

米发糕的风味形成及特征分析

熊青¹, 范露¹, 鲍方芳², 赵思明^{2,*}, 熊善柏²

(1. 华中农业大学楚天学院食品与生物科技学院, 湖北 武汉 430205;

2. 华中农业大学食品科学技术学院, 湖北 武汉 430070)

摘要: 以丝苗米为原料, 接种酵母菌发酵制作米发糕, 对不同操作阶段风味物质进行测定, 研究米发糕的风味形成及特征。结果表明, 发酵和蒸制产生了米发糕特殊的滋味和挥发性气味物质, 呈味游离氨基酸主要是米发糕蒸制过程中蛋白质的热降解所产生的, 其中以苦味氨基酸比例最大, 其次依次为甜味和鲜味氨基酸。发酵过程中产生了大量挥发性物质, 蒸制过程进一步产生了以烷烃为主, 兼有较多的醇、酸、酚、酮等挥发性物质, 从而形成了米发糕特定的气味。米发糕的滋味物质主要在热降解过程中形成, 而气味物质则与微生物降解和热降解有关。

关键词: 米发糕; 风味; 游离氨基酸; 挥发性气味

Flavor Formation and Characteristics of Fermented Rice Cake

XIONG Qing¹, FAN Lu¹, BAO Fang-fang², ZHAO Si-ming^{2,*}, XIONG Shan-bai²

(1. College of Food and Biology Technology, Chutian College, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430205, China;

2. College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract: Flavor compounds analysis was carried out at different stages of fermented rice cake making from Simiao rice by yeast inoculation to study the flavor characteristics of fermented rice cake and their formation mechanism. The formation of characteristic taste and volatile compounds was found during both fermentation and steaming. Flavor free amino acids were formed mainly as a result of the thermal decomposition of proteins during steaming, of which bitter amino acids were the most prominent, followed by sweet and tasty ones. Moreover, a number of volatile compounds were formed during fermentation, and alkanes were mostly formed during steaming along with other volatile substances such as alcohol, acids, phenols and ketones, thus forming the special aroma of fermented rice cake. In conclusion, the taste compounds of fermented rice cake are mainly formed by thermal degradation, while the formation of aroma compounds are associated with both microbial and thermal degradation.

Key words: fermented rice cake; flavor; free amino acid; volatile substances

中图分类号: TS213.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)24-0232-05

米发糕是以大米为原料, 经过浸泡、磨浆、发酵、蒸制等工序加工成的发酵食品, 因其具有蜂窝状结构、色泽晶莹洁白、口感柔软细腻、发酵风味浓、易于被人体消化吸收等特点^[1], 深受南方人民的喜爱。发酵不仅增加了米发糕维生素、有机酸等营养物质的含量, 延长了货架期, 还改变了米发糕的风味及质地^[2-3]。发酵剂对米发糕风味等品质有显著影响^[4]。发酵食品品种较多, 例如发酵香肠、米发糕、馒头等, 在发酵过程中微生物菌群会发生变化^[5], 微生物种类和比例对

发酵食品的口感、滋味和香气均会产生显著影响。传统发酵工艺采用自然发酵工艺, 其中包含了多种微生物代谢产物, 有利于米发糕风味的形成, 但米发糕质量不够稳定^[6], 且微生物体系复杂、发酵过程中微生物种类及比例难以控制, 致使生产周期长, 贮藏稳定性差, 从而限制了米发糕大规模工业化生产^[7]。直接使用发酵剂, 接种量小, 发酵时间短, 能保持菌种活性及比例, 有效防止杂菌生长保证产品质量的稳定^[8], 但风味尚有不足。研究大米香气成分已有 30 多年^[9], 但对发酵米

收稿日期: 2011-06-30

基金项目: 湖北省科技厅研究与开发项目(2009BBB017)

作者简介: 熊青(1989—), 女, 本科生, 研究方向为食品科学与工程。E-mail: xiongqing118@qq.com

* 通信作者: 赵思明(1963—), 女, 教授, 博士, 研究方向为食品大分子结构及功能特性。

E-mail: zsmjx@mail.hzau.edu.cn

制品的风味研究较少。研究米发糕风味的形成及其特征有助于控制米发糕生产过程中风味的形成,从而保证米发糕的风味品质。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

丝苗米,产自安徽;ZSM001酵母菌,实验室分离纯化,保藏在中国典型培养物保藏中心。所有试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

TDL-5-A 低速离心机 上海菲恰尔分析仪器有限公司;722s 型可见分光光度计 上海精密科学仪器有限公司;LRH-150B 生化培养箱 广东医疗器械厂;HG63 卤素水分仪 瑞士 Mettler-Toledo 公司;GC7890/MS5975 气相色谱仪与质谱仪 美国 Agilent 公司;CR/PDMS/DVB 萃取头 美国 Supelco 公司;L-8800 氨基酸自动分析仪 日本日立公司。

1.3 方法

1.3.1 米发糕的制作工艺

参考郭蕾等^[10]的工艺,原料米在 30℃ 浸泡 21h,以料液比 1:0.9 进行磨浆,得到米浆。加入米量的 22% 的蔗糖,酵母菌种经活化与扩大后接入米浆中,在 37℃ 的恒温箱中发酵,得到发酵米浆。发酵好后于 100℃ 蒸汽蒸制 20min,得到米发糕。

1.3.2 化学指标的测定

参照刘小翠^[1]的方法测定总糖、还原糖含量:测得总糖含量为 68.27%,还原糖含量为 5.71%;总游离氨基酸含量测定参照赵新淮等^[11]的方法:取一定量的米发糕加入 5mL 10% 醋酸研磨,用蒸馏水定容至 100mL,过滤,取滤液用茚三酮法测定,测得含量为 287.0193 μg/g;游离脂肪酸含量测定参考 GB/T 15684—1995《谷物制品脂肪酸值测定方法》^[12]:取 10g 样品于研钵,加入 5mL 无水乙醇,快速研磨,移入碘量瓶中,加入 50mL 无水乙醇,在磁力搅拌器上搅拌 10min,静置 4min,过滤后按照国标方法进行测定,测得含量为 0.5673mg/g;水分含量测定:取 4g 左右米发糕于快速水分测定仪进行测定,测得含量为 49.51%;游离氨基酸组成参照 GB/T 5009.124—2003《食品中氨基酸的测定》^[13]的方法。

1.3.3 挥发性成分的提取方法

米浆与发酵米浆:称取 10g 样品于萃取瓶,60℃ 水浴 30min,同时用萃取头于顶空部分吸附;米发糕:每锅 8 个大小相同的米发糕,蒸煮 20min,同时用萃取头于锅顶空隙处吸附 30min。

1.3.4 色谱条件

色谱柱:HP-5MS 5% Phenyl Methyl Silox(30m ×

250 μm, 0.25 μm);升温程序:50℃ 保持 1min,以 5℃/min 升至 240℃,保持 1min;载气(He)流速 0.8mL/min;不分流。

1.3.5 质谱条件

电子轰击(electron impact, EI)离子源;电子能量 70eV;传输线温度 280℃;离子源温度 230℃。

2 结果与分析

2.1 游离氨基酸组成分析

米发糕中的呈味物质除糖类外,大部分由蛋白质水解得到的水溶性氨基酸构成^[14]。氨基酸对滋味有重要的影响,对甜味、苦味及鲜味的形成有很大的贡献^[15]。

表 1 游离氨基酸组成及含量

Table 1 Variation in free amino acid profile among different stages of fermented rice cake making

氨基酸种类	氨基酸含量/(mg/100mg)		
	米浆	发酵米浆	米发糕
牛磺酸 ^d	0.0086	0.0054	0.0064
天冬氨酸 ^a	0.0268	0.0072	0.0933
苏氨酸 ^b	0.0314	0.0126	0.1804
丝氨酸 ^b	0.0322	0.0654	0.2053
谷氨酸 ^a	0.0784	0.0450	0.7235
甘氨酸 ^b	0.0727	0.0198	0.1162
丙氨酸 ^b	0.3073	0.1052	0.2629
胱氨酸 ^d	0.0026	0.0215	0.0156
缬氨酸 ^c	0.0532	0.0326	0.1713
蛋氨酸 ^c	0.0192	0.0096	0.0616
异亮氨酸 ^c	0.0160	0.0092	0.0848
亮氨酸 ^c	0.0873	0.0192	0.1822
酪氨酸 ^c	0.1108	0.0184	0.0935
苯丙氨酸 ^c	0.0738	0.0450	0.1878
γ-氨基丁酸 ^d	0.0918	0.0110	0.0662
鸟氨酸 ^d	0.0303	0.0162	0.0579
赖氨酸 ^c	0.0628	0.1574	0.3960
脯氨酸 ^b	0.0600	0.1078	0.6292
组氨酸 ^c	0.0437	0.0160	0.0274
色氨酸 ^d	0.0488	0.0049	0.0072
精氨酸 ^c	0.0150	0.1540	0.2124
总和	1.27	0.88	3.78

注: a.鲜味氨基酸; b.甜味氨基酸; c.苦味氨基酸; d.非呈味氨基酸。

由表 1 可知,米浆经酵母菌发酵后游离氨基酸总含量下降,这可能是发酵时部分氨基酸为酵母菌生长代谢所利用。米浆加热蒸煮后游离氨基酸总量明显增加,因为高温和酶作用使得蛋白质及多肽部分降解,生成了游离氨基酸^[16]。

由图 1 可知,由米浆到发酵米浆苦味氨基酸含量变化不大,甜味氨基酸、鲜味氨基酸及非呈味氨基酸含量减少,蒸制后总氨基酸含量明显增加(图 1a),表明米发糕中的呈味氨基酸主要是由于蛋白质的热降解产生

的。米浆经发酵蒸制，呈味氨基酸比例增大，且以鲜味氨基酸比例增加最多(图 1b)。

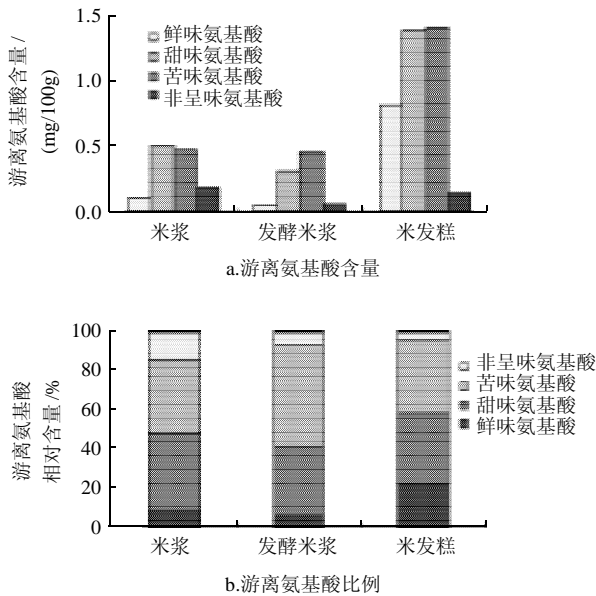


图 1 米浆、发酵米浆及米发糕的呈味氨基酸

Fig.1 Variations in flavor amino acids among different stages of fermented rice cake making

2.2 米发糕的挥发性气味

米饭的挥发性成分包括烃类、醇类、酮类、醛类、酸类、酯类和含苯化合物，不同的挥发性成分对米饭风味起不同作用^[17]。分别对米浆、发酵米浆及米发糕的挥发性成分进行分离和鉴定，探讨发酵、蒸煮过程中挥发性气味物质的变化。采用 GC-MS 联用技术对分离得到的挥发性气味物质进行鉴定，其结果见表 2~4。

表 2 米浆的挥发性气味组成

Table 2 Volatile composition of rice slurry

序号	保留时间/min	名称	相对含量/%
1	5.66	己醇	3.10
2	6.35	壬烷	2.92
3	11.92	2-甲基-环己醇	3.72
4	14.59	草酸异丁酯戊酯	0.37
5	16.49	5-[4-(二甲氨基)肉桂酰]苄	0.02
6	19.81	4-(4-溴-3-邻羟苯亚甲基邻苯胺)-苯-1,2-二醇	0.09
7	19.95	乙二酸,异己酯新戊酯	0.45
8	20.47	α -柏木烯	0.35
9	21.86	2-叔丁基-4-羟基茴香醚	5.75
10	22.05	八氢-1,1,7,7a-四甲基-1-氢-环丙(a)萘	2.87
11	22.87	二丁基羧基甲苯	47.30
12	28.59	2-甲基-3-乙酰基-5-羟基吡啶	0.59
13	30.65	邻苯二甲酸丁基异己酯	1.82

由表 2 可知，从米浆中分离得到 13 种挥发性气味物质，其中烷烃 4.21%，醇类 9.96%，醚类 8.29%，酯类 3.82%，烯烃类 0.50% 及苯类 68.21%，苯类化合物含量最高。

表 3 发酵米浆挥发性气味组成

Table 3 Volatile composition of fermented rice slurry

序号	保留时间/min	名称	相对含量/%
1	1.71	乙醇	13.72
2	17.25	壬酸乙酯	0.07
3	24.69	月桂酸乙酯	0.12
4	26.21	2-十四烷酯甲氧基乙酸	0.11
5	30.89	4-十八烷基-吗啉	3.18
6	25.11	十四烷醛	0.46
7	25.89	2,6,10-三甲基-十五烷	0.42
8	14.11	辛酸	0.71
9	6.54	甲氧基-苯基-脒	0.43
10	30.65	邻苯二甲酸, 异丁基壬酯	0.76
11	11.90	壬醛	0.68
12	14.52	辛酸乙酯	1.20
13	14.78	癸醛	0.59
14	27.15	2,6,10,14-四甲基-十五烷	0.60
15	29.35	2,6,10,14-四甲基-十六烷	0.59
16	29.53	十八碳醛	0.35
17	20.46	六氢-3,6,8,8-四甲基-1H-3a,7-亚甲基萘	0.08
18	10.21	苯乙醛	2.04
19	12.27	苯乙醇	16.28
20	33.03	棕榈酸乙酯	0.33
21	20.30	1-氢-环丙基[e]甘菊环	0.06
22	19.85	癸酸乙酯	0.71
23	36.74	二十二烷	0.26
24	19.94	十四烷	0.33
25	24.79	十六烷	0.85
26	33.12	二十烷	0.55
27	22.87	丁基羧基甲苯	4.63
28	27.03	十七烷	0.84
29	29.16	十八烷	0.76
30	34.97	二十一烷	0.37
31	31.18	九烷	0.71

由表 3 可知，从发酵米浆中分离得到 31 种挥发性风味物质，其中烷烃 11.90%、醇类 56.84%、酯类 6.24%、苯类化合物 9.60%、醛类 7.80%、酸类 1.35%，醇类化合物含量最高。

由表 4 可知，从米发糕中分离得到 41 种挥发性风味物质，其中烷烃 51.78%、酯类 4.70%、醛类 1.85%、苯类化合物 9.84%、烯烃类 0.61%、醇类 12.52%、酮类 0.56%、酚类 8.23%、酸类 9.92%，其中以烷烃类化合物含量最多。

表4 米发糕挥发性气味组成
Table 4 Volatile composition of fermented rice cake

序号	保留时间/min	化合物	相对含量/%
1	6.5683	甲氧基-苯基-肼	0.0646
2	12.2804	苯乙醇	4.4329
3	14.3601	十二烯	0.3703
4	17.3927	6-甲基-十三烷	0.3745
5	19.8594	癸酸乙酯	2.5235
6	19.9513	苯胺	0.3448
7	20.2124	十二醛	0.8123
8	21.7553	2,6-二(叔丁基)-2,5-环己二烯-1,4-二酮	0.3431
9	22.2342	三十一烷	0.6276
10	22.3454	十六烷	2.7338
11	22.5727	十六烷	0.5978
12	22.8823	2,4-二叔丁基苯酚	5.0176
13	23.1676	二十七烷	0.3802
14	23.424	2-溴十二烷	5.0102
15	23.661	三十四烷	1.7425
16	23.8689	1-碘-十六烷	1.8542
17	24.1205	二十烷	1.4079
18	24.28	二十八烷	0.8528
19	24.4155	2-溴十二烷	1.3517
20	24.5461	二十八烷	0.4986
21	24.7879	十六烷	0.3313
22	27.2111	三十一烷	0.4609
23	28.1977	二十一烷	3.9481
24	28.3864	二十八烷	0.8619
25	28.5847	1-碘-十六烷	1.4058
26	28.6959	二十八烷	0.6068
27	28.8942	三十四烷	0.4118
28	29.494	三十一烷	0.6203
29	29.5955	三十一烷	0.5081
30	30.6547	邻苯二甲酸,丁基异己基酯	0.3407
31	30.9933	n-[4-(1-甲基乙基)苯亚甲基-4-(1-吡咯烷基磺酰)-苯胺	3.1583
32	31.6753	二十一烷	2.1823
33	32.1251	3,5-二叔丁基-4-羟基-苯丙酸甲酯	0.6874
34	32.4975	二十八烷	2.7959
35	10.249	苯乙醛	0.1153
36	34.0404	n-[4-(1-甲基乙基)苯亚甲基-4-(1-吡咯烷基磺酰)-苯胺	1.7433
37	14.7809	癸醛	0.202
38	18.036	1,3-二甲基-环戊醇	3.1986
39	18.2826	己基-戊(烷)基酯-亚硫酸	0.7451
40	18.4713	壬基-2-戊(烷)基酯-亚硫酸	1.1947
41	27.5932	呋唑-3,6-偏酯硫氨酸	4.105

由图2可知,在米发糕的制作过程中挥发性物质组成变化很大,未发酵米浆的醇类物质较少,经发酵后产生了大量的醇类物质,发酵米浆的酒香味浓厚,蒸制后一些物质降解,低沸点物质如醇类挥发含量减少。从米浆到米发糕,醇、酯、酮、醛、酚、酸、烷

烃类物质有所增加,醇类及酚类等物质能够给予米饭甜味、花香味及水果香味^[19],使气味更丰富。经发酵蒸制后,由以苯类和醇类为主要挥发性物质的米浆,转化为烷烃类为主,兼有较大醇、酸、苯类比例的米发糕。

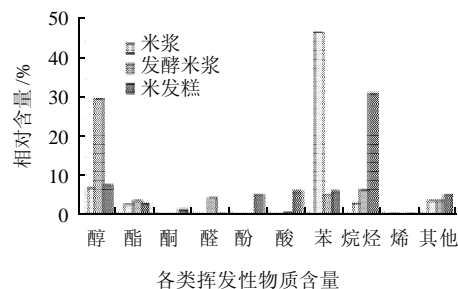


图2 米浆、发酵米浆及米发糕挥发性物质组成

Fig.2 Comparison of volatile composition of rice slurry, fermented rice slurry and fermented rice cake

有研究表明,蒸煮后米饭的关键香气成分增多,低沸点物质减少^[18],与米发糕的现象类似。但米饭挥发性成分的组成与米发糕有较大差异,其中醛(22.22%)、酮(22.23%)、酯(26.34%)及醇(27.98%)是米饭的主要挥发性成分,均占了20%~30%,仅含有少量酸类(1.23%)^[17]。而米发糕则以以烷烃为主(51.78%),其次是醇类(12.52%)、酸类(9.92%)和酚类(8.23%),分别占10%左右,酯类(4.70%)和醛类(1.85%)均在5%以下,仅有很少量的酮类(0.56%)。上述研究表明酵母菌产生的酶及代谢产物作用于大米淀粉、蛋白质等成分,导致发酵后米制品的气味特征发生较大变化。

3 结论

发酵和蒸制产生了米发糕特殊的滋味和挥发性风味物质,丰富了米发糕的风味。其中,呈味游离氨基酸物质主要是米发糕蒸制过程中蛋白质的热降解所产生的,以苦味氨基酸比例最大,其次依次为甜味和鲜味氨基酸。发酵过程中产生了大量挥发性物质,蒸制过程进一步产生了以烷烃为主,兼有较大醇、酸、酚、酮等挥发性物质,从而形成了米发糕特定的风味。

参考文献:

- [1] 刘小翠. 米发糕发酵剂及复配粉的研发[D]. 武汉: 华中农业大学, 2008.
- [2] PINTO S M, CLEMENTE M D G, ABREU L R D. Behaviour of volatile compounds during the shelf life of yoghurt[J]. Dairy Technology, 2009, 62(2): 215-223.

- [3] 刘小翠, 胡坚, 赵思明. 米发糕的质构特性及数学模型[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(3): 7-11.
- [4] GALLARDO-ESCAMILLA F J, KELLY A L, DELAHUNTY C M. Influence of starter culture on flavor and headspace volatile profiles of fermented whey and whey produced from fermented milk[J]. Journal of Dairy Science, 2005, 88(11): 3745-3753.
- [5] GRECO M, MAZZETTE R, De SANTIS E P L, et al. Evolution and identification of lactic acid bacteria isolated during the ripening of Sardinian sausages[J]. Meat Science, 2005, 69(4): 733-739.
- [6] 刘贞, 刘小翠, 赵思明, 等. 发酵米浆中高发酵性能酵母菌和乳酸菌的筛选和鉴定[J]. 食品科学, 2010, 31(7): 232-235.
- [7] 柏芸, 熊善柏, 王欢欢, 等. 传统发酵食品米发糕生产工艺的革新与现代化[J]. 粮食与食品工业, 2009, 16(5): 4-6.
- [8] 赵思明, 熊善柏, 刘小翠, 等. 一种作为微生物发酵剂的菌株, 包含该菌株的复合发酵剂及应用: 中国, 200710053611.2[P]. 2008-05-07.
- [9] JAE S P, KIM K Y, BAEK H H. Potent aroma-active compounds of cooked Korean non-aromatic rice[J]. Food Sci Biotechnol, 2010, 19(5): 1403-1407.
- [10] 郭蕾, 刘小翠, 沈硕, 等. 米发糕生产工艺的研究[J]. 粮油深加工及食品, 2010(7): 26-28.
- [11] 赵新淮, 冯至彪. 蛋白质水解物水解度的测定[J]. 食品科学, 1994, 15(11): 65-67.
- [12] 全国粮油标准化技术委员会. GB/T 15684 — 1995 谷物制品脂肪酸值测定方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- [13] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009.124 — 2003 食品中氨基酸的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [14] KIM S H, LEE K A. Evaluation of taste compounds in water-soluble extract of a doenjang (soybean paste)[J]. Food Chemistry, 2003, 83(3): 339-342.
- [15] 刘敬科. 鲮鱼风味特征及热历史对鲮鱼风味的影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2009.
- [16] 龚婷. 蒸煮工艺对米饭蛋白质及氨基酸的影响[J]. 中国粮油学报, 2008, 23(4): 14-17.
- [17] 刘敬科, 郑理, 赵思明, 等. 蒸煮方法对米饭挥发性成分的影响[J]. 中国粮油学报, 2007, 22(5): 12-15.
- [18] ZENG Zhi, ZHANG Han, CHEN Jieyu, et al. Flavor volatiles of rice during cooking analyzed by modified headspace SPME GC-MS[J]. Cereal Chemistry, 2008, 85(2): 140-145.
- [19] BRYANT R J, MCCLUNG A M. Volatile profiles of aromatic and non-aromatic rice cultivars using SPME/GC-MS[J]. Food Chemistry, 2011, 124(2): 501-513.