

酸面团优选组合菌对苦荞麸皮馒头品质的影响

Effects of mixed strains optimized from sourdoughs on quality of steamed bread with tartary buckwheat bran

王雪婷¹ 杜木英^{1,2} 廖钰婷¹ 何 瑞¹ 李玉珠¹ Zsolt Zalán³

WANG Xue-ting¹ DU Mu-ying^{1,2} LIAO Yu-ting¹ HE Rui¹ LI Yu-zhu¹ ZSOLT Zalán³

(1. 西南大学食品科学学院, 重庆 400715; 2. 西南大学重庆市特色食品工程技术研究中心, 重庆 400715;

3. 匈牙利国家农业研究和创新中心食品科学研究所, 匈牙利 布达佩斯 999024)

(1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing, 400715, China;

2. Chongqing Engineering Research Center of Regional Food, Chongqing 400715, China;

3. National Agricultural Research and Innovation Centre Food Science Research Institute, Budapest 999024, Hungary)

摘要:以安琪酵母和匈牙利酵母发酵苦荞麸皮馒头为对照,通过感官评价和质构分析,同时采用固相微萃取—气相色谱—质谱联用技术,研究酸面团优选组合菌对苦荞麸皮馒头的品质影响。结果表明:3种发酵剂馒头感官评分为:组合菌种(82.2 ± 2.3) > 匈牙利酵母(80.9 ± 1.3) > 安琪酵母(77.1 ± 1.4);在硬度、咀嚼性、胶粘性、内聚性和回复力方面,组合菌组最佳;在弹性方面,匈牙利酵母组最佳,总体上组合菌组的质构特性更佳;在风味物质上,安琪酵母组共检测到44种风味成分,匈牙利酵母组共检测到49种,组合菌组共检测到52种,并且组合菌组的醛类、呋喃类、酯类、酚类以及同类都比安琪酵母组和匈牙利酵母组的相对含量高,还检测到3种特有的酯类物质,说明组合菌种发酵更利于苦荞麸皮馒头风味物质的形成;表明组合菌更有利于发酵苦荞麸皮馒头,更易让消费者接受,为组合菌种的应用提供理论支持。

关键词:苦荞麸皮;馒头;组合菌;风味物质

Abstract: The study was aimed to research the effect of mixed strains optimized from sourdoughs on the quality of steamed bread with tartary buckwheat bran, through sensory quality, texture profile analysis and SPME-GC-MS analysis. The Angel Yeast and Hungary yeast considered as control groups. The results showed that: the order of sensory evaluation was mixed strains (82.2 ± 2.3) > Hungary yeast (80.9 ± 1.3) > Angel yeast (77.1 ± 1.4); the hardness, chewiness, cohesiveness, gumminess and resilience of fermented

steamed bread with mixed strains was the best one; on the springiness, the steamed bread fermented with Hungary yeast was the best one. In flavor compounds, Angel yeast, Hungary yeast and mixed strains were distinguish detected in 44, 49 and 52 flavors, respectively. the content of aldehydes, furans, esters, phenols which in mixed strains were higher than Angel yeast and Hungary yeast, and, there were three special esters detected in mixed strains, which means the mixed strains was more better for the formation of flavor in the buckwheat bran steamed bread. The mix strain is better for the fermentation of buckwheat bran steamed bread, which is more acceptable to consumers, and the study provided a theoretical support for mixed strains application.

Keywords: tartary buckwheat bran; steamed bread; mixed strains; flavor substance

苦荞麦是药食两用作物,历史悠久,在中国西北和西南地区种植广泛^[1]。苦荞具有很高的营养价值,是谷类作物中唯一集七大营养素于一身的作物,被誉为“五谷之王”^[2]。苦荞麸皮是苦荞加工的副产物,研究^[3]表明苦荞麸皮中活性物质和微量元素均高于苦荞粉。目前中国对苦荞麸皮的利用并不充分,一般作为动物饲料或者直接丢弃。馒头是中国的传统发酵面食品,随着人们生活质量的普遍提高,对馒头品种和营养有很高的要求。而将苦荞麸皮粉添加到主食馒头中,不仅可以降血压,降血糖,降血脂,预防癌症^[4];还有通便排毒的功效,健康人群长期食用可有效预防心脑血管等疾病的发生^[5],同时还可提高苦荞麸皮的利用率,而目前对于苦荞馒头的研究不多,仅限于苦荞粉馒头抗氧化品质和体外抗消化性的研究,而对于苦荞麸皮馒头品质的研究却未见报道。

目前中国市售馒头的生产多数采用单一酵母菌发酵,虽然发酵速度快,但与酸面团制作的馒头相比,其风味和口味

基金项目: 中国与匈牙利政府间科技合作项目(编号:国科外字[2013]83,(No.):6-30);重庆市特色食品工程技术研发中心能力提升项目(编号:cstc2014pt-gc8001)

作者简介:王雪婷,女,西南大学在读硕士研究生。

通信作者:杜木英(1972—),女,西南大学副教授,博士。

E-mail: muyingdu@swu.edu.cn

收稿日期: 2016-06-30

都比较单一^[6-7]；酸面团馒头相对于酵母馒头有其独特的醇甜香味,更有嚼劲。有研究^[8]表明酸面团的添加会使得面包和馒头的内部结构增加且硬度弹性发生变化,同时馒头的颜色也会发生变化,而从酸面团中筛选优良菌种组合发酵的苦荞麸皮馒头,其对咀嚼性、弹性、气味、外皮颜色的影响还需要研究。本研究从不同地区酸面团中筛选优良菌种进行复配,将组合菌应用于苦荞麸皮馒头制作,通过与安琪酵母和匈牙利酵母发酵的苦荞麸皮馒头对比,研究组合菌对苦荞麸皮馒头品质的影响,明确酸面团优选组合菌发酵苦荞麸皮馒头优于单一活性酵母馒头的物质基础,旨在为组合菌的应用提供理论支持,同时为苦荞功能性食品的研究和开发提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

小麦粉:市售优质特一小麦粉,五得利面粉有限公司;
苦荞麸皮粉:四川省西昌市凉山黑苦荞麸皮粉;
安琪高活性干酵母:安琪酵母股份有限公司;
匈牙利活性干酵母:匈牙利布达佩斯 BUDAFOK 公司;
组合发酵菌种:酿酒酵母(NCBI 登录号:KX197410)和面包乳杆菌(NCBI 登录号:KX197413)按 2∶1 比例混合复配,本实验室从重庆、山东(菏泽)、山西(运城)、河南(郑州)、河南(周口)、天津、上海、陕西(西安)8 个地区酸面团中筛选优势菌种并保存。

1.2 试验设备

面包发酵箱:SP16S 型,广州三麦机械设备有限公司;
电热恒温培养箱:HPX-9052 MBE 型,上海博讯实业有限公司;
质构仪:TA.XT2i 型,英国 Stable Micro System 公司;
气相质谱联用仪:GCMS-2010 型,日本岛津公司;
色谱柱:DB-5MS 型,安捷伦科技有限公司;
固相微萃取器:75 μm CAR/PDMS 涂层萃取头,美国 Su-pelco 公司。

1.3 试验方法

1.3.1 苦荞麸皮馒头制作方法

(1) 安琪酵母发酵馒头:用 110 mL 37 ℃水将 1 g 安琪干酵母溶解,活化 15 min 后与 160 g 小麦粉与 40 g 苦荞麸皮粉混合,和面并揉至表面光滑。放于 37 ℃、相对湿度 80%醒发箱中醒发 60 min,取出后二次和面、成型,二次醒发(37 ℃、相对湿度大约 80%) 40 min,蒸制 30 min,冷却 30 min 后用于测定^[9]。

(2) 匈牙利酵母发酵馒头:用 110 mL 37 ℃水将 1.4 g 匈牙利酵母溶解,其余步骤同上。

(3) 组合菌发酵馒头:取 3%的接种量于(前期工艺研究^[10]确定组合菌比例为酿酒酵母菌∶面包乳杆菌=2∶1) 110 mL 37 ℃水中活化 15 min,与 160 g 小麦粉和 40 g 苦荞麸皮粉混合,和面,揉至表面光滑。放于 37 ℃、相对湿度 80%醒发箱中醒发 2 h。取出二次揉面、成型,二次醒发 40 min(37 ℃、相对湿度大约 80%),蒸制 30 min,冷却 202

30 min 后备用。

(4) 酿酒酵母(YEPD 培养基):酵母粉 1%,蛋白胨 2%,葡萄糖 2%,121 ℃灭菌 20 min^[11]。

(5) 面包乳杆菌(MRS 培养基):牛肉膏 1%,蛋白胨 1%,酵母膏 0.5%,磷酸氢二钾 0.2%,柠檬酸氢二铵 0.2%,乙酸钠 0.5%,葡萄糖 2%,硫酸镁 0.058%,硫酸锰 0.019%,吐温 80 0.1%,pH 6.0~8.0,121 ℃灭菌 20 min^[12]。

1.3.2 苦荞麸皮馒头感官评定 经试验前培训筛选 15 人组成评分小组,在饭后 2 h 之内,按表 1 所示感官评分标准对不同发酵剂蒸制的苦荞麸皮馒头进行感官评价。参考文献[13]的方法,稍微修改后进行评价。

表 1 不同发酵剂苦荞麸皮馒头感官评分表	
Table 1 Criteria for sensory evaluation of different fermenting agents on buckwheat bran steamed bread	
项目	评价标准
外观形状 (15 分)	外观挺立、饱满、表面光滑(10~14)
	轻微塌陷、表面微皱;有轻微收缩现象(5~10)
	萎缩、表面扁平、发硬(0~5)
内部结构 (15 分)	馒头剖面气孔细密而均匀,呈海绵状(10~14)
	馒头剖面气孔大小不均,有少量馒头碎渣(5~10)
	馒头剖面气孔大小不均,出现大的气孔、粗糙不平(0~5)
色泽 (15 分)	呈深绿色,颜色分布均匀(10~14)
	呈灰绿色,色泽有轻度变化(5~10)
	发灰、发暗(0~5)
咀嚼性 (10 分)	咀嚼适口,较柔软,易下咽(7~10)
	软硬适中(4~7)
	咀嚼干硬,下咽困难(0~4)
弹性 (10 分)	回弹快,压 1/2 以上能复原(7~10)
	回弹稍差,压 1/4 以上能复原(4~7)
	回弹弱或者不回弹(0~4)
爽口度 (10 分)	食时爽口不黏牙(7~10)
	食时稍黏或稍爽口(4~7)
	食时黏牙或不爽口(0~4)
苦荞香味 (15 分)	有苦荞特有的香味(10~15)
	苦荞香气不浓或基本无异味(5~10)
	有不可接受的异味(0~5)
苦味 (10 分)	口味淡香,有发酵香味,苦味适中(7~10)
	稍带香味,苦味较浓(4~7)
	无香味且苦味不可接受(0~4)

1.3.3 苦荞麸皮馒头质构分析 切出苦荞麸皮馒头中间 20 mm 厚的馒头块作为测试用样品。质构仪参数:探头型号 TA4/1000;测定模式:距离测定;测试距离:5 mm;操作类型:质构分析(TPA)操作;测试前速率:5 mm/s;测试速率:2 mm/s;测试后速率:5 mm/s;触发值:Auto-5 g;时间:5 s;数据采集速率:200 pps。测定指标包括:硬度、胶黏性、咀嚼性、回复力、内聚力、弹性。测试完后对结果进行分析。

1.3.4 苦荞麸皮馒头风味物质的测定

(1) 挥发性风味物质顶空固相微萃取:将馒头芯切成碎

片,称取 1.5 g 放入 15 mL 萃取瓶中,于 60 ℃ 恒温水浴中顶空萃取 40 min 后拔出针头进样。

(2) 气相—质谱分析:色谱条件参照文献[14],稍作修改:DB-5MS 毛细管色谱柱(60 m×0.32 mm×1 μm);载气 He,流量:恒流 1.2 mL/min,分流 10 mL/min,分流比为12:1;升温程序:起始温度 35 ℃,保留 5 min;以 5 ℃/min 升温至 50 ℃,然后以 5.5 ℃/min 升温至 250 ℃,保留 5 min。

质谱条件:电离方式 EI,电子能量为 70 eV,发射电流为 200 μA,进样孔温度为 250 ℃,离子源温度 200 ℃。采集方式为全扫描,采集质量范围为 33~495(*m/z*)。

1.4 数据处理

每组试验数据均做 3 次重复试验,结果用平均值±标准偏差表示。用 Excel2010 制图,SPSS19.0 软件进行数据分析,显著性分析采用 Duncan 检验法,检验水平为 0.05。

2 结果分析

2.1 不同发酵剂苦荞麸皮馒头的感官评定

由图 1、2 可知,3 种发酵剂发酵的苦荞麸皮馒头苦荞香味上有很大差异,安琪酵母发酵的馒头苦荞香味较淡,得分最低;组合菌馒头相对于干酵母馒头苦荞香味有明显改善,馒头内部气孔更加细密,但是表皮颜色和苦味没有明显的不同,从整体上看,组合菌发酵的苦荞麸皮馒头得分均高于安琪酵母馒头和匈牙利酵母馒头得分,说明组合菌馒头的品质相对于干酵母馒头有一定程度的改善,也表明纯种发酵剂发酵的苦荞麸皮馒头更易让消费者接受。3 种发酵剂感官评分大小为:组合菌种(82.2±2.3)>匈牙利酵母(80.9±1.3)>安琪酵母(77.1±1.4)。

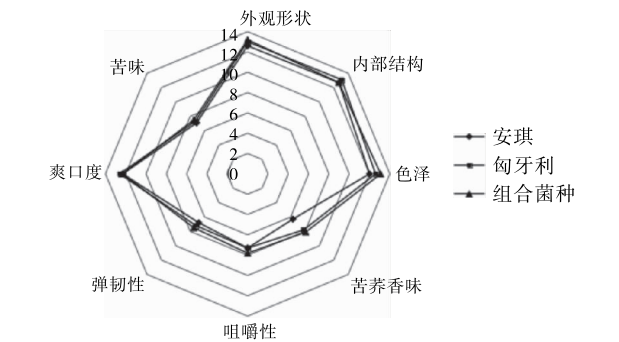
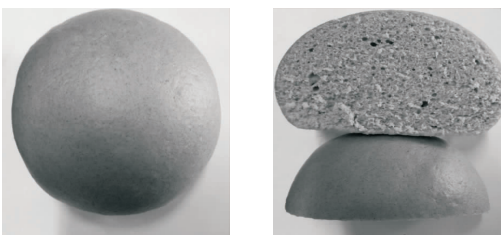
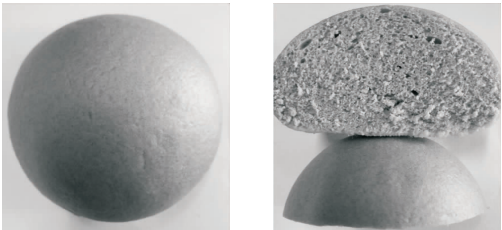


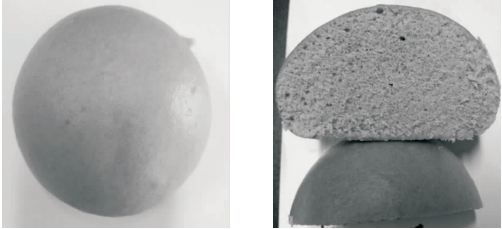
图 1 不同发酵剂发酵苦荞麸皮馒头的感官评价
Figure 1 Sensory assessment of different fermenting agents on buckwheat bran steamed bread



(a) 安琪酵母苦荞麸皮馒头



(b) 匈牙利酵母苦荞麸皮馒头



(c) 组合菌发酵苦荞麸皮馒头

图 2 3 种发酵苦荞麸皮馒头的外观形状

Figure 2 External shapes of two different sourdoughs fermentation on buckwheat bran steamed breads

2.2 不同发酵剂苦荞麸皮馒头质构分析

由表 2 可知,组合菌种发酵的馒头硬度、咀嚼性、胶黏性和回复力最小,内聚性最大,馒头柔软又劲道,爽口不粘牙;匈牙利酵母发酵的馒头弹性最佳,安琪酵母发酵的馒头弹性次之。在硬度、胶粘性、咀嚼性和弹性方面,3 种发酵剂发酵的苦荞麸皮馒头有显著性差异($P<0.05$);在回复力方面,匈牙利酵母发酵的馒头与安琪和组合菌种发酵的馒头有显著性差异($P<0.05$),安琪与组合菌种发酵的没有明显差异;在内聚性方面,组合菌种组与安琪组和匈牙利组均有显著性差异($P<0.05$),而匈牙利酵母与安琪酵母发酵的馒头没有显著性差异。

乳酸菌发酵对馒头的质构特性有一定的改善作用。吕莹果等^[15]研究表明植物乳酸菌发酵馒头质构特性与活性干酵母、酵子馒头相比,植物乳酸菌发酵的馒头弹性大,回复性、咀嚼性、黏聚性和硬度较小,品质较优。本试验选用的组

表 2 不同发酵剂发酵苦荞麸皮馒头对质构的影响[†]
Table 2 Effect of different fermenting agents on buckwheat bran steamed bread texture

发酵剂	硬度/g	胶黏性/g	咀嚼性/g	回复力	内聚性	弹性
安琪	1 472.00±92.96 ^c	1 027.33±80.73 ^c	761.83±78.22 ^c	0.51±0.03 ^b	0.68±0.02 ^a	0.76±0.03 ^b
匈牙利	909.67±81.74 ^b	616.00±82.49 ^b	534.33±62.61 ^b	0.64±0.03 ^c	0.68±0.03 ^a	0.89±0.03 ^c
组合菌种	554.33±45.44 ^a	458.67±45.75 ^a	389.67±19.34 ^a	0.50±0.02 ^b	0.83±0.02 ^c	0.58±0.06 ^a

[†] 同列字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

合菌是由不同地区的酸面团中筛选出的酿酒酵母和面包乳杆菌,蒸制出的苦荞麸皮馒头硬度小、有弹性、柔软又劲道,较安琪酵母和匈牙利酵母馒头质构特性优,主要是由于其中的面包乳杆菌发酵的原因。

2.3 不同发酵菌剂苦荞麸皮馒头风味成分分析

采用顶空—固相微萃取(HS—SPME)—气相色谱—质谱联用(GC—MS)技术对不同发酵剂苦荞麸皮馒头的挥发性风味成分进行检测,通过检索 NIST08s.LIB 和 NIST08.LIB 谱库进行定性分析,结果见表 3。

表 3 不同发酵剂苦荞麸皮馒头挥发性风味物质分析结果[†]

Table 3 Analysis results of volatile flavor component in different fermenting agents on buckwheat bran steamed bread											
保留时间/min	名称	相对含量/%				保留时间/min	名称	相对含量/%			
		安琪	匈牙利	组合菌种				安琪	匈牙利	组合菌种	
3.565	乙酸	3.79	—	—		26.226	α -蒎烯	—	0.54	—	
5.081	异戊醇	21.97	—	—		26.603	癸酸乙酯	0.33	—	—	
7.317	己醛	2.49	—	—		26.757	十五烷	1.55	2.61	2.68	
7.491	(2R,3R)–(–)-2,3-丁二醇	2.12	—	—		27.859	香叶基丙酮	0.74	0.82	1.06	
7.838	2,3-丁二醇	0.39	—	—		28.792	二十烷	0.37	0.70	0.64	
14.617	3-甲硫基丙醇	2.39	2.65	—		29.090	十五烷	0.61	0.85	0.68	
14.733	1-辛烯-3-醇	—	—	3.14		29.817	二十烷	—	0.58	—	
15.047	2-正戊基呋喃	2.34	5.55	7.30		29.818	2,6,11,15-四甲基十六烷	—	—	0.49	
15.534	正辛醛	1.78	4.30	4.07		31.288	十六烷	2.16	3.12	2.83	
16.849	苯乙醛	1.90	3.00	4.03		32.266	2,6,10 三甲基十五烷	0.77	1.20	1.01	
17.253	3-乙基-3-甲基庚烷	—	0.82	0.86		32.616	2-甲基十六烷	0.16	0.48	0.38	
18.677	沉香醇	—	1.56	1.56		32.766	2-乙基-2-甲基十三烷醇	—	—	0.31	
18.834	壬醛	3.33	6.25	5.74		32.766	二十七烷	—	0.36	—	
19.043	苯乙醇	12.49	14.28	9.89		33.123	癸二酸二壬酯	1.72	—	2.75	
19.966	邻苯二甲醚	—	0.52	0.58		33.373	十七烷	2.33	3.15	2.78	
20.098	丁酸己酯	—	—	0.78		33.442	2,6,10,14-四甲基十五烷	1.15	1.87	1.32	
20.453	(E)-壬烯醛	0.38	0.78	0.81		34.224	二十一烷	0.49	0.71	0.63	
20.745	辛酸	—	1.46	—		34.480	肉豆蔻酸	1.06	1.23	1.09	
21.158	萘	—	0.56	0.80		34.636	二十八烷	0.65	0.94	0.73	
21.487	辛酸乙酯	—	0.56	0.71		34.784	3-甲基十七烷	—	0.39	—	
21.606	十二烷	—	—	0.59		35.351	十八烷	1.69	2.27	2.04	
21.770	癸醛	0.79	1.21	1.14		35.469	植烷	—	2.96	—	
23.279	反式-2-癸烯醛	—	1.07	1.46		35.477	2,6,10,14-四甲基十六烷	1.94	—	2.58	
23.283	(±)-3-羟基甲基桂酸	0.86	—	—		35.783	肉豆蔻酸异丙酯	—	—	0.43	
23.398	壬酸	—	2.69	4.79		35.952	法尼醇	—	0.64	0.84	
23.600	4,6-二甲基十二烷	0.55	0.90	1.24		36.122	植酮	—	0.28	0.15	
23.921	茴香脑	1.70	2.27	2.54		36.443	邻苯二甲酸二异丁酯	1.13	1.44	1.28	
24.501	4-乙烯基-2-甲氧基苯酚	1.26	0.51	2.16		37.235	二十一烷	0.35	0.53	0.41	
24.797	十四烷	0.39	0.68	0.68		37.670	棕榈酸甲酯	0.72	0.80	0.74	
25.236	8-甲基-1-十一碳烯	—	—	0.72		37.866	油酸	0.43	—	—	
25.753	桃醛	0.45	0.84	—		38.256	棕榈酸	2.04	2.59	1.79	
25.754	丙位壬内酯	—	—	1.16		38.891	棕榈酸乙酯	0.50	0.80	0.76	
25.879	2-十一烯醛	0.34	0.75	0.97		39.413	棕榈酸异丙酯	0.71	0.62	0.90	
26.035	2-丁基-2-辛醇	—	—	0.39		41.722	亚油酸乙酯	0.80	1.06	1.00	
合计		86.11	86.75	90.41							

[†] “—”表示未检测到。

对风味物质进行分析。由表 3 可知,安琪组的风味物质共有 44 种:酸类 5 种、醇类 5 种、醛类 8 种、呋喃类 1 种、酯类 7 种、烷烃类 15 种、酚类 1 种、醚类 1 种、酮类 1 种;匈牙利组的风味物质共有 49 种:酸类 4 种、醇类 4 种、醛类 8 种、呋喃类 1 种、酯类 6 种、烷烃类 19 种、酚类 1 种、醚类 2 种、酮类 2 种、烯类 1 种;组合菌种组的风味物质共有 52 种:酸类 4 种、醇类 5 种、醛类 7 种、呋喃类 1 种、酯类 10 种、烷烃类 18 种、酚类 1 种、醚类 2 种、酮类 1 种、烯类 1 种。检测出的风味化合物的总量存在差异,安琪组 86.11%,匈牙利组 86.75%,组合菌种组 90.41%。

表 4 不同发酵剂发酵苦荞麸皮馒头中挥发性风味物质类别统计分析结果

Table 4 Analysis results of volatile flavor compounds sorted in different agents on buckwheat bran steamed bread

发酵剂	相对含量/%								
	酸类	醇类	醛类	呋喃类	酯类	烷烃类	酚类	醚类	酮类
安琪	8.18	39.36	11.46	2.34	5.91	15.16	1.26	1.70	0.74
匈牙利	7.97	19.13	18.20	5.55	5.28	25.12	0.51	2.79	1.10
组合菌种	8.06	15.74	18.22	7.30	10.51	22.57	2.16	3.12	1.21

由表 4 可知,安琪酵母组的醇类物质含量要显著高于匈牙利组和组合菌种组,但组合菌种组的醛类、呋喃类、酯类、烷烃类、酚类、醚类以及同类都比安琪组和匈牙利组的相对含量要高。由于醛类和酯类的阈值较低,在低含量下即可被嗅到,是影响馒头风味的主要物质^[16],组合菌种中的这两类均比其余两种发酵剂的要高,特别是还检测到了其余两种发酵剂中没有的丁酸己酯、丙位壬内酯、肉豆蔻酸异丙酯这 3 种酯类化合物,其中丁酸己酯可以用于配制菠萝、甜瓜、猕猴桃等香精,丙位壬内酯可以用于配制樱桃、牛奶、乳脂等香型食用香精^[17]。组合菌种组检测到的 2-正戊基呋喃的含量要显著高于安琪组和匈牙利组,而 2-正戊基呋喃是重要的调配面包香型的香精。壬酸具有淡的脂肪和椰子香气,用于烘烤食品、肉制品等^[18],在组合菌种组中检测到的含量为 4.79%,比匈牙利组的要高。法尼醇主要用于调配杏子、香蕉等食用香精,在组合菌种组中检测到含量为 0.84%。

由以上可以说明组合菌种发酵苦荞麸皮馒头较其余两种发酵剂发酵的在风味化合物的总量以及风味物质种类方面较优,与感官分析结果一致。酸面团组合菌苦荞麸皮馒头在发酵过程中酿酒酵母菌和面包乳杆菌协同代谢产生挥发性化合物,改善馒头的感官品质,这些物质包括各种烃类、醇类、醛类以及芳香族化合物等;主要是由于发酵时组合菌种组中含有乳酸菌,乳酸菌产酸使面团酸化,为蛋白质降解生成游离氨基酸创造了条件,而且面包乳杆菌发酵可以代谢乳酸、醋酸和丙酸等多种有机酸,适量有机酸的生成可以赋予苦荞麸皮馒头柔和的酸味,特定的有机酸还可与酿酒酵母发酵产生的醇、酮和醛等物质生成酯类等物质^[19],此外还有多种新的呈味物质产生^[20],并且氨基酸和多肽也可以作为风味物质的前体物质被微生物所利用^[21-22];程晓燕等^[23]对酸面团中的植物乳杆菌发酵馒头产生的挥发性风味物质进行了研究,结果表明乳酸菌发酵酸面团馒头的挥发性风味物质总量变大;而安琪酵母和匈牙利酵母发酵由于只有酵母菌的存在,使得发酵的馒头中风味物质种类较少。

3 结论

从试验可以看出:组合菌种组馒头(82.2±2.3)感官评分高于匈牙利酵母组(80.9±1.3)和安琪酵母组(77.1±1.4);在硬度、咀嚼性、胶粘性、内聚性和回复力方面,组合菌组最佳;在弹性方面,匈牙利酵母组最佳,但总体上组合菌组的质构特性更佳;在风味物质上,组合菌组共检测到 52 种,高于安琪酵母组(44 种)和匈牙利酵母组(49 种),并且组合菌组的醛类、呋喃类、酯类、烷烃类、酚类、醚类以及同类都比安琪酵

母组和匈牙利酵母组的相对含量要高,还检测到丁酸己酯、丙位壬内酯、肉豆蔻酸异丙酯 3 种特有的酯类物质。

由此可知,从酸面团中筛选出的优良组合菌应用于食品发酵改善馒头品质,能增加苦荞麸皮馒头的口感和风味,而且相比较于普通干酵母发酵的苦荞麸皮馒头,具有传统酸面团发酵馒头的特色风味及食用价值,并使得苦荞麸皮被很好地利用。苦荞麸皮馒头的研制,能够给广大社会带来一定的健康价值和经济效益,具有广泛的应用前景,同时也为酸面团组合菌的应用提供了理论基础。对于酸面团优选组合菌提升苦荞麸皮馒头品质的机制成为下一步的研究重点,以探究组合菌在馒头发酵过程中的代谢机制和发酵机理。

参考文献

[1] 陈洁, 彭芸, 王远辉, 等. 苦荞粉添加量对馒头抗氧化效果影响研究[J]. 食品科技, 2015(6): 194-197.

[2] NAKAMURA K, NARAMOTO K, KOYAMAM. Blood-pressure-lowering effect of fermented buckwheat sprouts in spontaneously hypertensive rats [J]. Journal of Functional Foods, 2013, 5(1): 406-415.

[3] ZHENG Cheng-jian, HU Chang-liang, MA Xue-qin, et al. Cytotoxic phenylpropanoid glycosides from Fagopyrum tataricum (L.) Gaertn [J]. Food Chemistry, 2012, 132(1): 433-438.

[4] RIZZELLO C G, NIONELLI L, CODA R, et al. Synthesis of the cancer preventive peptide lunasin by lactic acid bacteria during sourdough fermentation [J]. Nutr Cancer, 2012, 64(1): 111-120.

[5] MA Yu-jie. Cooking, textural, sensorial, and antioxidant properties of common and tartary buckwheat noodles [J]. Food Science and Biotechnology, 2013, 22(1): 153-159.

[6] 尹艳丽. 酸面团和谷物发酵对面制食品营养品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(10): 230-234.

[7] 刘娜, 程晓燕, 孙银凤, 等. GC-MS 分析传统酸面团馒头风味及添加食用碱对其风味的影响[J]. 食品工业科技, 2014, 35(16): 76-81.

[8] 刘娜. 区域特色酸面团馒头及其优选乳酸菌发酵特性比较研究[D]. 无锡: 江南大学, 2014: 3-5.

[9] 何学勇, 刘长虹, 李志建. 不同发酵剂制作馒头贮存品质比较[J]. 食品工业, 2013(4): 86-88.

[10] 何瑞, 廖钰婷, 王雪婷, 等. 复合菌发酵苦荞麸皮馒头的工艺优化[J/OL]. 食品工业科技, <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.1759.TS.20161208.1438.004.html>.

[11] 王乃鑫, 韩炜. 传统面食发酵剂中酵母菌的分离鉴定[J]. 食品与机械, 2007, 23(5): 20-22.

(下转第 223 页)

食品科学, 2015, 36(7): 240-244.

[31] GRANADO-LORENCIO F, LAGARDA M J, GARCIA-LÓPEZ F J, et al. Effect of β -cryptoxanthin plus phytosterols on cardiovascular risk and bone turnover markers in post-menopausal women: A randomized crossover trial [J]. Nutrition Metabolism & Cardiovascular Diseases Nmc, 2014, 24(10): 1 090-1 096.

[32] IKEDA N, SUGIYAMA T, SUZUKI T, et al. Effects of beta-cryptoxanthin on bone metabolism in a rat model of osteoporosis[J]. Journal of Animal & Veterinary Advances, 2012, 11(1): 30-35.

[33] YAMAGUCHI M, WEITZMANN M N. The bone anabolic carotenoids *p*-hydroxycinnamic acid and β -cryptoxanthin antagonize NF- κ B activation in MC3T3 preosteoblasts[J]. Molecular Medicine Reports, 2009, 2(4): 641-644.

[34] YAMAGUCHI M, WEITZMANN M N. The bone anabolic carotenoid β -cryptoxanthin enhances transforming growth factor- β 1-induced SMAD activation in MC3T3 preosteoblasts[J]. International Journal of Molecular Medicine, 2009, 24 (5): 671-675.

[35] UCHIYAMA S, SUMIDA T, YAMAGUCHI M. Anabolic effect of β -cryptoxanthin on bone components in the femoral tissues of aged rats in vivo and in vitro[J]. Journal of Health Science, 2004, 50(5): 491-496.

[36] UCHIYAMA S, YAMAGUCHI M. beta-cryptoxanthin stimulates cell differentiation and mineralization in osteoblastic MC3T3-E1 cells[J]. Journal of Cellular Biochemistry, 2005, 95(6): 1 224-1 234.

[37] OZAKI K, OKAMOTO M, FUKASAWA K, et al. Daily intake of β -cryptoxanthin prevents bone loss by preferential disturbance of osteoclastic activation in ovariectomized mice[J]. Journal of Pharmacological Sciences, 2015, 129(1): 72-77.

[38] 孙谦, 胡中海, 孙志高, 等. 鱼腥草的生物活性及其机理研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(23): 354-358.

[39] JASWIR I, KOBAYASHI M, KOYAMA T, et al. Antioxidant behaviour of carotenoids highly accumulated in HepG2 cells[J]. Food Chemistry, 2012, 132(2): 865-872.

[40] LORENZO Y, AZQUETA A, LUNA L, et al. The carotenoid beta-cryptoxanthin stimulates the repair of DNA oxidation damage in addition to acting as an antioxidant in human cells [J]. Carcinogenesis, 2009, 30(2): 308-314.

[41] AZQUETA A, COLLINS A R. Carotenoids and DNA damage [J]. Mutation Research/Fundamental & Molecular Mechanisms of Mutagenesis, 2012, 733(1/2): 4-13.

[42] CICCONE M M, CORTESE F, GESUALDO M, et al. Dietary intake of carotenoids and their antioxidant and anti-inflammatory effects in cardiovascular care[J]. Mediators of Inflammation, 2013, 2 013: 2 409-2 420.

[43] 河田照雄, 大山夏奈, 高橋信之. カロテノイド(5) β -クリプトキサンチン-糖・脂質代謝改善作用[J]. Functional Food, 2011, 4(4): 417-422.

[44] 蒋国玲. 温州蜜柑皮 β -隐黄素的提取、纯化及稳定性研究[D]. 重庆: 西南大学, 2012: 8.

[45] DWYER J H, PAULLABRADOR M J, FAN J, et al. Progression of carotid intima-media thickness and plasma antioxidants: the Los Angeles Atherosclerosis Study [J]. Arteriosclerosis Thrombosis & Vascular Biology, 2004, 24(24): 313-319.

[46] PATTISON D J, SYMMONS D P, LUNT M, et al. Dietary beta-cryptoxanthin and inflammatory polyarthritis: results from a population-based prospective study [J]. American Journal of Clinical Nutrition, 2005, 82(2): 451-455.

[47] UNNO K. Prevention of senescence and stress by food composition [J]. Yakugaku Zasshi Journal of the Pharmaceutical Society of Japan, 2015, 135(1): 41-46.

[48] EICHINGER A, GORALCZYK R, WERTZ K, et al. Use of beta-cryptoxanthin: US, EP2005/005030 A1[P]. 2005-11-24.

[49] 向井, 克之. Novel application of β -cryptoxanthin for locomotive syndrome prevention[J]. 食品工業, 2013, 56(8): 46-50.

[50] HIKITA M, MOTOJIMA K, KAMATA S, et al. Protective efficacy of the ingestion of mandarin orange containing β -cryptoxanthin on lipopolysaccharide-induced acute nephritis [J]. Yakugaku Zasshi Journal of the Pharmaceutical Society of Japan, 2016, 136(7): 1 031-1 040.

[51] NISHI K, MURANAKA A, NISHIMOTO S, et al. Immunostimulatory effect of β -cryptoxanthin in vitro and in vivo[J]. Journal of Functional Foods, 2012, 4(3): 618-625.

(上接第 205 页)

[12] 范丽平, 王亚峰, 霍贵成. 产胞外多糖乳酸菌的鉴定及发酵性能研究[J]. 食品与机械, 2010, 26(3): 14-17.

[13] 许芳溢, 李五霞, 吕曼曼, 等. 苦荞馒头抗氧化品质、体外消化特性及感官评价的研究[J]. 食品科学, 2014, 35(11): 42-47.

[14] 张国权, 叶楠, 张桂英, 等. 馒头品质评价体系构建[J]. 中国粮油学报, 2011, 26(7): 10-14

[15] 杨秀琴, 邹奇波, 黄卫宁. 酵母菌对自然发酵酸面团面包中风味物质影响的研究[J]. 食品与机械, 2006, 22(3): 37-40.

[16] 吕莹果, 石林凡, 魏雪琴, 等. 植物乳酸菌发酵馒头工艺及性质研究[J]. 粮食与油脂, 2015, 28(2): 40-44.

[17] 刘晨, 孙庆申, 吴桐, 等. 3 种不同发酵剂馒头风味物质比较分析[J]. 食品科学, 2015, 36(10): 150-153.

[18] 王大一, 温纪平. 一次发酵和二次发酵馒头中挥发性风味物质比较[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2015, 36(2): 58-61.

[19] SALIM U R, PATERSON A, PIGGOTT J R. Flavour in sourdough breads: a review [J]. Trends in Food Science & Technology, 2006, 17(10): 557-566.

[20] 李晨, 王松, 展海宁, 等. 类食品乳杆菌 412 对酸面团发酵的影响[J]. 食品与发酵工业, 2009, 35(5): 99-104.

[21] 郭兴华. 益生乳酸细菌—分子生物学及生物技术[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 58-66.

[22] GANZLE M G, LOPONEN J, GOBBETTI M. Proteolysis in sourdough fermentation: mechanisms and potential for improved bread quality [J]. Trends in Food Science and Technology, 2008, 19(10): 513-521.

[23] 程晓燕, 孙银凤, 刘娜, 等. 传统酸面团中植物乳杆菌发酵馒头抗氧化特性及挥发性风味物质特征[J]. 食品科学, 2015, 36(12): 87-92.