

古丽乃再尔·斯热依力, 阿衣古丽·阿力木, 白羽嘉, 等. 复配改良剂对洋葱浆饅品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(3): 298–307. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021060007

GULNAZAR Sireyil, AYGUL Alim, BAI Yujia, et al. Study on the Effect of Compound Improver on the Quality of Onion Paste Nang[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(3): 298–307. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021060007

· 食品添加剂 ·

复配改良剂对洋葱浆饅品质的影响

古丽乃再尔·斯热依力^{1,2}, 阿衣古丽·阿力木^{1,2,*}, 白羽嘉^{1,2}, 冯作山^{1,2}, 黄文书¹, 倪梁珏^{1,2}

(1.新疆农业大学食品科学与药学院, 新疆乌鲁木齐 830052;

2.新疆果品采后科学与技术重点实验室, 新疆乌鲁木齐 830052)

摘要:以洋葱浆饅为研究对象, 分别探讨单硬脂酸甘油酯、大豆磷脂、 α -淀粉酶和甘油 4 种改良剂对其感官评分和硬度的影响, 以硬度为响应值, 通过响应面分析法确定复配改良剂的最佳组合。结果表明, 与对照组相比, 单一改良剂均能改善洋葱浆饅的感官和硬度, 延缓饅老化的速率。各因素添加量对洋葱浆饅硬度的影响主次顺序均为: α -淀粉酶>单甘酯>甘油>大豆磷脂。4 种改良剂的最佳组合为: 单甘酯添加量 0.45%、大豆磷脂添加量 0.62%、 α -淀粉酶添加量 0.06%、甘油添加量 2.03%, 对应的感官评分为 90.92 分, 硬度为 1190.72 g。通过验证实验, 按此组合添加的洋葱浆饅感官评分为 91.28 分, 硬度为 1142.29 g。与对照组相比, 感官评分增加了 10.66 分, 硬度减小了 621.61 g。与单一改良剂相比, 复配改良剂在感官评分, 硬度和延缓老化速率方面具有一定优势, 能明显改善洋葱浆饅的品质, 对延长洋葱浆饅货架期具有重要意义。

关键词:洋葱浆, 饅, 改良剂, 硬度, 老化

中图分类号: TS202.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2022)03-0298-10

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2021060007

本文网刊:



Study on the Effect of Compound Improver on the Quality of Onion Paste Nang

GULNAZAR Sireyil^{1,2}, AYGUL Alim^{1,2,*}, BAI Yujia^{1,2}, FENG Zuoshan^{1,2}, HUANG Wenshu¹, NI Liangjue^{1,2}

(1.College of Food Science and Pharmacy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;

2.Xinjiang Key Laboratory of Postharvest Science and Technology of Fruit, Urumqi 830052, China)

Abstract: Taking onion paste Nang as the research object, effects of glycerol monosteres, soybean phospholipid, α -amylase and glycerol on sensory score and hardness were studied. Taking hardness as the response value, the best combination of compound modifiers was given in the response surface analysis. The results showed that opposed to the control group, a single modifier could improve the sensory and hardness of onion paste Nang and delay the aging rate of Nang. The primary and secondary order of the influence of the additional amount of each factor on the hardness of onion paste Nang was as follows: α -amylase>monoglyceride>glycerol>soybean phospholipid. The best combination of the four modifiers was 0.45% monoglyceride, 0.62% soybean phospholipid, 0.06% α -amylase and 2.03% glycerol, and the sensory score was 90.92 points, hardness was 1190.72 g. Through the validation test, the hardness of onion paste Nang added according to this combination was 1142.29 g and the sensory score was 91.28 points. Compared with the control group, the sensory score increased by 10.66 points and the hardness decreased by 621.61 g. Compared with the single modifier, the compound modifier has certain advantages in sensory score, hardness and delaying the aging rate. It can significantly improve the quality of onion paste Nang and is of great significance to prolong the shelf life of onion paste Nang.

Key words: onion paste; Nang; improver; hardness; ageing

收稿日期: 2021-06-02

基金项目: 自治区重点研发计划项目 (2021B02001-2)。

作者简介: 古丽乃再尔·斯热依力 (1997-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 农产品加工与综合利用, E-mail: 3044721060@qq.com。

* 通信作者: 阿衣古丽·阿力木 (1985-), 女, 博士, 讲师, 研究方向: 食品风味化学, E-mail: aygulalim@sina.com。

饅一般是以小麦面粉, 玉米面粉或高粱面粉为原料, 再加少许盐、水和酵母, 发酵后将面团擀制饼状形饅胚, 并用饅针在饅胚印上特殊花纹, 撒上芝麻, 贴在饅坑坑壁上烘烤而成的圆形烤饼, 其具有色泽金黄、酥脆可口、不易变质等特点, 人们有时会将羊肉、大葱、葡萄干、蜂蜜、黑胡椒、孜然等多种调料添加到饅的制作中去, 所以其口味可达上百种^[1]。目前, 饅在贮藏过程中存在变硬、口感粗糙、无弹性等问题^[2-3]。因此, 如何延缓饅老化速率成为现阶段急需解决的问题^[4]。饅在烘烤过程中, 温度高于淀粉的糊化温度时, 淀粉吸水就会发生糊化, 导致 β -淀粉结构受到破坏, 会使淀粉分子之间的氢键断裂, 断裂后淀粉和水通过氢键相连, 实现了 α -化(淀粉非结晶结构状态)。但饅在常温下贮藏时, 由于温度差的原因, 已经糊化 α -淀粉开始自动进行排序, 相邻的分子间氢键再次重新组合形成, 重新形成了淀粉 β -化(淀粉结晶结构状态), 导致了洋葱浆饅的老化^[5-8]。

国内外面制品加工业经常使用食品改良剂来改善面团操作性能及成品烘烤品质, 目前常用的改良剂主要有氧化剂、还原剂、乳化剂及酶制剂等^[9-14]。目前葡萄糖氧化酶^[15]、单甘酯、脂肪酶^[16]等食品改良剂对延缓面制品老化速率具有一定的作用。食品改良剂目前研究主要应用于豆制品^[17]、糯米糕团^[18]、面包^[19-20]、蛋糕^[21-22]中作为改良剂, 但食品改良剂应用在饅中的研究报道罕见。

本实验研究了不同改良剂对饅质构特性和感官评价等品质的影响, 以便对洋葱浆饅复配改良剂进行优化, 得到最佳复配改良剂的配比, 有效改善饅的品质, 延缓饅老化速率, 为延长洋葱浆饅货架期提供一定的参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

天山牌小麦粉 新疆天山面粉有限责任公司; 加碘精制盐 新疆盐湖制盐有限责任公司; 纯正白糖 乌鲁木齐市同得利商贸有限公司; 燕子即发酵母 乐斯福明光有限公司; 菜籽油 中粮昌吉粮油工业有限公司; 单硬脂肪酸甘油酯 广州嘉德乐生化科技有限公司; 大豆磷脂 英博生物科技有限公司; α -淀粉酶 山东科隆特酶制剂有限公司; 甘油 连云港新爱食品科技有限公司; 白皮圆葱 市购; 包装袋 市售。

PL 203 型电子天平 梅特勒-托利多仪器上海有限公司; JSB15-05 电子计重称 上海浦春计量仪器有限公司; LLJ-B12C8 型打浆机 小熊电器股份有限公司; H20F 立式双速和面机 广东力丰机械制造有限公司; 电饅坑 新疆想象环保科技有限公司; TA-XT Plus 型物性测试仪 英国 Stable Micro System 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 洋葱浆饅的生产流程及操作要点 洋葱浆饅的制作基本配方见表 1。

表 1 洋葱浆饅基本配方(g)
Table 1 Basic formula of onion paste Nang(g)

成分	小麦粉	食盐	纯正白糖	酵母	植物油	洋葱浆	温水
洋葱浆饅	1000	18	30	5	24	270	300

饅的生产流程: 原料→活化酵母→面团制作→醒发→面团分割→揉匀滚圆→醒发滚圆→成型(饅坯)→印花纹(打饅针)→粘洋葱碎→烘烤→冷却和包装。

操作要点: a.洋葱浆制备: 将洋葱去皮, 洗净, 切片, 用打浆机打浆, 备用。b.原料: 准确称取小麦面粉、食盐、白砂糖、酵母、植物油、洋葱浆、水和改良剂。c.活化酵母: 将酵母加入 30 ℃ 温水中活化。d.面团制作: 按照基本配方将小麦粉、食盐、白砂糖、改良剂混合加入和面机中均匀搅拌。然后将活化好的酵母溶液、植物油、洋葱浆和水加入到和面机, 并搅拌至面团揉出筋膜为止。e.醒发: 待面团软硬适度, 将其放在室温中(28~30 ℃), 持续 2 h。待其发酵至原体积 2 倍时取出。f.面团分割: 面团醒发好后, 取出排气, 面团分割成自己需要的重量。g.揉匀滚圆: 反复多次搓揉面团, 排出发酵产生的气体、揉匀、揉透、至表面光滑。在揉面时讲究揉匀, 这种饅吃起来劲道, 也不会松散。h.醒发滚圆: 将揉搓成的面团滚圆在面板上, 并盖保鲜膜, 放温暖处发酵 30 min。i.成型: 先用擀面杖将发酵面团擀压成圆饼状, 然后用手抻成中间薄四周厚的形状, 可以根据需求做不同形状饅坯。j.印花纹: 用饅针在饅坯上打出均匀的花纹, 戳花纹在入饅坑前, 要戳透。k.粘洋葱碎: 印花纹好的饅坯表面上粘一层洋葱碎。l.烘烤: 先将电饅坑提前预热至 200 ℃。然后成型的饅坯放入电饅坑中烤制 10~15 min。m.冷却和包装: 饅烘烤完毕, 将其置于正常室温下 1 h 晾干, 温度处于 20~30 ℃ 左右时即可包装成品。

1.2.2 饅的感官评定 参照王彩虹等^[23]方法, 略有改动。将烘烤饅在室温放置 1 h 后进行感官品质评价。将洋葱浆饅实验样品随机编号, 由 10 名(20~28 岁, 其中男生 5 名, 女生 5 名)身体健康经培训后的食品专业学生评分小组, 从色泽、风味、形态、口感、组织结构等 5 个方面进行感官评价, 各个项目评分总和为 100 分。将每组得分结果取平均值, 计算感官评分的最终结果。饅感官评分标准见表 2。

1.2.3 洋葱浆饅质构的测定 参照邹淑萍等^[24]方法, 稍做改动。将烤制好的饅室温冷却 1 h, 取大小为 2 cm 的饅方块(分饅心和饅边, 这与饅特殊结构有关, 边缘远高于中间 3 倍厚度的称为饅边, 中间薄的部分称为饅心), 重复 3 次, 用质构仪进行测试。测定硬度、弹性、内聚性和咀嚼性。TPA 参数测试条件为: 采用 P/5 平底柱型探头, 测前速率 2.0 mm/s, 测试速率 5.0 mm/s, 测后速率 5.0 mm/s, 触发力 10 g, 压缩比 65%, 两次压缩时间间隔 5 s, 返回距离 30 mm, 返回速度 10 mm/s。

表 2 饅感官评分标准

Table 2 Sensory evaluation standards of Nang

感官指标	评分标准	分数(分)
色泽	金黄色, 焦色均匀, 无焦糊现象	16~20
	淡黄色, 焦色较均匀, 略有焦糊现象	11~15
	黄棕色或乳白色, 焦色较差, 有明显焦糊现象	0~10
风味	浓郁的醒发和烘烤后的洋葱饅香味, 酵母或配料味适中	17~20
	淡淡的醒发和发酵后的洋葱饅香味, 无异味	13~16
	较淡的醒发和烘烤后的洋葱饅香味, 酵母和配料味稍重	9~12
	无洋葱饅特有的香味, 酵母或配料产生的不良气味严重	0~8
形态	圆形规则, 表面平整, 厚薄均匀, 花纹清晰, 无明显鼓泡	15~20
	圆形规则, 表面较平整, 厚薄均匀, 花纹清晰, 有少量的鼓泡	9~14
	圆形不规则, 表面较平整, 厚度不均匀, 花纹不清晰, 有较大的鼓泡	0~8
口感	软硬适中, 不粘牙, 略有嚼劲	20~25
	硬度偏硬或偏软, 较粘牙, 较有嚼劲	14~19
	干硬, 粘牙, 不易下咽, 嚼劲较大	0~13
组织结构	质地细腻, 气孔均匀, 柔软有弹性	11~15
	质地细腻, 气孔较均匀, 弹性较差	6~10
	质地不细腻, 气孔不均匀, 无弹性	0~5

1.2.4 复合改良剂配比优化 含有高淀粉和蛋白质的饅很容易被氧化, 从而使饅变质变硬, 为了防止饅的变质变硬问题, 选取单硬脂酸甘油酯、大豆磷脂、 α -淀粉酶和甘油 4 种改良剂进行单因素实验, 确定最佳添加量。然后在单因素实验结果基础上, 进行响应面试验确定复配改良剂的最佳组合。

1.2.4.1 单因素实验 以面粉 100 g 为基准, 以洋葱浆饅的感官评分、硬度、弹性、内聚性和咀嚼性为评价指标, 研究单硬脂酸甘油酯添加量 0%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%、0.7% (不添加其他三种改良剂, 下同), 大豆磷脂添加量 0%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%、0.7%, α -淀粉酶添加量 0%、0.04%、0.05%、0.06%、0.07%、0.08%, 甘油添加量 0%、0.5%、1.0%、1.5%、2.0%、2.5% 对洋葱浆饅品质的影响。

1.2.4.2 响应面试验 根据单因素实验结果, 利用 Box-Behnken 原理, 设计响应面试验, 从而确定最佳复合改良剂的配方。响应面试验因素和水平见表 3。

将冷却好的洋葱浆饅放置于室温冷却 1 h, 测定样品的感官评分和质构特性品质指标。每个样品进行 3 次平行测定, 计算平均值。采用 SPSS 软件, 分析洋葱浆饅感官评分与质构特性的相关性。考虑到质构特性的客观性, 以硬度作为响应值, 利用 Design-

表 3 响应面试验因素与水平

Table 3 Factors and levels of response surface test

水平	A 单甘酯 添加量(%)	B 大豆磷脂 添加量(%)	C α -淀粉酶 添加量(%)	D 甘油 添加量(%)
1	0.4	0.5	0.05	1.5
2	0.5	0.6	0.06	2.0
3	0.6	0.7	0.07	2.5

Expert 10.0.4 软件进行数据分析, 并确定复配改良剂的最佳组合。

1.3 数据处理

采用 SPSS 20.0 软件进行统计分析, 数据以平均值 $\pm$ 标准误差($X\pm SD$)来表示, $P<0.05$ 表示差异具有统计学意义。采用 Origin 2019b 软件进行绘图, 采用 Design-Expert.V8.0.6.1 进行响应面分析。

2 结果与分析

2.1 不同改良剂对洋葱浆饅品质的影响

2.1.1 单硬脂酸甘油酯添加量对洋葱浆饅品质的影响 单硬脂酸甘油酯是一种非离子型的表面活性剂, 也简称单甘酯^[25], 单甘酯作为面制品的组织软化剂, 对面制品起到抗氧化作用^[26]。单甘酯添加量对洋葱浆饅质构特性的影响见表 4、表 5, 单甘酯添加量对洋葱浆饅感官的影响见图 1。

表 4 单甘酯添加量对洋葱浆饅饅边质构特性的影响

Table 4 Effect of monoglyceride addition on texture properties of Nang edge of onion pulp

单甘酯添加量(%)	硬度(g)	弹性(mm)	内聚性	咀嚼性(mJ)
0	1768.89 $\pm$ 28.45 ^c	1.26 $\pm$ 0.59 ^b	0.48 $\pm$ 0.02 ^a	1104.01 $\pm$ 69.99 ^d
0.3	1570.07 $\pm$ 55.73 ^d	0.88 $\pm$ 0.04 ^{ab}	0.53 $\pm$ 0.01 ^b	903.81 $\pm$ 65.68 ^c
0.4	1396.28 $\pm$ 77.97 ^c	0.83 $\pm$ 0.01 ^{ab}	0.58 $\pm$ 0.01 ^c	767.32 $\pm$ 34.73 ^b
0.5	1182.99 $\pm$ 77.14 ^b	0.80 $\pm$ 0.00 ^a	0.67 $\pm$ 0.05 ^d	638.57 $\pm$ 22.74 ^a
0.6	1069.27 $\pm$ 62.37 ^a	0.76 $\pm$ 0.01 ^a	0.57 $\pm$ 0.01 ^{bc}	589.33 $\pm$ 62.55 ^a
0.7	1005.31 $\pm$ 39.50 ^a	0.74 $\pm$ 0.00 ^a	0.54 $\pm$ 0.01 ^{bc}	618.77 $\pm$ 71.78 ^a

注: 不同字母表示同列中数值间显著性差异($P<0.05$); 表 5~表 11 同。

表 5 单甘酯添加量对洋葱浆饅心质构特性的影响

Table 5 Effect of monoglyceride addition on textural properties of Nang core of onion paste

单甘酯添加量(%)	硬度(g)	弹性(mm)	内聚性	咀嚼性(mJ)
0	1929.22±71.82 ^c	1.01±0.20 ^b	0.52±0.02 ^a	1058.75±61.22 ^d
0.3	1644.00±130.42 ^d	0.89±0.02 ^{ab}	0.58±0.01 ^b	962.96±1471 ^c
0.4	1443.11±44.16 ^c	0.86±0.01 ^{ab}	0.62±0.01 ^c	846.1±128.51 ^b
0.5	1199.79±63.13 ^b	0.83±0.01 ^a	0.67±0.02 ^d	714.15±35.48 ^a
0.6	1070.49±48.12 ^b	0.80±0.01 ^a	0.61±0.03 ^{bc}	691.88±18.93 ^a
0.7	903.17±86.80 ^a	0.76±0.03 ^a	0.58±0.01 ^b	707.92±79.90 ^a

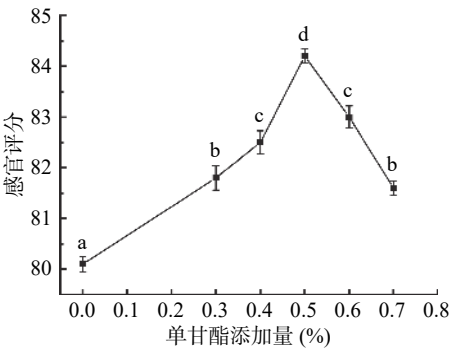


图 1 单甘酯添加量对洋葱浆饅感官的影响

Fig.1 Effect of monoglyceride addition on sensory of onion paste Nang

注: 不同小写字母表示差异显著($P<0.05$); 图 2~图 4 同。

由表 4、表 5 可知,随着单甘酯添加量的增加,洋葱浆饅饅边、饅心的硬度、弹性呈一直降低趋势,内聚性呈先升高后降低趋势,咀嚼性呈先降低后升高趋势。这是因为添加单甘酯后,单硬脂酸甘油酯的疏水基团进入螺旋结构内与之络合,形成螺旋复合体,不但使得淀粉中的直链淀粉不易发生重结晶,还能使淀粉的吸水溶胀能力减小,使更多的水分向蛋白转移,从而防止淀粉的老化^[26-28]。单甘酯添加量为 0%~0.5% 时,饅心和饅边的硬度,内聚性和咀嚼性存在显著性差异($P<0.05$);当单甘酯添加量大于

0.5% 后,质构特性基本无显著变化($P>0.05$)。

由图 1 可知,单甘酯的添加量为 0%~0.7% 时,感官评分随着单甘酯添加量增大而先增大后减小,添加量为 0.5% 时感官评分最高。单甘酯添加量大于 0.5% 时,洋葱浆饅的感官有所下降,可见单甘酯添加量过大会对洋葱浆饅的总体品质有不良影响。结合洋葱浆饅的饅边和饅心的感官评分和质构特性,得出的单甘酯添加量 0.5% 为最佳。

2.1.2 大豆磷脂添加量对洋葱浆饅品质的影响 大豆磷脂是一种既有亲水性又有疏水性的两性表面活性剂,对原料搅拌混合的均匀和稳定性有影响^[29]。大豆磷脂添加量对洋葱浆饅质构特性的影响见表 6、表 7,大豆磷脂添加量对洋葱浆饅感官的影响见图 2。

由表 6、表 7 可知,随着大豆磷脂添加量的增加,洋葱浆饅饅边、饅心的硬度先降低后增大,这是因为大豆磷脂会有助于酵母的生长,提高发酵能力,提高面团持气性,起到软化面团、降低硬度的效果^[30]。弹性先降低后增大,是因为大豆磷脂的疏水基团渗透到面筋蛋白的空间结构中,生成更稳定的络合物,导致弹性的变化^[31]。而内聚性和咀嚼性呈现出相同的趋势,但差异不显著。大豆磷脂添加量为 0%~0.6% 时,饅心和饅边的硬度存在显著性差异($P<0.05$),弹性和咀嚼性基本无差异。当大豆磷脂添加量为 0.6%

表 6 大豆磷脂添加量对洋葱浆饅饅边质构特性的影响

Table 6 Effect of soybean lecithin addition on texture properties of Nang edge of onion paste

大豆磷脂添加量(%)	硬度(g)	弹性(mm)	内聚性	咀嚼性(mJ)
0	1780.44±43.02 ^d	1.01±0.04 ^c	0.52±0.02 ^a	478.07±17.97 ^a
0.3	1666.09±26.79 ^d	0.90±0.02 ^d	0.56±0.01 ^c	530.17±27.17 ^b
0.4	1469.89±6235 ^c	0.85±0.01 ^{bc}	0.58±0.01 ^d	582.29±14.45 ^c
0.5	1326.54±43.21 ^b	0.77±0.01 ^a	0.54±0.01 ^b	471.39±10.16 ^a
0.6	1127.42±91.94 ^a	0.83±0.01 ^b	0.61±0.01 ^c	571.43±12.15 ^c
0.7	1206.99±109.72 ^a	0.88±0.01 ^{cd}	0.57±0.01 ^{cd}	500.69±8.63 ^a

表 7 大豆磷脂添加量对洋葱浆饅饅心质构特性的影响

Table 7 Effect of soybean lecithin addition on texture properties of Nang core of onion paste

大豆磷脂添加量(%)	硬度(g)	弹性(mm)	内聚性	咀嚼性(mJ)
0	1974.16±43.93 ^c	1.02±0.20 ^b	0.49±0.01 ^a	590.67±65.96 ^a
0.3	1757.96±11.11 ^d	0.88±0.02 ^{ab}	0.54±0.01 ^b	714.89±15.19 ^{bc}
0.4	1646.51±81.50 ^c	0.84±0.01 ^a	0.62±0.01 ^d	773.75±27.22 ^c
0.5	1405.20±70.30 ^b	0.79±0.01 ^a	0.58±0.01 ^c	653.94±14.50 ^{ab}
0.6	1213.18±25.64 ^a	0.85±0.01 ^a	0.63±0.01 ^d	744.38±10.95 ^c
0.7	1303.39±53.50 ^a	0.89±0.00 ^{ab}	0.57±0.01 ^c	608.4±765.09 ^a

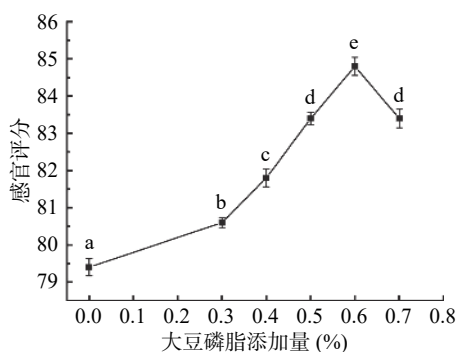


图2 大豆磷脂添加量对洋葱浆饅感官的影响

Fig.2 Effect of soybean lecithin addition on sensory of onion pulp Nang

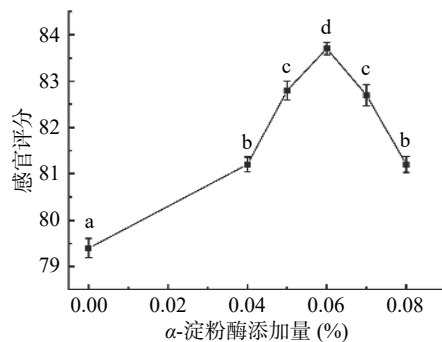
时,洋葱浆饅的硬度最低,内聚性最高。

由图2可知,大豆磷脂的添加量为0.3%~0.7%时,感官评分随着大豆磷脂添加量增大而先增大后减小,添加量为0.6%时感官评分最高。大豆磷脂添加量大于0.6%时,洋葱浆饅的感官有所下降。结合洋葱浆饅的饅边和饅心的感官评分和质构特性,得出的大豆磷脂添加量0.6%为最佳。

2.1.3 α -淀粉酶添加量对洋葱浆饅品质的影响 α -淀粉酶是一种比较广泛使用的酶制剂。 α -淀粉酶添加量对洋葱浆饅质构特性的影响见表8、表9, α -淀粉酶添加量对洋葱浆饅感官的影响见图3。

由表8、表9可知,随着 α -淀粉酶添加量的增加,饅的质构特性显著性改善($P<0.05$),洋葱浆饅饅边、饅心的硬度先降低后增大,弹性先降低后增大又降低,内聚性先增大后降低,咀嚼性先降低后增大最后又降低。这是因为 α -淀粉酶能把淀粉分子水解成低分子的糊精和可溶性淀粉,低分子的糊精进一步影响淀粉与蛋白质网络结构间的相互作用,使饅老化速率缓慢,保持饅的松软^[32-34]。但 α -淀粉酶用量过多

时会使洋葱浆饅发粘,不利于延缓饅的老化,因此应适当控制添加量。 α -淀粉酶添加量为0%~0.06%时,饅心和饅边的硬度存在显著性差异($P<0.05$)。当添加量0.06%时,硬度最低,弹性最高。当 α -淀粉酶添加量大于0.06%后,呈现硬度增大,弹性减小的趋势。说明说明 α -淀粉酶添加量0.06%时为最佳添加量。

图3 α -淀粉酶添加量对洋葱浆饅感官的影响Fig.3 Effect of α -amylase addition on sensory quality of onion paste Nang

由图3可知, α -淀粉酶的添加量为0%~0.08%时,感官评分随着 α -淀粉酶添加量增大而先增大后减小,添加量为0.06%时感官评分最高。故选择 α -淀粉酶添加量0.06%进行后续试验。结合洋葱浆饅的饅边和饅心的感官评分和质构特性,得出的 α -淀粉酶添加量0.06%为最佳。

2.1.4 甘油(丙三醇)添加量对洋葱浆饅品质的影响 甘油是一种非离子型的表面活性剂,也叫丙三醇。甘油添加量对洋葱浆饅质构特性的影响见表10、表11,甘油添加量对洋葱浆饅感官的影响见图4。

由表10、表11可知,随着甘油添加量的增加,饅的质构特性显著性改善($P<0.05$),洋葱浆饅饅边、饅心的硬度先降低后增大,弹性和内聚性先增大后减

表8 α -淀粉酶添加量对洋葱浆饅饅边质构特性的影响Table 8 Effect of α -amylase addition on texture characteristics of Nang edge of onion paste

α -淀粉酶添加量(%)	硬度(g)	弹性(mm)	内聚性	咀嚼性(mJ)
0	1470.49±35.76 ^d	0.76±0.01 ^b	0.47±0.01 ^a	625.88±49.54 ^b
0.04	1346.80±42.23 ^c	0.72±0.02 ^a	0.50±0.01 ^b	535.25±25.21 ^a
0.05	1196.18±42.56 ^b	0.82±0.01 ^c	0.53±0.01 ^c	478.86±15.96 ^a
0.06	1025.73±76.53 ^a	0.87±0.00 ^d	0.58±0.01 ^d	517.17±14.15 ^a
0.07	1234.03±31.40 ^b	0.81±0.01 ^c	0.61±0.02 ^c	502.18±59.91 ^a
0.08	1331.85±30.42 ^c	0.75±0.05 ^{ab}	0.54±0.01 ^c	482.14±26.65 ^a

表9 α -淀粉酶添加量对洋葱浆饅饅心质构特性的影响Table 9 Effect of α -amylase addition on texture characteristics of Nang core of onion paste

α -淀粉酶添加量(%)	硬度(g)	弹性(mm)	内聚性	咀嚼性(mJ)
0	1672.49±52.14 ^d	0.80±0.03 ^b	0.54±0.01 ^a	775.57±80.51 ^c
0.04	1519.08±24.89 ^c	0.76±0.01 ^a	0.56±0.04 ^a	516.19±13.78 ^a
0.05	1391.82±52.80 ^b	0.85±0.01 ^c	0.63±0.02 ^b	558.21±26.37 ^a
0.06	1267.42±37.32 ^a	0.90±0.02 ^d	0.67±0.01 ^c	673.61±58.61 ^b
0.07	1379.72±47.18 ^b	0.85±0.01 ^c	0.63±0.01 ^a	583.25±41.06 ^{ab}
0.08	1443.83±30.09 ^b	0.82±0.02 ^{bc}	0.58±0.01 ^a	520.27±69.01 ^a

表 10 甘油添加量对洋葱浆饅心质构特性的影响

Table 10 Effect of glycerol addition on texture characteristics of Nang edge of onion paste

甘油添加量(%)	硬度(g)	弹性(mm)	内聚性	咀嚼性(mJ)
0	1572.45±58.05 ^c	0.97±0.08 ^c	0.63±0.02 ^c	1156.76±64.28 ^d
0.5	1384.52±52.63 ^d	0.80±0.02 ^a	0.55±0.01 ^a	972.34±33.29 ^c
1.0	1212.75±75.21 ^c	0.84±0.01 ^a	0.58±0.01 ^b	866.59±39.47 ^b
1.5	1015.42±72.83 ^b	0.85±0.01 ^{ab}	0.62±0.01 ^c	779.97±17.34 ^{ab}
2.0	940.09±16.05 ^a	0.91±0.01 ^b	0.67±0.01 ^d	858.96±57.44 ^b
2.5	1142.62±42.30 ^b	0.86±0.01 ^{ab}	0.62±0.02 ^c	706.57±72.58 ^a

表 11 甘油添加量对洋葱浆饅心质构特性的影响

Table 11 Effect of glycerol addition on texture characteristics of Nang core of onion paste

甘油添加量(%)	硬度(g)	弹性(mm)	内聚性	咀嚼性(mJ)
0	1752.10±27.03 ^e	1.00±0.11 ^c	0.68±0.01 ^d	1099.18±85.98 ^d
0.5	1470.58±72.40 ^d	0.84±0.01 ^a	0.56±0.01 ^a	972.19±55.72 ^c
1.0	1315.57±71.31 ^c	0.87±0.01 ^{ab}	0.58±0.01 ^b	861.59±52.31 ^b
1.5	1207.90±58.53 ^b	0.88±0.01 ^{ab}	0.62±0.01 ^c	723.25±27.03 ^a
2.0	1082.24±62.74 ^a	0.94±0.02 ^{bc}	0.67±0.01 ^d	828.19±81.17 ^b
2.5	1239.59±53.13 ^b	0.87±0.01 ^{ab}	0.62±0.01 ^c	706.04±16.72 ^a

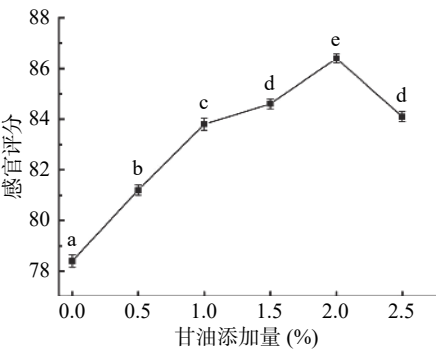


图 4 甘油添加量对洋葱浆饅感官的影响

Fig.4 Effect of glycerol addition on the sensory quality of onion paste Nang

小,咀嚼性先减小后增大又减小。甘油添加量为 0.5%~2.5% 时,饅心和饅边的硬度、咀嚼性存在显著性差异($P<0.05$);弹性和内聚性先增大后降低的趋势,但是无显著性差异($P>0.05$);内聚性一直增大的趋势,但始终会小于未添加;当甘油添加量为 2.0% 时,硬度最低,弹性最大。当甘油添加量大于 2.0% 后,质构特性无明显变化。

由图 4 可知,甘油的添加量为 0.5%~2.5% 时,感官评分随着甘油添加量增大而先增大后减小,添加量为 2.0% 时感官评分最高。适量的甘油使有效地改善洋葱浆饅的感官品质,但是通过感官评价发现过量的甘油导致洋葱浆饅口味发苦。随着添加量的增加,苦味越来越重,从而导致感官评分下降^[35-37]。此外,随着添加量过多时,饅的内部组织结构膨松度变小,从而导致弹性变差,且内聚性也降低。结合洋葱浆饅的饅边和饅心的感官评分和质构特性,得出的甘油添加量 2.0% 为最佳。

2.2 响应面优化

2.2.1 响应面试验设计及结果 由单因素实验的基

础可知,4 种改良剂对洋葱浆饅饅边、饅心质构特性效果一致的,故选择洋葱浆饅饅边进行后续试验。因此,确定单甘酯、大豆磷脂、 α -淀粉酶、甘油添加量为自变量 4 个因素。在此基础上,以感官评分和质构特性为响应值,进行 4 因素 3 水平的响应面试验,试验结果见表 12。

计算洋葱浆饅感官评分和质构特性之间相关系数,从表 13 可以看出,感官评分与硬度、内聚性、咀嚼性呈极显著的负相关($P<0.01$);而与弹性呈正相关($P<0.01$)。其中硬度相关系数绝对值最大,说明硬度的大小可以较好地反映感官评分的高低,如果硬度越小,则感官评分越高。

因此,选择硬度为响应值,使用软件 Design-Expert.V8.0.6.1 分析得到 4 种改良剂对硬度的二次多元回归拟合预测模型方程: $Y=1206.73+23.42A-7.25B-57.95C-10.28D+10.90AB-2.59AC+1.85AD-15.19BC-9.04BD-7.04CD+21.35A^2+42.46B^2+106.42C^2+66.87D^2$

由表 14 可知,建立的硬度回归模型中的 $F=71.26$, $P<0.0001$, 达到极显著水平, 得出 $R^2=0.9862$, 说明拟合程度良好, 试验误差较小。模型的校正决定系数 $R^2_{Adj}=0.9723$, 表明该模型是可行的。失拟项 $P=0.9168>0.05$, 表示失拟项差异不显著, 说明该回归方程能较好的拟合真实的响应面值。模型的一次项 A、C、D($P<0.01$)影响极显著, B($P>0.05$)影响不显著;二次项 A^2 、 B^2 、 C^2 、 D^2 ($P<0.01$)影响均极显著;交互项 BC($P<0.05$)影响显著, AB、AC、AD、BD、CD($P>0.05$)影响均不显著;由 F 值可知 4 因素添加量对硬度影响的主次顺序为 α -淀粉酶>单甘酯>甘油>大豆磷脂。

2.2.2 复配改良剂最佳组合的确定 各因素交互作用对洋葱浆饅硬度影响的响应面图见图 5。

表 12 响应面试验设计与结果
Table 12 Design and results of response surface test

试验号	A	B	C	D	感官评分	硬度(g)	弹性(mm)	内聚性	咀嚼性(mJ)
1	1	-1	0	0	83.29	1286.87	0.85	0.59	779.63
2	0	0	0	0	91.23	1191.11	1.18	0.68	529.63
3	-1	0	1	0	86.13	1246.47	0.94	0.52	749.63
4	0	1	1	0	84.49	1267.47	0.88	0.56	713.12
5	0	-1	0	-1	80.73	1318.51	0.65	0.71	689.92
6	0	-1	1	0	80.43	1324.67	0.74	0.71	902.79
7	-1	0	-1	0	78.33	1368.27	0.67	0.76	976.99
8	0	-1	0	1	81.79	1317.87	0.69	0.7	672.14
9	0	0	0	0	90.49	1198.87	1.14	0.48	546.08
10	-1	0	0	1	84.93	1254.87	0.92	0.54	683.66
11	0	0	0	0	90.19	1204.47	1.09	0.48	575.83
12	1	1	0	0	82.23	1301.07	0.8	0.64	1019.13
13	-1	1	0	0	87.33	1242.27	0.97	0.51	632.55
14	-1	-1	0	0	84.33	1271.67	0.86	0.57	738.31
15	0	0	-1	-1	75.23	1444.11	0.55	0.81	1071.94
16	0	0	-1	1	75.39	1432.51	0.61	0.8	1054.7
17	1	0	-1	0	75.63	1422.87	0.63	0.79	1035.79
18	-1	0	0	-1	83.73	1275.87	0.91	0.59	849.98
19	0	-1	-1	0	77.73	1408.31	0.66	0.77	998.45
20	0	0	0	0	89.73	1233.87	1.08	0.51	608.1
21	0	0	1	-1	78.63	1351.47	0.88	0.73	855.46
22	1	0	0	-1	80.13	1326.27	0.62	0.71	830.23
23	0	1	0	-1	79.23	1327.51	0.71	0.72	942.86
24	1	0	1	0	82.53	1290.71	0.71	0.62	801.02
25	0	1	0	1	82.99	1290.71	0.84	0.59	794.72
26	0	0	1	1	81.93	1311.71	0.83	0.67	835.34
27	0	1	-1	0	75.69	1411.87	0.74	0.77	1011.78
28	0	0	0	0	89.89	1205.31	0.9	0.5	598.16
29	1	0	0	1	81.79	1312.67	0.71	0.68	859.26

表 13 感官评分和质构特性间的相关系数

品质指标	感官评分	硬度	弹性	内聚性	咀嚼性
感官评分	1.000				
硬度	-0.976**	1.000			
弹性	0.895**	-0.859**	1.000		
内聚性	-0.886**	0.896**	-0.784**	1.000	
咀嚼性	-0.911**	0.902**	-0.786**	0.786**	1.000

注: **表示差异极显著($P<0.01$)。

等高线图的形状来判断各组因素间交互效应的强弱^[38-39]。由图 5 可知, 各因素交互作用对洋葱浆饅硬度影响的响应面图均为一个向上的曲面, 响应面曲线较陡, 说明随着各因素取值的减小, 各因素洋葱浆饅硬度的影响先减小后增大, 且各因素取值较小时影响较大。大豆磷脂添加量与 α -淀粉酶添加量的响应面最陡, 说明大豆磷脂添加量与 α -淀粉酶添加量的交互作用最明显。而 AB、BD、CD、AC、AD 交互作用等高线图的椭圆形扁平程度较小, 尤其是 AC 和 AD 交互作用等高线图没有呈现明显的椭圆形, 而是接近于圆形, 说明其交互作用不明显, 这与表 14 的分析结果一致。

根据响应面分析, 可得复配改良剂的最佳组合: 单甘酯添加量 0.45%、大豆磷脂添加量 0.62%、 α -淀

表 14 响应面回归模型方差分析表(硬度)

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	P	显著性
模型	1.41E+05	14	10065.2	71.26	<0.0001	**
A	6581.96	1	6581.96	46.6	<0.0001	**
B	630.75	1	630.75	4.47	0.053	
C	40303.07	1	40303.07	285.33	<0.0001	**
D	1268.96	1	1268.96	8.98	0.0096	**
AB	475.24	1	475.24	3.36	0.0880	
AC	26.83	1	26.83	0.19	0.6696	
AD	13.69	1	13.69	0.097	0.7601	
BC	922.94	1	922.94	6.53	0.0228	*
BD	326.89	1	326.89	2.31	0.1505	
CD	198.25	1	198.25	1.4	0.2559	
A ²	2955.86	1	2955.86	20.93	0.0004	**
B ²	11695.27	1	11695.27	82.8	<0.0001	**
C ²	73456.72	1	73456.72	520.04	<0.0001	**
D ²	29006.69	1	29006.69	205.35	<0.0001	**
残差	1977.53	14	141.25			
失拟项	928.06	10	92.81	0.35	0.9168	
纯误差	1049.47	4	262.37			
总和	1.43E+05	28				

$R^2=0.9862$ $R^2_{Adj}=0.9723$ C.V.%=0.91

注: **表示差异极显著($P<0.01$), *表示差异显著($P<0.05$)。

粉酶添加量 0.06%、甘油添加量 2.03%, 此时洋葱浆饅的感官评分为 90.92 分, 硬度为 1190.72 g。

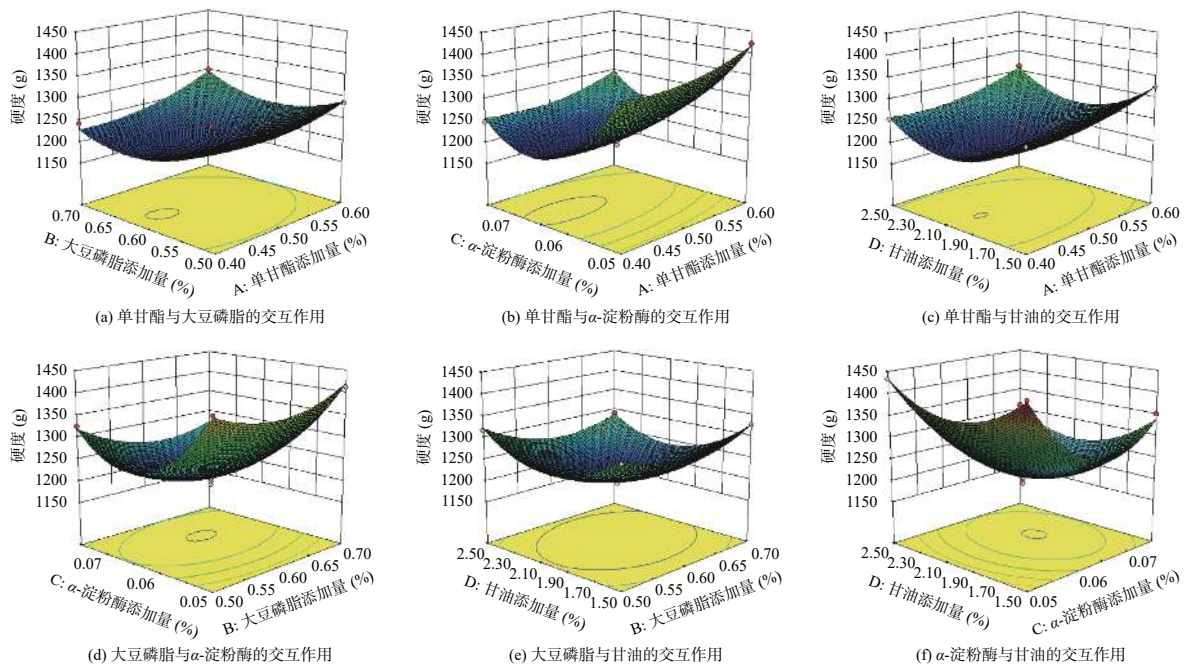


图 5 各因素交互作用对洋葱浆饅硬度影响的响应面图

Fig.5 Response surface and contour map of the influence of the interaction of various factors on the hardness of onion paste Nang

2.3 验证实验

为了进一步检验响应面方法优化复配改良剂的可靠性,使用改进条件开展具体验证操作。

贮藏在 4℃, 6 d 后的优化前后洋葱浆饅的品质指标见表 15。

表 15 优化前后洋葱浆饅的品质指标			
Table 15 Quality index of onion paste Nang before and after optimization			
贮藏时间(d)	样品	感官评分	硬度(g)
0	优化前洋葱浆饅饅边	80.62±0.19	1763.90±68.2
	优化后洋葱浆饅饅边	91.28±0.35	1142.29±87.53
6	优化前洋葱浆饅饅边	72.03±0.39	8201.52±169.3
	优化后洋葱浆饅饅边	85.52±0.21	3613.94±52.67

通过验证实验可知,未加复配改良剂洋葱浆饅的感官评分为 80.62 分,硬度为 1763.90 g;按复配改良剂的最佳组合的洋葱浆饅感官评分为 91.28 分,硬度为 1142.29 g,与预测值接近,与对照组相比,感官评分增加了 10.66 分,硬度减小了 621.61 g。表明响应面法优化的复配改良剂最佳组合准确可靠。贮藏在 4℃, 6 d 后的未加复配改良剂洋葱浆饅的感官评分为 72.03 分,硬度为 8201.52 g;添加复配改良剂洋葱浆饅的感官评分为 85.52 分,硬度为 3613.94 g。添加复配改良剂的洋葱浆饅的感官评分和硬度变化幅度比未添加复配改良剂的小。由此可得,添加一定量的复配改良剂能够有效地改善洋葱浆饅的感官评分和质构品质指标。实验验证值接近模型的预测值,表明模型较好地预测了洋葱浆饅的复配改良剂最佳添加量组合。

3 结论

本实验首先通过单因素实验确定单甘酯添加

量、大豆磷脂添加量、α-淀粉酶添加量和甘油添加量的最佳添加量。然后将 4 种改良剂复配后进行响应面试验,测定洋葱浆饅品质的相关指标。结果表明,洋葱浆饅感官评分与硬度、内聚性、咀嚼性呈极显著的负相关($P<0.01$),而与弹性呈正相关($P<0.01$)。选择与感官评分相关性最强的硬度为响应值,确定复配改良剂的最佳组合:单甘酯添加量 0.45%、大豆磷脂添加量 0.62%、α-淀粉酶添加量 0.06%、甘油添加量 2.03%,对应的感官评分为 90.92 分,硬度为 1190.72 g。通过验证试验,按此组合添加的洋葱浆饅感官评分为 91.28 分,硬度为 1142.29 g。与对照组相比,感官评分增加了 10.66 分,硬度减小了 621.61 g。在贮藏期内,添加复配改良剂的洋葱浆饅硬度低于未加复配改良剂的硬度,且硬度变化幅度也较小。说明复配改良剂能够明显改善洋葱浆饅的感官评价,质构品质和老化速率,对延长洋葱浆饅货架期具有重要意义。

参考文献

[1] 安尼瓦尔·哈斯木. 饅, 饅坑与饅文化漫谈[J]. 新疆地方志, 2017(2): 53-58. [ANNI WAL Hasmu. Nang, Nang pit and Nang culture[J]. Xinjiang Local Chronicles, 2017(2): 53-58.]

[2] 王强. 复配酶制剂在面包抗老化方面的应用研究[D]. 厦门: 集美大学, 2014. [WANG Qiang. Application of compound enzyme preparation in bread aging resistance[D]. Xiamen: Jimei University, 2014.]

[3] 詹冬玲, 任玉雪, 闵伟红, 等. 面包老化机理及其分析技术的研究进展[J]. 食品工业科技, 2013, 34(23): 353-355. [ZHAN Dongling, REN Yuxue, MIN Weihong, et al. Research progress on bread aging mechanism and its analysis technology[J]. Food Industry Science and Technology, 2013, 34(23): 353-355.]

[4] 钟宝瑜, 陆利霞, 熊晓辉. 复合乳化剂对面包品质及货架期影响研究[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(7): 192-198. [ZHONG

- Baoyu, LU Lixia, XIONG Xiaohui. Study on the effect of compound emulsifier on bread quality and shelf life[J]. Food and Fermentation Industry, 2018, 44(7): 192-198.]
- [5] 王雨, 薛自萍. 影响面包老化的因素及延缓措施[J]. 农产品加工, 2019(10): 82-83. [WANG Yu, XUE Ziping. Factors affecting bread aging and delay measures[J]. Agricultural Products Processing, 2019(10): 82-83.]
- [6] 吴昌术, 刘双. 面包老化的机理及控制途径[J]. 安徽农学通报, 2017, 23(5): 100-102, 114. [WU Changzhu, LIU Shuang. Mechanism and control approaches of bread aging[J]. Anhui Agromony Bulletin, 2017, 23(5): 100-102, 114.]
- [7] MAO Huijia, LI Jie, CHEN Zhijun, et al. Molecular structure of different prepared pyrodestrins and the inhibitory effects on starch retrogradation[J]. Food Research International, 2021: 143.
- [8] LI Cheng, HU Yiming, LI Enpeng. Effects of amylose and amylopectin chain-length distribution on the kinetics of long-term rice starch retrogradation[J]. Food Hydrocolloids, 2021: 111.
- [9] PÉREZ ISELA Carballo, MU Taihua, ZHANG Miao, et al. Effect of heat treatment to sweet potato flour on dough properties and characteristics of sweet potato-wheat bread[J]. Food Science and Technology International, 2017, 23(8): 708-715.
- [10] MAGHAYDAH S, ABDUL-HUSSAIN S, AJO R, et al. Utilization of different hydrocolloid combinations in gluten-free bread making[J]. Food & Nutrition Sciences, 2013, 4(5): 496-502.
- [11] 洪文龙. 不同面包改良剂对面团流变学的影响及复配研究[J]. 现代食品, 2017(15): 114-118. [HONG Wenlong. Effects of different bread modifiers on dough rheology and their compounding[J]. Modern Food, 2017(15): 114-118.]
- [12] 徐超宇, 马晓军. 面包改良剂对红薯面包面团流变特性的影响及改良剂的优化分析[J]. 食品工业科技, 2015, 36(19): 267-274. [XU Chaoyu, MA Xiaojun. Effect of bread modifier on rheological properties of sweet potato bread dough and optimization analysis of modifier[J]. Food Industry Science and Technology, 2015, 36(19): 267-274.]
- [13] 于海霞, 孙彩玲, 田纪春. 不同型号面包改良剂对面包品质影响的研究[J]. 粮食加工, 2007(4): 78-80. [YU Haixia, SUN Cailing, TIAN Jichun. Effects of different types of bread improvers on bread quality[J]. Grain Processing, 2007(4): 78-80.]
- [14] 任立煊, 赵江, 刘子圆, 等. 不同改良剂对马铃薯面条品质的影响[J]. 粮食与油脂, 2017, 30(9): 35-38. [REN Lihuan, ZHAO Jiang, LIU Ziyuan, et al. Effects of different modifiers on potato noodle quality[J]. Grain and Oil, 2017, 30(9): 35-38.]
- [15] 王慧洁, 白岩, 张国治, 等. 复合改良剂对甜玉米馒头品质的影响研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2020, 41(5): 50-56. [WANG Huijie, BAI Yan, ZHANG Guozhi, et al. Study on the effect of compound modifier on the quality of sweet corn steamed bread[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2020, 41(5): 50-56.]
- [16] 喻勤, 王玺, 林静, 等. 马铃薯面包复配改良剂的优选及其对面包质构特性的影响[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(13): 26-33. [YU Qin, WANG Xi, LIN Jing, et al. Optimization of potato bread compound modifier and its effect on bread texture characteristics[J]. Food Research and Development, 2019, 40(13): 26-33.]
- [17] LI Y T, CHEN M S, DENG L Z, et al. Whole soybean milk produced by a novel industry-scale microfluidizer system without soaking and filtering[J]. Journal of Food Engineering, 2020, 291(4): 110228.
- [18] 冯凤琴, 杜鹃, 王小刘. 食品防腐乳化剂月桂酸单甘油酯及其在食品中的应用[J]. 中国食品添加剂, 2009(S1): 173-177. [FENG Fengqin, DU Juan, WANG Xiaoliu. Food preservative emulsifier monoglyceride laurate and its application in food[J]. China Food Additives, 2009(S1): 173-177.]
- [19] 张洁, 张惠琴, 彭洒洒, 等. 浅谈改良剂在面粉中的应用[J]. 现代面粉工业, 2020, 34(6): 18-21. [ZHANG Jie, ZHANG Huiqin, PENG Sasa, et al. On the application of improvers in flour[J]. Modern Flour Industry, 2020, 34(6): 18-21.]
- [20] 田志刚, 孙洪蕊, 刘香英, 等. 面包改良剂对马铃薯面包质构特性的影响[J]. 食品工业, 2018, 39(6): 18-21. [TIAN Zhigang, SUN Hongrui, LIU Xiangying, et al. Effects of bread improvers on texture properties of potato bread[J]. Food Industry, 2018, 39(6): 18-21.]
- [21] 潘洪, 胡明华, 张素英, 等. 食用乳化剂在蛋糕生产中的应用研究[J]. 黑龙江科学, 2020, 11(12): 40-41. [PAN Qi, HU Minghua, ZHANG Suying, et al. Application of edible emulsifier in cake production[J]. Heilongjiang Science, 2020, 11(12): 40-41.]
- [22] 邹奇波, 王家宝, 陈诚, 等. 乳化剂和保泡型流态起酥油对海绵蛋糕面糊及其烘焙特性的影响[J]. 食品与机械, 2019, 35(11): 28-33, 151. [ZOU Qibo, WANG Jiabao, CHEN Cheng, et al. Effects of emulsifier and foam preserving fluid shortening on sponge cake batter and its baking characteristics[J]. Food and Machinery, 2019, 35(11): 28-33, 151.]
- [23] 王彩虹, 纵曼利, 刘玉洁, 等. 洋葱酥性饼干的工艺研究[J]. 农产品加工, 2020(16): 33-37. [WANG Caihong, ZONG Manli, LIU Yujie, et al. Study on the technology of onion crisp biscuits[J]. Agricultural Products Processing, 2020(16): 33-37.]
- [24] 邹淑萍, 许铭强, 张春平, 等. 马铃薯粉添加量对新疆馕加工品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2020, 35(11): 33-39. [ZOU Shuping, XU Mingqiang, ZHANG Chunping, et al. Effect of potato powder addition on the processing quality of Xinjiang Nang[J]. Chinese Journal of Grain and Oil, 2020, 35(11): 33-39.]
- [25] 豆康宁, 赵永敢, 王飞, 等. 蒸馏单硬脂酸甘油酯对面粉品质的改良研究[J]. 现代面粉工业, 2016, 30(6): 27-29. [DOU Kangning, ZHAO Yonggan, WANG Fei, et al. Study on the improvement of flour quality by distilling glycerol monostearate[J]. Modern Flour Industry, 2016, 30(6): 27-29.]
- [26] 邱惠, 庞庭才, 黄海, 等. 不同乳化剂对糯米糕品质的影响及抗老化研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(5): 15-20. [QIU Hui, PANG Tingcai, HUANG Hai, et al. Effects of different emulsifiers on the quality of glutinous rice cakes and anti aging research[J]. Research and Development, 2021, 42(5): 15-20.]
- [27] 何松, 谢敏华, 黄美凤. 复配乳化酶制剂对面包柔软度的改善研究[J]. 中国食品添加剂, 2019, 30(8): 120-125. [HE Song, XIE Minhua, HUANG Meifeng. Study on improvement of dough softness of compound emulsified enzyme preparation[J]. China Food Additives, 2019, 30(8): 120-125.]

- [28] AZIZI M H, RAO G V. Effect of surfactant gel and gum combinations on dough rheological characteristics and quality of bread[J]. *Journal of Food Quality*, 2004, 27(5): 320–336.
- [29] 徐云峰, 杨哪, 金征宇, 等. 复配大豆磷脂和蔗糖酯对面包酵母冷冻保护作用[J]. *食品与生物技术学报*, 2011, 30(2): 213–217. [XU Yunfeng, YANG Na, JIN Zhengyu, et al. Cryoprotective effect of compound soybean phospholipids and sucrose esters on Baker's yeast[J]. *Journal of Food and Biotechnology*, 2011, 30(2): 213–217.]
- [30] 冯德伟, 张家伟, 谢晓航, 等. 复配改良剂对馒头品质的影响以及质构分析[J]. *大众科技*, 2020, 22(2): 44–47. [FENG De-wei, ZHANG Jiawei, XIE Xiaohang, et al. Effect of compound modifier on steamed bread quality and texture analysis[J]. *Dazhong Science and Technology*, 2020, 22(2): 44–47.]
- [31] 王梦雨, 曾洁, 张珂珂, 等. 面包复合乳化剂的研究及优化[J]. *河南科技学院学报(自然科学版)*, 2021, 49(2): 34–40. [WANG Mengyu, ZENG Jie, ZHANG Keke, et al. Research and optimization of bread compound emulsifier[J]. *Journal of Henan University of Science and Technology (Natural Science Edition)*, 2021, 49(2): 34–40.]
- [32] 陈海峰, 杨其林, 何唯平. 面粉改良中酶制剂的作用[J]. *粮食加工*, 2007(2): 26–27. [CHEN Haifeng, YANG Qilin, HE Weiping. The role of enzymes in flour improvement[J]. *Grain Processing*, 2007(2): 26–27.]
- [33] GIANNONE V, LAURO M R, SPINA A, et al. A novel α -amylase-lipase formulation as antistaling agent in durum wheat bread[J]. *LWT-Food Science & Technology*, 2016, 65: 381–389.
- [34] LIEN R Gerits, BRAM Pareyt, HANNE G Masure, et al. A lipase based approach to understand the role of wheat endogenous lipids in bread crumb firmness evolution during storage[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2015, 64(2): 874–880.
- [35] 苏东民, 贺鸣, 钱平, 等. 甘油对面包品质及其耐贮存特性的影响[J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2007, 28(3): 1–4. [SU Dongmin, HE Ming, QIAN Ping, et al. Effect of glycerol on bread quality and storage resistance[J]. *Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition)*, 2007, 28(3): 1–4.]
- [36] POUPLIN M, REDL A, GONTARD N. Glass transition of wheat gluten plasticized with water, glycerol, or sorbitol[J]. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 1999, 47(2): 538–543.
- [37] TANG X, ZHANG B, HUANG W, et al. Hydration, water distribution and microstructure of gluten during freeze thaw process: Role of a high molecular weight dextran produced by Weissella confusa QS813[J]. *Food Hydrocolloids*, 2019, 90: 377–384.
- [38] LIZOTTE D J, GREINER R, SCHUURMANS D. An experimental methodology for response surface optimization methods[J]. *Journal of Global Optimization*, 2012, 53(4): 699–736.
- [39] 王宁宁, 冯美琴, 孙健. 响应面法优化发酵香肠的低钠复合盐配方[J]. *食品工业科技*, 2021, 42(22): 169–177. [WANG Ningning, FENG Meiqin, SUN Jian. Optimization of low sodium compound salt formula for fermented sausage by response surface methodology[J]. *Food Industry Science and Technology*, 2021, 42(22): 169–177.]