

不同变性淀粉对麻糬面包品质的影响

朱凯悦¹, 江彩艳¹, 温成荣¹, 尚珊¹, 佟毅², 白雨石¹, 姜鹏飞^{1*}

(1. 大连工业大学食品学院, 国家海洋食品工程技术研究中心, 辽宁大连 116034)

(2. 中粮生物科技股份有限公司, 安徽蚌埠 233010)

摘要: 为了探索并优化麻糬面包的配方, 研究了预糊化乙酰化双淀粉己二酸酯分别与羟丙基二淀粉磷酸酯、乙酰化双淀粉和磷酸酯双淀粉的不同复配比例对麻糬面团的流变特性、微观结构, 以及麻糬面包的比容、感官评价与质构特性的影响。结果表明, 随着预糊化淀粉添加量的增加, 麻糬面包的储能模量与损耗模量升高, 初始模量最高分别超过 12 500 Pa 和 4 000 Pa。羟丙基变性淀粉与磷酸酯变性淀粉组中预糊化淀粉添加量增加, 麻糬面包的硬度升高到 7 571.47 g 和 6 017.17 g, 咀嚼度升高到 2 435.48 和 2 840.05, 但是比容逐渐降低, 微观结构变的更清晰。而乙酰化变性淀粉组中预糊化淀粉含量升高, 麻糬面包的硬度与咀嚼性先下降后上升, 比容先上升后下降。当预糊化淀粉添加量为 20% 时, 麻糬面包的感官评分最高, 达到 86.25 分。该研究结果可为麻糬面包的原料提供更多选择, 为其加工提供理论依据。

关键词: 麻糬面包; 变性淀粉; 流变特性; 感官评价; 质构特性; 微观结构

文章编号: 1673-9078(2023)03-209-215

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2023.3.0295

Effects of Different Modified Starches on the Quality of Mochi Bread

ZHU Kaiyue¹, JIANG Caiyan¹, WEN Chengrong¹, SHANG Shan¹, TONG Yi², BAI Yushi¹, JIANG Pengfei^{1*}

(1. School of Food Science and Technology, Dalian Polytechnic University, National Research Center for Marine Engineering Technology, Dalian 116034, China) (2. COFCO Biotechnology Co. Ltd., Bengbu 233010, China)

Abstract: In order to explore and optimize the formula of mochi bread, the effects of the different compounding ratios of the pregelatinized acetylated distarch adipate to hydroxypropyl distarch phosphate, acetylated distarch or phosphate distarch on the rheological properties and microstructure, as well as the specific volume, sensory score, and textural properties of mochi bread, were investigated. The results showed that with the increase of the pregelatinized starch content, the storage modulus and loss modulus of the mochi bread increased, with the maximum initial moduli exceeding 12 500 Pa and 4 000 Pa, respectively. In the hydroxypropyl modified starch and phosphate modified starch groups, the increase of the addition amount of the pregelatinized starch increased the hardness of mochi bread to 7 571.47 g and 6 017.17 g, respectively, and raised the chewiness to 2 435.48 and 2 840.05, respectively, whilst decreasing the specific volume gradually, and making the microstructure clearer. In the acetylated modified starch group, the increase of the content of pregelatinized starch made the hardness and chewiness of mochi bread decreased firstly then increased, whilst the specific volume first increased then decreased. When the pregelatinized starch content was 20%, the sensory score of mochi bread was the highest (reaching 86.25). The results of this study can provide more raw material source options for mochi bread and lays a theoretical basis for its processing.

Key words: mochi bread; modified starch; rheological properties; sensory evaluation; texture properties; microstructure

引文格式:

朱凯悦, 江彩艳, 温成荣, 等. 不同变性淀粉对麻糬面包品质的影响[J]. 现代食品科技, 2023, 39(3): 209-215.

ZHU Kaiyue, JIANG Caiyan, WEN Chengrong, et al. Effects of different modified starches on the quality of mochi bread [J]. Modern Food Science and Technology, 2023, 39(3): 209-215.

收稿日期: 2022-03-16

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2016YFD0401304); 横向项目 (合同号 2020232)

作者简介: 朱凯悦 (1997-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品科学与工程, E-mail: 1051670089@qq.com

通讯作者: 姜鹏飞 (1986-), 男, 高级工程师, 研究方向: 食品科学与工程, E-mail: 13840940070@163.com

麻糬面包是以变性淀粉、鸡蛋、水、糖、面粉、油脂等为原料, 制作的一款外皮酥脆、内里软弹的烘焙产品。它在制作过程中不需要发酵, 变性淀粉影响着麻糬面包的品质^[1]。变性淀粉是淀粉经过物理、化学及酶处理等方法改变原淀粉的天然性质, 弥补其水溶性差、抗剪切力低及热稳定性差、易老化等缺点, 使其适用于不同需求而制备的衍生物, 具有更高的价

值与更广阔的发展前景^[2,3]。变性淀粉在食品领域中应用颇多尤其是烘焙方面,可以显著提高产品的含水量和稳定性^[4]。不同种类的变性淀粉对烘焙食品的影响也不同。预糊化淀粉是在原淀粉中加入一定的水分,再进行加热处理,淀粉颗粒溶胀后得到的糊状物质,具有较好的吸水性与保水性,在调配面团时成型迅速,且是延缓烘焙产品老化最有效的淀粉^[5-7]。羟丙基二淀粉磷酸酯是通过环氧丙烷醚化后再与磷酸盐交联后得到的产物,变性后保水能力提升且稳定性增加^[8]。乙酰化双淀粉己二酸酯是淀粉通过己二酸交联和醋酸酐酯化反应得到的一种复合变性的淀粉,乙酰化作用在淀粉颗粒的无定形区域引入亲水性乙酰基,具有较高的热稳定性、较好的流动性及一定的抗剪切能力^[9,10]。磷酸酯双淀粉是通过与磷酸盐交联而得到的一种变性淀粉,由于磷酸根基团的亲水性强,所以变性淀粉比原淀粉相比易溶于水,糊化温度降低,具有相对较高的糊黏度、胶黏性,并且减慢或抑制了淀粉老化^[11]。本文选用一种预糊化淀粉与三种不同种类的变性淀粉进行复配,探究不同比例与不同种类的变性淀粉对麻糰面包品质的影响,以期对麻糰面包的生产加工提供参考。

1 材料与amp;方法

1.1 原料

羟丙基二淀粉磷酸酯(FMS 114)、乙酰化双淀粉己二酸酯(FMS 123)、磷酸酯双淀粉(FMS 145)、预糊化乙酰化双淀粉己二酸酯(FMS 1820),中粮集团有限公司;鲜鸡蛋,大连洪家畜牧有限公司;白砂

糖,中粮福临门食品营销有限公司青岛分公司;玉米油,山东金胜粮油食品有限公司;高筋小麦粉,肇庆市福加德面粉有限公司;奶粉,内蒙古伊利实业集团股份有限公司;黑芝麻,山东三丰香油有限公司;精制盐,中盐长江盐化有限公司。

1.2 主要仪器设备

DHR-2 流变仪,美国 TA 仪器有限公司;TA-XT plus 物性测试仪,英国 SMS 公司;SCC61G 万能烤箱,德国 RATIONAL 公司;JJ6000 电子天平,美国双杰兄弟有限公司;SAPPHIRE-SUPRA 55 扫描电镜,德国 ZEISS 公司。

1.3 试验方法

1.3.1 麻糰面包配方

变性淀粉 90 g,面粉 15 g,奶粉 25 g,白砂糖 35 g,盐 2 g,蛋液 50 g,植物油 25 g,水 25 g,黑芝麻 5 g。

1.3.2 麻糰面包工艺流程

原料称质量→将淀粉、面粉、奶粉、白砂糖、盐混匀→加蛋液、植物油、水搅匀→制作成面团→分割成质量为 20 g 的小面团搓圆→180 ℃三档风速烤制 23 min→麻糰面包成品

1.3.3 麻糰面包中变性淀粉的种类及比例

麻糰面包分别用 1 种预糊化淀粉(预糊化乙酰化双淀粉己二酸酯)和 3 种变性淀粉(羟丙基二淀粉磷酸酯、乙酰化双淀粉己二酸酯、磷酸酯双淀粉)进行复配。预糊化淀粉分别占淀粉总量的 15%、20%、25% (质量分数),详见表 1。3 种变性淀粉根据 GB 2760-2014 食品安全国家标准食品添加剂使用标准中,三种变性淀粉的用量规定为按生产需要适量使用。

表 1 麻糰面包样品名称

Table 1 Sample name of mochi bread

预糊化淀粉 的质量/g	预糊化淀粉 占淀粉总量/%	种类		
		羟丙基二淀粉磷酸酯 (FMS 114)	乙酰化双淀粉己二酸酯 (FMS 123)	磷酸酯双淀粉 (FMS 145)
13.5	15	a1	b1	c1
18	20	a2	b2	c2
22.5	25	a3	b3	c3

1.3.4 方法

1.3.4.1 麻糰面包微观结构分析

参考孙妮^[12]的方法,将制备好的麻糰面包面团成型后先进行速冻处理在进行 72 h 的真空干燥处理,选取较为平整的截面进行喷金,工作电压为 3.0 kV,观察放大倍数为 400 倍。

1.3.4.2 麻糰面团流变特性分析

参考姜鹏飞等^[13]的方法并稍作修改,分别测定添

加三种变性淀粉的麻糰面包面团的流变行为。为了保证实验数据的准确性,此处测量的样品均未添加黑芝麻。选用直径 40 mm 的金属平板,设置间隙为 2 000 μm,面团在测试前先在载物台面稳定 180 s。先对面团进行振幅扫描得到线性黏弹区,选择应变为 0.50%进行频率扫描,设置频率范围为 0.01~100 Hz,剪切速率为 1~10 s⁻¹。

1.3.4.3 麻糬面包质构特性分析

参考王小洁等^[14]的方法,并稍作修改。麻糬面包烘焙结束后,冷却装袋,等待24 h后测定其质构特性。选用P50探头,设置测前速度为1 mm/s,测中与测后速度为3 mm/s,压缩程度为50%,2次压缩的时间间隔为5 s,感应力为5 g,测定三种不同的淀粉在三种比例下麻糬面包的硬度、弹性、咀嚼性、回复性。

1.3.4.4 麻糬面包比容和的测定

参考郭璐楠^[15]的方法,选用体积差法进行测定。麻糬面包的质量由电子天平直接测量,采用油菜籽替代法测定麻糬面包的比容,比容定义为麻糬面包的体积与质量的比值。麻糬面包比容的计算公式为:

$$P = \frac{V_1 - V_2}{M}$$

式中:

P ——麻糬面包的比容, mL/g;

V_1 ——油菜籽和麻糬面包的体积, mL;

V_2 ——油菜籽的体积, mL;

M ——麻糬面包的质量, g。

1.3.4.5 麻糬面包感官评价

参考解慧等^[16]的方法,将烤制结束的麻糬面包放到室温下,冷却至温度恒定,选取10位专业人员进行评定,通过麻糬面包表皮的颜色,麻糬面包的形态、内部结构、弹性和韧性,滋味和气味等指标进行打分,取平均值作为总感官评分,评分标准如表2所示。

表2 麻糬面包感官评价标准

Table 2 Sensory evaluation criteria for mochi bread

项目	分数	评分标准
色泽	10	表皮光泽性好,颜色均匀呈浅褐色 8~10分; 表皮光泽性较好,颜色较均匀,4~7分; 表皮无光泽性,颜色不均匀 1~3分
形态	15	表皮光滑,表面无裂纹,形状对称 11~15分; 表皮较为光滑,略有裂纹,形状较对称 6~10分; 表皮粗糙,裂纹较多,形状不对称 1~5分
内部结构	15	内部形成较大的孔洞,孔洞周围的连接部分较少 11~15分; 内部孔洞较小,孔洞周围的连接部分较多 6~10分; 内部无孔洞 1~5分
弹性	20	按压后迅速回复为原状 15~20分; 按压后回复较慢或回复困难 8~14分; 按压后不回复 1~7分
韧性	20	韧性强,有嚼劲 15~20分; 韧性一般,略有嚼劲 8~14分; 韧性差或韧性过大,咀嚼干硬 1~7分
滋味	10	味道可口,有独特香味 8~10分; 味道一般,香味较弱 4~7分; 味道较差,无香味 1~3分
气味	10	具有浓郁的麻糬香味 8~10分; 麻糬香味较弱 4~7分; 无香味 1~3分

1.4 数据分析

数据用 Microsoft Excel 2016 和 SPSS 25.0 和 OriginPro 2021 处理分析和作图, $P < 0.05$ 表示差异显著, $P > 0.05$ 表示差异不显著。

2 结果与讨论

2.1 变性淀粉对麻糬面包微观结构的作用

图1为九组麻糬面团的微观结构,三种变性淀粉随着预糊化淀粉加入的比例升高,呈现不同的变化趋势。预糊化淀粉添加量相同时,不同种类的变性淀粉的微观结构差异较大。a1~a3是羟丙基二淀粉磷酸酯与预糊化淀粉的复合体系,随着预糊化淀粉

在复合体系所占比例升高，面团的结构更加明显、清晰；随着羟丙基二淀粉磷酸酯添加量的减少，结构更加致密、紧实^[17]。b1~b3 是乙酰化双淀粉己二酸酯与预糊化淀粉的复合体系，结构从清晰变得模糊又变得清晰。c1~c3 是磷酸酯双淀粉与预糊化淀粉的复合体系，内部结构从逐渐清晰变得模糊。在预糊化淀粉添加量为 15%时，b1、c1 的结构较为清晰；在添加量为 20%时，c2 的结构最明显；在 25%添加量时，a3、b3 的结构较为明显。在实际加工过程中，预糊化淀粉添加量为 20%时，面团最易成型，支撑性强，不易坍塌；在添加量为 15%时，面团较粘手，流动性强，支撑性差。这一现象与预糊化淀粉添加量有关，预糊化淀粉吸水性强，内部结构中凸起的小颗粒可能是预糊化淀粉颗粒吸水后形成预糊化淀粉片段，使得麻糬面团支撑力增强^[18]，随着预糊化淀粉添加量的增加，凝胶结构形成能力变强，并且结构变得更加疏松多孔，暴露出更多的亲水基团，亲水能力上升吸水性指数升高^[19]。

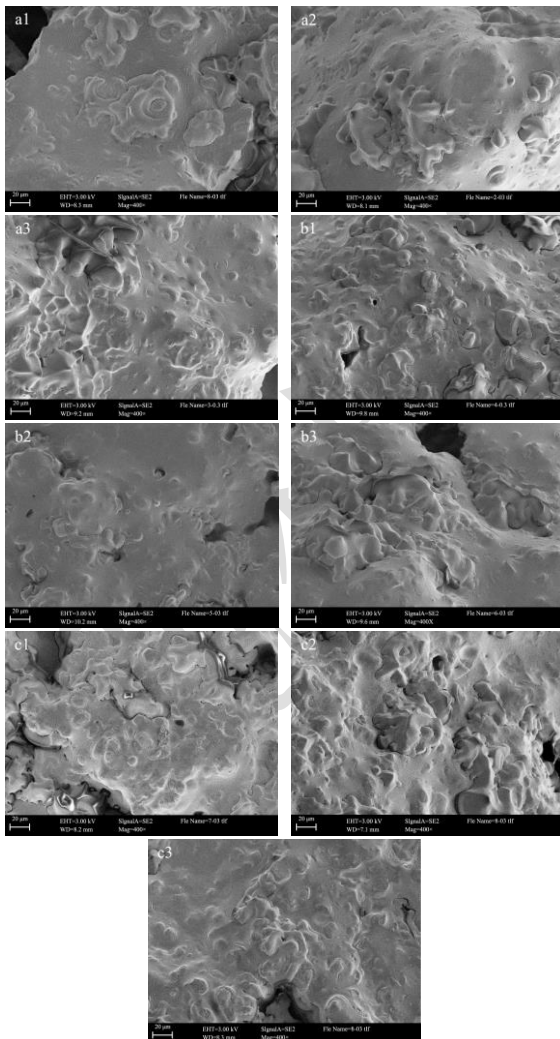


图 1 麻糬面包面团的微观结构

Fig.1 Microstructure of mochi bread dough

2.2 变性淀粉对麻糬面包面团动态流变学的作用

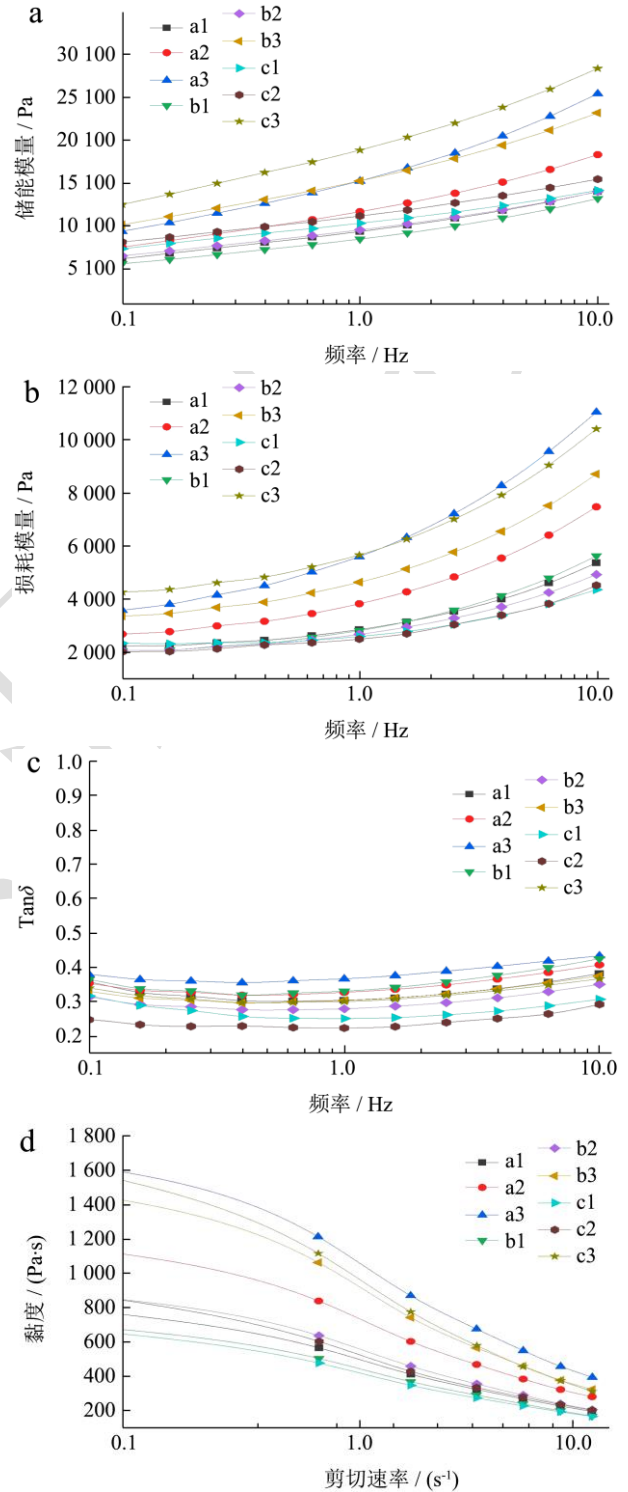


图 2 麻糬面包面团的流变特性

Fig.2 Rheological properties of mochi bread dough

根据图 2a、2b 所示，三种淀粉三种比例的麻糬面包面团的 $G' > G''$ ，表明所有麻糬面包面团的弹性大于粘性，且不同淀粉种类与不同添加比例的 G' 与 G'' 均有

所差异。随着频率的升高, G' 与 G'' 均在逐渐升高, 但 G' 的升高速率明显高于 G'' , 说明麻糰面包面团趋于弹性行为并且随频率的升高呈现增大的趋势^[20]。在图 2a 中预糊化淀粉添加量为 25% 的 c3、a3 和 b3 的麻糰面团的储能模量明显高于其他组别, 在 0~10 Hz 的频率下, 储能模量分别增加 22 295.77、21 322.88 和 18 200.66 Pa。随着麻糰面团中添加预糊化淀粉的比例提高, 储能模量也在升高, 添加量储能模量的升高主要是因为淀粉链分子间交联变多, 增强了形成的面筋网络结构, 淀粉颗粒排列在网络中, 增加弹性与保水性^[21]。

图 2c 展示了不同种类淀粉的三种不同比例对麻糰面包面团损失正切值的影响。由 $\tan\delta=G''/G'$ 可知, 损耗模量 (G'') 也随频率升高而升高, 但其数值比储能模量低, 升高的速率低于 G' 。九组麻糰面包面团的 $\tan\delta$ 数值均小于 1, 说明麻糰面团的弹性优于粘性; 且 $\tan\delta$ 越小, 说明麻糰面包的弹性比例越大^[22]。图中曲线平稳且数值差异较小, 说明在面团中弹性组分与粘性组分对混合面团的流变特性的贡献较为稳定^[23]。

根据图 2d 所示, 随着剪切速率的增加, 面团的表观黏度在急剧降低, 表现出“剪切稀化”特性, 呈现牛顿假塑性流体的特征^[24]。说明面团随着剪切速率的增加, 之前形成的的面筋网络结构被破坏。图中 a3、

b3 和 c3 的黏度明显大于其他组别, 即预糊化淀粉添加量 25% 的面团黏度明显大于添加量 20% 与 15% 的面团, 再次证明预糊化淀粉的保水性更强, 形成的网络结构更加稳定, 从而淀粉链未完全被打断, 淀粉的有序结构更高。

2.3 变性淀粉对麻糰面包质构特性的作用

不同种类淀粉及预糊化淀粉添加比例对麻糰面包质构的影响如表 3 所示。随着预糊化淀粉的添加量的增加, a1~a3 硬度增加 3 080.01 g, 弹性降低 0.2, 咀嚼度增加 2 340.7 g, 回复性降低 0.06; c1~c3 硬度增加 1 175.23 g, 弹性降低 0.03, 咀嚼度增加 524.97 g, 回复性增加 0.01。羟丙基二淀粉磷酸酯与磷酸酯双淀粉为原料制作的麻糰面包都呈现出硬度增大、弹性减小、咀嚼度提高的趋势, 这与之前测试的比容结果有相同的变化规律。而乙酰化双淀粉己二酸酯为原料制作的麻糰面包, 随着预糊化淀粉添加量的增大, 其硬度和咀嚼度呈现先降低后升高的趋势, 这与其比容结果也存在相似的规律。这一结果与吴宗帅等^[25]测定的规律相符, 羟丙基变性淀粉比乙酰化变性淀粉具有更低的硬度与咀嚼性。麻糰面包体积越小, 内部结构更致密, 硬度更大, 咀嚼性更强, 从而弹性和回复性就越差。

表 3 麻糰面包的质构特性

Table 3 Texture characteristics of mochi bread

	硬度/g	弹性	咀嚼度/g	回复性
a1	3 721.46±159.36 ^{Cc}	0.81 ^{Aa}	1 610.22±108.86 ^{Cc}	0.18±0.01 ^{Aa}
a2	5 698.66±189.98 ^{Bb}	0.78 ^{Ba}	1 948.43±18.36 ^{Bb}	0.15±0.01 ^{Bb}
a3	7 571.47±227.24 ^{Aa}	0.61±0.10 ^{Bb}	2 435.48±94.78 ^{Aa}	0.12 ^{Cc}
b1	10 412.52±550.21 ^{Aa}	0.79 ^{Bb}	5 206.93±97.63 ^{Aa}	0.17 ^{Aa}
b2	5 496.82±173.10 ^{Bc}	0.8 ^{Aa}	2 098.76±46.23 ^{Bc}	0.17 ^{Aa}
b3	6 482.97±237.32 ^{ABb}	0.8 ^{Aa}	2 484.25±201.13 ^{Ab}	0.15 ^{Bb}
c1	4 841.94±749.23 ^{Ba}	0.81±0.01 ^{Aa}	2 325.08±390.15 ^{Ba}	0.19±0.01 ^{Aa}
c2	5 143.92±731.51 ^{Aa}	0.80±0.01 ^{Aa}	2 504.91±278.30 ^{Aa}	0.19 ^{Ba}
c3	6 017.17±1 119.79 ^{Ba}	0.78±0.04 ^{Aa}	2 840.05±332.77 ^{Aa}	0.20 ^{Aa}

注: 大写英文字母不同表示预糊化淀粉添加量相同时, 不同种类的变性淀粉之间差异显著 ($P<0.05$), 小写英文字母不同表示同种变性淀粉, 不同添加量的预糊化淀粉差异显著 ($P<0.05$)。

2.4 变性淀粉对麻糰面包比容的作用

三种不同淀粉不同比例的麻糰面包比容如图 3 所示, 分析淀粉种类及预糊化淀粉添加量对麻糰面包比容的变化。根据图 3 所示, 不同种类的变性淀粉对麻糰面包比容的影响较大, 且具有显著差异 ($P<0.05$)。a1、a2、a3 的比容分别为 1.58、1.42 和 1.23 g/mL, c1、c2、c3 的比容分别为 2.58、2.22 和 1.83 g/mL。比在羟丙基二淀粉磷酸酯与磷酸酯双淀粉中, 随着预糊化

淀粉添加比例的增加, 麻糰面包的比容在逐渐减小, 且具有显著差异 ($P<0.05$), 与谢少梅等^[26]使用预糊化玉米淀粉和预糊化马铃薯淀粉制作的麻糰面包的比容相近, 效果较好。而在乙酰化双淀粉己二酸酯中, b1、b2、b3 的比容分别为 0.97、1.14 和 0.87 g/mL, 麻糰面包的比容随着预糊化淀粉添加的增加而增大, 随即又减小, 具有先上升后下降的趋势。预糊化淀粉具有较强的吸水性, 面团黏度大, 更易成型^[27]。在焙烤时水分更易从淀粉颗粒中逸出, 从而过多的预糊化淀粉的

添加可能导致面团迅速失水,麻糰面包形成较硬的外壳,内部水分难以迁移到表面,从而表现出麻糰面包变硬、比容更小。在相同的重量下,麻糰面包的比容越小,其体积越小,硬度越大,弹性越差,越不易被接受。三种变性淀粉制作的麻糰面包比容从大到小分别是:磷酸酯双淀粉、羟丙基二淀粉磷酸酯和乙酰化双淀粉己二酸酯。这一结果与 Abbas 等^[28]发现的规律相符合,即磷酸化淀粉表现出比羟丙基和乙酰化淀粉制作的产品更干燥的质地。所以在比容这一条件下,磷酸酯双淀粉为原料制作的麻糰面包优于羟丙基二淀粉与乙酰化双淀粉己二酸酯为原料制作的麻糰面包。

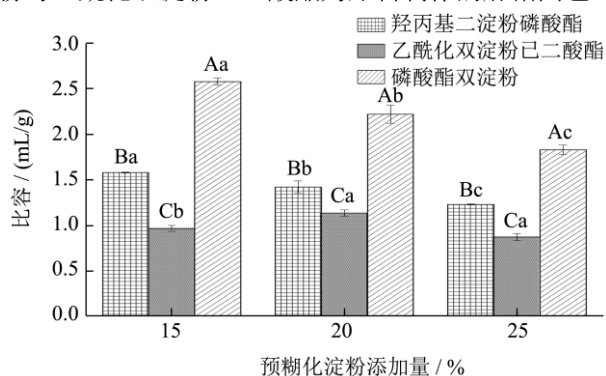


图3 麻糰面包的比容

Fig.3 The proportions of mochi bread

注:大写英文字母不同表示预糊化淀粉添加量相同时,不同种类的变性淀粉之间差异显著($P<0.05$),小写英文字母不同表示同种变性淀粉,不同添加量的预糊化淀粉差异显著($P<0.05$)。

2.5 变性淀粉对麻糰面包感官评价的作用

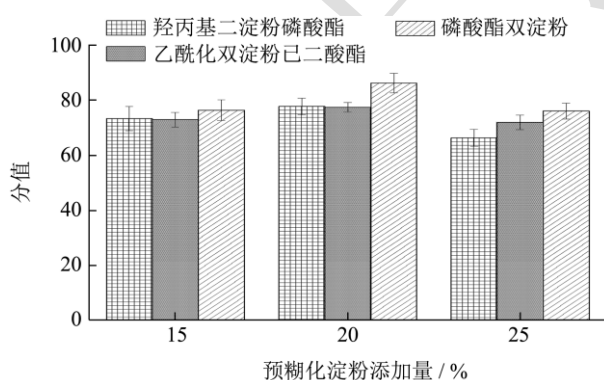


图4 麻糰面包的感官评价

Fig.4 Sensory evaluation of mochi bread

变性淀粉的加入对麻糰面包感官的影响如下图4所示。随着预糊化淀粉添加量的增加,麻糰面包的感官评分先上升再下降。这可能是与加工过程中预糊化淀粉的吸水性有关,添加量为15%时,麻糰面包的面团塑性差,易坍塌,粘性强,容易附着在模具上,烤制后外观较差;添加量为25%时,麻糰面包的面团较

硬,烤制后体积偏小,弹性差;添加量为20%时,麻糰面包的面团塑性合适,烤制后外观较统一,弹性与韧性较好,感官评分最高,与谢少梅等^[26]使用预糊化马铃薯淀粉制作的麻糰面包的感官品质相接近。预糊化淀粉添加量为20%时,磷酸酯双淀粉感官评分高达86.25分,为九组样品的最高分。

3 结论

本实验探讨不同变性淀粉(羟丙基二淀粉磷酸酯,乙酰化双淀粉和磷酸酯双淀粉)以及不同预糊化淀粉添加量(15%、20%、25%,质量分数)对麻糰面包品质影响。结果表明,在麻糰面包中使用预糊化淀粉和磷酸酯双淀粉进行复配,麻糰面包面团的凝胶结构形成能力最强,硬度和弹性数据适中,比容也是三种变性淀粉中最高的,尤其是当预糊化淀粉的添加量为20%时,麻糰面包的感官评分最大为86.25分。因此,使用磷酸酯双淀粉和预糊化乙酰化双淀粉己二酸酯,不仅面团塑性强,不易粘手,操作简便,麻糰面包品质好,适合预拌粉生产和企业规模化生产。目前对麻糰面包的研究还较少,现有利用不同来源(包括大米、马铃薯、木薯等)的预糊化变性淀粉以及不同交联度的木薯羟丙基淀粉对麻糰面包的食用品质进行探究。

参考文献

- [1] 张淑芬,吴宗帅,岳双,等.不同交联度木薯羟丙基淀粉在麻糰面包中的应用[J].食品科技,2020,45(8):215-220.
- [2] 马德敏,孙春芳,丁四海,等.一种应用于重油蛋糕中变性淀粉的研究[J].农产品加工,2021,11:13-15.
- [3] Limin D, Jun Z, Fang C. Cross-linked starch-based edible coating reinforced by starch nanocrystals and its preservation effect on graded Huangguan pears [J]. Food Chemistry, 2020, 311: 125891.
- [4] 陈大坤.变性淀粉的制备方法及应用研究[J].现代食品,2021,22:31-33.
- [5] 林俊忠.巧妙运用变性淀粉推动烘焙食品行业可持续发展的路径探索[J].食品工程,2021,1:5-6,41.
- [6] Hesso N, Loisel C, Chevallier S, et al. Erratum to: Impact of pregelatinized starches on the texture and staling of conventional and degassed pound cake [J]. Food & Bioprocess Technology, 2014, 7(10): 2931.
- [7] 熊小兰,杨俊丽,栾庆民,等.乙酰化二淀粉磷酸酯的湿法制备及在食品中的应用研究[J].精细与专用化学品,2022,30(1):31-34.
- [8] 牛艺臻,刘传富.羟丙基二淀粉磷酸酯对面粉及馒头品质的影响研究[J].农产品加工,2021,15:6-8.

- [9] 何绍凯,刘文娟,曹余,等.木薯乙酰化双淀粉己二酸酯制备工艺的研究[J].食品科技,2013,38(12):252-256.
- [10] Chakraborty I, Pooja N, Mal S S, et al. An insight into the gelatinization properties influencing the modified starches used in food industry: A review [J]. Food and Bioprocess Technology, 2022, 2: 1-29.
- [11] 郭嘉林,杨小芝.磷酸酯双淀粉对面粉品质的影响[J].食品工业,2021,42(8):154-157.
- [12] 孙妮,李文钊,邢常辉,等.热处理蛋清粉对小麦面团及馒头品质影响研究[J].中国粮油学报,2022,37(8):65-72
- [13] 姜鹏飞,陈玲,高婧妍,等.不同改良剂对马铃薯发酵面团特性的影响[J].现代食品科技,2020,36(12):161-167.
- [14] 王小洁,蒿宝珍,谢艺可,等.⁶⁰Co- γ 辐照对小麦加工品质及终产品质构特性的影响[J].食品工业科技,2022,11:74-82.
- [15] 郭璐楠.面团冻藏过程中酵母稳定性变化及其对面团品质的影响[D].无锡:江南大学,2021.
- [16] 解慧,沈晓溪,徐坚,等.大豆膳食纤维面包的研制及配方优化[J].食品工程,2021,4:19-22,62.
- [17] 黄丽,占柳菁,梁露,等.羟丙基二淀粉磷酸酯对鲜湿方便米粉品质的影响[J].食品与机械,2016,32(7):177-180,213.
- [18] 王宏伟,王新天,肖乃勇,等.预糊化淀粉对糯米粉糊化、流变性能及微观结构的影响[J].中国粮油学报,2019,34(4):57-62.
- [19] 邵子晗,洪莹,曹磊,等.预糊化时间对即食冲调米粉品质的影响[J].食品科学,2022,43(4):53-59.
- [20] 王相甜.无麸质马铃薯面条的制备工艺及品质特性研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2021.
- [21] 任俊.基于主成分分析不同改良剂对冷冻馒头面团及产品食用品质的影响[J].中国食品添加剂,2021,32(12):64-71.
- [22] Zhang D, Mu T, Sun H. Effects of starch from five different botanical sources on the rheological and structural properties of starch-gluten model doughs [J]. Food Research International, 2018, 103: 156-162.
- [23] Barcenas M E, O-Keller J, Rosell C M. Influence of different hydrocolloids on major wheat dough components (gluten and starch) [J]. Journal of Food Engineering, 2009, 94(3-4): 241-247.
- [24] 李娜.糊化方式对燕麦粉性质及燕麦面包品质的影响[D].银川:宁夏大学,2020.
- [25] 吴宗帅,张淑芬,吴磊,等.预糊化改性淀粉对米发糕品质的影响[J].中国食品添加剂,2021,32(3):33-39.
- [26] 谢少梅,周雪松,郭桦.预糊化变性淀粉在麻糰面包中的应用[J].现代食品科技,2013,29(7):1638-1640,1650.
- [27] 黄亚明,张淑芬,吴宗帅,等.预糊化淀粉在裹衣花生中的应用[J].现代食品,2020,7:81-82,86.
- [28] Abbas K A, Khalil S K, Hussin A S M. Modified starches and their usages in selected food products: A review study [J]. Journal of Agricultural Science, 2010, 2(2): 90.