

DOI: 10.16872/j.cnki.1671-4652.2022.04.014

引文格式: 朱展鹏, 周韦欣, 马祥玉, 等. 汤种添加量对传统包子品质的影响 [J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2022, 43(4): 103-109.

汤种添加量对传统包子品质的影响

朱展鹏, 周韦欣, 马祥玉, 陈霞*

(扬州大学旅游烹饪学院, 江苏扬州 225127)

摘要: 以面粉和沸水比 1:2 制作汤种, 按不同汤种和水添加量制作扬州传统包子, 研究汤种和水添加量对面团硬度及包子品质的影响。结果表明: 添加汤种后包子面团硬度显著增大, 包子蒸制吸水率以及面皮的硬度、弹性、胶黏性和咀嚼性显著提高, 包子比容显著降低; 当提高加水量使面团硬度与对照组相同时, 包子比容与对照组无显著差异。添加适量的汤种和水可提高包子蒸制吸水率, 从而延缓包子面皮的老化速率。当汤种添加量达到 30% 时, 包子面皮胶黏性显著增大, 口感比较粘牙。当汤种和水添加量分别为面粉量的 20% 和 57% 时, 包子比容增大, 蒸制吸水率提高, 弹性好, 且感官评分最高。综合而言, 扬州包子适宜的汤种和水添加量分别为面粉量的 20% 和 57%。

关键词: 汤种; 包子; 面团硬度; 质构特性; 感官品质

中图分类号: TS 213

文献标志码: A

文章编号: 1671-4652(2022)04-0103-07

Effects of Tangzhong addition on the quality of traditional Baozi

ZHU Zhanpeng, ZHOU Weixin, MA Xiangyu, CHEN Xia

(College of Tourism and Culinary Science, Yangzhou University, Yangzhou 225127, China)

ABSTRACT: Yangzhou Baozi was made according to different amount of water and Tangzhong which was prepared by 1:2 ratio of flour and boiling water. The effects of various levels of Tangzhong and water on the quality of Baozi were studied. The results showed that the addition of Tangzhong significantly increased the dough hardness. The Baozi samples containing Tangzhong had significantly higher steaming water absorption, hardness, springiness, gumminess and chewiness, and significantly lower specific volume ($P < 0.05$). However, there was no significant difference in the specific volume between the control sample and the samples with the same levels of dough hardness as control group by increasing the water amount ($P > 0.05$). The steaming water absorption of Baozi increased by adding propriety amount of Tangzhong and water into the Baozi dough, thus slowed down the retrogradation of Baozi. When the amount of Tangzhong was up to 30%, the gumminess of Baozi significantly increased and had a sense of sticky teeth. When the amount of Tangzhong and water was 20% and 57% (flour base) respectively, the Yangzhou Baozi had the biggest volume, higher steaming water absorption, best springiness, and highest sensory score. In conclusion, the optimum addition of Tangzhong and water was 20% and 57% (flour base), respectively.

KEY WORDS: Tangzhong; Baozi; dough hardness; texture characteristics; sensory quality

包子是一种深受人们喜爱的发酵面食,但在其贮藏过程中会因面皮老化而使包子口感变差,香气散失,使其食用品质大大降低。目前,食品行业中多采用在面团中添加各种乳化剂、亲水胶体及酶制剂等^[1-2]来改善包子的老化问题。汤种又称烫种,是在小麦粉中加入适量沸水使淀粉部分糊化而制成的具有一定黏稠度的面糊^[3]。诸多研究表明,添加汤种对面团的质构特性^[4]、流变学性质^[5]和介观特性^[6]会产生一定的影响,显著降低淀粉的衰减值和回生值,有效延缓面包的老化速率^[3]。杜昱蒙等^[7]研究证实添加汤种可显著减缓面包的老化速度,制作的面包更柔软,回复性增强。魏春红等^[8]研究发现在杂粮面

收稿日期: 2022-03-21

基金项目: 江苏省大学生创新训练省级重点项目(国家级)(202111117043Z); 江苏省科技攻关计划苏北专项(XZ-SZ202042)

作者简介: 朱展鹏(2001—),男,江苏扬州人,扬州大学学生,主要从事益生菌应用研究。

* 通信作者,陈霞,扬州大学教授、硕导,主要从事益生菌应用及与功能性烘焙食品相结合研究; E-mail: chenxia@yzu.edu.cn.

包中添加汤种可明显改善面包的烘焙品质,并有效延缓面包的老化速度。王雨生等^[9]研究表明添加 30% 汤种可明显改善馒头的感官品质、硬度和比容。汤种制作方法简单,成本低廉,与酶制剂、乳化剂和保水剂等面团改良剂相比,更加天然健康。目前,有关汤种对面包^[3,7-8]和馒头品质^[9]的影响已有较多研究,但在包子中的应用则鲜见报道。鉴此,本试验探究包子面团中汤种最佳添加量和加水量,并探讨汤种添加量对包子蒸制吸水率、包子比容、质构特性和感官品质的影响,为进一步提升扬州包子品质提供理论参考。

1 材料与方 法

1.1 供试材料与试剂

金龙鱼多用途麦芯小麦粉(益海嘉里公司),安琪高活性干酵母(安琪酵母公司),剑石牌双效泡打粉(桂林市红星化工公司),玉棠牌绵白糖(江苏顶汁味糖业公司),大红门清香猪油(河北大红门盛全油脂公司),慧嘉上海豆沙(上海鹤仙食品公司);小黄米为市售;植物乳杆菌 grx201 筛选自扬州市百年老店的老肥面团。

1.2 主要仪器与设备

TMS-Pro 质构仪(美国 FTC 公司),CP-10BH 醒发箱(珠海三麦机械公司),FKM-200 型压面机(俊媳妇公司),SW-15Y06 液体加热器(苏泊尔电器公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 汤种制备

以小麦粉、沸水重量 1:2 的比例制作汤种(汤种含水量 66.7%)。把碗放在蒸笼上蒸 2 min 取出,将面粉置于碗中,称取沸水边倒边搅拌,直至调成无面粉颗粒、均匀黏稠的面糊即可。将面糊冷却至室温后盖上保鲜膜,放入冰箱中冷藏。

1.3.2 酸面团制备

参照郭东旭^[10]方法,将植物乳杆菌 grx201 接种于 MRS 液体培养基中,活化二代后取一定量菌液,6 000 r·min⁻¹ 离心 10 min,用灭菌水洗涤 2 次后得菌泥,以 1:1 的比例称取小麦粉和无菌水(含水量 50%),并加入 0.25% 洗涤后的菌泥,混合均匀后置于恒温恒湿培养箱(培养温度 37℃、相对湿度 85%)中发酵培养 24 h。

1.3.3 包子的基础配方

参照朱在勤等^[11]包子面团的基础配方,略作调整。小麦粉总量为 300 g(包括汤种和酸面团中的小麦粉),每份中添加酸面团 90 g、干酵母 3.9 g、泡打粉 3.6 g、绵白糖 12 g、熟猪油 18 g。分别添加面粉总量 20%、30% 和 40% 的汤种。表 1 为不同样品中所需的加水量。以不添加汤种、加水量为

表 1 不同汤种添加量及其对应的加水量

Tab. 1 Tangzhong and water addition scale mL

加水量/% water addition	对照组 control	A 组 group A	B 组 group B	C 组 group C
51	108	68	57	28
54		77	66	37
57		86	75	46
60		95	39	55

51% 的样品作为对照组(CK)。表 1 中 A、B、C 组对应的汤种添加量分别为面粉总量的 20%、30% 和 40%,如 A51 代表总加水量为面粉的 51%,即 $300 \times 51\% = 153$ (g) [包含酸面团中的 45 g 水;汤种添加量为面粉的 20%,即 $300 \times 20\% = 60$ (g),则汤种中含水量为 $60 \times 66.7\% = 40$ (g)],则 A51 组面团调制时的实际加水量为 $153 - 45 - 40 = 68$ (g);A54、A57、A60, B51、B54、B57、B60, C51、C54、C57、C60 以此类推。

1.3.4 面团硬度测定

参照蔡金鑫^[12]方法,稍作修改。将调制好的面团制成 4 cm×4 cm×2 cm 的长方体,采用质构仪 TPA 模式测定,选用 P26 探头,起始力为 1 N,测试速度为 6 cm·min⁻¹,形变量为 40%,记录硬度值,测定 3 个平行样品。

1.3.5 包子制作

1) 面团调制：室温下将泡打粉与小麦粉混合均匀，中间扒一塘，加入干酵母和绵白糖，用45℃温水将干酵母和绵白糖化开，加入汤种和酸面团，与粉料一起揉成面团，最后加入熟猪油，揉至面团均匀后，再用压面机压10次（压成片后叠4折再压），揉成面团，盖上保鲜膜。

2) 面团醒发：在温度30℃、相对湿度75%的醒发箱中醒发20 min。

3) 包子成形：醒发好的面团再用压面机压10次（压成片后叠4折再压），然后搓条、下剂（30 g·只⁻¹）、擀皮、包馅（每份20 g）、成形，放入蒸笼。

4) 生坯醒发和蒸制：将放有包子生坯的蒸笼置于温度38℃、相对湿度75%的醒发箱中醒发20 min，上蒸锅中火蒸制8 min出锅。

1.3.6 包子蒸制吸水率测定

将成形的包子生坯称重得 M_1 ，蒸熟后室温冷却1 h再称重得 M_2 ，计算蒸制吸水率。蒸制吸水率/% = $(M_2 - M_1) / M_2 \times 100$ 。

1.3.7 包子比容测定

参照王雨生等^[9]方法进行。将蒸熟的包子室温冷却1 h，测定其体积 V 和重量 M ，用小黄米替换法测定包子体积，计算比容。比容/ $\text{mL} \cdot \text{g}^{-1} = V/M$ 。

1.3.8 包子质构分析

参照路雪纯等^[13]方法，略作修改。将蒸好的包子室温冷却1 h，在包子顶部面皮中取1.5 cm厚的不粘带豆沙馅的圆柱体，采用P/13探头进行质构测试。采用质构仪TPA模式测定包子面皮的硬度、胶黏性、咀嚼性和弹性，测试参数同1.3.4。

1.3.9 汤种添加量对扬州包子感官品质的影响

由20名经感官评定训练的人员（女性和男性各10名）组成鉴定小组，包子出锅后冷却15 min，从外观、色泽、风味、口感、内部结构和整体可接受度等6个方面，参照吴玉新等^[14]方法，采用9分嗜好法进行打分。

1.4 数据分析

使用SPSS 26.0分析系统对数据进行统计分析，采用Origin 8.0软件作图。

2 结果与分析

2.1 汤种及水添加量对面团硬度的影响

由图1可知，与对照组相比，汤种的添加显著增大面团的硬度；在加水量相同的情况下，汤种添加比例越高，面团硬度越大；随着加水量的增加，各组面团硬度呈逐渐降低趋势，其中A57组和B60组硬度与对照组较接近。这是因为在汤种制作过程中，沸水使面粉中部分淀粉糊化，会吸收大量水分，且这些水分不能自由移动^[15]。在面团总加水量相同的情况下，主面团调制时面粉能吸收到的水分减少，面筋蛋白质无法充分吸水胀润，蛋白质分子扩展不够，从而使面团变硬。因此，添加汤种越多，面团硬度就越大，因此在调制面团时需适当增加水量。

2.2 汤种及加水量对包子蒸制吸水率的影响

由图2可知，随着加水量的增加，添加20%汤种的A组包子蒸制吸水率呈逐渐上升趋势，而B、C组呈先上升后下降的趋势。与对照组相比，添加汤种的B51、B54、C54和B57组包子蒸煮吸水率显著增大，其中蒸制吸水率最大的5组由大到小依次为C54、B54、B57、B51、A60。包子刚入笼时，由于温度低，表皮会形成少量冷凝水，随着温度的快速上升，表皮的淀粉会吸附部分水分而发生糊化，从而使包子重量增加。在蒸制过程中吸附的水分越多，则冷却和冻藏过程中保留的水分就越多，这对防止包子面皮的淀粉老化非常有利。

2.3 汤种及加水量对包子比容的影响

由图3可知，加水量为51%和54%时，添加汤种的6组包子比容均显著小于对照组；汤种添加量

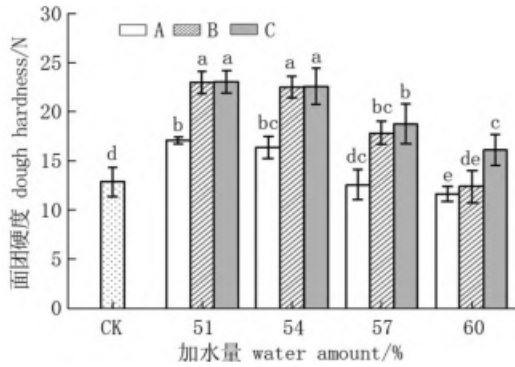


图 1 汤种及加水量对面团硬度的影响*
Fig. 1 Influence of Tangzhong and water amount on dough hardness

* 不同小写字母柱形间差异显著 ($P < 0.05$). * Significance of difference between different small letters columns ($P < 0.05$).

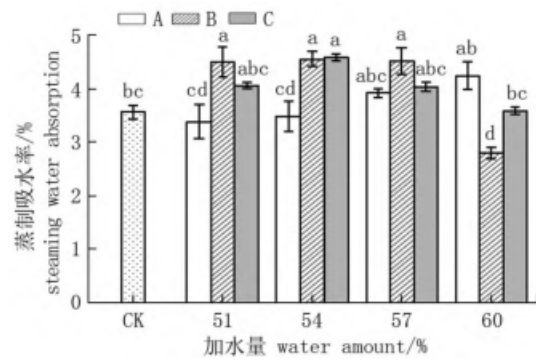


图 2 汤种及加水量对包子蒸制吸水率的影响*
Fig. 2 Effect of Tangzhong and water amount on steaming water absorption of Baozi

* 不同小写字母柱形间差异显著 ($P < 0.05$). * Significance of difference between different small letters columns ($P < 0.05$).

对包子比容的影响不显著; 当增加加水量时, 各组包子比容逐渐增大, 其中加水量为 57% 的 A 组、加水量为 60% 的 A60、B60 和 C60 组与对照组差异不显著, 但仍然略小于对照组。这是因为包子比容与面团硬度有直接关系, A57、A60、B60 和 C60 组面团硬度与对照组更相近; 同时, 汤种中部分面筋蛋白质发生了热变性, 因而添加汤种的包子面团的面筋形成量较对照组略低, 从而对包子的膨松程度产生一定的影响。

2.4 汤种及加水量对包子面皮质构特性的影响

由表 2 可知, 与对照组相比, 添加汤种的 3 组包子面皮硬度、弹性、黏附性和咀嚼性均显著增大。随着加水量的增大, 各组样品的面皮硬度、弹性、胶黏性和咀嚼性均呈下降趋势。当 A 组的加水量达到 54%、B 与 C 组达到 60% 时, 包子面皮的硬度与对照组无显著差异, 这主要与

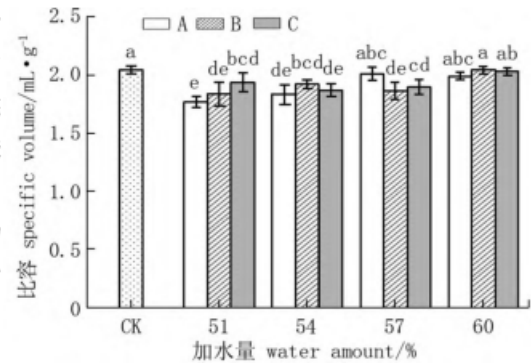


图 3 汤种及加水量对包子比容的影响*
Fig. 3 Effect of Tangzhong and water amount on specific volume of Baozi

* 不同小写字母柱形间差异显著 ($P < 0.05$). * Significance of difference between different small letters columns ($P < 0.05$).

表 2 汤种及加水量对包子质构特性的影响*

Tab. 2 Effects of Tangzhong and water amount on texture characteristics of Baozi

样品 sample	硬度/N hardness	弹性/mm elasticity	胶黏性/N stickiness	咀嚼性/mJ chewiness
CK	2.49 ± 0.16 ^d	1.81 ± 0.10 ^f	1.69 ± 0.10 ^d	3.05 ± 0.06 ^f
A51	2.96 ± 0.10 ^a	2.82 ± 0.07 ^b	2.04 ± 0.06 ^a	5.74 ± 0.31 ^b
A54	2.54 ± 0.20 ^{cd}	2.75 ± 0.34 ^{bc}	1.72 ± 0.12 ^c	4.72 ± 0.44 ^c
A57	2.47 ± 0.03 ^d	2.46 ± 0.20 ^c	1.66 ± 0.03 ^d	4.09 ± 0.25 ^c
A60	2.44 ± 0.06 ^d	2.49 ± 0.17 ^c	1.72 ± 0.03 ^c	4.27 ± 0.37 ^{dc}
B51	2.91 ± 0.09 ^{ab}	2.44 ± 0.09 ^{cd}	1.90 ± 0.15 ^{ab}	4.64 ± 0.54 ^{cd}
B54	2.87 ± 0.18 ^{abc}	2.50 ± 0.68 ^c	1.93 ± 0.14 ^{ab}	4.88 ± 1.66 ^c
B57	2.84 ± 0.23 ^{abc}	2.33 ± 0.14 ^d	2.02 ± 0.06 ^{ab}	4.70 ± 0.14 ^c
B60	2.61 ± 0.08 ^{bcd}	2.18 ± 0.10 ^c	1.75 ± 0.07 ^c	3.80 ± 0.16 ^{dc}
C51	3.00 ± 0.13 ^a	3.11 ± 0.28 ^a	2.05 ± 0.08 ^a	6.41 ± 0.83 ^a
C54	2.97 ± 0.20 ^a	2.81 ± 0.36 ^b	2.03 ± 0.13 ^a	5.82 ± 0.88 ^b
C57	2.88 ± 0.20 ^{abc}	2.44 ± 0.29 ^{cd}	1.97 ± 0.13 ^{ab}	4.21 ± 0.79 ^{dc}
C60	2.48 ± 0.22 ^d	2.86 ± 0.23 ^b	1.72 ± 0.14 ^c	6.21 ± 0.80 ^{ab}

* 同列不同小写字母数值间差异显著 ($P < 0.05$). * Significance of difference between values of different small letters in the same column ($P < 0.05$).

面团硬度有关,面团较硬时会限制包子的膨胀度,较软时面团更容易扩展开。所有添加汤种的包子面皮,其弹性和咀嚼性均显著高于对照组,说明添加汤种对改善包子的口感和提高包子的耐挤压能力有很好的效果。当汤种添加量达到30%时,包子面皮的胶黏性较对照组显著增大,仅A57组与对照组差异不显著。有研究^[13]表明质构特性指标中硬度、胶黏性和咀嚼性与面包的品质呈负相关,而弹性与面包的品质呈正相关。包子属于蒸制面制品,硬度和咀嚼性并非越小越好,适中的硬度和咀嚼性更受消费者欢迎。因而本试验中质构特性较好的为A57和B60组。

2.5 汤种及加水量对包子感官品质的影响

对添加汤种的包子而言,当加水量较低时,包子面皮纹路更清晰,弹性好,但包子整体体积较小,不够膨松,口感较硬;当加水量较高时,包子纹路清晰度略有降低,但膨松度好,口感柔软有弹性,嚼劲好。C51和C54组包子不够膨松,表皮有小气泡,口感干硬,而C57和C60组包子表面有塌陷,内部孔洞不均匀,因而汤种添加量为40%的C组包子整体可接受度较低。汤种添加量为30%的B组在加水量较低时口感较硬,加水量较高时口感有点粘牙感,因而汤种的添加量不宜超过30%。当汤种添加量为20%、加水量为57%的包子表皮光滑,色泽洁白,内部孔洞均匀,膨松度好,口感柔软,弹性好,不粘牙,整体可接受度最高,为8.66分,显著高于对照组。

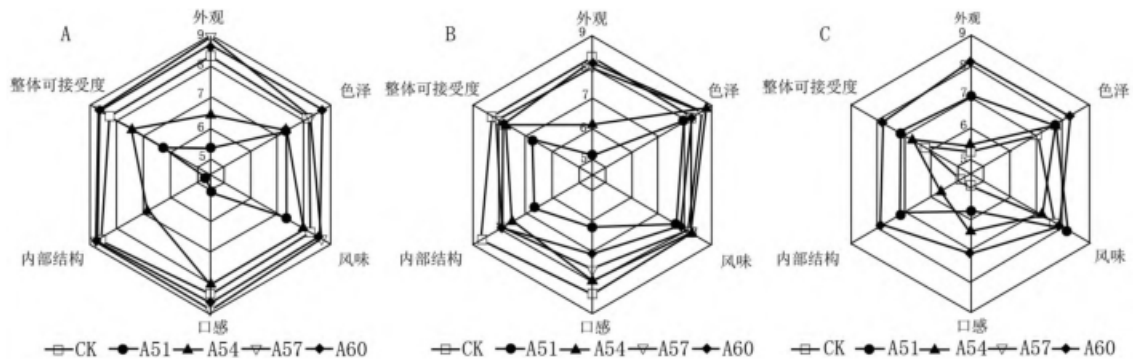


图4 汤种及加水量对包子感官品质的影响*

Fig. 4 Effect of Tangzhong and water amount on sensory quality of Baozi

* 外观 outward appearance, 整体可接受度 polymer acceptability, 内部结构 internal structure, 色泽 colour and lustre, 风味 special flavour, 口感 texture of food.

3 讨论

本试验结果表明,在加水量相同的情况下,添加汤种后包子面团硬度更大,这是因为淀粉糊化时会结合一部分水,使得面团中与面筋结合的水分减少,为获得相同硬度的面团,必须加大面团的加水量。用汤种法制作面包时加水量更高,使得面包更加柔软、湿润,且面包内部颗粒的保水性增加,因而可有效延缓面包的老化,延长保质期^[15]。Doona等^[16]利用核磁共振技术研究发现面团中面筋和淀粉具有不同的分子流动性和水动力学特性,其中面团中水更倾向于与淀粉结合。本试验中,包子面团中添加汤种后需提高加水量来调节面团的硬度,从而使包子含水量显著增大,这对改善包子的储藏特性具有重要作用。本试验仅探究添加汤种对面团硬度、加水量及包子品质的影响,未来可对其贮藏特性和老化速率进行深入研究。

在面团中添加不同种类的淀粉会对发酵面制品的口感产生不同的影响,如添加适量的马铃薯淀粉、玉米淀粉或交联淀粉则使面包的口感变得硬而酥脆,而添加适量的木薯淀粉、糯玉米淀粉、预糊化或乙酰化淀粉则使面包的口感变得柔软而湿润^[17]。汤种中淀粉经热水烫制后分子间的氢键断开,淀粉结晶结构遭到破坏,发生糊化并吸收大量水分,具有较高的黏性,添加到面团中可降低面团的韧性和弹性,增大面团的延展性和可塑性,使制作的面包制品硬度降低^[18]。诸多研究^[7,19-20]表明,添加汤种可降低面包的硬度和咀嚼性,但对面包弹性的影响不显著,这与本试验结果存在一定差异。本试验中,添加汤种后对包子硬度产生不同的影响,但弹性和咀嚼性显著增大,这与包子成熟方式有关。包子在蒸制过程中表皮会吸收水分,但不像面包烘烤那样表皮会失水变硬。包子弹性和咀嚼性的增加与其内部面筋网络结构有关,Naito等^[21]利用核磁共振成像(MRI)和扫描电子显微镜(SEM)研究了面包内部气孔结构,发

现添加汤种的面包气孔变得大而圆,且数量较少,普通面包的气孔小,呈椭圆形,数量较多;汤种面包的面筋网络上黏附一层糊化的淀粉凝胶,使面筋网络变得更厚更有弹性,而普通面包的面筋网络包裹着淀粉颗粒,面筋更薄更均匀。这种面筋结构的变化导致面制品质构特性发生变化,从而形成不同的口感特性。

4 结论

汤种添加量对传统包子面团硬度以及对包子比容、蒸制吸水率、质构特性及感官品质有着明显的影响,添加汤种后显著增大包子面团的硬度以及包子面皮的硬度、弹性、胶黏性和咀嚼性,显著降低包子比容等;提高加水量使面团硬度与对照组相同时,包子比容与对照组无显著差异,但弹性显著提高。添加适量的汤种和水可提高包子的蒸制吸水率,从而延缓包子面皮的老化速率。当汤种添加量达到 30% 时,包子面皮的胶黏性显著增大,且口感比较粘牙。当汤种和水添加量分别为面粉总量的 20% 和 57% 时,制作的包子整体可接受度最高。

参考文献:

- [1] 段人钰,张坤生,任云霞. 变性淀粉和瓜尔豆胶在速冻包子面皮中的应用研究 [J]. 食品工业科技, 2014, 35(1): 196-201.
DUAN R Y, ZHANG K S, REN Y X. Applied research of modified starch and guar gum in frozen bun dough [J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(1): 196-201.
- [2] 高蓝洋. 单甘酯和硬脂酰乳酸钙钠对馒头和扬州包子品质的影响 [D]. 扬州: 扬州大学, 2007.
GAO L Y. Effects of monoglyceride and calcium sodium stearyl lactate on the quality of steamed bread and Yangzhou steamed bun [D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2007.
- [3] KIM S, KWAK H S, JEONG Y. Effect of Tangzhong (TangZhong) on texture and consumer acceptance of rice pan bread [J]. Journal of Texture Studies, 2017, 48(2): 39-46.
- [4] 赵 龙,李保国. 不同工艺条件对热烫面团质构特性的影响 [J]. 食品工业科技, 2013, 34(4): 252-255.
ZHAO L, LI B G. Effect of different processing conditions on quality of hot dough [J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(4): 252-255.
- [5] 王雨生,卢 赛,陈海华. 汤种对面团流变学性质的影响 [J]. 青岛农业大学学报(自然科学版), 2017, 34(3): 222-227.
WANG Y S, LU S, CHEN H H. Effect of boiled sponge dough on rheological properties of wheat dough [J]. Journal of Qingdao Agricultural University (Natural Science), 2017, 34(3): 222-227.
- [6] 李雪琴,吕莹果,黄亚飞. 热烫温度对小麦面团介观特性的影响机制 [J]. 食品科学, 2021, 42(3): 98-103.
LI X Q, LÜ Y G, HUANG Y F. Effect of hot-water temperature on mesoscopic characteristics of wheat dough [J]. Food Science, 2021, 42(3): 98-103.
- [7] 杜昱蒙,张连驰,朱小天,等. “汤种”影响面包质构的研究 [J]. 食品科技, 2014, 39(2): 152-156.
DU Y M, ZHANG L C, ZHU X T, et al. Effect of Tangzhong on texture of bread [J]. Food Science and Technology, 2014, 39(2): 152-156.
- [8] 魏春红,姜 云,鹿保鑫,等. 杂粮吐司面包汤种及发酵工艺的研究 [J]. 食品研究与开发, 2017, 38(13): 95-99.
WEI C H, JIANG Y, LU B X, et al. Water roux starter and fermentation on grains toast research [J]. Food Research and Development, 2017, 38(13): 95-99.
- [9] 王雨生,卢 赛,陈海华,等. 响应面法优化汤种馒头的制作工艺 [J]. 青岛农业大学学报(自然科学版), 2018, 35(1): 49-56.
WANG Y S, LU S, CHEN H H, et al. Response surface methodology to optimize the preparation of steamed bread with boiled sponge dough [J]. Journal of Qingdao Agricultural University (Natural Science), 2018, 35(1): 49-56.
- [10] 郭东旭,张康逸,高玲玲,等. 乳酸菌发酵面团对青麦仁面包品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2021, 42(1): 61-67, 74.
GUO D X, ZHANG K Y, GAO L L, et al. Effect of sourdough fermented by lactobacillus on the quality of green wheat kernel bread [J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(1): 61-67, 74.
- [11] 朱在勤,陈 霞. 小麦粉品质性状与扬州包子品质关系的研究 [J]. 食品与发酵工业, 2006(11): 103-106.
ZHU Z Q, CHEN X. Study on the relationship between characteristics of wheat flour and quality of Yangzhou Baozi [J]. Food and Fermentation Industries, 2006(11): 103-106.
- [12] 蔡金鑫. 黄秋葵粉对面团和面包质构特性的影响 [J]. 食品工业科技, 2019, 40(3): 20-24.
CAI J X. Effect of okra powder on texture properties of dough and bread [J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(3): 20-24.

- [13] 路雪纯, 辛嘉英, 张根生. 耐冻藏酵母冷冻生包子生产工艺 [J]. 食品工业, 2021, 42(1): 41-46.
LU X C, XIN J Y, ZHANG G S. The production technology of frozen raw steamed bun with freeze resistant storage yeast [J]. The Food Industry, 2021, 42(1): 41-46.
- [14] 吴玉新, 陈佳芳, 马子琳, 等. 乳酸菌发酵米粉酸面团生化特性及其对馒头蒸制特性的影响 [J]. 食品科学, 2020, 41(6): 64-71.
WU Y X, CHEN J F, MA Z L, et al. Biochemical characteristics of rice flour sourdough fermented by lactic acid bacteria and its effects on steaming characteristics of steamed bread [J]. Food Science, 2020, 41(6): 64-71.
- [15] 薛雅萌, 赵 龙, 李保国. 低场核磁共振法测定热烫面团水分迁移特性及超微结构分析 [J]. 食品科学, 2014, 35(19): 96-100.
XUE Y M, ZHAO L, LI B G. Moisture migration and ultrastructure of hot-water dough as studied with LF-NMR and SEM [J]. Food Science, 2014, 35(19): 96-100.
- [16] DOONA C J, BAIK M Y. Molecular mobility in model dough systems studied by time domain nuclear magnetic resonance spectroscopy [J]. Journal of Cereal Science, 2007, 45(3): 257-262.
- [17] 白雪, 赵闪闪, 肖志刚, 等. 酸汤子面团对发酵面包品质的影响 [J]. 食品科学, 2021, 42(2): 135-142.
BAI X, ZHAO S S, XIAO Z G, et al. Effect of Suantangzi sourdough on the quality of bread [J]. Food Science, 2021, 42(2): 135-142.
- [18] IWATA K. Role of starch and use of modified starch in breadmaking [J]. Report of the Japan Institute of Baking, 2001, 47(9): 3-15.
- [19] NAITO S, FUKAMI S, MIZOKAMI Y, et al. The effect of gelatinized starch on baking bread [J]. Food Science & Technology Research, 2005, 11(2): 194-201.
- [20] ROMAN L, REGUILON M P, MARTINEZ M M, et al. The effects of starch cross-linking, stabilization and pre-gelatinization at reducing gluten-free bread staling [J]. LWT-Food Science and Technology, 2020, 132(7): 1-9.
- [21] NAITO S, ISHIDA N, FUKAMI S, et al. Fine gluten nets underlying crumb grain structures of breads observed by SEM [J]. Food Industry, 2004, 47(4): 53-60.

(责任编辑 张立元)

(上接第 102 面)

- YING R F, HUANG M G, WANG Y S, et al. Antioxidant activity of polysaccharides from *Phellinus igniarius* fruiting body and mycelium [J]. Food Research and Development, 2017, 38(21): 1-5.
- [14] CHEN W, SHEN Y, SU H M, et al. Hispidin derived from *Phellinus linteus* affords protection against acrylamide-induced oxidative stress in Caco-2 cells [J]. Chemico-Biological Interactions, 2014, 219(3): 83-89.
- [15] HU T, LIN Q L, GUO T, et al. Polysaccharide isolated from *Phellinus linteus* mycelia exerts anti-inflammatory effects via MAPK and PPAR signaling pathways [J]. Carbohydrate Polymers, 2018, 200: 487-497.
- [16] 宋红志, 王方芹, 王 俊, 等. 桑黄菌丝体的液体发酵培养及多糖提取和抗氧化活性测定 [J]. 蚕业科学, 2016, 42(4): 700-710.
SONG H Z, WANG F Q, JUN W, et al. Liquid fermentation of *Phellinus igniarius* mycelium and extraction and antioxidant activity determination of its polysaccharide [J]. Science of Sericulture, 2016, 42(4): 700-710.
- [17] HWANG H J, KIM S W, CHOI J W, et al. Production and characterization of exopolysaccharides from submerged culture of *Phellinus linteus* KCTC6190 [J]. Enzyme and Microbial Technology, 2003, 33(2): 309-319.
- [18] KIM D H, YANG B K, JEONG S C, et al. Production of a hypoglycemic, extracellular polysaccharide from the submerged culture of the mushroom, *Phellinus linteus* [J]. Biotechnology Letters, 2001, 23(7): 513-517.
- [19] DUBOIS M, GILLES K A, HAMILTON J K, et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances [J]. Analytical Chemistry, 1956, 28: 350-356.
- [20] 栾雨时, 包永明. 生物工程实验技术手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 1-6.
LUAN Y S, BAO Y M. Technical manual for bioengineering experiments [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005: 1-6.
- [21] 李剑梅, 王艳华, 郭玲玲, 等. 桑黄液体发酵工艺的研究 [J]. 微生物学杂志, 2014, 34(6): 74-79.
LI J M, WANG Y H, GUO L L, et al. Liquid fermentation technology of *Inonotus sanghuang* [J]. Journal of Microbiology, 2014, 34(6): 74-79.
- [22] 杨 全. 桑黄的液体发酵及其粗多糖抗肿瘤作用的研究 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2002.
YANG Q. Liquid fermentation of *Phellinus igniarius* and antitumor activity of proteoglycan from its mycelia [D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2002.

(责任编辑 张立元)