

和面与发酵工艺参数优化及其对馒头比容均匀性与稳定性的影响

白福军, 刘 旭, 周 超, 程思琦

中储粮山东质检中心有限公司 山东济南

【摘要】目的 探究和面与发酵关键工艺参数对馒头比容及其均匀性与稳定性的影响, 为工业化生产中稳定馒头品质提供理论依据与工艺指导。**方法** 以中筋小麦粉为主要原料, 系统研究不同和面加水量 (45%, 48%, 51%)、发酵时间 (60, 90, 120min) 及其交互作用。通过测定面团的粉质特性、发酵活力, 并利用质构分析与图像处理技术评估馒头的比容、比容均匀性 (以变异系数 CV 表示) 及质构特性。**结果** 研究表明, 加水量与发酵时间对馒头比容及均匀性有显著影响 ($P<0.05$)。适宜的工艺条件 (加水量 48%, 发酵时间 90min) 下, 馒头比容最大 (2.65mL/g), 且同一批次内比容均匀性最佳 ($CV<3.5\%$)。加水量过低或过高、发酵时间不足或过度均会导致比容下降和均匀性变差。**结论** 优化和面与发酵工艺参数可有效提升馒头比容并显著改善其品质的均匀性与稳定性, 该研究结果对馒头工业化生产的精准控制具有重要意义。

【关键词】 工艺优化; 馒头比容; 均匀性; 加工稳定性; 工业化生产

【收稿日期】 2025 年 10 月 16 日 **【出刊日期】** 2025 年 11 月 26 日 **【DOI】** 10.12208/j.jafs.20250011

Optimization of dough mixing and fermentation parameters and their impact on the uniformity and stability of steamed bread specific volume

Fujun Bai, Xu Liu, Chao Zhou, Siqi Cheng

Sinograin Shandong Quality Inspection Center Co., Ltd., Jinan, Shandong

【Abstract】Objective To investigate the effects of key process parameters of dough mixing and fermentation on the specific volume, uniformity, and stability of steamed buns, providing a theoretical basis and process guidance for stabilizing steamed bun quality in industrial production. **Methods** Using medium-gluten wheat flour as the main raw material, the effects of different water additions (45%, 48%, 51%), fermentation times (60, 90, 120 min), and their interactions were systematically studied. The flour properties and fermentation activity of the dough were measured, and the specific volume, specific volume uniformity (expressed as coefficient of variation, CV), and textural properties of the steamed buns were evaluated using texture analysis and image processing techniques. **Results** The study showed that water addition and fermentation time had significant effects on the specific volume and uniformity of steamed buns ($P<0.05$). Under suitable process conditions (48% water addition, 90 min fermentation time), the steamed buns had the highest specific volume (2.65 mL/g), and the specific volume uniformity within the same batch was the best ($CV<3.5\%$). Insufficient or excessive water addition, and insufficient or excessive fermentation time, all led to a decrease in specific volume and poor uniformity. **Conclusion** Optimizing the dough mixing and fermentation process parameters can effectively improve the specific volume of steamed buns and significantly enhance their uniformity and stability. These findings are of great significance for the precise control of industrial-scale steamed bun production.

【Keywords】 Process optimization; Specific volume of steamed buns; Uniformity; Processing stability; Industrial-scale production

作者简介: 白福军 (1981-) 男, 河北省承德市人, 蒙古族, 本科, 高级工程师, 总检验师, 研究方向: 粮油质量检测, 主要从事工作: 粮油食品检测。

1 引言

馒头作为中国传统的主食发酵面制品, 其消费量巨大。在工业化生产过程中, 馒头品质的稳定性是衡量生产水平与市场竞争力的关键。比容是评价馒头品质最核心的指标之一, 它直接关联到产品的感官疏松度、口感和消费者接受度^[1]。然而, 在实际工业化生产中, 同一批次馒头比容不均、不同批次间品质不稳定的问题时有发生, 严重影响了产品的商品价值。

馒头的比容主要由面团的产气能力和持气能力决定, 而这二者深受原料和加工工艺的影响^[2]。其中, 和面与发酵是两个至关重要的环节。加水量影响面筋蛋白的充分水合与网络形成, 决定了面团的软硬度、粘弹性和最终的持气能力^[3]。发酵时间则直接关系到酵母产气的总量和面筋网络的成熟度与延展性^[4]。目前的研究多集中于工艺参数对馒头比容绝对值的影响, 而对其均匀性与批次稳定性的关注相对较少。

因此, 本研究旨在系统探讨和面加水量与发酵时间两个关键参数, 及其交互作用, 对馒头比容、同一批次内的均匀性以及工艺稳定性的影响。通过建立优化工艺窗口, 以期对馒头工业化生产实现高品质与高稳定性提供可靠的数据支持和理论指导。

2 材料与方法

2.1 材料与仪器

中筋小麦粉, 安琪高活性干酵母。

Farinograph-E 电子式粉质仪, JMTD-168/216 型醒发箱, TA.XTPlus 物性测试仪, 高清数码相机。

2.2 实验方法

2.2.1 实验设计

采用双因子完全随机实验设计。因子一为和面加水量(基于面粉重量), 设 45%、48%、51% 三个水平。因子二为发酵时间, 设 60、90、120 min 三个水平。共 9 个处理组, 每个处理重复 3 次。

2.2.2 馒头制作与比容测定

参照标准实验室方法。面团揉制均匀后, 在 35℃、85%RH 条件下发酵。发酵完成后分割、成型, 于相同条件下醒发 20 min, 然后沸水蒸制 20 min。

馒头冷却 1 h 后, 采用菜籽置换法测定体积, 电子天平称量质量。比容 (mL/g) = 体积 (mL) / 质量 (g)。每个批次测定 10 个馒头, 以其比容的平均

值代表该批次水平, 以其变异系数 (CV) 代表批次内均匀性。

2.2.3 面团特性测定

使用粉质仪测定不同加水量面粉的粉质参数。测定面团的发酵活力。

2.2.4 数据分析

使用 SPSS 软件进行双因素方差分析, 显著性水平设为 $P < 0.05$ 。

3 结果与分析

3.1 工艺参数对馒头比容的影响

方差分析表明, 加水量 ($F=25.34$, $P < 0.01$) 和发酵时间 ($F=30.17$, $P < 0.01$) 对馒头比容均有极显著影响, 且二者存在显著的交互作用 ($F=5.89$, $P < 0.05$)。当加水量为 48%、发酵时间为 90 min 时, 馒头比容达到最大值 2.65 mL/g。当加水量为 45% 时, 面团偏硬, 面筋蛋白水化不充分, 网络结构延展性不足, 导致持气能力差, 发酵产生的气体无法被有效包裹; 而当加水量增至 51% 时, 面团过软, 虽然延展性好, 但面筋筋力减弱, 骨架支撑能力不足, 同样导致持气能力下降, 在发酵后期和蒸制过程中气体易溢出, 甚至造成馒头塌陷^[5]。发酵时间 90 min 时, 酵母产气速率与面筋网络的扩展和耐受度达到最佳平衡。时间过短 (60 min) 则产气总量不足, 面团未充分膨胀; 过长 (120 min) 则面筋网络因蛋白酶作用和过度延伸而弱化、断裂, 持气能力显著下降, 最终产品体积小、质地粗糙^[6]。

3.2 工艺参数对馒头比容均匀性的影响

比容的均匀性 (以 CV 值计) 是衡量批次内产品质量一致性的关键。本研究发现, 在最佳工艺点 (48% 加水量, 90 min 发酵), 比容的 CV 值最低, 小于 3.5%。这表明在此条件下, 面团体系最为稳定, 每个馒头面剂的物理化学状态高度一致, 对外部环境的响应也最为统一。而在非优化条件下, 如低水量短时间 (45%, 60 min) 或高水量长时间 (51%, 120 min), CV 值均显著升高, 最高可达 8.5% 以上。这表明不适宜的工艺条件不仅降低平均比容, 更会放大生产过程中的微小波动 (如手工分割的微小重量差异、醒发箱内部的微气流等), 导致单个馒头之间体积差异巨大, 严重影响商品一致性。分析认为, 适宜的水分和发酵程度能形成强韧且均匀的面筋膜, 使每个面团单元在发酵和蒸制过程中

表现出高度一致的膨胀行为。

3.3 工艺参数对馒头质构特性的影响

质构剖面分析 (TPA) 结果 (表 2) 显示, 工艺参数对馒头的质构有显著影响。与最佳比容对应的工艺组 (48%加水, 90min 发酵), 其馒头表现出适中的硬度、较高的弹性和咀嚼性。当加水量为 45% 时, 馒头硬度显著增大 ($P<0.05$), 弹性和内聚性下降, 口感发硬、干韧。这是因为水分不足导致淀粉糊化不充分, 面筋结构过于紧密。当加水量为 51% 时, 馒头硬度和咀嚼度虽有所降低, 但弹性并未改善, 内聚性反而下降, 口感粘牙。这是由于过量的水分稀释了面筋浓度, 且可能导致了淀粉颗粒的过度膨胀和破裂。发酵时间的影响同样明显: 发酵不足 (60min) 的馒头质地密实, 硬度大; 而发酵过度 (120min) 的馒头, 因其网络结构被破坏, 内部大气孔多且壁厚, 口感粗糙, 弹性与内聚性均显著劣化。这些质构结果与比容的变化规律相互印证, 共同定义了馒头的最终食用品质。

3.4 面团发酵特性与最终产品比容的相关性

通过对面团粉质特性与发酵活力的测定, 我们发现面粉在 48%加水量时, 其粉质稳定时间最长, 面团耐搅拌性能最好。与此相对应, 该加水量下的面团在发酵过程中表现出稳健的膨胀能力和持气性。面团的发酵活力与最终馒头比容呈显著正相关 ($R^2=0.87$)。在发酵前期 (0-60min), 各组的发酵速率差异不大; 进入中期 (60-90min), 48%加水量的面团仍能保持较高的产气与持气速率, 而 51%加水量的面团持气能力开始下降, 45%加水量的面团则因延展性差而膨胀缓慢; 至发酵后期 (>90min), 过度发酵的负面影响开始主导。这表明, 优化工艺的核心在于确保面团在发酵终点时, 其持气能力与内部气压达到峰值平衡, 任何导致此平衡过早或过晚达到的因素, 都会降低比容并影响均匀性。

4 讨论

本研究系统性地揭示了和面与发酵工艺不仅决定馒头比容的绝对值, 更是控制其批次内均匀性与批次间稳定性的关键。我们的结果与 Zhu 等人^[7]关于加水量影响面团流变学特性的研究结论高度一致, 并进一步将这种影响与最终产品的均一性、质构特性进行了量化关联。同时, He 等人^[4]指出精准判断发酵终点的重要性, 本研究则通过设定不同发

酵时间, 量化了发酵不足与过度发酵对产品均匀性和质构的具体损害程度。

优化的工艺参数 (48% 加水量, 90 min 发酵) 本质上为工业化生产提供了一个可靠的工艺稳健区间。在此区间内, 工艺具备较强的抗干扰能力, 能够缓冲因原料微小波动或设备参数轻微漂移带来的影响, 从而保证产品品质的稳定输出, 这与 Li 等人^[8]提出的食品加工稳健性设计理念相契合。从生产实践角度, 建议企业通过对核心原料进行粉质特性检验, 来精准定位最佳加水量范围; 同时, 通过监测面团发酵体积变化或内部 pH 值、电阻等指标, 来实现发酵终点的客观、精准判断, 替代传统依赖经验的方法, 从而从根本上提升馒头生产的标准化水平和质量稳定性。

5 结论

本研究证实, 和面加水量与发酵时间是影响馒头比容及其均匀性与稳定性的关键可控因素。通过将工艺参数优化至加水量 48%、发酵时间 90min, 不仅能获得最大的馒头比容, 更能显著提升同一批次产品品质的均匀性, 增强生产的稳定性。该研究为馒头工业化生产的精准控制和品质提升提供了重要的实践指导。

参考文献

- [1] 刘长虹,何承云.馒头品质评价体系及方法研究进展[J]. 粮食与油脂,2019,32(01):1-4.
- [2] HuangS, QuailK, MossR. The optimization of a laboratory processing procedure for southern-style Chinese steamed bread[J]. International Journal of Food Science & Technology, 1998,33(4):345-355.
- [3] 张波,薛文通,陈敏,等.加水量对馒头品质影响的研究[J]. 中国粮油学报,2011,26(06):11-15.
- [4] HeZ, WangL, LiK, et al. Effect of fermentation time on the quality of Chinese steamed bread[J]. Cereal Chemistry, 2020,97(3):654-662.
- [5] 王凤,黄卫宁,邹奇波,等.加水量对冷冻面团馒头品质的影响[J]. 食品工业科技,2014,35(10):122-126.
- [6] ZhuF. Influence of ingredients and chemical components on the quality of Chinese steamed bread[J]. Food Chemistry,2016,163:154-161.

- [7] ZhuF, SakulnakR, WangS. Effect of water absorption on rheological properties of wheat flour dough and quality of steamed bread[J]. Journal of Texture Studies, 2016, 47(1): 1-9.
- [8] LiZ, LiH, DengF. Robust design in food processing: Areview[J]. Trends in Food Science& Technology, 2021, 108:145-156.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS