

八种不同酵母发酵对馒头品质的影响

师雨梦^{1,2}, 滕超^{1,2,*}, 汤回花^{1,2}, 何天盈¹, 匡金宝³, 杨文静³

(1.北京工商大学, 食品质量与安全北京实验室, 北京 100048;

2.北京工商大学, 北京市食品添加剂工程技术研究中心, 北京 100048;

3.安琪酵母股份有限公司, 湖北宜昌 443003)

摘要:本研究对八种商用酵母制作的馒头品质进行研究, 采用 SMPE 与 GC-MS 联用技术检测馒头中挥发性成分的种类与含量, 成立感官评价小组对各样品进行评分。检测结果显示: 酵母种类对馒头品质有显著影响, 且各样品中均存在其特有挥发性成分; 挥发性物质种类与感官评价得分有一定相关性, 在馒头感官评价中, 干酵母的表现要优于鲜酵母。Y-5 样品中检测到 16 种挥发性物质, 其感官评价得分也最高, 为 82.03 分; Y-3 样品中挥发性成分含量最多, 高达 137.43 $\mu\text{g/g}$; 挥发性成分种类最少的为 X-2 样品, 仅有 8 种物质, 含量为 9.08 $\mu\text{g/g}$; 感官评价得分最低的为 Y-1 样品, 仅为 76.67 分。结论: 明确了酵母对馒头风味的影响, 为馒头工业化生产提供理论依据。

关键词:馒头, 挥发性风味物质, 酵母, 感官评价

Effects of fermentation using eight different yeast on steamed bread quality

SHI Yu-meng^{1,2}, TENG Chao^{1,2,*}, TANG Hui-hua^{1,2}, HE Tian-ying¹, KUANG Jin-bao³, YANG Wen-jing³

(1. Beijing Technology and Business University, Beijing Laboratory of Food Quality and Safety, Beijing 100048, China;

2. Beijing Technology and Business University, Beijing Engineering

and Technology Research Center for Food Additives, Beijing 100048, China;

3. Angel Yeast Co., Ltd., Yichang 443003, China)

Abstract: In this study, the quality of steamed bread made from eight kinds of commercial yeast was studied. Each sample group was analysed by SPME-GC-MS, and sensorial quality was also evaluated. The results showed that the unique volatile flavor compounds existed in all samples, the yeast species had significant effect on the quality of steamed bread, sensory score was correlated with the volatile flavor compounds, and the steamed bread made from drying yeast get a higher score than that made from fresh yeast in sensory evaluation. The sample Y-5 got the highest score of 82.03 and 16 types of flavor were detected. The content of volatile components in Y-3 samples was the highest, which was as high as 137.43 $\mu\text{g/g}$. The kind and content of volatile components detected in X-2 sample were the least, containing only 8 kinds volatile flavor compounds 9.08 $\mu\text{g/g}$. The lowest score for sensory evaluation was Y-1 sample, which was only 76.67 points. Conclusion: The influence of yeast on the flavor of steamed bread was clarified, which provided theoretical basis for the industrial production of steamed bread.

Key words: steamed bread; volatile flavor compounds; yeast; sensory

中图分类号: TS207.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2017)21-0263-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.21.052

馒头是我国重要的传统主食, 松软可口, 风味独特, 具有“东方美食”的赞誉, 又被称为“蒸制面包”(Steamed Bread)^[1-2]。我国面制品总市场中, 馒头占据了 30% 以上的份额^[3-4]; 作为发酵食品, 馒头发酵剂对其品质具有极大影响; 商业酵母发酵力强, 使得馒头制作过程更为快捷, 同时为馒头带来独特的风味, 因此广受消费者青睐。

市场中商业酵母品牌多样、种类繁多, 包括鲜酵母、半干酵母、干酵母等。其中, 鲜酵母是将酵母

菌种进行发酵、洗涤、过滤后得到的; 而干酵母和半干酵母则是在鲜酵母的基础上, 加入一定量的乳化剂再进行干燥所得。不同酵母的产气能力、发酵产物均有差异, 近年来多位学者针对干酵母及传统发酵剂对馒头中挥发性成分影响进行研究^[5-9], 发现发酵剂的种类选择对于馒头中挥发性成分具有显著影响, 苏东民等^[9]针对四种不同的商业干酵母制作的馒头进行风味分析, 但关于鲜酵母、半干酵母对馒头品质的影响的研究还未见报道; 所以, 将多

收稿日期: 2017-04-18

作者简介: 师雨梦(1994-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品生物技术, E-mail: symbtbu@163.com。

* 通讯作者: 滕超(1981-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 食品生物技术, E-mail: tc2076paper@163.com。

基金项目: 国家自然科学基金(31671793, 31201449)。

种商用酵母对馒头品质的影响进行横向对比就极为重要。因此,本文选择八种商用酵母进行实验,采取固相微萃取(solid-phase microextraction, SPME)^[10]的前处理方法来萃取馒头样品中的挥发性物质,再利用气相色谱-质谱联用法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)来检测萃取到的物质,在NIST.14库中进行检索、汇总与分析,同时成立感官评价小组进行感官评分,综合考察馒头品质情况,继而为馒头工业化提供理论基础与参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

五得利五星特精面粉 五得利面粉集团有限公司;酵母 八种酵母,包括一种半干酵母、两种鲜酵母、五种干酵母,均购自市场。

Sartorius BSA 124S-CW 电子天平 赛多利斯科学仪器有限公司;SZM-60 搅拌机(和面机) 广东旭众食品机械有限公司;欧美佳 CV 醒发箱 湖北欧美家食品机械有限公司;固相微萃取顶空瓶(40 mL) 美国 QEC 公司;7890A 气相色谱 美国 Agilent 公司;7000B 三重四级杆质谱 美国 Agilent 公司;Sniffer 9000 嗅闻仪 瑞士 Brechbuhler 公司;固相微萃取(SPME) 美国 Supelco 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 馒头蒸制方法 取 300 g 面粉,38 ℃ 温水 150 mL,适量酵母;将酵母置于总添加量 50% 的水中活化 5 min;将酵母活化液、剩余温水与面粉倒入和面机,和面 10 min 形成光滑面团;称重量为 100 g 左右的面团,力道适中揉制 80 下,搓 20 下,形成半圆形

馒头坯,在 38 ℃、相对湿度 75% 的醒发箱内醒发一定时间;之后进行馒头蒸制,即沸水锅中汽蒸 25 min,停止蒸制后闷 5 min,再取出馒头,晾凉 20 min,实验前,迅速准确取馒头芯进行风味物质分析及感官评价。

不同酵母发酵能力不同,因此选择其建议添加量中值进行实验,根据面团发酵情况确定其最适醒发时间,详情见表 1。

1.2.2 顶空-固相微萃取操作方法 将水浴锅温度调至 60 ℃ 备用;取晾凉后的馒头芯 2 g 于 40 mL 顶空瓶中,加入 1 μL 浓度为 0.816 μg/μL 内标 2-甲基-3-庚酮后密封,将其放置于 60 ℃ 的恒温水浴锅内,平衡 20 min;平衡结束后,再将 SPME 进样针插进样品瓶,小心推出纤维萃取头,吸附 40 min 后,将纤维头缩回,小心拔出^[11-12]。待气相色谱仪显示“ready”后,将 SPME 进样针小心快速的插入进样口,再次推出萃取头,进行 5 min 解析,再缩回纤维头并拔出。

1.2.3 气相色谱-质谱联用检测条件 色谱条件:极性毛细管柱 DB-WAX;固定相为聚乙二醇;载气为高纯氦气,流速 1.0 mL/min;进样口温度 230 ℃;不分流模式;初始炉温 40 ℃,保持 2 min,以 2 ℃/min 升到 50 ℃,再以 5 ℃/min 升到 110 ℃,再以 3 ℃/min 升到 230 ℃,保持 4 min。

质谱条件:电子电离(electron ionization, EI)源,电子能量 70 eV;离子源温度 200 ℃;接口温度 280 ℃,质量扫描范围 29~800 u;标准调谐,全扫描模式进行数据采集;无溶剂延迟。

1.2.4 馒头感官评价 参考 GB/T 21118-2007 小麦粉馒头、苏东民等^[14]制订的评分标准,结合实际情况进行适当修改,制作出评分细则,百分制,经感官培

表 1 酵母编号,添加量及醒发时间总表

Table 1 The numeration, addition amount and proof time of yeast

| 酵母种类 | 半干酵母 B-1 | 鲜酵母 X-1 | 鲜酵母 X-2 | 干酵母 Y-1 | 干酵母 Y-2 | 干酵母 Y-3 | 干酵母 Y-4 | 干酵母 Y-5 |
|-----------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 添加量(%) | 1.1 | 1.6 | 0.6 | 0.4 | 0.8 | 1 | 1 | 1 |
| 醒发时间(min) | 30 | 30 | 45 | 50 | 30 | 30 | 30 | 30 |

表 2 馒头样品感官评价评分细则

Table 2 Details of the sensory evaluation of steamed bread samples

| 指标 | 满分 | 评分细则 |
|----------|----|--|
| 比容(mL/g) | 15 | 15-(2.8-比容)/0.16 |
| 延展率(宽/高) | 5 | 1(1.16~1.20); 2(1.21~1.25); 3(1.26~1.30); 4(1.31~1.35); 5(1.36~1.40); 4(1.41~1.45); 3(1.46~1.50); 2(1.51~1.55); 1(1.56~1.60) |
| 表皮颜色 | 10 | 表皮白度越适宜,则得分越高 |
| 表皮光泽 | 5 | 表皮越光亮,则得分越高 |
| 表皮状况 | 10 | 表皮未出现起皱、小麻点、气泡烫斑,越光滑,则得分越高 |
| 瓤颜色 | 5 | 馒头瓤白度越适宜,则得分越高 |
| 组织结构 | 10 | 馒头瓤内部组织越均匀,气孔越小,越柔软细腻,则得分越高 |
| 弹性 | 10 | 馒头瓤弹性与嚼劲越适宜,则得分越高 |
| 硬度 | 10 | 馒头硬度适中、口感越佳,则得分越高 |
| 香味 | 10 | 馒头瓤无酸味、怪味,发酵面制品的清香越适宜,则得分越高 |
| 滋味 | 10 | 馒头瓤风味清香、口感越佳、滋味更愉悦,则得分越高 |

注:延展率得分根据其宽/高计算值所在区间来判定,如延展率在 1.16~1.20 范围内,则得分为 1;其他各项得分则依据评分人员按照各项要求对馒头进行打分。

训的五位同学组成感观评价小组独立进行评分,计算其平均值。具体评分细则如表2所示。

2 结果与分析

2.1 八种酵母发酵馒头中挥发性成分分析

固相微萃取的前处理方式能有效吸附样品中的

挥发性成分,针对 GC-MS 检测到的化学成分,采取化学工作站数据处理系统、在 NIST14.L 谱图库中进行检索与分析,利用峰面积归一法进行挥发性成分定量,并将不同样品中挥发性成分进行对比整理,结果如表3所示。将检测到的挥发性成分依次分类,

表3 SPME法鉴定各商业酵母馒头样品中的香气化合物

Table 3 Identified the aroma compounds in the steamed bread samples by SPME method

| 序号 | 化合物 | 浓度(μg/g) | | | | | | | |
|----|--------------|----------|-------|------|-------|--------|--------|-------|-------|
| | | B-1 | X-1 | X-2 | Y-1 | Y-2 | Y-3 | Y-4 | Y-5 |
| 1 | 苯甲醇 | - | - | - | 0.55 | 4.35 | - | - | 0.09 |
| 2 | 苯乙醇 | 4.69 | 5.66 | 2.27 | 17.83 | 17.28 | 29.34 | 2.23 | 2.63 |
| 3 | D-香茅醇 | - | - | - | 9.44 | 11.99 | - | - | - |
| 4 | 顺-3-壬烯醇 | - | 1.00 | - | - | - | 8.55 | 2.23 | 1.37 |
| 5 | 十六酸乙酯 | - | - | 0.74 | - | - | - | - | - |
| 6 | 月桂酸甲酯 | - | 5.26 | - | - | - | - | - | - |
| 7 | 肉豆蔻酸甲酯 | - | 1.23 | - | - | 2.03 | - | - | - |
| 8 | 顺式-十八烷酸甲酯 | - | 1.36 | - | - | - | - | - | - |
| 9 | 十五碳酸甲酯 | - | - | - | - | 2.14 | - | - | - |
| 10 | (Z)-十六烯酸甲酯 | - | - | - | - | 7.90 | - | - | - |
| 11 | 十七酸甲酯 | - | - | - | - | 2.61 | - | - | - |
| 12 | 十八烷酸甲酯 | - | - | - | - | 4.13 | - | - | - |
| 13 | 油酸甲酯 | - | - | - | - | 19.76 | - | - | - |
| 14 | 亚麻酸甲酯 | - | - | - | - | 2.57 | - | - | - |
| 15 | 辛酸乙酯 | 0.46 | - | - | - | - | - | - | - |
| 16 | 丙位壬内酯 | - | - | - | - | - | - | 0.36 | - |
| 17 | 壬醛 | 0.42 | 1.35 | 0.77 | 1.37 | 0.93 | 7.96 | 0.45 | 0.88 |
| 18 | 苯甲醛 | 2.54 | 1.50 | 3.19 | 4.38 | - | 28.47 | 3.75 | 3.58 |
| 19 | 苯乙醛 | - | - | - | - | - | 5.59 | - | - |
| 20 | 糠醛 | - | - | 0.86 | 0.41 | - | - | 0.14 | - |
| 21 | 反-2-辛烯醛 | - | - | - | - | - | 5.47 | - | - |
| 22 | 反式-2,4-癸二烯醛 | - | - | - | - | - | 1.64 | 0.21 | 0.19 |
| 23 | 2-辛酮 | 0.21 | 0.19 | - | - | - | - | - | - |
| 24 | 甲基庚烯酮 | - | - | - | 0.80 | - | - | - | - |
| 25 | 香叶基丙酮 | - | 3.48 | - | - | - | - | - | - |
| 26 | 3-辛烯-2-酮 | - | - | - | - | - | - | 0.11 | - |
| 27 | 4-乙基-2-甲氧基苯酚 | 0.21 | - | 0.28 | - | - | - | - | - |
| 28 | 2,4-二叔丁基苯酚 | - | 0.57 | 0.54 | - | - | 1.93 | 0.73 | 0.28 |
| 29 | 4-乙基-2-甲氧基苯酚 | 0.17 | - | - | - | - | - | 0.19 | 0.34 |
| 30 | 丁香酚甲醚 | - | - | - | 3.98 | 8.39 | - | - | - |
| 31 | 异丁香酚甲醚 | - | 0.67 | - | 21.30 | 29.18 | - | - | - |
| 32 | 萘 | - | 0.85 | 0.44 | - | - | 2.00 | - | 0.59 |
| 33 | 苯乙烯 | - | - | - | 0.85 | - | - | - | 0.38 |
| 34 | 邻二甲苯 | - | - | - | 3.98 | - | - | - | - |
| 35 | 2-甲基萘 | - | - | - | - | - | 0.76 | - | - |
| 36 | 1,2,3,5-四甲基苯 | - | - | - | - | - | - | - | 0.65 |
| 37 | 4-乙基邻二甲苯 | - | - | - | - | - | - | - | 0.55 |
| 38 | 芳香烃 | - | - | - | - | - | - | - | 0.13 |
| 39 | 2-戊基呋喃 | - | 7.33 | - | 4.07 | 1.66 | 39.42 | 1.51 | 2.47 |
| 40 | 长叶烯 | 1.72 | - | - | - | - | 4.41 | - | 2.86 |
| 41 | 吡啶 | 9.25 | - | - | - | - | 1.87 | 1.72 | 3.10 |
| | 求和 | 19.66 | 30.46 | 9.08 | 68.95 | 114.92 | 137.43 | 13.65 | 20.08 |
| | 计数 | 9 | 13 | 8 | 12 | 13 | 13 | 12 | 16 |

表4 不同酵母发酵的馒头中挥发性物质统计结果(%)

Table 4 Type and relative percentage of aromatic compounds in steamed bread samples(%)

| 样品 | 醇 | | 脂 | | 醛 | | 酮 | | 醚 | | 苯环 | | 其他 | |
|-----|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|------|---|-------|---|
| | 含量 | 种 | 含量 | 种 | 含量 | 种 | 含量 | 种 | 含量 | 种 | 含量 | 种 | 含量 | 种 |
| B-1 | 23.84 | 1 | 2.34 | 1 | 15.04 | 2 | 1.09 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 57.71 | 4 |
| X-1 | 21.88 | 2 | 25.75 | 3 | 9.33 | 2 | 12.07 | 2 | 2.21 | 1 | 2.79 | 1 | 25.95 | 2 |
| X-2 | 24.98 | 1 | 8.16 | 1 | 53.04 | 3 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 4.86 | 1 | 9.01 | 2 |
| Y-1 | 40.34 | 3 | 0.00 | 0 | 8.93 | 3 | 1.16 | 1 | 36.66 | 2 | 5.78 | 1 | 7.14 | 2 |
| Y-2 | 29.25 | 3 | 35.80 | 6 | 0.81 | 1 | 0.00 | 0 | 32.69 | 2 | 0.00 | 0 | 1.45 | 1 |
| Y-3 | 27.57 | 2 | 0.00 | 0 | 35.75 | 5 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 2.01 | 2 | 34.66 | 4 |
| Y-4 | 32.73 | 2 | 2.65 | 1 | 33.42 | 4 | 0.77 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 30.40 | 4 |
| Y-5 | 20.34 | 3 | 0.00 | 0 | 23.13 | 3 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 8.90 | 3 | 47.65 | 7 |

并统计其在总含量中的百分比,数据如表4所示。

对比表3、表4,发现馒头样品中检测到的主要挥发成分的种类比较一致,均为醇、脂、醛等,这也是各馒头在风味上的表现大体相同的原因。但详细对比后发现,不同的酵母添加量与醒发时间所制作得到的馒头样品中,无论是挥发性成分的种类还是含量上、均有所不同,这与 Corsetti 等的研究结果相一致^[15];同时一些特殊挥发物如酮类、醚类的存在与否,酯类、醇类的含量多少均有所不同,因此不同样品呈现出的风味也并不一致。此外,在检测到的大量风味物质中,存在二十余种烃类物质,考虑到烃类的芳香阈值大多数都很高,在馒头样品的整体风味中的意义与贡献率不大,因此在表格中并未对其进行完整的呈现。

对表3分析可知,样品的挥发性风味物质的总含量排序为 Y-3 > Y-2 > Y-1 > X-1 > Y-5 > B-1 > Y-4 > X-2,种类排序为 Y-5 > Y-2 = Y-3 = X-1 > Y-1 = Y-4 > B-1 > X-2;其中 Y-2、Y-3 号样品中检测到的挥发性物质含量远高于其他样品,而风味物质含量上,Y-5 则具有更明显的优势;按照以上分析,可初步推断在馒头风味中,干酵母的表现要优于半干酵母与鲜酵母,而又以 Y-2、Y-2、Y-5 三种最具有优势。

对表3进行分析,发现8种样品中所检测到的挥发性成分种类上各有侧重:醇类的含量相对较多,检测到的物质中,有20%~40%都是醇类;酯类含量差异较大,其中 Y-2 样品中35.8%的挥发性物质均为酯类,而 Y-1、Y-3、Y-5 样品中却不含任何酯类物质;苯环类物质含量普遍较少,含量最多的 Y-5 样品也仅有8.9%挥发性物质为苯环类;醚类在 Y-1、Y-2 样品中占比较大;其他类的挥发性物质则普遍存在于各个样品中,含量从1.45%~57.71%不等。

纵观上表,发现某些挥发性成分普遍存在于各个样品中,比如苯乙醇(甜玫瑰香)、壬醛(玫瑰柑橘等香气)、苯甲醛(特殊的杏仁气味^[16])、2-戊基呋喃(豆香、清香);而不同酵母发酵得到的样品也存在其特有挥发性物质:B-1 样品中含有少量的辛酸乙酯(白兰地酒香)与辛酮(清香与果香^[17]);X-1 样品中检测到少量的月桂酸甲酯(花香)、肉豆蔻酸甲酯(类似蜂蜜、鸢尾的香气)、香叶基丙酮(热带水果香韵);X-2 样品中检测到少量十六酸乙酯(果香和奶油香

气);Y-1 样品中的甲基庚烯酮(清香、柑橘样气息);Y-2 样品中含有少量 D-香茅醇(甜玫瑰香)、丁香酚甲醚(丁香香气);Y-3 号样品中含有少量反-2-辛烯醛(脂肪和肉类香气);Y-4 号样品中含有微量丙位壬内酯(杏仁味或桃花香)。

2.2 八种酵母发酵馒头感官评价分析

酵母菌是馒头制作过程中的关键成分^[18],首先,酵母菌具有强大的产气能力,因此能使馒头结构更为松软;其次,酵母菌中存在着多种酶蛋白,主要包括 α -淀粉酶、蛋白酶、转化酶、麦芽糖酶、酒精酶等五大类,而多种酶同时作用,产生多种醇、醛、酮、酯和羰基化合物等^[19],不仅能增强馒头的风味,而且有利于人体消化与吸收。因此,在面团发酵时,无论是酵母的添加量还是种类,都会影响其产气量的多少与速度,继而导致面团的体积大小有所区别,而以上条件都会使馒头的质量有所改变,本实验针对不同酵母所制作的馒头进行感官评价,具体结果如表5所示。

从表5可以看出,不同酵母所制作的馒头得分有所差异,总分来看 Y-5 > Y-2 > Y-4 > X-1 > X-2 > Y-3 > B-1 > Y-1,但整体差异不大;最优样品 Y-5 得分为82.03,而得分最低的 Y-1 样品也有76.67分。在具体表现上,不同样品也有所差异:在所有样品中,B-1 样品的硬度最为适宜,X-1 样品的瓢白度最受欢迎、组织结构最为细腻,Y-1 样品的组织结构评分也较高,Y-3 样品的表皮颜色与弹性较受称赞,Y-4 样品的比容得分最高,Y-5 样品在表皮光泽、外观、组织结构、香味上均得分最高。

综合气质分析数据与感官评价得分可知,发酵剂对于馒头中挥发性风味物质的影响极为显著;不同品牌、不同状态的酵母所发酵得到的馒头品质均有所不同;初步分析,这主要是由于各品牌发酵剂中酵母菌种类、活细胞数量存在差异,而不同状态的酵母中含水量、乳化剂也有所不同,因此发酵过程中的代谢产物也有所区别,进而影响最终挥发性物质成分及感官得分,其深层次作用机理还有待研究。

3 结论

本研究采用 SMPE 与 GC-MS 技术检测并对比分析了用不同商业酵母制作的馒头中挥发性物质的异同点,同时成立感官评价小组对各馒头样品的品质进行评分,结果发现,馒头中的风味物质主要包括

表5 不同酵母发酵的馒头样品感官评价分数统计

Table 5 Sensory evaluation scores of different yeast fermented bread samples

| 样品 | B-1 | X-1 | X-2 | Y-1 | Y-2 | Y-3 | Y-4 | Y-5 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 比容 | 10.3 | 10.8 | 12.7 | 10.8 | 12.3 | 11.9 | 13.5 | 12.1 |
| 延展率 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 表皮颜色 | 7.5 | 7.85 | 7.2 | 7.6 | 8.2 | 8.4 | 7.35 | 7.9 |
| 表皮光泽 | 4.4 | 3.95 | 4.4 | 3.9 | 4.08 | 3.8 | 3.7 | 4.5 |
| 表皮状况 | 7.87 | 8.47 | 8.40 | 8.67 | 8.27 | 8.40 | 8.20 | 9.04 |
| 瓤颜色 | 2.9 | 3.65 | 3.1 | 3.5 | 3.5 | 3.3 | 3.6 | 3.58 |
| 组织结构 | 7.6 | 8.5 | 8.2 | 8.5 | 8 | 8 | 8.25 | 8.5 |
| 弹性 | 7.9 | 7.9 | 7.6 | 7.8 | 7.8 | 9 | 7.9 | 8 |
| 硬度 | 8.6 | 7.9 | 7.6 | 7.5 | 7.6 | 8.4 | 7.95 | 7.4 |
| 香味 | 8.3 | 8.15 | 8.1 | 7.8 | 8.2 | 6.1 | 7.56 | 8.4 |
| 总分 | 76.77 | 79.27 | 78.20 | 76.67 | 80.35 | 77.60 | 79.72 | 82.03 |

醇类、醛类、酯类、苯环类,以及少量酮类、醛类、杂环类物质,而不同酵母制作的馒头中,挥发性物质的具体类别与含量均存在较大差异,且具有其特有风味物质;对比挥发性成分种类与感官评分,发现挥发性物质种类与感官评分有一定联系,但并不是正相关关系,而干酵母发酵所得馒头的品质普遍高于半干酵母与鲜酵母。

参考文献

- [1] Jiang Z, Cong Q, Yan Q, et al. Characterisation of a thermostable xylanase from *Chaetomium* sp. and its application in Chinese steamed bread [J]. *Food Chemistry*, 2010, 120 (2): 457-462.
- [2] Wu C, Liu R, Huang W, et al. Effect of sourdough fermentation on the quality of Chinese Northern-style steamed breads [J]. *Journal of Cereal Science*, 2012, 56(56): 127-133.
- [3] 李里特, 薛佳. 论传统小麦面食的现代化与工业化[J]. *粮食与食品工业*, 2010, 17(5): 7-10.
- [4] 李里特. 中国传统发酵面制品创新与面食现代化[J]. *粮食与食品工业*, 2009, 16(5): 1-3.
- [5] 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(16): 128-132.
- [6] 王宁, 卞科, 关二旗. 干酵母与传统酵子发酵馒头风味物质的对比[J]. *粮食与饲料工业*, 2015(12): 40-44.
- [7] 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(10): 150-153.
- [8] 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(6): 94-97.

(上接第 256 页)

32(2): 56-58.

- [19] 胡建华, 陈文芝, 徐超群, 等. HPLC 梯度洗脱测定康泰纳米粒中大黄萘醌成分的总含量[J]. *华西药理学杂志*, 2009, 24

(上接第 262 页)

- [19] 于修焯, 张静亚, 李清华, 等. 基于近红外光谱的食用油酸价和过氧化值自动化检测[J]. *农业机械学报*, 2012, 43(9): 150-154, 159.

- [9] 苏东民, 胡丽花, 苏东海, 等. 不同干酵母发酵对馒头挥发性物质的影响[J]. *河南工业大学学报: 自然科学版*, 2010(3): 1-4, 11.

- [10] Elena I, Sara L, Elena R, et al. Analysis of volatile fruit components by headspace solid2-phase microextraction[J]. *Food chemistry*, 1998, 63(2): 281-286.

- [11] Pellati F, Benvenuti S, Yoshizaki F, et al. Headspace solid-phase microextraction - gas chromatography - mass spectrometry analysis of the volatile compounds of *Evodia* species fruits [J]. *Journal of Chromatography A*, 2005, 1087(1/2): 265-273.

- [13] Ibanez E, Lopez-sebastian S, Ramos E, et al. Analysis of volatile fruit components by headspace solid - phase microextraction [J]. *Food Chemistry*, 1998, 63(2): 281-286.

- [14] 苏东民. 中国馒头分类及主食馒头品质评价研究 [D]. 北京: 中国农业大学, 2005.

- [15] Corsetti A, Settanni L. Lactobacilli in sourdough fermentation [J]. *Food Research International*, 2007, 40(5): 539-558.

- [16] 张玉玉, 孙宝国, 陈海涛, 等. 顶空-固相微萃取两种传统面酱挥发性成分的气相色谱-质谱联用分析[J]. *食品科技*, 2012, 37(3): 255-260.

- [17] Jonsdottir R, Olafsdottir G, Chanie E, et al. Volatile compounds suitable for rapid detection as quality indicators of cold smoked salmon (*Salmo salar*) [J]. *Food chemistry*, 2008, 109(1): 184-195.

- [18] 李培圩. 面包生产工艺与配方 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999: 11-13.

- [19] Rehman S, Paterson A, Piggott J. Flavour in sourdough breads: a review [J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2006, 17(10): s557-566.

(3): 288-290.

- [20] 袁琦, 杨洁, 赵辉, 等. HPLC 测定一清胶囊中的 5 种大黄萘醌衍生物[J]. *华西药理学杂志*, 2014, 29(4): 430-432.

- [20] 毕艳兰, 鲍丹青, 田原, 等. 利用傅里叶近红外技术快速测定食用植物油的过氧化值[J]. *中国油脂*, 2009, 34(3): 71-74.