊^[4]的研究结果相近, 面粉类酱油中醇类化合物含量较小麦类酱油高, 酸类物质则是小麦类酱油高于面粉类酱油。

酸类物质中, 乙酸、2/3-甲基丁酸及一些芳香族酸类物质含量较高。其中乙酸在两类酱油中差异最大, FWSS 中含乙酸 11.66%, 而 WSS 中含 21.75%。这可能与原料不同引起的菌落差异有关, 通常认为酱油中酸类物质的形成与乳酸菌的作用有关, WSS 中酸类物质含量偏高可能与乳酸菌的含量有关, 与上文精氨酸

的分析结果存在一致性。

醇类物质中的 2,3-丁二醇是所有物质中检出含量最高的。2,3-丁二醇是果酒中常见且含量较高的高级醇,呈甜的果香及奶油味,自身沸点(184 °C)及阈值(150 mg/L)较高,但与其他挥发性化合物相互作用,能起到调香的效果^[14,15]。其生成与细菌及酵母菌作用有关^[16],是微生物调节胞内 pH 值的产物,当酸类物质大量生成诱导菌体内 α -乙酰乳酸合成酶的表达,使丙酮酸减少流向乙酸乳酸的代谢流,从而生成较高的 2,3-丁二醇^[16]。

醛类物质中的含量较高的 2/3-甲基丁醛(麦芽香)与苯乙醛(花香)均是酱油中的香气活性物质,来源于对应氨基酸的脱氨、脱羧反应,其中 2/3-甲基丁醛来源于亮氨酸及异亮氨酸,苯乙醛来源苯丙氨酸^[17]。这些醛类物质在 FWSS 中的含量较 WSS 高,这可能与其前体物质含量较高有关,如表 2 所示,其对应游离氨基酸的物质含量趋势与之一致。

酚类物质中 4-乙基愈创木酚和 4-乙基愈创木酚是酱油中的香气活性物质,特别是 4-乙基愈创木酚,1~2 mg/kg 即可明显提升酱油香气,其形成与阿魏酸的降解及酵母菌发酵有关^[18]。4-乙基愈创木酚在 FWSS 酱油中的含量较高,可能是 FWSS 酱油香气较饱满浓郁的原因之一。

呋喃(酮)类物质是酱油中稀释因子(FD 值)较高的香气活性物质,HEMF 和 HDMF 具有强烈焦糖香气的,具有改良香气,增甜降咸的作用^[10]。其前体物质是大豆和小麦中的 D-木酮糖-5-磷酸,在酵母菌的作用下转化^[19]。FWSS 酱油中 HEMF 含量相比于 WSS 酱油提高了 2.4 倍,与感官评价中 FWSS 酱油焦糖香更重的结果一致。

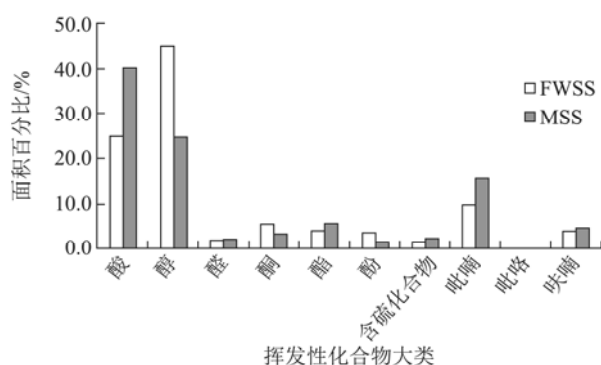


图 1 小麦粉-面粉发酵酱油 (FWSS) 与小麦粉发酵酱油 (WSS) 中各类别物质比例

Fig.1 The relative percentage of volatile chemical groups in FWSS and WSS

3 结论

在工业化生产条件下,小麦粉与面粉混合发酵酱油 (FWSS) 与全小麦粉发酵酱油 (WSS) 在风味品质上存在明显差异,FWSS 酱油鲜味稍有提升,香气饱满,烟熏香和焦糖香更为突出;氨基酸测定结果显示 FWSS 酱油氨基酸含量更高,特别是呈鲜味的谷氨酸及天冬氨酸,分别是 WSS 的 1.2 倍及 1.3 倍;GC-MS 测定结果表明,FWSS 酱油醇类物质 (45.44%) 占比较高,WSS 酱油则是以酸类物质 (40.75%) 为主,同时 FWSS 酱油中 4-乙基愈创木酚、HDMF、HEMF 等物质含量较高,使得酱油本身香气更为饱满,烟熏香、焦糖香更明显,与感官评价结果相符。以上结果表明合理调控淀粉质原料组成对酱油风味品质调控具有实用价值,本研究将为高品质酱油的生产提供理论依据。

参考文献

- [1] 包启安. 酱油科学与酿造工艺[M].北京:中国轻工业出版社,2011
BAO Qi-an. Soy Sauce Science and Brewing Technology [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2011
- [2] 王才才. 小麦出粉率与剥皮率对馒头品质及风味的影响[D].郑州:河南工业大学,2016
WANG Cai-cai. Effect of wheat flour yield and polished-graded ratio on the quality and flavor of wheat steamed bread [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2016
- [3] 闫华娟,刘金福,王晓闻,等. 小麦麸皮酶解液对低盐固态发酵酱油品质的影响[J].食品与发酵工业,2014,40(9):85-88
YAN Hua-juan, LIU Jin-fu, WANG Xiao-wen, et al. Effect of wheat bran enzymolysis liquid on the quality of low-salt solid-state fermented soy sauce [J]. Food and Fermentation Industries, 2014, 40(9): 85-88
- [4] 欧阳珊. 淀粉质原料焙炒对酱油品质影响的研究[D].广州:华南理工大学,2013
OU Yang-shan. Effect of roasted starch raw materials on soy sauce quality [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2013
- [5] 马明昌. 原池浇淋发酵浸出法生产酱油是当前发展的方向[J].中国酿造,1990,3:24-26
MA Ming-chang. Production of soy sauce by fermentation and leaching in original pond is the direction of current development [J]. China Brewing, 1990, 3: 24-26
- [6] 赵谋明,许瑜,苏国万,等. 不同淀粉质原料对高盐稀态酱油香气品质的影响[J].现代食品科技,2018,34(6):130-142
ZHAO Mou-ming, XU Yu, SU Guo-wan, et al. Effect of starch materials on the aroma quality of high-salt liquid

- fermentation soy sauce [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2018, 34(6): 130-142
- [7] 赵谋明,林涵玉,周朝晖,等.不同酱醅层挥发性物质组成的差异[J].*现代食品科技*,2019,35(2):1-12
ZHAO Mou-ming, LIN Han-yu, ZHOU Chao-hui, et al. Differences in volatile profiles of different soy sauce mashers [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2019, 35(2): 1-12
- [8] 崔春,欧阳珊,尹文颖,等.淀粉原料焙炒对酱油制曲的影响[J].*现代食品科技*,2013,8:1911-1915
CUI Chun, OU Yang-shan, YIN Wen-ying, et al. Effect of roasted starch on soy sauce koji-making [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2013, 8: 1911-1915
- [9] 冯云子.高盐稀态酱油关键香气物质的变化规律及形成机理的研究[D].广州:华南理工大学,2015
FENG Yun-zi. The evolution and formation mechanism of key aroma compounds during the process of high-salt liquid fermentation soy sauce [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2015
- [10] Feng Y, Cai Y, Sun-Waterhouse D, et al. Approaches of aroma extraction dilution analysis (AEDA) for headspace solid phase microextraction and gas chromatography-olfactometry (HS-SPME-GC-O): Altering sample amount, diluting the sample or adjusting split ratio? [J]. *Food Chemistry*, 2015, 187: 44-52
- [11] 梁寒峭,陈建国,刘伟,等.酿造酱油中特征氨基酸含量检测及对氨基酸态氮贡献的分析[J].*食品与发酵工业*,2018,44(4):198-203
LIANG Han-qiao, CHEN Jian-guo, LIU Wei, et al. Analysis of amino acids content and contribution to amino nitrogen in fermented soy sauce [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2018, 44(4): 198-203
- [12] 冯志强,周芳梅,黄永连,等.全自动氨基酸分析仪鉴别不同种类酱油中氨基酸的分析研究[J].*中国食品添加剂*,2013,5: 198-205
FENG Zhi-qiang, ZHOU Fang-mei, HUANG Yong-lian, et al. Automatic amino acid analyzer in the determination of amino acids in different soy sauce [J]. *China Food Additives*, 2013, 5: 198-205
- [13] 董艳敏,李小辉,晏月明.小麦贮藏蛋白分子结构及其研究技术进展[J].*麦类作物学报*,2007,6:1143-1149
DONG Yan-min, LI Xiao-hui, YAN Yue-ming. Advances in the studies on the molecular structures of wheat storage proteins and related research technology [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2007, 6: 1143-1149
- [14] 蔡建,朱保庆,兰义宾,等.蛇龙珠与卡曼娜葡萄酒主要呈香物质鉴定[J].*中国酿造*,2014,33(5):90-96
CAI Jian, ZHU Bao-qing, LAN Yi-bin, et al. Identification of impact odorants on Carmenere red wines from China and Chile [J]. *China Brewing*, 2014, 33(5): 90-96
- [15] 白天华,刘延琳.低温发酵条件下黑比诺干红葡萄酒香气成分的研究[J].*中国酿造*,2009,9:153-155
BAI Tian-hua, LIU Yan-lin. Aroma components in Pinot Noir dry red wine at low-temperature fermentation [J]. *China Brewing*, 2009, 9: 153-155
- [16] 纪晓俊,聂志奎,黎志勇,等.生物制造2,3-丁二醇:回顾与展望[J].*化学进展*,2010,12:2450-2461
JI Xiao-jun, NIE Zhi-kui, LI Zhi-yong, et al. Biotechnological production of 2,3-Butanediol [J]. *Progress in Chemistry*, 2010, 12: 2450-2461
- [17] Acree T E, Teranishi R. Sensible principles and techniques [J]. *Flavor Science*, 1993
- [18] Vanbeneden N, Gils F, Delvaux F, et al. Formation of 4-vinyl and 4-ethyl derivatives from hydroxycinnamic acids: Occurrence of volatile phenolic flavour compounds in beer and distribution of Pad1-activity among brewing yeasts [J]. *Food Chemistry*, 2008, 107(1): 221-230
- [19] Perez A G, Olias R, Olias J M, et al. Biosynthesis of 4-hydroxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furanone and derivatives in *in vitro* grown strawberries [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1999, 47(2): 655-658