

DOI: 10.13652/j.spjx.1003.5788.2023.81062

改良剂对速冻汤圆粉团品质的影响

施嘉城 杨 华 沈存宽 刘 悦 王馨怡 颜金鑫

(浙江万里学院生物与环境学院, 浙江 宁波 315000)

摘要: [目的] 改善速冻汤圆在冷冻贮藏过程中品质下降的问题, 并探究合适的改良剂配方。[方法] 以水苏糖、可溶性大豆多糖和海藻糖作为改良剂, 采用 Box-Behnken 试验设计及响应面分析法优化改良剂的添加量。[结果] 3 种改良剂的最优添加量组合为水苏糖 4%, 可溶性大豆多糖 0.6%, 海藻糖 8%。加入改良剂后的汤圆粉团反复融冻后, 结构较为完整。[结论] 经改良后的汤圆粉团冻裂率降低, 硬度与感官较合适。

关键词: 汤圆粉团; 改良剂; 冷冻贮藏; 抗冻性; 冻裂率

Effect of improvers on the quality of quick-frozen rice balls

SHI Jiacheng YANG Hua SHEN Cunkuan LIU Yue WANG Xinyi YAN Jinxin

(College of Biology and Environment, Zhejiang Wanli University, Ningbo, Zhejiang 315100, China)

Abstract: [Objective] This study aimed to improve the quality degradation of quick-frozen glutinous rice balls during frozen storage by exploring the appropriate formulation of improvers. [Methods] The addition of hydrothreose, soluble soybean polysaccharide and trehalose was optimized by Box-Behnken experiment design and response surface analysis. [Results] The optimal dosage combinations of the three amendments were hydrothreose 4%, soluble soybean polysaccharide 0.6% and trehalose 8%. After repeated thawing and freezing, the structure of the dumpling flour was relatively complete. [Conclusion] After the improvement, the frost cracking rate of the dumpling was reduced, and the hardness and sense of the dumpling were suitable.

Keywords: glutinous rice balls; improver; frozen storage; frost resistance; frozen cracking rate

汤圆是一种传统的糯米制品, 因独特的口感和平安团圆的美好象征而深受大众喜爱。目前, 汤圆主要以速冻食品方式流通于市场。由于糯米粉中的蛋白含量较少, 汤圆内部结构不够紧密, 在冷冻贮藏时会发生冻裂, 甚至会出现失水情况^[1], 因此改善速冻汤圆的贮藏稳定性对提升其品质尤为重要。

水苏糖为常见的功能性低聚糖, 可以有效稳固食品结构, 保持食品原有风味^[2]。海藻糖是一种非还原性二糖, 有较为优良的保水与抗冻性, 在食品生产中被广泛使用^[3]。可溶性大豆多糖也常被用于冷冻食品中, 因其具有极强的抗黏结性可以在汤圆表面形成一个水合层, 起到保持粉团水分和减缓淀粉老化的作用^[4]。目前, 有关这些添加剂组合形成的复合改良剂对汤圆粉团品质影响的研究较少, 大多采用胶类物质, 但会使汤圆粉团本身风味流

失且冻裂率改善程度较低^[5-6]。研究拟探究水苏糖、海藻糖、可溶性大豆多糖 3 种改良剂对速冻汤圆粉团品质的影响, 以 CRITIC 熵权法与响应面法优化 3 种改良剂添加量对粉团抗冻性的影响, 以期改良速冻汤圆的品质提升提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

水磨糯米粉、红薯淀粉、小麦淀粉: 宁波市江北五桥粮油有限责任公司;

水苏糖: 菲德生物科技有限公司;

海藻糖、可溶性大豆多糖: 万邦实业有限公司。

1.2 仪器设备

物性分析仪: TA-XT Plus 型, 美国 FTC 公司;

基金项目: 宁波市公益类科技计划项目(编号: 2022S149); 宁波市揭榜挂帅重点项目(编号: 2022Z175, 2023Z127)

通信作者: 杨华(1978—), 男, 浙江万里学院教授, 博士。E-mail: yanghua@zww.edu.cn

沈存宽(1991—), 男, 浙江万里学院讲师, 博士。E-mail: shenck2022@zww.edu.cn

收稿日期: 2023-10-23 改回日期: 2024-06-21

紫外分光光度计:UV-1200型,上海菁华科技仪器有限公司;

扫描电子显微镜:JSM-IT200型,日本电子株式会社。

1.3 试验方法

1.3.1 汤圆粉团的制作 参照陆益钡等^[7]的方法并略作修改。取糯米粉 70 g,红薯淀粉 15 g,小麦淀粉 15 g,水 45 g,搅拌混匀,人工揉搓 10 min 制成面团,室温静置 1 h,称取 10 g 面团揉搓成圆形即为汤圆粉团。

1.3.2 加速冷冻 参照黄忠民等^[8]的方法并略作修改。汤圆粉团制作完成后,置于-30℃冷冻 30 min,并转移到-21℃冷冻 23 h,室温解冻 1 h,反复冻融 4 次。

1.3.3 单因素试验 以糯米粉、小麦淀粉和红薯淀粉混合粉质量为基准,分别探究水苏糖添加量(0%,1%,2%,3%,4%,5%)、海藻糖添加量(0%,2%,4%,6%,8%,10%)与可溶性大豆多糖添加量(0%,0.2%,0.4%,0.6%,0.8%,1.0%)对汤圆粉团冻裂率、硬度和感官评定的影响。

1.3.4 响应面试验 根据单因素试验结果,选取硬度、冻裂程度和感官评定 3 个指标作为响应值,采用 Design-Expert 中的 Box-Behnken 试验设计,对水苏糖、可溶性大豆多糖和海藻糖添加量进行优化。

1.3.5 汤圆粉团品质分析

(1) 冻裂率测定:参照曹蒙等^[9]的方法并修改。将速冻汤圆粉团置于灯光下,参照表 1 用肉眼观察汤圆表面是否有冻裂发生。若一个汤圆处于冻裂和未冻裂的中间状态,可以将其算作冻裂 0.5 个。按式(1)计算冻裂率。

表 1 汤圆粉团冻裂率评定标准

Table 1 Evaluation standard of glutinous rice balls freeze cracking rate

冻裂	表面有裂纹,大部分面积产生皱裂,且对比较为明显
未冻裂	表面无裂纹,没有明显的皱裂,但粘连处有细纹裂纹

$$X=(n_1/n)\times 100\%, \quad (1)$$

式中:

n ——样本总个数,颗;

n_1 ——冻裂的汤圆粉团数,颗;

X ——速冻汤圆粉团的冻裂率,%。

(2) 质构(TPA)测定:参照杨光等^[10]的方法并修改。汤圆经过沸水煮制,1 min 后将其放入质构仪进行 TPA 测定。采用 P/25 探头,应变力为 0.1 N,测试速度为 60 mm/min,形变量为 60%。

(3) 感官评价:参照周显青等^[11]的方法并略作修改,按表 2 进行感官评价。

1.3.6 汤圆粉团的扫描电镜分析 参照张国治^[12]的方法

表 2 汤圆粉团感官评价表

Table 2 Sensory evaluation table of glutinous rice balls

类别	指标	特征描述
色泽气味 (10分)	光泽(5分)	光泽非常显著(4~5分) 光泽不显著(2~3分) 无光泽(0~1分)
	气味(5分)	糯米粉特有的气味(4~5分) 糯米粉气味不明显(2~3分) 有明显异味(0~1分)
外观结构 (25分)	完整性(25分)	煮制汤圆的汤不浑浊,汤圆表面无破损(16~25分) 煮制汤圆的汤稍显浑浊,表面有轻微破损(8~15分) 煮制汤圆的汤非常浑浊,表面破损严重(0~7分)
	滋味(5分)	糯米粉口感明显(4~5分) 苦味酸味较重(0~3分)
适口性 (60分)	弹性(20分)	嚼性强(16~20分) 稍有弹性(10~15分) 无弹性(0~9分)
	软硬度(20分)	软硬刚好(16~20分) 口感过硬或过软(10~15分) 口感很硬或很软(0~9分)
	黏性(20分)	无明显的粘牙感(16~20分) 几乎不粘牙(10~15分) 非常粘牙,没有弹性(0~9分)

并略作修改。对加速冷冻后的汤圆粉团进行冷冻干燥,表皮进行喷金处理,使用双面胶将其固定至样品台上进行观察拍照。

1.3.7 标准化处理 参照张钰萌等^[13]的方法并略作修改。选取汤圆的冻裂率、硬度和感官评价 3 个指标进行综合评分。三者通过线性差值法进行标准化处理,冻裂率最大值设为 10 分,最小值设为 100 分,其他为 Y_1 ;硬度最大值设为 10 分,最小值设为 100 分,其他为 Y_2 ;感官评定最大值设置为 100 分,最小值设置为 10 分,其他 Y_3 ,并分别按式(2)~式(4)进行计算。

$$Y_1=90\times(y_{\max}-y_1)/(y_{\max}-y_{\min}), \quad (2)$$

$$Y_2=90\times(y_{\max}-y_2)/(y_{\max}-y_{\min}), \quad (3)$$

$$Y_3=90\times(y_3-y_{\min})/(y_{\max}-y_{\min}), \quad (4)$$

式中:

Y_1 ——冻裂率综合得分;

Y_2 ——硬度综合得分;

Y_3 ——感官评分综合得分。

1.3.8 CRITIC 熵权法计算权重 CRITIC 熵权法是根据

指标之间的相关性和指标的对比关系进行客观赋权的方法^[14]。试验中,3个指标之间互相影响,冻裂率降低的同时,硬度也会改善,进而感官评分上升。因此,选用兼顾各指标之间的相关性和变异性的 CRITIC 熵权法进行客观赋权。将标准化处理后的数据导入 SPSS26,并对各指标之间的相关性进行分析,得两两指标相关性的矩阵。再将标准化的数据导入 SPSSAU 进行 CRITIC 熵权法计算权重,得到冻裂率、硬度、感官评分的权重分别为 0.507 8,0.250 7,0.241 5,按式(5)计算综合评分。

$$Y^* = 0.5078 \times Y_1 + 0.2507 \times Y_2 + 0.2415 Y_3. \quad (5)$$

1.4 数据处理

采用 Origin 软件对试验数据进行处理,并采用 SPSS Statistics 26.0 软件进行显著性分析。每组样品测试 3 次,结果以“平均值±标准误差”表示。

2 结果与讨论

2.1 单因素试验

2.1.1 水苏糖添加量对汤圆粉团品质的影响 由图 1 可知,随着水苏糖添加量的上升,汤圆的综合评分呈先下降后上升的趋势。这可能是因为水苏糖具有增稠性、热稳定性和保水性的特性,可以加强淀粉颗粒间黏结度,提升整体品质。此外,魏永峰等^[15]研究表明,汤圆的硬度增加并开裂是因为淀粉老化而形成,水苏糖阻碍了蛋白质基质与淀粉颗粒相结合从而可以抑制汤圆粉团变硬并保持其构象完整。最终选取水苏糖添加量 3%,4%,5% 进行后续响应面优化试验。

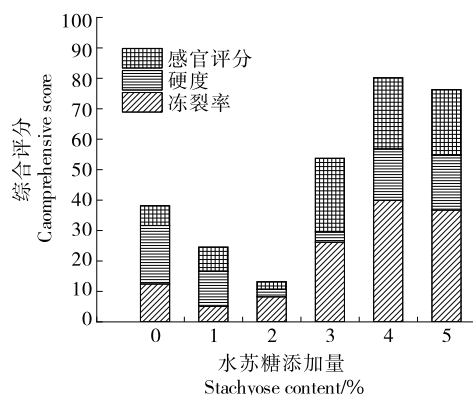


图 1 水苏糖添加量对汤圆综合评分的影响

Figure 1 Effects of stachyose addition on the comprehensive score of glutinous rice balls

2.1.2 海藻糖添加量对汤圆粉团品质的影响 由图 2 可知,随着海藻糖添加量的上升,汤圆的综合评分稳步上升,当海藻糖添加量>8%时,综合评分略有下降,可能是

海藻糖具有低吸水性,将其添加至食品中能够有效降低食品的含水量,从而使汤圆冻裂率和硬度大幅度降低。此外,海藻糖能随水分子进入淀粉分子内部,阻碍淀粉分子的黏结与重排,即阻碍淀粉老化过程,降低其硬度^[16]。最终选取海藻糖添加量 6%,8%,10% 进行后续响应面优化试验。

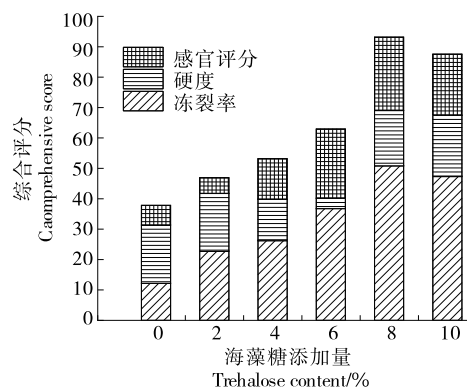


图 2 海藻糖添加量对汤圆粉团综合评分的影响

Figure 2 Effects of the trehalose addition on the comprehensive score of glutinous rice balls

2.1.3 可溶性大豆多糖添加量对汤圆粉团品质的影响

由图 3 可知,随着可溶性大豆多糖添加量的上升,汤圆粉团的综合评分先上升后下降,可能是可溶性大豆多糖本身具有较强的胶着力,能够有效粘连汤圆表面缝隙,从而减少其水分流失,进而使其冻裂率和硬度降低。此外,刘赵等^[17]研究表明,可溶性大豆多糖可以附着于淀粉表面,降低淀粉与水的相互作用,进而可以有效控制其品质稳定。但随着可溶性多糖添加量的继续增大,淀粉持水量过高,容易在反复冻融中发生冻裂,进而使综合评分降低。最终选择可溶性大豆多糖添加量 0.4%,0.6%,0.8% 进行后续响应面优化试验。

2.2 响应面试验

2.2.1 试验设计及结果 综合单因素试验结果,以水苏糖、海藻糖和可溶性大豆多糖添加量作为响应因素,以综合评分作为响应值,采用 Design-Expert(V.10.0.7)数据分析软件,设计三因素三水平响应面优化试验,对速冻汤圆粉团品质进行优化,试验因素与水平见表 3,试验设计及结果见表 4。

2.2.2 回归方程建立与方差分析 利用 Design-Expert (V.13.0.5)对各因素进行回归拟合,得到回归方程:

$$Y = 94.52 + 9.42A - 2.96B - 1.58C + 4.79AB - 4.31AC + 15.00BC - 13.42A^2 - 37.21B^2 - 20.23C^2. \quad (6)$$

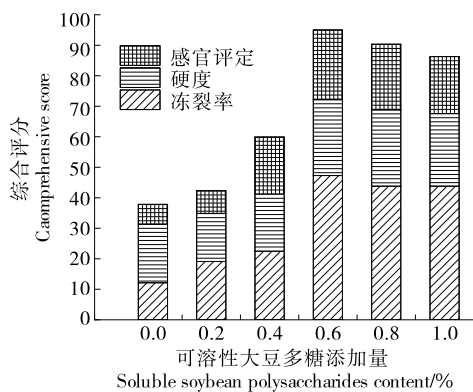


图3 可溶性大豆多糖添加量对汤圆粉团综合评分影响
Figure 3 Effects of the soluble soybean polysaccharide addition on the comprehensive score of glutinous rice balls

表3 Box-Behnken设计因素水平表			
Table 3 Box-Behnken design factor level table			
水平	A水苏糖添加量/%	B海藻糖添加量/%	C可溶性大豆多糖添加量/%
—1	3.0	6.0	0.4
0	4.0	8.0	0.6
1	5.0	10.0	0.8

表4 响应面试验设计方案及结果				
Table 4 Response surface test design scheme and results				
试验号	A	B	C	综合评分
1	—1	0	1	53.91
2	—1	—1	0	43.21
3	—1	1	0	25.87
4	—1	0	—1	49.04
5	0	1	—1	21.42
6	0	—1	1	22.92
7	0	0	0	93.23
8	0	0	0	93.21
9	0	1	1	48.83
10	0	0	0	94.13
11	0	0	0	95.40
12	0	—1	—1	55.49
13	0	0	0	97.62
14	1	—1	0	52.51
15	1	0	—1	76.45
16	1	1	0	54.33
17	1	0	1	64.09

由表5可知,模型极显著($P<0.01$),失拟项不显著($P>0.05$),说明该模型可以有效改良汤圆粉团品质。模

表5 综合评分回归模型方差分析[†]
Table 5 Analysis of variance of comprehensive score regression model

变异源	平方和	自由度	均方	F值	P值	显著性
模型	10 912.90	9	1 212.54	340.19	0.000 1	***
A	709.70	1	709.70	199.11	0.000 1	***
B	70.09	1	70.09	19.67	0.003 0	**
C	20.00	1	20.00	5.61	0.049 7	
AB	91.78	1	91.78	25.75	0.001 4	**
AC	74.22	1	74.22	20.82	0.002 6	**
BC	899.40	1	899.40	252.34	0.000 1	***
A ²	757.76	1	757.76	212.60	0.000 1	***
B ²	5 802.52	1	5 802.52	1 627.95	0.000 1	***
C ²	1 723.21	1	1 723.21	483.46	0.000 1	***
残差	24.95	7	3.56			
失拟项	7.45	3	2.48	0.568 0	0.665 0	
纯误差	17.50	4	4.37			
总和	10 937.85	16				

[†] *代表 $P<0.05$,**代表 $P<0.01$,***代表 $P<0.000 1$; $R^2=0.986 6$, $R^2_{Adj}=0.994 8$ 。

型的相关系数为0.991 4,表明该模型拟合良好,适合用于预测汤圆粉团的综合评分。一次项A对汤圆粉团的综合评分影响极显著($P<0.01$),交互项AB、BC对汤圆粉团的综合评分影响极显著($P<0.01$),交互项AC对汤圆粉团的综合评分影响显著($P<0.05$),各因素平方项对汤圆粉团的综合评分影响极显著($P<0.01$)。

2.2.3 响应面图和最佳配方确定 由图4可知,B和C响应面的倾斜度较高,坡度较为陡峭,两者的相互性最大。而A和C响应面图坡度最为平缓,两者交互性最差。根据模型分析,汤圆粉团的最优改良剂配方为水苏糖添加量4.311%、可溶性大豆多糖添加量0.589%、海藻糖添加量8.039%,该条件下硬度预测值为81.994 N,冻裂率为1.626%,感官评分为93.289分。考虑到试验的可行性,调整最优工艺条件为水苏糖添加量4.0%、可溶性大豆多糖添加量0.6%、海藻糖添加量8.0%,进行验证实验($n=3$),测得实际硬度为83.96 N,冻裂率为2.22%,感官评分94.2分,与预测值基本相符,说明此工艺模型可靠。

2.3 汤圆粉团的微观结构对比

由图5可知,未加改良剂的汤圆粉团经过反复冷冻后,淀粉空间明显出现了较大空隙;加入改良剂后汤圆粉团经过反复冻融后,淀粉颗粒之间的结构较为致密,继续放大后可见改良剂作为粘连物质存在于淀粉颗粒之间,能够维持汤圆粉团结构的完整。

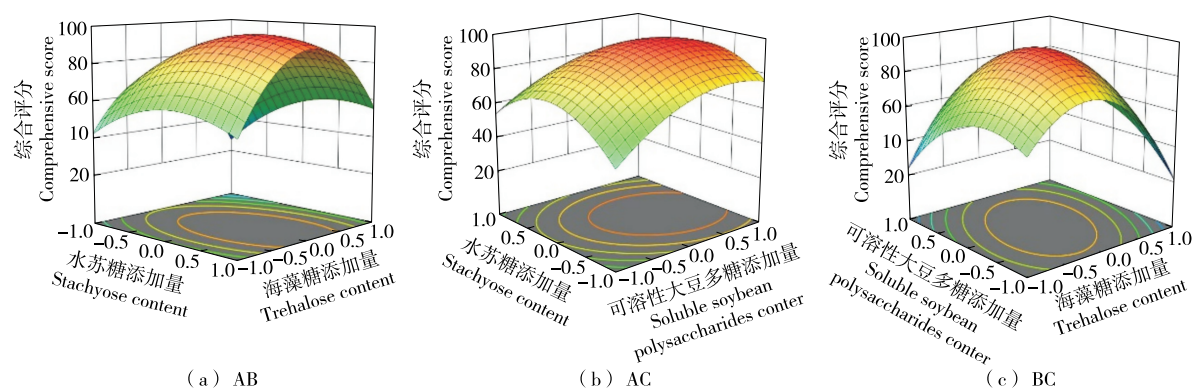


图 4 各因素交互作用对汤圆粉团综合评分的影响

Figure 4 Effects of the interaction of various factors on the comprehensive score of glutinous rice balls

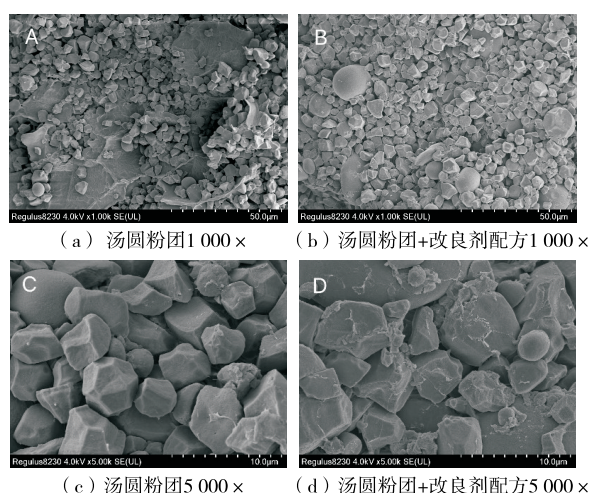


图 5 汤圆粉团的微观结构

Figure 5 Microstructure of different glutinous rice balls

3 结论

研究探讨了水苏糖、可溶性大豆多糖、海藻糖 3 种改良剂对汤圆粉团品质的影响。结果表明,水苏糖可以起到增稠作用,海藻糖可以降低吸水性,可溶性大豆多糖可以增加胶着力。汤圆粉团的最佳改良剂配方为水苏糖添加量 4%,可溶性大豆多糖添加量 0.6%,海藻糖添加量 8%,此时速冻汤圆粉团的冻裂率和硬度最低,且感官评分较高。加入改良剂的汤圆粉团结构聚集性好,经反复冻融后仍能保持黏结状。实际应用中考虑成本问题,可以选择单一使用可溶性大豆多糖添加量 0.6% 或海藻糖添加量 8%,综合感官评分无显著差异。后续可针对汤圆粉团改良公式及其参数进行优化,以期延长汤圆粉团贮藏期,进一步提高其品质。

参考文献

[1] 雷威利, 谢新华, 朱鸿帅, 等. γ -聚谷氨酸对糯米粉特性及速冻

汤圆品质影响[J]. 食品与发酵工业, 2024, 50(19): 251-256.

LEI W L, XIE X H, ZHU H S, et al. Effect of γ -poly glutamic acid on characteristics of glutinous rice flour and quality of quick-frozen glutinous rice dumpling[J]. Food and Fermentation Industries, 2024, 50(19): 251-256.

[2] VICHAIYA T, INTARASIT S, UMNAJKITIKORN K, et al. Postharvest trehalose application alleviates chilling injuring of cold storage guava through upregulation of SnRK1 and energy charge[J]. Scientia Horticulturae, 2023, 313: 111898.

[3] BAEVA M R, TERZIEVA V V, PANCHEV I N. Structural development of sucrose-sweetened and sucrose-free sponge cakes during baking[J]. Food/Nahrung, 2003, 47(3): 154-160.

[4] 田浩, 何志勇, 王召君, 等. 可溶性大豆多糖与果胶对酸化乳饮料的稳定机制对比[J]. 食品与生物技术学报, 2022, 41(5): 66-73.

TIAN H, HE Z Y, WANG Z J, et al. Comparison of stabilization mechanism of acidified milk beverage stabilized by soluble soybean polysaccharides and pectin[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2022, 41(5): 66-73.

[5] 岳彩虹, 何秀丽, 黄太金, 等. 速冻汤圆的研究现状及发展趋势[J]. 农产品加工, 2021(1): 75-77, 82.

YUE C H, HE X L, HUANG T J, et al. The current reasearch status and development trend of quick-frozen rice dumpling[J]. Farm Products Processing, 2021(1): 75-77, 82.

[6] 孙文轩, 朱松, 张琪, 等. 改性淀粉胶黏剂的制备及特性研究[J]. 食品与生物技术学报, 2022, 41(3): 53-58.

SUN W X, ZHU S, ZHANG Q, et al. Study on preparation and properties of modified starch adhesives[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2022, 41(3): 53-58.

[7] 陆益钊, 杜童申, 马骏骅, 等. 汤圆粉团混料设计及抗冻性优化[J]. 食品与机械, 2022, 38(10): 201-209.

LU Y B, DU T S, MA J Y, et al. Study on mixing design and

- freezing resistance optimization of glutinous rice balls[J]. Food & Machinery, 2022, 38(10): 201-209.
- [8] 黄忠民, 陈瑾, 宋会玲, 等. 糯米粉特性与速冻汤圆品质相关性分析[J]. 食品工业科技, 2019, 40(4): 93-99.
- HUANG Z M, CHEN J, SONG H L, et al. Correlation between the characteristics of glutinous rice flour and quality of quick-frozen glutinous soup ball[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(4): 93-99.
- [9] 曹蒙, 周舟, 王雪菲, 等. 不同冷冻温度对饺子皮品质的影响研究[J]. 粮食与饲料工业, 2023(4): 19-23.
- CAO M, ZHOU Z, WANG X F, et al. Effect of different freezing temperature son the quality of dumpling wrappers[J]. Cereal & Feed Industry, 2023(4): 19-23.
- [10] 杨光, 陈远娇, 杨波, 等. *L*-抗坏血酸处理新糯米的工艺研究及应用[J]. 食品与生物技术学报, 2022, 41(3): 103-111.
- YANG G, CHEN Y J, YANG B, et al. Study on technological process and application of *L*-ascorbic acid in fresh glutinous rice treatment[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2022, 41(3): 103-111.
- [11] 周显青, 王娴, 张玉荣, 等. 糯米粉组分对速冻汤圆粉团蒸煮特性的影响[J]. 粮食与饲料工业, 2015(10): 21-26.
- ZHOU X Q, WANG X, ZHANG Y R, et al. Effects of glutinous rice flour components on the cooking characteristics of quick-frozen rice dumpling dough[J]. Cereal & Feed Industry, 2015(10): 21-26.
- [12] 张国治. 糯米粉的品质分析及速冻汤圆品质改良[J]. 冷饮与速冻食品工业, 2006(2): 39-42.
- ZHANG G Z. Property analysis of flour of glutinous rice and quality of deep frozen glutinous rice dough[J]. Beverage and Fast Forzen Food Industry, 2006(2): 39-42.
- [13] 张钰萌, 鲍雨婷, 孙玥, 等. 双孢菇面包复合改良剂优化及其对面包品质的影响[J]. 食品与机械, 2022, 38(3): 212-216.
- ZHANG Y M, BAO Y T, SUN Y, et al. Optimization of *Agaricus bisporus* bread composite improver and its effect on bread quality[J]. Food & Machinery, 2022, 38(3): 212-216.
- [14] 袁诗农, 王少男, 段绪红, 等. 基于AHP-CRITIC复合熵权法和响应面法的蛇床子盐炙工艺优选[J]. 时珍国医国药, 2023, 34(2): 345-350.
- YUAN S N, WANG S N, DUAN X H, et al. Optimization of processing technology of salt-processed products of *cnidium fructus* based on response surface method and AHP-CRITIC mixed weighting method[J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2023, 34(2): 345-350.
- [15] 魏永峰, 赵雷振, 王芸, 等. 水苏糖在食品工业中的应用[J]. 齐鲁工业大学学报, 2023, 37(2): 46-51.
- WEI Y F, ZHAO L Z, WANG Y, et al. Application of stachyose in food industry[J]. Journal of Qilu University of Technology, 2023, 37(2): 45-61.
- [16] 金鑫, 廖卢艳, 樊少飞, 等. 复配品质改良剂对南方馒头冷冻面团冻藏品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2020, 35(4): 6-11, 38.
- JIN X, LIAO L Y, FAN S F, et al. Effect of compound quality improver on the frozen quality of frozen dough for southern: style steamed bread[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2020, 35(4): 6-11, 38.
- [17] 刘赵, 沈海军, 周凌晨, 等. 可溶性大豆多糖的提取及在食品中的应用研究进展[J]. 中国调味品, 2023, 48(6): 199-208.
- LIU Z, SHEN H J, ZHOU L C, et al. Research progress on the extraction of soluble soybean polysaccharides and their application in food[J]. China Condiment, 2023, 48(6): 199-208.