

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2021.02.021

王鑫宇, 韩艳芳, 李沿, 等. 小麦粉中的主要成分对馒头品质影响的研究进展[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(2): 152-157.

WANG X Y, HAN Y F, LI Y, et al. Research progress on the effects of main components in flour on the quality of steamed bread[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2021, 29(2): 152-157.

小麦粉中的主要成分对馒头品质影响的研究进展

王鑫宇¹, 韩艳芳², 李沿³, 郭子璇¹, 郝美丽¹✉, 任晨刚¹

- (1. 中粮营养健康研究院有限公司, 营养健康与食品安全北京市重点实验室, 老年食品营养北京市工程实验室, 北京 102209;
2. 中粮利金(天津)粮油股份有限公司, 天津 300380;
3. 中粮粮谷控股有限公司面粉管理部, 100010)

摘要: 馒头的品质除了与馒头配方、加工工艺等有关之外, 面粉的品质是影响馒头品质的决定性因素, 随着社会发展和人民生活水平的提高, 馒头专用粉的优势日渐凸显。综述面粉中的主要成分淀粉、蛋白质、脂类和灰分对馒头品质影响的研究进展, 以期为生产优质馒头粉和制作优质馒头提供理论支持。

关键词: 面粉; 馒头品质; 主要成分; 研究进展; 馒头专用粉

中图分类号: TS211 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2021)02-0152-06

网络首发时间: 2021-01-29 11:06:39

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.TS.20210129.1003.002.html>

Research Progress on the Effects of Main Components in Flour on the Quality of Steamed Bread

WANG Xin-yu¹, HAN Yan-fang², LI Yan³, GUO Zi-xuan¹, HUAN Mei-li¹✉, REN Chen-gang¹

- (1. Nutrition & Health Research Institute, COFCO Corporation, Beijing Key Laboratory of Nutrition & Health and Food Safety, Beijing Engineering Laboratory of Geriatric Nutrition & Foods, Beijing 102209, China;
2. COFCO Lijin (Tianjin) Grain and oil Co., Ltd., Tianjin 300380, China;
3. COFCO Grains Holdings Limited Flour Management Division, Beijing 100010, China)

Abstract: The quality of steamed bread is not only related to the formula and production technology of steamed bread, but also in connection with the quality of flour. With the development of society and the improvement of people's living standards, the advantages of special flour for steamed bread have become increasingly prominent. In this paper, the effects of starch, protein, lipid and ash in flour on the quality of steamed bread were reviewed to provide theoretical support for the production of high-quality steamed bread flour and the production of high-quality steamed bread.

Key words: flour; quality of steamed bread; main components; research progress; special flour for steamed bread

收稿日期: 2020-07-14

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFD0401200)

Supported by: National Key Research and Development Project of China (No. 2017YFD0401200)

作者简介: 王鑫宇, 女, 1994 年出生, 研究方向为谷物及其制品研究。

通讯作者: 郝美丽, 女, 1983 年出生, 工程师, 研究方向为谷物及其制品研究。E-mail: huanmeili@cofco.com.

馒头是一种用发酵的面团蒸制而成的食品，是我国传统面食，距今已有 1 700 多年历史，深受本国人民的喜爱。据统计，馒头的消费量在面制品中占比约 50%，在北方约有 70% 的小麦粉被用来制成馒头^[1]。随着食品行业的快速发展，工业化生产正逐步取代手工业，对原料面粉的需求也逐渐由民用粉转向专用粉，掌握影响馒头品质的关键因素是保证生产出优质专用粉的必要条件。近年来，随着人们生活质量的提升，大众对于馒头的品质质量也提出了更高的要求。馒头的品质除了与馒头配方、加工工艺等有关之外，面粉的品质是影响馒头品质的决定性因素。而面粉中的组分主要包括淀粉、蛋白质、脂类、灰分等。

1 面粉中的淀粉对馒头品质的影响

淀粉含量约占小麦粉的 70%~80%，根据葡萄糖分子之间不同的连接方式，分成直链淀粉和支链淀粉。葡萄糖经 α -1,4 糖苷键连接形成直链淀粉，经 α -1,4 糖苷键和 α -1,6 糖苷键连接形成支链淀粉。在发酵过程中，淀粉在糖化酶和淀粉酶的作用下分解成糖，为酵母供给养分；在蒸制过程中，当面团温度升高至 55 °C 以上，酵母促进淀粉酶活化，淀粉加快糖化，面团发软，且淀粉吸水发生糊化，与面筋共同形成馒头的组织结构。

1.1 破损淀粉含量与馒头品质的关系

麦粒在研磨过程中由于受到磨辊的碾压作用，有些淀粉颗粒会形成裂纹或碎片，叫做破损淀粉^[2]。适量的破损淀粉对面粉品质是有利的，但破损淀粉的含量过高或过低会带来不利影响，破损淀粉含量对面制品品质影响主要表现在以下两方面：一是对面粉加水量的影响，破损淀粉含量越高，面粉吸水率越高；二是对发酵速度的影响，破损淀粉含量过低则糖分偏少，酵母养分不足，醒发不足，导致馒头体积小口感硬，破损淀粉含量过高则糖分过剩，酵母产气速度快，醒发过度，导致馒头结构粗糙口感发粘^[3]。破损淀粉含量在一定范围内与粉质拉伸参数、糊化参数及热稳定性具有一定相关性^[4]；破损淀粉的内部结构暴露在外更容易与酶发生作用，而且可以提高面团的吸水率，Ali 等^[5]研究指出面粉吸水率随破损淀粉含量的增加而增加，且面团形成时间增加；

付奎^[6]研究表明破损淀粉通过影响面筋网络的形成和面团中水分的分布从而影响馒头品质。张蓓^[7]的研究结果表明，面团流变发酵性能、馒头比容、亮度及感官评分伴随破损淀粉含量的增加呈现“ \cap ”形趋势，中筋小麦粉和高筋小麦粉破损淀粉的 DSUc 在 21.65~25.11 和 23.56~25.60 之间时，馒头品质较好。

1.2 淀粉的糊化特性与馒头品质的关系

小麦淀粉的糊化特性是影响馒头品质的关键因素。崔建涛^[8]研究了荞麦馒头质构特性与荞麦粉糊化特性的关系，结果显示荞麦粉的回生值与馒头的硬度和咀嚼性高度正相关，谷值粘度、最终粘度与馒头的硬度、咀嚼性正相关，而衰减值与馒头的硬度、咀嚼性负相关。范玉顶^[9]以重组自交系群体为原料，利用相关分析、回归分析和通径分析等方法分析了小麦淀粉粘度特性和馒头品质的关系，结果表明糊化参数和馒头的外观、组织结构、弹韧性、粘性以及总分等指标显著正相关。杨二妹^[10]测定 8 种市售小麦粉的糊化特性和北方馒头的质构特性，结果显示小麦粉糊化后峰值粘度、最终粘度及崩解值与馒头弹性显著正相关。

1.3 直链淀粉含量与馒头品质的关系

直链淀粉主要位于淀粉颗粒内部，占小麦淀粉总量 22%~26%；支链淀粉位于淀粉颗粒外部，占小麦淀粉总量的 74%~78%^[11]。直链淀粉在热水中可溶解，形成的胶体粘性较小，可增加面团的可塑性，支链淀粉需在加热加压条件下方可溶于水，生成的胶体粘性大，可增加面团的弹性。当小麦粉的直链淀粉比例偏高时，制作的馒头体积小、口感发粘、韧性差，当直链淀粉比例中等或偏低时，适宜制作优质馒头^[12]。付苗苗^[13]的实验结果显示小麦粉中的直链淀粉含量与馒头硬度、咀嚼度呈正相关关系，但与馒头总评分呈负相关关系。

2 面粉中的蛋白质对馒头品质的影响

蛋白质是小麦粉中的第二大组分，其含量约占小麦粉的 7%~15%，是和馒头的品质密切相关的影响因素。与蛋白质相关的品质指标包括蛋白质组成及含量、湿面筋含量、面筋指数、沉降值、

粉质特性、拉伸特性等。

2.1 蛋白质组成及含量与馒头品质的关系

小麦蛋白质按照溶解性不同可分为四类,清蛋白、球蛋白、麦醇溶蛋白和麦谷蛋白。清蛋白和球蛋白主要分布在小麦颗粒的种皮、糊粉层以及胚中,占总蛋白含量(干基)的15%~25%,称之为结构蛋白或代谢蛋白;麦谷蛋白和麦醇溶蛋白存在于小麦胚乳,大概占蛋白总量85%,其含量、组成及相互作用决定了小麦粉的加工特性和制品的产品品质^[14]。麦醇溶蛋白给予面团良好的流动性和延展性^[15],麦谷蛋白与面团的弹韧性密切相关^[16]。麦醇溶蛋白(Gli)和麦谷蛋白(Glu)的比例对面团特性也具有重要影响,随着Gli/Glu比例的减小,面团形成和稳定时间先增大后减小,弱化度减小,拉伸面积先增大后减小,延伸度减小^[17]。麦醇溶蛋白是球形的蛋白分子,分子质量在30~75 k Da,分子间作用力较弱,其亚基由氢键或疏水作用连接形成分子内二硫键,面团的延展性得到增强;麦谷蛋白是纤维状的大分子聚合物,分子质量在102~106k Da,其亚基由二硫键和次级键连接而成,分子间相互作用较强^[18-19]。当二硫键与还原剂发生反应后,按照相对分子质量大小可将麦谷蛋白分为高相对分子质量麦谷蛋白亚基(HMW-GS)和低相对分子质量麦谷蛋白亚基(LMW-GS)^[20]。HMW-GS只占面筋蛋白的10%左右,但是对面筋网络结构、面团流变特性和馒头的品质均产生一定影响^[21]。马小乐^[22]研究指出HMW-GS的Glu-A1位点有3种变异,其总评分与沉淀值、面团稳定时间、形成时间、面筋指数等品质形状呈极显著正相关。

2.2 湿面筋含量和面筋指数与馒头品质的关系

由于消费区域不同,馒头制品呈现多元化发展,根据制作的品类不同,对面粉湿面筋的含量要求不尽相同,如制作广式馒头的面粉湿面筋含量一般要求<26%,制作叉烧包面粉湿面筋含量为20%左右,北方馒头为确保其体积、弹性和口感,湿面筋含量一般要求>28%。曹子月^[23]指出湿面筋含量与馒头质量和直径显著正相关,与高度负相关,与馒头的组织结构、口感和总分正相关,与馒头感官评价和色泽评分均呈负相关,当蛋白质

含量处于10.5%~12.5%之间,馒头的比容、弹韧性及总体评分较好^[24]。郑玉娇^[25]指出荞麦混合粉的湿面筋含量在33%~34%之间,面团的形成时间、稳定时间较长,持气率相对较好,制成的荞麦馒头比容、质构特性、感官评价均较好。馒头品质与面筋质量也密切相关,面筋指数在一定程度上可以反映面筋的质量。孙祥祥^[26]研究指出面筋指数与馒头比容和硬度分别呈显著正相关和极显著负相关。王慧洁^[27]研究了鲜食甜玉米粉对面团特性和馒头品质的影响,结果显示随着鲜食甜玉米粉的添加,湿面筋含量和面筋指数下降,面筋品质下降,馒头的比容和感官评分均有所下降。

2.3 其他与蛋白质相关的指标对馒头品质的影响

2.3.1 降落数值与馒头品质的关系

降落数值的大小体现了 α -淀粉酶的活性,降落数值越大, α -淀粉酶的活性越低,反之则 α -淀粉酶活性越高^[28]。 α -淀粉酶可以分解淀粉生成葡萄糖,供酵母发酵,排出CO₂气体,使馒头气孔均匀,体积膨胀,具有良好的感官品质,小麦粉的降落数值与北方馒头的硬度、咀嚼性呈显著正相关,据相关报道降落数值越大,馒头的品质就越好^[29]。孙辉^[30]的研究结果也表明,降落数值与馒头评价呈极显著正相关。

2.3.2 沉降值与馒头品质的关系

沉降值和小麦蛋白质含量、面筋含量密切相关,且沉降值对面包、馒头等制品的体积具有重要影响。有研究报道馒头高度与沉降值呈显著正相关,另外蛋白质含量和湿面筋含量对馒头高度也具有正向影响^[31]。梁静^[32]发现馒头的外观形状与蛋白质含量、湿面筋含量、沉降值和部分糊化参数均呈显著或极显著正相关,而且馒头的弹性与沉降值显著正相关。

2.3.3 粉质特性和拉伸特性与馒头品质的关系

粉质特性和拉伸特性是评价小麦粉加工制品品质的关键指标,综合表现了小麦粉在加水后面团形成以及扩展过程中的耐揉性、黏弹性和延伸性。程飞^[33]发现馒头组织结构与面团稳定时间、粉质指数、拉伸面积均呈正相关,而馒头的弹韧性则与面团形成时间和最大拉伸阻力呈显著正相关。张剑^[34]选取32个品种小麦粉测定其粉质拉

伸特性及制作的馒头品质, 研究发现稳定时间和拉伸面积与馒头得分之间呈显著正相关, 相关系数分别为 0.379 和 0.377; 与馒头比容呈极显著正相关, 相关系数分别为 0.511 和 0.589, 但对馒头的外观状态、组织结构、色泽气味等指标的影响不显著。

3 面粉中的脂类对馒头品质的影响

脂类物质在小麦粉中只占有极少的比例, 但是对面团特性、制品的加工品质具有重要影响。小麦粉中的脂类按照极性强弱可分为极性脂、中性脂和非极性脂, 在加工过程中, 直链淀粉在凝胶化过程中与脂类可结合成淀粉—脂质复合物, 淀粉的溶解性、糊化特性、流变性质都会因此受到影响; 除了与淀粉结合外, 极性脂还可以通过疏水键或氢键两种作用力与麦谷蛋白和麦醇溶蛋白结合形成面筋网络, 增加面团的硬度和弹性^[35-36]。赵永九^[37]选取 6 个品种小麦进行脱脂处理并制作馒头, 发现脱脂处理对弱筋和中高筋小麦粉的影响截然相反, 弱筋小麦粉制作的馒头体积和比容增大, 馒头硬度、黏性和咀嚼性均显著下降; 中强筋小麦粉制作的馒头则体积和比容减小, 硬度、黏性和咀嚼性增加。

4 面粉中的灰分对馒头品质的影响

灰分是小麦粉高温灼烧后的残余物, 灰分含量直接反映出小麦粉含皮层的多少以及麸皮与胚乳、胚的分离程度, 因此灰分是考察面粉加工精度的重要指标, 同时直接关系到馒头的最终色泽^[38]。我国国家标准将小麦粉按照加工精度分为四个等级, 其中小麦粉等级越高灰分含量越低。一般高灰分的面粉面筋含量高但质量不好, 制成的馒头体积、口感和弹性达不到最佳效果; 而低灰分的面粉制作的馒头外观、色泽, 都具有较好的表现, 但是低灰分的面粉取粉部位比较靠前路, 破损淀粉含量可能较高, 有时会影响馒头的口感, 所以需要根据产品的最终要求, 合理调整取粉系统, 尽量控制面粉的灰分在 0.40%~0.55%之间。吴青兰^[39]研究了脱皮率对小麦粉品质指标和馒头品质的影响, 发现随着脱皮率的增加, 小麦粉的灰分含量降低, 制作的馒头比容增加, 馒头芯

的白度明显提高, 馒头的黏弹性、色泽、组织结构均有所改善。宋琛琛^[40]指出随着加工精度降低, 面粉的灰分含量明显升高, 相应地面粉白度降低, 比容减小, 所制作的馒头色泽变差, 感官评价总分降低, 高径比先降低后升高。

5 展望

目前国内外对于面粉中的主要成分与馒头品质关系的研究已经较为深入, 尤其是集中于蛋白质对馒头品质的影响研究。然而对于面粉中的少量和微量组分, 如破损淀粉、脂类、酶类、非淀粉多糖、维生素、膳食纤维、矿物质、色素等的相关研究较少, 事实上这些微量组分给馒头带来的影响也相当重要。随着社会发展和人民生活水平的提高, 馒头专用粉的优势日渐凸显, 今后应加强面粉中的各类成分与馒头品质关系的研究, 为生产馒头专用粉和制作优质馒头提供理论依据。

参考文献:

- [1] 苏东民. 中国馒头分类及主食馒头品质评价研究[D]. 中国农业大学, 2005.
SU D M. Studies on classification and quality evaluation of staple Chinese steamed bread[D]. China Agricultural University, 2005.
- [2] DHITAL S, SHRESTHA A K, FLANAGAN B M, et al. Cryo-milling of starch granules leads to differential effects on molecular size and conformation[J]. Carbohydrate Polymers, 2011, 84(3): 1133-1140.
- [3] 王鹏林, 韩艳芳, 谭兴亮. 浅谈面粉破损淀粉含量对馒头的影 响[J]. 现代面粉工业, 2016, (6): 17-19.
WANG P L, HAN Y F, TAN X L. Discussion on the effect of broken starch content of flour on steamed bread[J]. Modern Flour Milling Industry, 2016, (6): 17-19.
- [4] CHONG L, LIMIN L, JING H, et al. Effect of mechanically damaged starch on wheat flour, noodle and steamed bread making quality[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2014, 49(1): 253-260.
- [5] ALI R, KHAN M S, SAYEED S A, et al. Relationship of damaged starch with some physicochemical parameters in assessment of wheat flour quality[J]. Pakistan Journal of Botany, 2014, 46(6): 2217-2225.
- [6] 付奎, 王晓曦, 马森, 等. 损伤淀粉对面团水分迁移及面筋网络结构影响[J]. 粮食与油脂, 2014, 27(6): 17-22.
FU K, WANG X X, MA S, et al. Influence of damaged starch on moisture migration and gluten network structure in flour[J]. Cereals & Oils, 2014, 27(6): 17-22.
- [7] 张蓓, 张剑, 李梦琴, 等. 小麦粉破损淀粉含量对面团发

- 酵性能的影响[J]. 食品与机械, 2019, 35(12): 70-74.
- ZHANG B, ZHANG J, LI M Q, et al. Effect of damaged starch content of wheat flour on fermentation characteristics of dough[J]. Food & Machinery, 2019, 35(12): 70-74.
- [8] 崔建涛. 荞麦馒头质构特性与荞麦粉糊化特性相关性研究[J]. 现代食品, 2020, 10(72): 211-213.
- CUI J T. Correlation research between texture profile properties of buckwheat steamed bread and gelatinization properties of buckwheat[J]. Modern Food, 2020, 10(72): 211-213.
- [9] 范玉顶, 李斯深, 孙海艳, 等. 利用 RIL 群体分析小麦淀粉粘度性状与馒头品质的关系[J]. 中国粮油学报, 2005, 20(1): 6-8.
- FAN Y D, LI S S, SUN H Y, et al. Relationship between starch viscosity traits of wheat and steamed bread quality for population of recombinant inbred lines (RILs)[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2005, 20(1): 6-8.
- [10] 杨二妹, 贾浩, 刘孟宜, 等. 小麦粉品质与北方馒头品质相关性研究[J/OL]. 河北农业科学: [2019-12-30]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/13.1197.S.20191230.1441.010.html>.
- YANG E M, JIA H, LIU M Y, et al. Study on correlation between quality of wheat flour and quality of northern steamed bun[J/OL]. Journal of Hebei Agricultural Sciences: [2019-12-30]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/13.1197.S.20191230.1441.010.html>.
- [11] 赵新, 王步军. 小麦蛋白质和淀粉性状与面包品质关系研究进展[J]. 食品科学, 2008, 24(12): 124-127.
- ZHAO X, WANG B J. Advances in relationship of bread quality and characteristics of protein and starch of wheat[J]. Food Science, 2008, 24(12): 124-127.
- [12] 黄峰, 殷贵鸿, 韩玉林, 等. 河南省小麦馒头品种适宜品质指标的探讨[J]. 中国农学通报, 2016, 32(4): 103-107.
- HUANG F, YIN G H, HAN Y L, et al. Wheat quality indexes suitable for good steamed bread in Henan[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2016, 32(4): 103-107.
- [13] 付苗苗. 面粉中淀粉及其组分对馒头质构特性影响的研究[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(9): 20-23.
- FU M M. Study on the relationship between starch components and texture characteristics of the steamed bread[J]. Food Research and Development, 2015, 36(9): 20-23.
- [14] 雷凡, 王月慧. 测定稻谷中 α -淀粉酶活性的两种方法的比较[J]. 分析与检测, 2014, 33(11): 152-154.
- LEI F, WANG Y H. Comparison on two methods for determination of α -amylase activity in rice[J]. Analysis and Examination, 2014, 33(11): 152-154.
- [15] BRUNEEL C, PAREYT B, BRIJS K, et al. The impact of the protein network on the pasting and cooking properties of dry pasta products[J]. Food Chemistry, 2010, 120(2): 371-378.
- [16] WANG P, CHEN H, MOHANAD B, et al. Effect of frozen storage on physico-chemistry of wheat gluten proteins: Studies on gluten-, glutenin- and gliadin-rich fractions[J]. Food Hydrocolloids, 2014, 39: 187-194.
- [17] 徐小青, 郭祯祥, 郭嘉. 麦醇溶蛋白与麦谷蛋白比值对面团特性的影响[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2020, 41(2): 27-33.
- XU X Q, GUO Z X, GUO J. Effect of the ratio of gliadin to glutenin on dough characteristics[J]. Journal of Henan University of Technology(Natural Science Edition), 2020, 41(2): 27-33.
- [18] 王香玉. 馒头制作过程中蛋白交联行为及其对品质的影响[D]. 江南大学, 2016.
- WANG X Y. Cross-linking of protein during production of Chinese steamed bread and its effect on quality thereof[D]. Jiangnan University, 2016.
- [19] SHEWRY P R, TATHAM A S. Disulphide bonds in wheat gluten proteins[J]. Journal of Cereal Science, 1997, 25(3): 207-227.
- [20] LAGRAIN B, THEWISSEN B G, BRIJS K, et al. Mechanism of gliadin-glutenin cross-linking during hydrothermal treatment[J]. Food Chemistry, 2008, 107(2): 753-760.
- [21] ZHANG P, JONDIKO T O, TILLEY M, et al. Effect of high molecular weight glutenin subunit composition in common wheat on dough properties and steamed bread quality[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2014, 94(13): 2801-2806.
- [22] 马小乐, 陈倩, 汪军成, 等. 甘肃省小麦品种(系)HMW-GS和1BL/1RS易位系测定及其对品质的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2020, 55(2): 68-75.
- MA X L, CHEN Q, WANG J C, et al. Determination of HMW-GS and 1BL/1RS translocation lines of wheat varieties of Gansu Province and the effects on quality[J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2020, 55(2): 68-75.
- [23] 曹子月, 耿艳艳, 朱守创, 等. 湿面筋对馒头品质的影响[J]. 北方农业学报, 2017, 45(6): 33-38.
- CAO Z Y, GENG Y Y, ZHU S C, et al. Effect of wet gluten on the quality of steamed buns[J]. Journal of Northern Agriculture, 2017, 45(6): 33-38.
- [24] 曹子月. 面筋对馒头加工品质影响的研究[D]. 河北工程大学, 2018.
- CAO Z Y. Effect of gluten on processing quality of steamed bread[D]. Hebei University of Engineering, 2018.
- [25] 郑玉娇, 郭晓娜, 朱科学. 面粉特性对荞麦馒头预拌粉品质的影响[J]. 食品与机械, 2019, 35(3): 27-32.
- ZHENG Y J, GUO X N, ZHU K X. Effect of wheat flour characteristics on the quality of buckwheat Chinese steamed bread premix[J]. Food & Machinery, 2019, 35(3): 27-32.
- [26] 孙祥祥, 刘长虹, 袁静怡, 等. 碱添加量对米酒酸面团及馒头品质的影响[J]. 中国酿造, 2019, 38(10): 154-157.
- SUN X X, LIU C H, YUAN J Y, et al. Effect of alkali

- addition on the quality of rice wine sour dough and steamed bread[J]. *China Brewing*, 2019, 38(10): 154-157.
- [27] 王慧洁, 张国治, 张雨. 鲜食甜玉米粉对面团特性及馒头品质的影响[J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2019, 40(6), 19-25.
 WANG H J, ZHANG G Z, ZHANG Y. Effect of fresh sweet corn flour on dough characteristics and steamed bread quality [J]. *Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition)*, 2019, 40(6): 19-25.
- [28] 韩红超. 面筋蛋白与馒头加工贮存品质相关性研究[D]. 天津科技大学, 2018.
 HAN H C. Study on the relationship between gluten and the quality of processing and storage of steamed buns[D]. *Tianjin University of Science & Technology*, 2018.
- [29] 李改婵, 魏红艳, 巩智利. 陕西地区小麦不完善粒与降落数值关系浅析[J]. *粮油仓储科技通讯*, 2019, 35(3): 46-48.
 LI G C, WEI H Y, GONG Z L. Analysis on the relationship between imperfect grain and falling value of wheat in Shaanxi[J]. *Liangyou Cangchu Keji Tongxun*, 2019, 35(3): 46-48.
- [30] 孙辉, 段晓亮, 常柳, 等. 生芽对小麦食品加工品质的影响[J]. *粮油食品科技*, 2015, 23(4): 55-58.
 SUN H, DUAN X L, CHANG L, et al. Effect of sprouting on processing quality of wheat flour products[J]. *Science and Technology of Cereals, oils and Foods*, 2015, 23(4): 55-58.
- [31] 姜艳. 小麦品种(系)主要品质性状及面条和馒头品质研究[D]. 安徽农业大学, 2015.
 JING Y. Wheat varieties (or lines) of main quality traits and noodles and steamed bread quality research[D]. *Anhui Agricultural University*, 2015.
- [32] 梁静, 陈俊, 万根文, 等. 强筋与弱筋小麦配麦面粉及馒头和面条品质的研究[J]. *西北农业学报*, 2015, 24(5): 34-40.
 LIANG J, CHEN J, WAN G W, et al. Wheat blending quality of flour and steamed bread and noodles in strong and weak gluten wheat[J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2015, 24(5): 34-40.
- [33] 程飞. 市售蒸煮类面制品专用小麦粉品质调研与分析[D]. 河南工业大学, 2016.
 CHENG F. Study on traits and processing quality properties of commercial special wheat flour for steamed and boiled food[D]. *Henan University of Technology*, 2016.
- [34] 张剑, 李梦琴, 李林叶, 等. 小麦蛋白质和粉质特性对馒头品质的影响[J]. *扬州大学学报(农业与生命科学版)*, 2007, 28(3): 64-67+76.
 ZHANG J, LI M Q, LI L Y, et al. The influence of protein and rheological properties of wheat dough on the quality of steamed bread[J]. *Journal of Yangzhou University (Agricultural and Life Science Edition)*, 2007, 28(3): 64-67+76.
- [35] HOSENEY R C, FINNEY K F, POMERANZ Y. Function (bread-making) and biochemical proteins of wheat flour components vi. gliadin-lip-glutein interaction in wheat gluten [J]. *Cereal Chem*, 1970, 47(3): 135-139.
- [36] 赵九永, 陆启玉, 孙辉. 小麦脂类研究进展[J]. *粮油食品科技*, 2010, 18(1): 1-4, 16.
 ZHAO J Y, LU Q Y, SUN H. Research progress in wheat lipids[J]. *Science and Technology of Cereals, oils and Foods*, 2010, 18(1): 1-4, 16.
- [37] 赵九永, 孙辉, 陆启玉, 等. 脱脂对小麦馒头品质的影响[J]. *中国粮油学报*, 2011, 26(11): 14-17.
 ZHAO J Y, SUN H, LU Q Y. Effects of defatting on steamed bread quality of wheat flour[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2011, 26(11): 14-17.
- [38] 纪玉洁, 纪建海. 制粉工艺与降低面粉灰分的探讨[J]. *粮食加工*, 2017, 42(3): 5-7.
 JI Y J, JI J H. Discussion on flour milling technology and reducing flour ash[J]. *Grain Processing*, 2017, 42(3): 5-7.
- [39] 吴青兰. 脱皮率对小麦粉、面团及馒头品质的影响[D]. 西北农林科技大学, 2019.
 WU J L. Effect of debranning degrees on the quality of wheat flour, dough and steamed bread[D]. *Northwest Agriculture & Forestry University*, 2019.
- [40] 宋琛琛. 面粉加工精度对传统风味馒头制作品质影响[D]. 河南工业大学, 2016.
 SONG C C. Influences on the production quality of traditional steamed bread with different processing degree[D]. *Henan University of Technology*, 2016. 