

美拉德风味增强肽对黄山烧饼品质的影响

陈向阳¹, 董威¹, 何彬¹, 刘刚¹, 华春¹, 胡湾湾², 孙汉巨³, 吴永祥¹

(1. 黄山学院 生命与环境科学学院, 安徽 黄山 245041; 2. 黄山市超港食品有限公司, 安徽 黄山 245000;

3. 合肥工业大学 食品与生物工程学院, 合肥 230009)

摘要: 为提高黄山烧饼品质及延长货架期, 本文研究了不同美拉德风味增强肽(Maillard-flavor-enhancing peptide products, MPPs)添加量(1%、3%、5%)对黄山烧饼色泽、质构特性、挥发性成分、感官评价等品质指标的影响, 并探究了不同贮藏时间内酸价和菌落总数的变化。结果表明, MPPs的添加降低了黄山烧饼饼皮的亮度, 提高了产品弹性, 但对黄山烧饼的硬度、内聚性和咀嚼性等质构特性无显著影响。固相微萃/气质联用(SPME/GC-MS)分析结果表明, MPPs的添加对黄山烧饼的挥发性成分及相对含量影响较大, 挥发性成分以醇类和烷类为主, 而桉叶油醇可能是黄山烧饼的特征性风味物质。感官品质以添加3% MPPs的黄山烧饼相对较好。与对照组相比, 添加MPPs可显著降低1~6周贮藏时间内黄山烧饼的菌落总数和酸价值($P < 0.05$)。该研究初步阐明了MPPs对黄山烧饼品质的影响, 为MPPs在黄山烧饼品质提升中的应用提供理论参考。

关键词: 黄山烧饼; 美拉德风味增强肽; 质构特性; 菌落总数; 酸价

中图分类号: TS201.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-8020(2022)03-0241-07

“薄如秋月, 形似满月, 落地珠散玉碎, 入口回味无穷”描述的是我国黄山地区特色风味食品—徽州薄金脆, 又称黄山烧饼。黄山烧饼是以小麦粉为主要原料, 配以梅干菜、猪膘肉、菜籽油等辅料, 经拌馅料、面皮发酵、成型、烘烤、包装等工艺加工而成, 具有悠久的历史、独特的地域风味^[1]。黄山烧饼深受人们喜爱, 2017年单品销售额高达10亿元, 其市场需求量逐年递增。

但黄山烧饼的品质极易受油脂氧化和微生物的影响而发生劣变, 在实际生产中常通过添加食品抗氧化剂和防腐剂来提高黄山烧饼品质、延长货架期^[2]。化学合成的食品防腐剂和抗氧化剂, 如对羟基苯甲酸丙酯、苯甲酸、苯甲酸钠盐、丁基羟基茴香醚、二丁基羟基甲苯等, 在食品工业虽广泛应用, 但对人体存在着潜在的危害, 甚至引发癌症^[3-5]。因此, 开发安全高效、兼抗氧化与防腐双重作用的天然活性成分, 并应用于黄山烧饼的防腐保鲜与品质提升, 具有重要的现实意义。

美拉德反应是羰基化合物(还原糖、酮类和醛类)羰基和氨基化合物(氨基酸、多肽和蛋白

质)氨基之间的反应, 能显著影响食品的风味、色泽和营养价值, 已成为现代食品工业密不可分的一项加工技术^[6-7]。美拉德反应高级阶段产物可作为天然抗氧化剂和防腐剂, 不仅能有效抑制食品贮藏过程中油脂氧化和微生物生长, 而且能赋予产品特殊的风味、滋味和色泽^[8-10]。基于此, 本研究以制备的美拉德风味增强肽(MPPs)为原材料, 将其添加到黄山烧饼的加工过程中, 研究其对黄山烧饼水分含量、色泽、质构特性、挥发性成分、感官评价等品质的影响, 并探究黄山烧饼贮藏过程中酸价和菌落总数的变化, 以期为MPPs在黄山烧饼品质提升中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

材料: 豆粕、小麦粉、食盐、小苏打、发酵粉、菜籽油、梅干菜、猪肥膘肉、蜂蜜、调味料等, 由黄山市超港食品有限公司提供。

收稿日期: 2021-12-29; 修回日期: 2021-04-20

基金项目: 安徽省科技重大专项项目(202003a06020018); 安徽省高校自然科学基金项目(KJ2021A1047); 安徽省校企合作实践教育基地项目(2019sjjd54); 黄山学院校地合作项目(xdzh202001; hxkt2021049); 安徽省大学生创新创业训练项目(S202110375006)

第一作者简介: 陈向阳(1970—), 男, 安徽黄山人, 副教授, 硕士, 研究方向为农产品加工与贮藏研究。E-mail: cxy@tech.hsu.edu.cn

通信作者简介: 吴永祥(1987—), 男, 安徽黄山人, 副教授, 博士, 研究方向为农产品资源综合利用。E-mail: wyx2009sun@aliyun.com

药品试剂:乙醚、异丙醇、氢氧化钠、三氯甲烷、硫代硫酸钠等,购于国药集团化学试剂公司;营养琼脂培养基,购于北京陆桥技术有限责任公司。

1.2 仪器与设备

HE83型水分含量测定仪,梅特勒—托利多公司;ENS-PRO型质构仪,北京怡诺威腾科技发展有限公司;CR-10plus型色差仪,日本柯尼卡美能达公司;AR124CN型电子天平,奥豪斯仪器(常州)有限公司;EV341型旋转蒸发仪,北京莱伯泰科仪器有限公司;Agilent HP7890-5975C型气相色谱—质谱联用仪,美国Agilent公司。

1.3 方法

1.3.1 黄山烧饼的加工工艺

称量原料→面团调制→将面团等分成4份→在面团中分别加入制备好的MPPs(Control、1%、3%、5%)→配制馅料→馅料包入面皮→碾压成型→烘烤→烘干→黄山烧饼成品。将制备好的黄山烧饼冷却后,用食品级袋(一饼一袋)密封,并置于30℃恒温箱中贮藏。

1.3.2 MPPs的制备工艺

豆粕中MPPs的制备采用生物酶解工艺,具体操作步骤见本课题组前期发表的论文^[11-12]。

1.3.3 黄山烧饼品质指标的分析

1) 水分含量采用HE83型卤素水分测定仪测定,具体操作步骤参照说明书。

2) 色泽采用便携式色差仪测定^[13],分别在对照组、不同MPPs组的黄山烧饼饼皮表面处随机选取10个点测量,并记录 L^* (亮度)、 a^* (红度)、 b^* (黄度)值。

3) 质构特性采用ENS-PRO型质构仪测定,选择直径36mm平底圆柱探头,模拟人口腔咀嚼运动,进行全质构(texture profile analysis,TPA)分析。实验方法:测前速率 $60\text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$,测试速率 $60\text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$,测后速率 $60\text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$,压缩程度50%,触发力0.05N,触发类型为自动^[14-15]。

4) 挥发性成分及相对含量采用固相微萃取

联合气质联用方法(SPME/GC-MS)测定^[16-17]。具体操作如下:准确称取10g研磨后的黄山烧饼装入样品瓶中。采用 $75\text{ }\mu\text{m}$ CAR/PDMS萃取头,在GC进样口对萃取头进行5min活化处理,然后将活化后的萃取头迅速插入样品瓶,在75℃条件下吸附30min。完成后取出萃取头,将其迅速插入GC-MS进样口,250℃条件下解吸5min,进行GC-MS检测。GC条件:以不分流进样,氦气为载体,载气流速为 $1.2\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$,进样温度为250℃。升温程序:初温40℃,保持3min,以 $5\text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升温至200℃,再以 $10\text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升至230℃,保持3min。MS条件:电子轰击离子源,电子能量70eV,扫描范围 m/z 为35~450amu全离子扫描。最后与NIST98数据库中的实验质谱库进行匹配,分析不同MPPs添加量的黄山烧饼中挥发性成分,鉴定出的各样品成分的峰面积占总成分峰面积的百分比即为各组成成分的相对含量。

1.3.4 黄山烧饼的感官评价

分别选取不同MPPs添加量的黄山烧饼样品盛放在相同的容器中编码,由7名经过专业训练的食品专业人员通过形态、色泽、口感与风味、组织状态、接受程度等5个指标进行评定^[18-19]。评定标准如表1所示。

1.3.5 黄山烧饼的贮藏性能分析

将不同MPPs添加量的黄山烧饼密封后,置于30℃恒温箱中贮藏。分别选取不同贮藏时间(0、1、2、3、4、5、6周)的黄山烧饼,进行酸价和菌落总数的测定。

1) 酸价的测定参照食品安全国家标准食品中酸价测定的标准和方法(GB 5009.229—2016)。

2) 菌落总数的测定参照食品安全国家标准食品微生物学检验—菌落总数测定的标准和方法(GB 4789.2—2016)。

1.4 数据的统计与分析

采用Origin 8.5软件作图,运用SPSS 18.0软件对试验结果进行分析。采用单因素方差分析中的Duncan's多重比较法分析数据间的显著差异, $P<0.05$ 表示差异显著。

表1 黄山烧饼的感官评分标准
Tab.1 Sensory evaluation standards of Huangshan pancake

指标	品质描述与得分标准	分值
形态	块形完整,厚度均一,没有气泡、粘边、变形的情况	14~20
	块形较为完整,厚度较为均一,有少量的气泡、粘边、变形的情况	7~13
	块形不完整,厚度不均一,有大量的气泡、粘边、变形的情况	0~6
色泽	表面、边缘和底部均呈正常颜色,无阴影,无焦边,有光泽	14~20
	表面、边缘和底部均呈较正常颜色,有少量阴影,有少量焦边,有光泽	7~13
	表面、边缘和底部均呈不正常颜色,有大量阴影,有大量焦边,无光泽	0~6
口感与风味	入口酥脆,没有粘牙糊口,味道纯正,无异味	14~20
	入口较为酥脆,没有粘牙糊口,味道较为纯正,无异味	7~13
	入口较为酥脆,粘牙糊口,味道不纯正,有异味	0~6
组织状态	组织酥脆、用手掰易折断、无杂质,不存在霉变现象	14~20
	组织酥脆、用手掰不易折断、有少量杂质,不存在霉变现象	7~13
	组织不酥脆、用手掰不易折断、有大量杂质,存在霉变现象	0~6
接受程度	满意	14~20
	一般	7~13
	无法接受	0~6

2 结果与分析

2.1 MPPs 添加对黄山烧饼水分含量和色泽的影响

不同 MPPs 添加量对黄山烧饼水分含量和色泽的影响见表 2。由表 2 可知, MPPs 对黄山烧饼水分含量的影响不显著, 不同 MPPs 添加量下的黄山烧饼水分含量无显著差异 ($P>0.05$)。色泽是黄山烧饼品质评价的决定性因素, MPPs 的添加对黄山烧饼色泽有一定的影响, 其中随着 MPPs 添加量的增大, L^* 值有降低的趋势, 且有显著性差异 ($P<0.05$), 这可能与 MPPs 在高温焙烤下引起的褐变有关^[11,20]。不同 MPPs 添加量下的黄山烧饼的 a^* 和 b^* 无显著性差异。以上结果表明, MPPs 的添加加深了黄山烧饼的色泽, 拥有更诱人的深黄色。

表2 不同 MPPs 添加量对黄山烧饼水分含量和色泽的影响

Tab.2 Effect of different addition amounts of MPPs on water content and color parameters of Huangshan pancake

组别	水分含量/%	L^*	a^*	b^*
Control	0.28±0.01 ^a	29.50±5.78 ^a	10.74±1.36 ^a	22.04±3.86 ^a
1%MPPs	0.23±0.03 ^a	30.26±5.06 ^a	12.32±2.43 ^a	21.99±3.15 ^a
3%MPPs	0.27±0.01 ^a	23.08±5.81 ^b	10.80±1.96 ^a	18.84±2.58 ^a
5%MPPs	0.27±0.08 ^a	20.04±5.66 ^b	11.41±2.55 ^a	18.26±4.12 ^a

注: 同列字母不同表示差异显著 ($P<0.05$), L^* (亮度)、 a^* (红度)、 b^* (黄度), 下同。

2.2 MPPs 添加对黄山烧饼质构特性的影响

比较不同 MPPs 添加量下的黄山烧饼的硬度、弹性、内聚性和咀嚼性差异, 结果见表 3。与未添加 MPPs 组相比, MPPs 添加后的黄山烧饼硬度降低, 但不同 MPPs 添加量下的黄山烧饼硬度无显著性差异 ($P>0.05$)。MPPs 的添加对黄山烧饼弹性有显著影响, 其中随着 MPPs 添加量的增加, 弹性有增大的趋势, 且有显著性差异 ($P<0.05$), 说明 MPPs 与面筋蛋白相互作用, 可能形成了沿着面筋网络结构的不连续结构^[21]。不同 MPPs 添加量下的黄山烧饼的内聚性和咀嚼性无显著性差异。以上结果显示, MPPs 的添加降低了黄山烧饼的硬度, 增加了弹性, 更符合人正常咀嚼的口感和舒适感。

表3 不同 MPPs 添加量对黄山烧饼质构特性的影响

Tab.3 Effect of different addition amounts of MPPs on texture properties of Huangshan pancake

组别	硬度/N	弹性/mm	内聚性	咀嚼性/N
Control	15.84±3.10 ^a	0.96±0.25 ^b	0.40±0.02 ^a	3.11±1.25 ^a
1%MPPs	10.62±1.72 ^a	1.13±0.04 ^{ab}	0.54±0.29 ^a	3.36±2.11 ^a
3%MPPs	10.95±0.97 ^a	1.16±0.36 ^{ab}	0.35±0.15 ^a	2.29±1.44 ^a
5%MPPs	11.54±4.74 ^a	1.62±0.02 ^a	0.68±0.25 ^a	5.90±0.16 ^a

2.3 MPPs 添加对黄山烧饼挥发性风味成分的影响

采用 SPME 提取不同 MPPs 添加量下的黄山烧

饼中挥发性风味物质,进行 GC-MS 分析,并与质谱数据库进行比较,识别出相似度超过 80%的组分保留。SPME-GC-MS 分析结果如表 4 所示,不同 MPPs 添加量下的黄山烧饼中鉴定出的风味化合物种类和含量(离子峰面积百分比)差异较大。未添加 MPPs 的黄山烧饼中共鉴定出 15 种挥发性风味化合物,而 MPPs 添加后黄山烧饼挥发性风味物质种类明显减少。各黄山烧饼样品中的挥发性成分以醇类和烷类为主,均检测出桉叶油醇、5,7-二甲基十一烷、十二烷、十三烷、1-碘代十八烷,说明是黄山烧饼

中常见的风味化合物。其中桉叶油醇在所有检测样品挥发性化合物中相对含量最高,在对照组中为 18.97%,在 1%、3%、5% MPPs 添加量下的黄山烧饼中分别为 50.02%、48.45%、52.23%。桉叶油醇具有芳香、植物芳香等特殊香气^[22],可能是黄山烧饼的特征性风味物质,对黄山烧饼特殊风味形成影响较大。烷类物质主要来源于黄山烧饼馅料中脂肪酸的氧化,而壬醛有令人愉快的香味,可能是由于面团发酵过程中微生物的发酵作用产生^[23-24]。

表 4 不同 MPPs 添加量对黄山烧饼挥发性成分及相对含量的影响

Tab.4 Effect of different addition amounts of MPPs on volatile components and relative contents of Huangshan pancake

序号	保留时间 /min	化合物	分子式	相对含量/%			
				Control	1% MPPs	3% MPPs	5% MPPs
1	7.35	对二甲苯 1,4-Xylene	C ₈ H ₁₀	22.43	—	—	—
2	8.31	蒎烯 α -Pinene	C ₁₀ H ₁₆	1.48	2.74	—	—
3	10.05	2,6-二甲基辛烷 Myrcane	C ₁₀ H ₂₂	—	—	6.97	—
4	11.58	桉叶油醇 Eucalyptol	C ₁₀ H ₁₈ O	18.97	50.02	48.45	52.23
5	12.24	5,7-二甲基十一烷 5,7-Dimethylundecane	C ₁₃ H ₂₈	1.04	3.27	4.24	3.57
6	14.41	壬醛 1-Nonanal	C ₉ H ₁₈ O	3.57	8.45	—	—
7	16.76	十二烷 Dodecane	C ₁₂ H ₂₆	3.28	7.99	9.03	7.92
8	19.58	十三烷 Tridecane	C ₁₃ H ₂₈	4.72	7.13	6.28	13.19
9	21.60	α -萜澄茄油烯 α -Cubebene	C ₁₅ H ₂₄	1.12	—	—	—
10	22.25	十四烷 Tetradecane	C ₁₄ H ₃₀	2.11	—	—	—
11	22.67	α -柏木烯 α -Cedrene	C ₁₅ H ₂₄	2.15	—	—	—
12	23.49	环十四烷 Cyclotetradecane	C ₁₄ H ₂₈	4.17	—	—	—
13	24.35	1-碘代十八烷 1-Iodoctadecane	C ₁₈ H ₃₇ I	8.35	4.57	5.55	4.93
14	24.76	十五烷 Pentadecane	C ₁₅ H ₃₂	3.85	—	—	—
15	27.15	十六烷 Hexadecane	C ₁₆ H ₃₄	2.94	—	—	—
16	29.25	二十一烷 Heneicosane	C ₂₁ H ₄₄	3.32	—	—	—

2.4 MPPs 添加对黄山烧饼感官品质的影响

比较不同 MPPs 添加量下的黄山烧饼的形态、色泽、口感与风味、组织状态以及整体接受度等感官品质变化,结果见图 1。与未添加 MPPs 组相比,MPPs 的添加对黄山烧饼的口感与风味、组织状态影响显著,添加 MPPs 后的黄山烧饼入口酥脆、没有粘牙糊口、味道纯正、风味独特,整体接受度更高。不同 MPPs 添加量下的黄山烧饼的形态无显著性差异。感官评价以添加 3% MPPs 的黄山烧饼相对较好。不同 MPPs 添加量对黄山烧饼感官品质的影响结果与上述研究的色泽、质构特性及挥发性成分具有一定的吻合度。

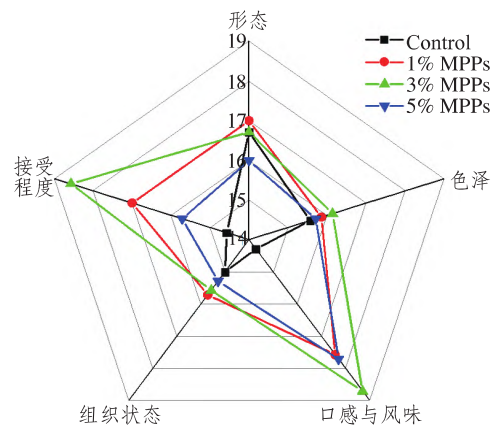


图 1 不同 MPPs 添加量对黄山烧饼感官评价的影响
Fig.1 Effect of different addition amounts of MPPs on sensory evaluation of Huangshan pancake

2.5 MPPs 添加对黄山烧饼贮藏过程中菌落总数变化的影响

微生物污染是黄山烧饼腐败的主要原因之一,因此在黄山烧饼贮藏过程中开发天然的抑菌剂十分必要。由图2可知,贮藏过程中添加MPPs的3个处理组黄山烧饼的菌落总数均显著低于对照组,说明MPPs具有良好的抑菌效果。在第6周,当MPPs添加量从1%增大至5%时,黄山烧饼中菌落总数显著降低。上述结果表明,不同添加量的MPPs对黄山烧饼贮藏过程中菌落总数有显著影响,且随着MPPs添加量的增加,抑菌效果更显著,添加量为5%MPPs时抑菌效果最佳。Song等^[10]和Song等^[25]也曾报道美拉德反应能显著增强多肽的抗菌作用,可作为天然的抑菌活性成分用于抑制食品贮藏中腐败微生物的生长。

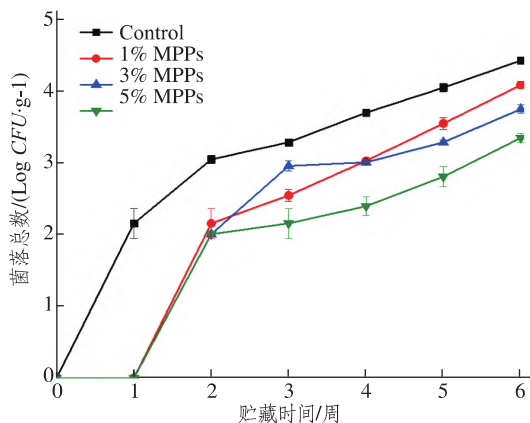


图2 不同MPPs添加量对黄山烧饼菌落总数的影响
Fig.2 Effect of different addition amounts of MPPs on total number of colonies of Huangshan pancake

2.6 MPPs 添加对黄山烧饼贮藏过程中酸价变化的影响

脂肪氧化是黄山烧饼品质劣变的重要原因之一,直接导致产品感官品质与营养价值的降低。黄山烧饼油脂氧化的程度通常用酸价值来反映。不同MPPs添加量对黄山烧饼酸价的影响见图3。由图3可知,添加MPPs的3个处理组在1~6周贮藏期间的酸价值均明显低于对照组,说明MPPs具有一定的抗油脂氧化能力。不同添加量的MPPs对黄山烧饼贮藏过程中酸价值有显著影响,其中随着MPPs添加量的增加,抗氧化效果随

之增强。添加量为5%MPPs时,黄山烧饼酸价值最小,抗氧化效果最佳。有大量研究显示,诸多MPPs具有较强的还原力和金属螯合能力,能显著清除DPPH自由基,有效抑制油脂氧化,减缓油脂腐败速率^[26-28]。

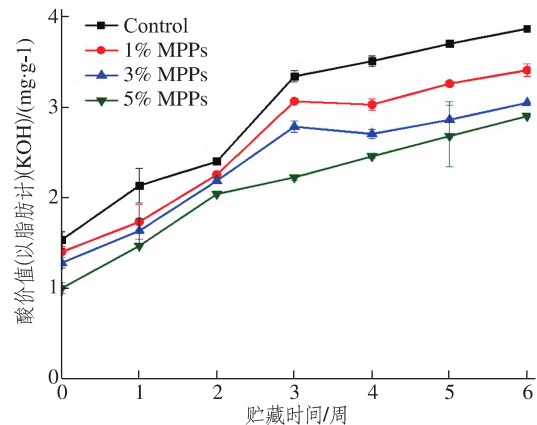


图3 不同美拉德肽添加量对黄山烧饼酸价的影响
Fig.3 Effect of different addition amounts of MPPs on acid value of Huangshan pancake

3 结论

MPPs的添加在一定程度上降低了黄山烧饼的 L^* (亮度)值,使其拥有更诱人的深黄色色泽,增加了弹性,进一步改善了黄山烧饼的质构特性。MPPs具有良好的抑菌和抗氧化性能,可以显著抑制黄山烧饼在贮藏过程中油脂的氧化和微生物的生长。鉴定出桉叶油醇是黄山烧饼的特征性风味物质,对黄山烧饼特殊风味形成影响较大。感官评定结果表明,添加3%MPPs的黄山烧饼感官品质相对较好。本研究结果表明豆粕酶解制备的MPPs具有一定的应用前景,为今后黄山烧饼货架期延长以及品质保持关键技术研发提供了理论依据。

参考文献:

- [1] 韩小存.烧饼加工条件对其丙烯酰胺含量的影响研究[J].粮食与油脂,2021,34(2):101-103.
- [2] 吴西芝,王园,刘英语.BHA-PG-CA复配抗氧化剂对黄山烧饼保质期的影响[J].安徽农业科学,2017,45(16):94-96.
- [3] OISHI S.Effects of propyl paraben on the male reproductive system [J]. Food and Chemical Toxicology, 2002,40(12):1807-1813.
- [4] KWON T H, KIM T W, KIM C G, et al. Antioxidant ac-

- tivity of various solvent fractions from edible brown alga, *Eisenia bicyclis* and its active compounds [J]. *Journal of Food Science*, 2013, 78(5): 679-684.
- [5] SAATCI C, ERDEM Y, BAYRAMOV R, et al. Effect of sodium benzoate on DNA breakage, micronucleus formation and mitotic index in peripheral blood of pregnant rats and their newborns [J]. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 2016, 30(6): 1179-1183.
- [6] SUN A, WU W, SOLADOYE O P, et al. Maillard reaction of food-derived peptides as a potential route to generate meat flavor compounds: a review [J]. *Food Research International*, 2022, 151: 110823.
- [7] ZHANG D, JI W, PENG Y H, et al. Evaluation of flavor improvement in antarctic krill defluoridated hydrolysate by maillard reaction using sensory analysis, E-nose, and GC-MS [J]. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 2020, 29(3): 279-292.
- [8] HWANG I G, KIM H Y, WOO K S, et al. Biological activities of maillard reaction products (MRPs) in a sugar-amino acid model system [J]. *Food Chemistry*, 2011, 126(1): 221-227.
- [9] NOOSHKAM M, VARIDI M, BASHASH M. The maillard reaction products as food-born antioxidant and antibrowning agents in model and real food systems [J]. *Food Chemistry*, 2019, 275: 644-660.
- [10] SONG R, SHI Q Q, YANG P Y, et al. Identification of antibacterial peptides from maillard reaction products of half-fin anchovy hydrolysates/glucose via LC-ESI-QTOF-MS analysis [J]. 2017, 36: 387-395.
- [11] 余敏. 酶解豆粕制备美拉德风味增强肽的研究 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2018.
- [12] ZHANG Z Y, HE S D, CAO X D, et al. Potential prebiotic activities of soybean peptides maillard reaction products on modulating gut microbiota to alleviate aging-related disorders in D-galactose-induced ICR mice [J]. *Journal of Functional Foods*, 2020, 65: 103729.
- [13] 吴永祥, 戴毅, 王雅群, 等. 不同护色处理对红薯干品质的影响 [J]. *食品与发酵工业*, 2019, 45(16): 222-227.
- [14] 潘治利, 于如梦, 骆洋翔, 等. 不同类型酿酒酵母对荷叶饼品质的影响 [J]. *食品与发酵工业*, 2018, 44(12): 144-149.
- [15] 刘军, 廖森泰, 邹宇晓, 等. 焙烤对桑叶和桑椹月饼品质性状及风味形成的影响 [J]. *蚕业科学*, 2014, 40(3): 559-564.
- [16] DALALI S A, ZHENG F P, LI H H, et al. Characterization of volatile compounds in three commercial Chinese vinegars by SPME-GC-MS and GC-O [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2019, 112: 108264.
- [17] 桂萌, 林佳, 马长伟, 等. 液熏鲟鱼片生产工艺优化与品质影响分析 [J]. *农业机械学报*, 2016, 47(6): 235-241.
- [18] 阮征, 洪漫兴, 胡怀宇, 等. 粤式杏仁饼干燥动力学及其品质变化 [J]. *食品与发酵工业*, 2015, 41(12): 87-92.
- [19] CUKELJ N, NOVOTNI D, SARAJLIJA H, et al. Flaxseed and multigrain mixtures in the development of functional biscuits [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2017, 86: 85-92.
- [20] 张莎莎, 景浩. 加热后低温放置对美拉德反应特征颜色和抗氧化性的影响 [J]. *食品工业科技*, 2014, 35(1): 61-65.
- [21] 孙慧娟, 朱玲, 刘通通, 等. 亚麻籽饼粕对面团流变学特性以及饼干品质的影响 [J/OL]. *中国粮油学报*, 2021: 1-8 [2021-03-01]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2864.TS.20211229.1938.026.html>.
- [22] LU Y L, WANG Y F, ZHAO G Z, et al. Identification of aroma compounds in Zhuhoujiang, a fermented soybean paste in Guangdong China [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2021, 142(4): 111057.
- [23] 樊月, 刘伟, 徐芬, 等. 不同种类山东煎饼特征风味成分差异分析 [J]. *食品科学*, 2020, 41(12): 173-179.
- [24] MAIRE M, REGA B, CUVELIER M E, et al. Lipid oxidation in baked products: impact of formula and process on the generation of volatile compounds [J]. *Food Chemistry*, 2013, 141(4): 3510-3518.
- [25] SONG R, JIA Z, SHI Q Q, et al. Identification of bioactive peptides from half-fin anchovy (*Setipinna taty*) hydrolysates and further modification using maillard reaction to improve antibacterial activities [J]. *Journal of Functional Foods*, 2019, 58: 161-170.
- [26] KIM J S, LEE Y S. Antioxidant activity of maillard reaction products derived from aqueous glucose/glycine, diglycine, and triglycine model systems as a function of heating time [J]. *Food Chemistry*, 2009, 116(1): 227-232.
- [27] PATRIGNANI M, RINALDI G J, LUPANO C E. *In vivo* effects of maillard reaction products derived from biscuits [J]. *Food Chemistry*, 2016, 196: 204-210.
- [28] 张强, 刘昊, 马玉涵, 等. 美拉德反应改性蛋白质/肽的研究进展 [J/OL]. *食品与发酵工业*, 2022: 1-11 [2022-03-01]. DOI: 10.13995/j.cnki.11-1802/ts.029892.

Effect of Maillard-Flavor-Enhancing Peptide Products on the Quality of Huangshan Pancake

CHEN Xiangyang¹, DONG Wei¹, HE Bin¹, LIU Gang¹, HUA Chun¹, HU Wanwan², SUN Hanju³, WU Yongxiang¹

(1.College of Life and Environment Science, Huangshan University, Huangshan 245041, China; 2.Huangshan Chaogang Food Co.,Ltd.,Huangshan 245000,China; 3.School of Food Science and Biological Engineering,Hefei University of Technology,Hefei 230009,China)

Abstract: In order to improve the quality and prolong product shelf life, the color parameters, texture properties, volatile components and sensory evaluation of Huangshan pancake were investigated at different addition amounts of Maillard-flavor-enhancing peptide products (MPPs). The changes of acid value and total number of colonies in different storage time were also explored. It was found that the addition of MPPs significantly reduced the brightness and improved the product elasticity, but had no effect on the hardness, cohesion and chewiness of Huangshan pancake. The results of SPME/GC-MS analysis showed that the addition of MPPs had a significant effect on the volatile components and relative content of Huangshan pancake. The volatile components were mainly alcohols and alkanes, and eucalyptol might be the characteristic flavor substances. The sensory quality of Huangshan pancake with 3% MPPs was relatively better. Compared with the control group, the addition of MPPs could significantly reduce the total number of colonies and acid value during the storage period of 1 to 6 weeks ($P < 0.05$). This study preliminarily clarified the effect of MPPs on the quality of Huangshan pancake, which could provide theoretical reference for the application of MPPs in the quality improvement of Huangshan pancake.

Keywords: Huangshan pancake; maillard-flavor-enhancing peptide products; texture properties; total number of colonies; acid value

(责任编辑 李维卫)