

益生菌对馒头感官品质及风味的影响

刘艳红, 康佳茜, 肖诗雨, 王赛民, 周中凯*
(天津科技大学食品科学与工程学院 天津 300457)

摘要 选取植物乳酸杆菌、鼠李糖乳酸杆菌和酿酒酵母 3 种益生菌, 制备 3 种益生菌馒头 (SC、SLP、SLR)。以普通馒头 (SAQ) 为对照, 分析比较馒头的比容、质构特性、感官评价以及风味物质的种类和含量。结果表明: 与普通馒头相比, 益生菌馒头的比容显著增大 ($P < 0.05$), 其中 SLP 的比容最大为 2.33 mL/g。益生菌馒头的硬度、咀嚼度、胶着度显著低于普通馒头, 弹性、回复性等指标显著高于普通馒头, 其中表现出最好质构特性的是 SLR。由于益生菌馒头外观、口感、口味极佳, 其比普通馒头更受欢迎。由 GC-MS 分析可知, 从 4 种馒头中共检出 54 种风味物质, 其中 SLR 中风味物质种类最丰富, 含有较多特殊气味。综合分析可得益生菌发酵通过增大馒头比容, 改善馒头的质构特性, 丰富馒头的风味来提高馒头的品质。

关键词 益生菌; 感官品质; 风味

文章编号 1009-7848(2023)02-0164-09 DOI: 10.16429/j.1009-7848.2023.02.016

馒头作为传统的发酵食品, 因经济实惠、老少皆宜而受到大多数人的欢迎, 具有较大的市场需求。随着时代的改变, 人们对馒头品质的需求远远高于以往。最早以传统老面发酵方式制作的馒头, 虽然其口感较好, 风味较丰富, 但是发酵条件不可控、发酵时间较长, 在食品安全方面存在隐患^[1]。利用酵母粉制作馒头, 虽然发酵时间短、能力强, 且工艺相对简单, 但是发酵剂单一, 馒头的风味淡且营养价值有所降低。探究一种既能缩短发酵时间且操作简单、方便, 又能使馒头口感、风味、质地受到大众认可的发酵方式至关重要。

酿酒酵母、植物乳酸杆菌和鼠李糖乳酸杆菌作为具有一定益生作用的益生菌, 具有良好的发酵性能^[2-4]。有研究表明, 乳酸菌或酵母菌复合乳酸菌发酵可改善食品的风味和质地特性, 乳酸菌通过改变面团的流变学特性, 从而改善面制品的品质, 并且可产生乳酸、醋酸、丙酸等有机酸, 在赋予食品酸味的同时, 与发酵中产生的醇、醛、酮等物质相互作用形成多种新的呈味物质, 此外还可与酵母菌产生的醇发生反应生成酯类^[5]。郭东旭等^[6]研究了乳酸菌发酵酸面团对青麦仁面包品质的影响, 表明乳酸菌的加入改善了青麦仁面包的质构特性, 并增加了挥发性风味物质的种类。基于以上

研究, 本试验采用益生菌直接发酵的方式制备 3 种益生菌馒头 SC(酿酒酵母发酵的馒头)、SLP(酿酒酵母复合植物乳酸杆菌发酵的馒头)、SLR(酿酒酵母复合鼠李糖乳酸杆菌发酵的馒头)。通过测定馒头的比容、质构、风味物质以及感官评价, 探究益生菌对馒头品质的影响。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

金沙河小麦粉, 河北金沙河面业集团有限公司; 高活性酵母, 安琪酵母股份有限公司; MRS 培养基、YPD 培养基, 海博生物技术有限公司; 鼠李糖乳酸杆菌、植物乳酸杆菌 11118、酿酒酵母, 粮油科学与工程实验室提供。

和面机, 青岛汉尚电器有限公司; 恒温恒湿培养箱, 上海赫田科学仪器有限公司; 电磁炉, 广东美的生活电器制造有限公司; 苏泊尔蒸锅, 浙江苏泊尔股份有限公司; YXQ-LS-75511 立式压力蒸汽灭菌器, 上海博讯实业有限公司医疗设备厂; 电子天平, 美国双杰兄弟(集团)有限公司; 食品体积测定仪, 瑞典波通公司; TA.XT.Plus 质构仪, 英国 Stable Micro Systems 公司; 7890A/5960C GC-MS 仪器, 美国安捷伦公司。

1.2 方法

1.2.1 馒头的制备

1.2.1.1 普通馒头 将 100 g 小麦粉、0.8 g 酵母粉和适量无菌水(总水量维持在 60%)混匀在和面机

收稿日期: 2022-02-13

基金项目: 天津市自然科学基金项目(20JCZDJC00040)

第一作者: 刘艳红, 女, 硕士生

通信作者: 周中凯 E-mail: zkzhou@tust.edu.cn

中搅拌 10 min 成表面光滑的面团后取出放置于湿度 75%、温度 35 ℃ 的醒发箱中醒发,待面团体积醒发至 2 倍大,取出排气整形,继续二次醒发 30 min 后上汽蒸 20 min 得成品。

1.2.1.2 益生菌馒头 将 0.8 g 酵母粉换成 40 mL 提前制备好的菌悬液(10^7 CFU/ml),其余步骤同上。

1.2.2 馒头比容的测定 待馒头冷却 1 h 后用体积测定仪参照 GB/T 21118-2007《小麦粉馒头》测定比容,每个样品做 3 次平行,取平均值。

1.2.3 馒头质构特性的测定 取冷却 1 h 后的馒头中心部位,切成 2 cm×2 cm×2 cm 的正方体备用。使用质构仪的 TPA 模式,参数为:P/36R 探头,测前速 4 mm/s,测速 2 mm/s,测后速 2 mm/s,压缩比 30%,感应力 5 g。每个样品 5 个平行,取平均值。

1.2.4 馒头的感官评价 选取 20 名具有一定的专业知识且经过培训的评价员(10 名男性和 10 名女性)。采用 9 分嗜好评分法^[7]对馒头的外观、色、香、味、内部结构和整体可接受度进行评价。其中,1~9 代表极其讨厌、非常讨厌、一般讨厌、稍微讨厌、不喜欢也不讨厌、稍微喜欢、一般喜欢、非常喜欢以及极其喜欢。

1.2.5 GC-MS 测定风味物质

1.2.5.1 样品处理 称取 5 g 馒头芯于 30 mL 顶空玻璃取样瓶中 60 ℃ 预热 15 min,将已老化好的 50/30 μm DVB/CA/PDMS 萃取头于样品瓶顶空部分静置萃取 30 min,取出于 210 ℃ 条件下解吸 10 min。

1.2.5.2 色谱条件 色谱柱 HP-INNOWAX (60 m×0.25 mm,0.25 μm),载气为高纯氦气,流 1.0 mL/min;进样口温度 210 ℃。程序升温:起始温度为 50 ℃,保持 1 min,然后以 3 ℃/min 升温至 220 ℃,保持 3 min。

1.2.5.3 质谱条件 电离方式 EI,电子能量 70 eV;离子源温度 200 ℃;接口温度 280 ℃,扫描质量范围 m/z 35~400。

1.2.5.4 数据处理 采用 NIST 11.Library 谱库检索,选择匹配度大于 80%的鉴定结果,并参考文献最终确定挥发性物质里的各个化学成分,并按峰面积归一化法进行定量比较分析。

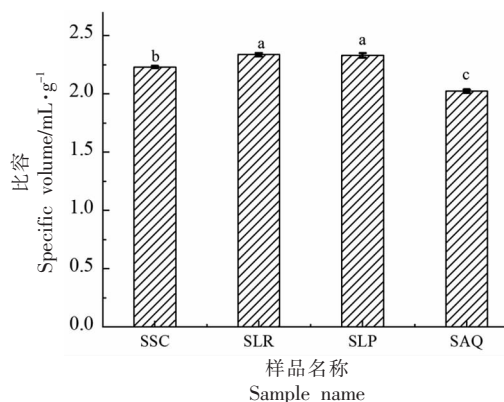
1.3 数据处理

采用 Excel 和 SPSS 19 进行数据统计分析,运用方差分析法(ANOVA)进行显著性分析, $P < 0.05$,采用 Origin 2018 进行图形处理。

2 结果与分析

2.1 益生菌对馒头比容的影响

比容是评价馒头品质的重要指标之一。如图 1 所示益生菌馒头 SC、SLP、SLR 的比容显著高于普通馒头 SAQ($P < 0.05$)。比容的大小与酵母生长代谢产生的 CO_2 量成正比^[8],而 SC 比容大于 SAQ,提示酿酒酵母的生长代谢活力显著高于酵母粉,产生了更多的 CO_2 。SLP 和 SLR 的比容大于 SC,说明乳酸菌的加入产生了更多的 CO_2 。有研究表明,乳酸菌通过产生有机酸,降低了面筋网状密度,改变了淀粉结构进而改善了面团的持气性从而使馒头的比容增大^[9-10]。



注:不同小写字母表示显著性差异($P < 0.05, n=3$)。

图 1 4 种馒头的比容

Fig.1 Specific volume of four steamed buns

2.2 益生菌对馒头质构的影响

由表 1 可知 SC、SLP、SLR 的硬度、胶着度、咀嚼度低于 SAQ,而弹性、回复性高于 SAQ。有研究表明,硬度、胶着度、咀嚼度与面包品质呈负相关,其数值越小馒头越松软爽口,弹性、回复性则相反^[11],说明益生菌发酵能改善馒头的质地性状和压缩张弛性。含有乳酸菌的 SLP、SLR 表现出更好的质构特性,可能是乳酸菌产的 EPS 会与淀粉和谷蛋白竞争水分,弱化了面团中淀粉-谷蛋白网络降低了馒头硬度使馒头更富有弹性^[12]。

表1 馒头的质构参数

Table 1 Texture parameters of steamed bread

样品名称	硬度	弹性	黏聚性	胶着度	咀嚼度	回复性
SC	273.92 ± 6.75 ^b	0.962 ± 0.01 ^b	0.893 ± 0.00 ^b	299.578 ± 15.56 ^b	235.505 ± 4.53 ^b	0.53 ± 0.01 ^b
SLP	258.40 ± 8.38 ^b	0.963 ± 0.00 ^b	0.903 ± 0.00 ^a	251.744 ± 6.80 ^c	234.541 ± 9.51 ^b	0.55 ± 0.00 ^a
SLR	201.17 ± 9.98 ^c	0.965 ± 0.00 ^a	0.905 ± 0.00 ^a	244.479 ± 26.60 ^c	193.71 ± 9.83 ^c	0.56 ± 0.10 ^a
SAQ	458.07 ± 8.55 ^a	0.954 ± 0.00 ^c	0.906 ± 0.00 ^a	421.976 ± 12.09 ^a	236.54 ± 9.51 ^a	0.52 ± 0.00 ^c

注:表中数据为平均值±标准差;同列不同小写字母表示差异性显著($P < 0.05, n = 3$)。

2.3 益生菌对馒头感官的影响

优质的馒头不仅要求馒头外表挺立光滑饱满、色泽均匀,且内部气孔均匀致密、层次纹理均匀清晰且呈海绵状^[13]。如图2所示,SC、SLP、SLR的整体可接受度、外观、内部结构、口感的评分均显著高于SAQ,说明益生菌发酵的馒头表面更光滑平整无塌陷,内部气孔均匀且紧密,富有弹性弹性口感松软,受到大众的喜爱整体可接受度较高。有研究表明^[14],乳酸菌与酵母菌之间可协同生长,可为对方创造有利生长环境,进而产生更多的风味物质,故SLP、SLR的风味评分高于SC、SAQ。

2.4 益生菌对馒头风味物质的影响

风味是评价馒头品质的重要指标之一。如表2、表3可以看出4种馒头的挥发性风味物质种类和含量都存在一定差异。共检测出54种风味物质包括醛类、酸类、醇类、酯类、酮类等。SLR中共检测出40种风味物质,包括醇类10种,醛类12种,酸类7种,酯类5种,其它(酮类、呋喃类)6种;SLP中检测出37种风味物质,包括醇类11种,醛类11种,酸类6种,酯类4种,其它(酮类、呋喃类)5种;SAQ中检测出33种风味物质,包括醇类10种,醛类8种,酸类7种,酯类1种,其它(酮类、呋喃类)7种;SC中共检测出26种风味物质,包括醇类8种,醛类9种,酸类4种,酯类2种,其它(酮类、呋喃类)3种。

醇类作为发酵的主要产物,能赋予馒头特殊的香味并且芳香域较低,不仅本身能为馒头的风味做出贡献,而且可以作为其它风味物质的前体物质,如与有机酸反应生成酯类而对风味的产生具有间接影响^[15]。由表3可知SAQ中醇类相对含量最高64.13%,其次是SLP、SC、SLR相对含量分别是45.10%,38.61%,31.03%。其中(Z)-3-壬烯-1-醇、2-苯氧乙醇、辛醇仅在益生菌馒头中检测

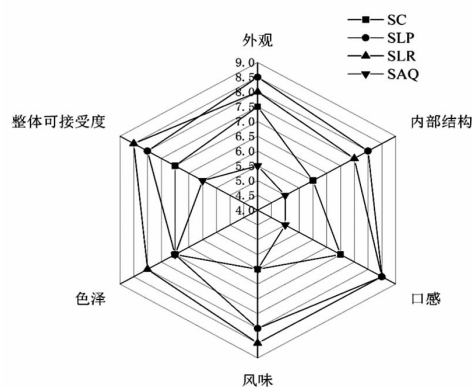


图2 4种馒头的感官评价雷达图

Fig.2 Sensory evaluation radar map of four steamed buns

出,普通馒头中未检测出。3-甲基-1-丁醇具有较高的气味活性值,并有“酒精麦芽”的风味^[16-17],在SLP中含量最高达到47.03%;1-辛烯-3-醇具有蘑菇香味和强烈的壤土香及药草香韵,它存在于天然植物中,也是香料行业中一种有价值的合成香料^[18],在SLP中含量最高达到14.57%;2-乙基-1-己醇是一种香料物质可用于烘烤食品、冰冻乳制品及布丁中,在SLR中含量最高达到5.09%;苯乙醇是我国规定允许使用的食用香料具有新鲜面包香、清甜的玫瑰花香^[19],在SAQ中含量最高达到61.63%;2-甲基-1-丙醇是规定为允许使用的食用香料,它仅存在于SAQ中相对含量达到10.28%。

醛类物质是淀粉在发酵剂作用条件下降解而生成,促进了发酵食品香气的形成,其所体现出的清香、水果香等是馒头香气的重要组成部分,可以使食品的香气更加醇厚^[20-21]。由表3可知SLR中醛类相对含量最高的达到31.27%,其次是SLP、SC、SAQ相对含量分别是21.00%,17.06%,11.45%。其中2,4-癸二烯醛、反式2-癸醛、2-丁基-2-辛烯醛、辛醛、2-辛烯醛、反式-2,4-癸二烯

表 2 馒头风味物质分析结果

Table 2 Analysis of flavour components in steamed bread

序号	化合物英文名	化合物	分子式	相对百分含量/%			
				SLR	SLP	SC	SAQ
1	Decanal	癸醛	C ₁₀ H ₂₀ O	2.57	3.31	0.94	1.45
2	Benzaldehyde	苯甲醛	C ₇ H ₆ O	11.97	11.80	8.70	12.10
3	2-Nonenal, (E)-	反式-2-壬烯醛	C ₉ H ₁₆ O	2.08	1.97	0.93	1.10
4	2,4-Decadienal	2,4-癸二烯醛	C ₁₀ H ₁₆ O	0.46	0.52	0.53	-
5	2-Decenal, (E)-	反式 2-癸醛	C ₉ H ₁₆ O	0.55	0.71	0.93	-
6	2-Decenal, (Z)-	2-癸醛	C ₉ H ₁₆ O	-	-	-	1.11
7	Hexanal	己醛	C ₆ H ₁₂ O	19.90	20.56	7.95	4.38
8	Heptanal	庚醛	C ₇ H ₁₄ O	6.55	2.84	1.53	0.48
9	2-Octenal, 2-butyl-	2-丁基-2-辛烯醛	C ₈ H ₁₆ O	0.34	-	-	-
10	Octanal	辛醛	C ₈ H ₁₆ O	4.41	3.06	-	-
11	2-Heptenal, (Z)-	2-庚醛	C ₈ H ₁₆ O	3.04	1.82	-	0.95
12	Nonanal	壬醛	C ₉ H ₁₈ O	80.41	23.52	3.69	3.88
13	2-Octenal,	2-辛烯醛	C ₁₀ H ₂₀ O	1.88	2.01	-	-
14	(E)-2,4-Decadienal	反式-2,4-癸二烯醛	C ₁₀ H ₁₆ O	-	-	0.53	-
15	1-Butanol, 3-methyl-	3-甲基 1-丁醇	C ₅ H ₁₂ O	43.31	47.03	14.38	36.00
16	1-Pentanol	正戊醇	C ₅ H ₁₂ O	2.41	2.21	-	0.97
17	1-Hexanol	正己醇	C ₆ H ₁₄ O	52.92	51.55	29.51	22.8
18	1-Octen-3-ol	1-辛烯-3-醇	C ₈ H ₁₆ O	12.27	14.57	1.06	6.54
19	2-Octen-1-ol, (E)-	反式-2-辛烯醇	C ₈ H ₁₆ O	0.81	-	0.55	0.68
20	3,5-Octadien-2-ol	3,5-辛二烯-2-醇	C ₈ H ₁₄ O	2.20	2.10	1.39	1.26
21	1-Hexanol, 2-ethyl	2-乙基-1-己醇	C ₈ H ₁₈ O	5.09	2.10	1.57	0.91
22	Phenylethyl Alcohol	苯乙醇	C ₈ H ₁₀ O	12.39	27.88	8.27	61.63
23	1-Octanol	辛醇	C ₈ H ₁₈ O	1.07	1.10	-	-
24	3-Nonen-1-ol, (Z)-	3-壬烯-1-醇(Z)-	C ₉ H ₁₈ O	0.68	0.91	-	-
25	1-Heptanol	正庚醇	C ₇ H ₁₆ O	-	4.99	1.51	1.49
26	Ethanol, 2-phenoxy-	2-苯氧乙醇	C ₁₀ H ₂₀	-	0.47	-	-
27	1-Propanol, 2-methyl-	2-甲基-1-丙醇	C ₄ H ₁₀ O	-	-	-	10.28
28	Acetic acid	乙酸	C ₂ H ₄ O ₂	32.72	13.73	13.11	0.92
29	Hexanoic acid, 2-methyl-	2-甲基己酸	C ₇ H ₁₄ O ₂	0.67	-	0.74	-
30	Octanoic acid	辛酸	C ₈ H ₁₆ O ₂	1.17	1.46	-	0.83
31	Propanoic acid, 2-methyl-	2-甲基丙酸	C ₄ H ₈ O ₂	1.75	1.79	1.19	8.01
32	Octanoic acid, ethyl ester	乙酯辛酸	-	2.02	-	-	-
33	Hexanoic acid	己酸	C ₆ H ₁₂ O ₂	13.53	12.70	4.89	6.73

醛仅在益生菌馒头中检测出,普通馒头中未检测出。庚醛具有水果香味^[22],在 SLR 中含量最高达到 6.55%;癸醛具有甜香、柑橘香、蜡香、花香^[23],在 SLP 中含量最高达到 3.31%;反式-2-壬烯醛^[23]一般为脂肪味、青草味和香橙味等在 SLR 中含量最高达到 2.08%;苯甲醛具有苦杏仁、樱桃及坚果香,在 SAQ 中含量最高,达到 12.10%;辛醛具有很强的水果香味,在 SLR 中含量最高,达到 4.41%;壬醛是油酸的氧化产物有油脂的香气,稀释时则呈现出玫瑰和柑橘样的香气^[24],在 SLR 中含量最高 80.41%;反式-2,4-癸二烯醛呈强烈的鸡香和鸡油味^[25],仅在 SC 中检测出来,含量达到 0.53%。

酸类物质作为发酵的产物,本身对馒头的风味贡献不大,主要是为酯类物质提供前体物质^[26]。由表 3 可知 SC 中酸类相对含量最达到 13.22%,其次是 SLR、SAQ、SLP,相对含量分别是 12.22%, 11.15%, 9.20%,其中 SLR 中酸类物质种类最多达到 7 种。2-甲基己酸、乙酯八烷酸、正癸酸仅在益生菌馒头中检测出来,普通馒头中未检测出。2-甲基己酸具有猪油、鸡脂肪的油膩气息,稀释后具有奶制品的味道,仅在 SLR 和 SC 中检测出,相对含量分别为 0.67%, 0.74%;辛酸高度稀释后具有酸干酪的味道,在 SLP 中含量最高达到 1.46%,且辛酸可与乙醇反应生成辛酸乙酯^[27],为馒头提供特殊的风味;己酸有类似动物油脂的味道,在 SLR 中含量最高达到 13.53%;甲基丁酸在极度稀释时有水果香味,只在 SAQ 中检测出相对含量为 2.99%。

酯类是影响馒头风味的重要物质之一,是脂肪酸和醇类发生酯化反应的产物。酯类一般都具有很强的果香味、溶剂味和较强的穿透力,且风味阈值较低,赋予了馒头特有的香气^[28-29]。由表 3 可知 SLP 中酯类相对含量最高达到 3.20%,其次是 SLR、SC、SAQ 相对含量分别为 2.82%, 2.37%, 0.89%。其中甲酸庚酯、辛酸乙酯、乙酸己酯、壬酸壬酯、2-甲基丙酸壬酯、辛酸-2-苯乙酯仅在益生菌馒头中检测出,普通馒头未检测出。辛酸乙酯具有白兰地酒香味,可用于调味品、也可做为香料物质,低浓度时具有苹果、菠萝、橙子、玫瑰等花果香^[30],在 SC 以及 SLR 中检测出来,相对含量分别为 0.80%, 2.02%;辛酸-2-苯乙酯呈温和的果香和果酒香气,仅在 SLP 中检测出,相对含量达到

0.54%;乙酸己酯具有青香及水果清甜的气味,可赋予馒头醇香和脂味^[31],仅在 SLR 和 SLP 中检测出,相对含量分别为 1.73%, 1.35%;甲酸庚酯有尧尾和玫瑰底香果香,有似梅子的甜香味,仅在 SLR 中检测出,相对含量为 4.04%。

酮类化合物主要来源于醇的氧化和酯的分解其香气阈值较低,能赋予馒头香气能力较强^[32]。其中 2-甲基-3-辛酮、对辛基苯乙酮仅在益生菌馒头 SLR 中检测出,普通馒头中未检测出。2-庚酮具有愉快的奶酪味^[33],在 SC 中含量最高达到 5.87%;对辛基苯乙酮具有芳香气味,仅在 SLR 中检测出,相对含量达到 1.28%;仲辛酮有牛奶、乳酪、蘑菇的气味,仅在 SLP 和 SAQ 中检测出,相对含量分别为 1.57%, 1.34%;2-戊基呋喃具有豆香、果香、泥土、青香及类似蔬菜的香味,在 SLR 中含量最高达到 88.9%。

3 结论

益生菌发酵可增大馒头的比容,改善馒头的质构特性,其中 SLP 与 SLR 馒头的比容虽无显著差异(2.33 mL/g, 2.32 mL/g),但均显著高于普通馒头 SAQ(2.02 mL/g),且 SLR 表现出更好的质构特性;经感官评价,益生菌馒头松软富有弹性,表面光滑无塌陷,口感松软口味独特比普通馒头更受大众的喜爱;由 GC-MS 可知,益生菌馒头 SLR、SLP 中风味物质较丰富,且含有多种特有的风味物质,如甲酸庚酯、对辛基苯乙酮,辛酸-2-苯乙酯等,赋予馒头特殊的风味,此外多种风味物质的含量均高于普通馒头表现出更好的风味特性。

参 考 文 献

- [1] 管璐静. 复合发酵剂的配方及其对馒头品质的影响[D]. 无锡: 江南大学, 2017.
GUAN L G. Formulation of compound starter and its effect on steamed bread quality[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2017.
- [2] PERICOLINI E, GABRIELLI E, BALLETT N, et al. Therapeutic activity of a *Saccharomyces cerevisiae*-based probiotic and inactivated whole yeast on vaginal candidiasis[J]. Virulence, 2017, 8(1): 74-90.

- [3] 李楠, 刘振民. 益生菌与功能发酵乳开发研究进展[J]. 乳业科学与技术, 2020, 43(3): 31-38.
LI N, LIU Z M. Research progress of probiotics and functional fermented milk[J]. Journal of Science and Technology, 2020, 43(3): 31-38.
- [4] 刘冬梅, 李理, 梁世中, 等. 潜在益生菌鼠李糖乳杆菌在大豆奶酪中的稳定性[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2006, 34(5): 76-80.
LI D M, LI L, LIANG S Z, et al. Stability of potential probiotics *Lactobacillus rhamnosus* in soy cheese [J]. Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition), 2006, 34(5): 76-80.
- [5] 姚国强, 李慧, 高鹏飞, 等. 乳酸菌在发酵酸面团中的研究与应用[J]. 中国食品学报, 2013, 13(3): 163-170.
YAO G Q, LI H, GAO P F, et al. The study and application of lactic acid bacteria in fermented sourdough[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2013, 13(3): 163-170.
- [6] 郭东旭, 张康逸, 高玲玲, 等. 乳酸菌发酵酸面团对青麦仁面包品质的影响[J]. 食品工业科技, 2021, 42(1): 61-67, 74.
GUO D X, ZHANG K Y, GAO L L, et al. Effect of sourdough fermented by *Lactobacillus* on the quality of green wheat kernel bread[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(1): 61-67, 74.
- [7] 张薇, 程晓燕, 黄卫宁, 等. 含天然酵母粉发酵面包的营养与老化特性及风味化合物特征[J]. 食品科学, 2014, 35(23): 33-38.
ZHANG W, CHENG X Y, HUANG W N, et al. Contains natural yeast fermentation of bread nutrition and aging characteristics and flavor characteristics[J]. Food Science, 2014, 35(23): 33-38.
- [8] DE V L, VAN K S, LEROY F. Microbial ecology and process technology of sourdough fermentation[J]. Advances in Applied Microbiology, 2017, 100: 49-160.
- [9] 王榕, 朱天园, 赵闪闪, 等. 酸面团在馒头发酵中的应用研究进展[J]. 食品工业科技, 2021, 42(15): 389-395.
WANG R, ZHU T Y, ZHAO S S, et al. A review on the application research of sourdough in steamed bread fermentation [J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(15): 389-395.
- [10] 李萌, 徐一涵, 张建华. 乳酸菌发酵对淀粉类食品品质的影响[J]. 中国酿造, 2020, 39(2): 13-18.
LI M, XU Y H, ZHANG J H. Effect of lactic acid bacteria fermentation on the quality of starchy foods [J]. China Brewing, 2020, 39(2): 13-18.
- [11] 楚炎沛. 物性测试仪在食品品质评价中的应用研究[J]. 粮食与饲料工业, 2003(7): 40-42.
CHU Y P. Research on the application of physical property tester in food quality evaluation[J]. Cereal and Feed Industry, 2003(7): 40-42.
- [12] 吴玉新, 陈佳芳, 马子琳, 等. 乳酸菌发酵米粉酸面团生化特性及其对馒头蒸制特性的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(6): 64-71.
WU Y X, CHEN J F, MA Z L, et al. Biochemical characteristics of rice flour sourdough fermented by lactic acid bacteria and its effects on steaming characteristics of steamed bread[J]. Food Science, 2020, 41(6): 64-71.
- [13] 徐婧婷, 刘长虹, 杨兆明, 等. 馒头内部结构与感官指标相关性研究[J]. 粮油食品科技, 2008, 16(3): 9-12.
XU J T, LIU C H, YANG Z M, et al. Research on the relativity between internal structure of steamed bread and sensory evaluation indexes [J]. Science and Technology of Cereals Oils and Foods, 2008, 16(3): 9-12.
- [14] ADEKEMI TITILAYO A, SAMUEL OLATUNDE D, ADENIYI O. Synergistic microbial interactions between lactic acid bacteria and yeasts during production of *Nigerian indigenous* fermented foods and beverages[J]. Food Control, 2020, 110: 106963.
- [15] PIGGOTT P J R. Flavour in sourdough breads: A review[J]. Trends in Food Science and Technology, 2006, 17(10): 557-566.
- [16] 王雯斐, 师月, 路源, 等. 特色酵子馒头的感官及风味分析[J]. 食品工业科技, 2021, 42(15): 247-255.
WANG W F, SHI Y, LU Y, et al. Sensory and flavor analysis of characteristic fermented steamed bread[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(15): 247-255.
- [17] 何晓赟, 闫博文, 赵建新, 等. 乳酸菌发酵对馒头香气特征的影响[J]. 现代食品科技, 2017, 33(1): 179-184, 190.
HE X Y, YAN B W, ZHAO J X, et al. Effects of lactic acid bacteria fermentation on the odor charac-

- teristics of steamed bread[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2017, 33(1): 179-184, 190.
- [18] 燕雯, 张正茂, 刘拉平. 顶空固相微萃取-气质联用分析小麦馒头制作过程中的挥发性成分变化[J]. *食品科学*, 2012, 33(12): 254-258.
- YAN W, ZHANG Z M, LIU L P. Headspace solid-phase microextraction coupled with gas chromatography-mass spectrometric analysis of volatile composition changes of steamed bread during processing[J]. *Food Science*, 2012, 33(12): 254-258.
- [19] 苏东海, 李自红, 苏东民, 等. 固相微萃取分析传统老酵头馒头挥发性物质[J]. *食品研究与开发*, 2011, 32(6): 94-97.
- SU D H, LI Z H, SU D M, et al. SPME analysis of volatile components in the traditional Lao Jiao Tou starter bread[J]. *Food Research and Development*, 2011, 32(6): 94-97.
- [20] LI Z, LI H, DENG C, et al. Effect of mixed strain starter culture on rheological properties of wheat dough and quality of steamed bread[J]. *Journal of Texture Studies*, 2014, 45(3): 180-186.
- [21] 马凯, 华威, 龚平, 等. 顶空-固相微萃取方法分析4种发酵剂制作馒头中挥发性风味物质[J]. *食品科学*, 2014, 35(16): 128-132.
- MA K, HUA W, GONG P, et al. Headspace solid phase microextraction for analysis of volatile components in Chinese steamed bread made with four starter cultures[J]. *Food Science*, 2014, 35(16): 128-132.
- [22] 孙祥祥, 刘长虹, 张萌, 等. 米酒添加量对酵子馒头挥发性物质的影响[J]. *食品科技*, 2019, 44(3): 147-151.
- SUN X X, LIU C H, ZHANG M, et al. Effects of different adding amounts of rice wine on volatile substances in Jiaozi steamed bread[J]. *Food Science and Technology*, 2019, 44(3): 147-151.
- [23] 杨剖舟, 魏征, 王佳雅, 等. 顶空固相微萃取-气质分析油茶籽油挥发性成分方法优化[J]. *粮油食品科技*, 2021, 29(4): 108-115.
- YANG K Z, WEI Z, WANG J Y, et al. Optimization of HS-SPME-GC/MS analysis of volatile components in camellia seed oil[J]. *Science and Technology of Cereals oils and Foods*, 2021, 29(4): 108-115.
- [24] 李钰芳, 施娅楠, 魏光强, 等. 标准化工艺条件下大河乌猪火腿发酵过程中的挥发性风味物质变化[J]. *现代食品科技*, 2021, 37(12): 240-251.
- LI Y F, SHI Y N, WEI G Q, et al. Changes of volatile flavor substances in the fermentation of dahe black pig ham under standardized technological conditions[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2021, 37(12): 240-251.
- [25] 徐燕, 董华发, 王晓明, 等. 鸡的品种和蒸煮次数对白切鸡卤水的营养成分和风味影响研究[J/OL]. *食品工业科技*, 2022, 43(1): 279-287.
- XU Y, DONG H F, WANG X M, et al. Study on the influence of chicken breeds and cooking times on the nutrient composition and flavor of the brine of sliced chicken[J/OL]. *Research on Food Industry Technology*, 2022, 43(1): 279-287.
- [26] 刘晨. 复合发酵剂馒头中主要风味物质形成机理的初步研究[D]. 哈尔滨: 黑龙江大学, 2013
- LIU C. Preliminary study on the formation mechanism of main flavor substances in steamed bread with compound starter[D]. Harbin: Heilongjiang University, 2013.
- [27] 杨滔, 张晓东, 刘红梅, 等. 不同发酵剂对发酵猪肉香肠品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2022, 43(1): 101-109.
- YANG T, ZHANG X D, LIU H M, et al. Effect of different starters on the quality of fermented pork sausage[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2022, 43(1): 101-109.
- [28] LIM Q, YANG R W, ZHANG H, et al. Development of a flavor fingerprint by HS-GC-IMS with PCA for volatile compounds of *Tricholoma matsutake* Singer[J]. *Food Chemistry*, 2019, 290: 32-39.
- [29] 吕微, 付有利, 李家辉, 等. 酯类物质含量对啤酒风味影响的研究[J]. *食品科技*, 2007, 190(8): 101-103.
- LÜ W, FU Y L, LI J H, et al. Study on the influence of ester substances on the beer flavor[J]. *Food Science and Technology*, 2007, 190(8): 101-103.
- [30] 宋琛琛, 韩小贤, 张新阁, 等. 不同出粉率面粉和混合发酵剂所制馒头挥发性物质的分析[J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2015, 36(5): 7-13.
- SONG C C, HAN X X, ZHANG X G, et al. Analysis of volatile components in the steamed bread made with mixed fermenters and flour with different extraction rates[J]. *Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition)*,

- 2015, 36(5): 7-13.
- [31] 阿尔菲娅·安尼瓦尔, 伊萨克·阿卜杜热合曼, 于斯甫·麦提敏, 等. 吐鲁番传统饅饼酸面团中微生物多样性及挥发性香气成分的分析[J]. 微生物学通报, 2017, 44(8): 1908-1917.
- ANWAR A, ABDURAHMAN E, MAMATEMIN Y, et al. Microbial diversity and volatile component analysis in Turpan traditional sourdough[J]. Microbiology China, 2017, 44(8): 1908-1917.
- [32] JONSDOTTIR R, OLAFSDOTTIR G, CHANIE E. Volatile compounds suitable for rapid detection as quality indicators of cold smoked (*Salmo salar*)[J]. Food Chemistry, 2008, 109(1): 184-195.
- [33] 呼德, 张颖, 张甜甜, 等. 同时蒸馏萃取和动态顶空萃取法提取焙烤小麦胚芽中风味物质[J]. 食品科学, 2012, 33(18): 236-242.
- HU D, ZHANG Y, ZHANG T T, et al. Analysis of volatile aroma components in baked wheat germ by simultaneous distillation and extraction or dynamic headspace extraction coupled with GC-MS[J]. Food Science, 2012, 33(18): 236-242.

Effects of Probiotic on Sensory Quality and Flavor Analysis of Steamed Bread

Liu Yanhong, Kang Jiayi, Xiao Shiyu, Wang Saimin, Zhou Zhongkai*

(College of Food Science and Engineering, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457)

Abstract Three probiotics, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus rhamnosus* and *Saccharomyces cerevisiae*, were selected in this paper to prepare three probiotics steamed buns (SC, SLP, SLR). Taking ordinary steamed bread (SAQ) as the contrast, the specific volume, texture characteristics, sensory evaluation and the types and contents of flavor substances of steamed bread were analyzed and compared. The results showed that compared with common steamed bread, the specific volume of probiotic steamed bread was significantly increased ($P < 0.05$), and the maximum specific volume of SLP was 2.33 mL/g. The hardness, chewiness and stickiness of probiotic steamed bread were significantly lower than that of ordinary steamed bread, while the elasticity and resilience of probiotic steamed bread were significantly higher than that of ordinary steamed bread, and SLR showed the best texture. Because of the appearance, taste and excellent taste of probiotics steamed bread was more popular than ordinary steamed bread; GC-MS analysis showed that a total of 54 flavor substances were detected in the four steamed buns, and SLR was the most abundant flavor substances, containing more special smells. The results showed that the fermentation could improve the quality of steamed bread by increasing the specific volume of steamed bread, improving the texture characteristics of steamed bread and enriching the flavor of steamed bread.

Keywords probiotics; organoleptic quality; flavour