

挤压处理荞麦对面团特性和面条品质的影响

施建斌, 隋勇, 蔡沙, 何建军, 熊添, 范传会, 陈学玲, 家志文, 王少华, 蔡芳, 蒋修军, 梅新

Effect of Extruded Buckwheat Powder on Dough Characteristic and Noodle Quality

SHI Jianbin, SUI Yong, CAI Sha, HE Jianjun, XIONG Tian, FAN Chuanhui, CHEN Xueling, JIA Zhiwen, WANG Shaohua, CAI Fang, JIANG Xiujun, and MEI Xin

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2021080102>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

SPI与SPH及其复配产物对面团特性和面条品质的影响机制

Mechanism of SPI,SPH and Their Mixed Products on Dough Properties and Noodle Quality

食品工业科技. 2020, 41(3): 46-51,57

天然菊粉对面团流变学及面条品质的影响

Effect of natural inulin on dough rheological properties and noodles quality

食品工业科技. 2018, 39(4): 28-32

黄豆荞麦固态饮料配方的优化

Optimization of formula of soybean buckwheat solid beverage

食品工业科技. 2018, 39(1): 177-182

贵州秋季栽培不同荞麦品种成熟期果实中黄曲霉及其毒素的分离与鉴定

Isolation and Identification of *Aspergillus flavus* Strains and Aflatoxin in Mature-stage Fruits of Different Buckwheat Varieties Cultivated in Guizhou Autumn

食品工业科技. 2020, 41(14): 80-86

贵州主产区不同品种荞麦淀粉性能的比较

Comparative Analysis on Starch Properties of Different Buckwheat Cultivars Collected from the Major Buckwheat Planting Area in Guizhou Province

食品工业科技. 2021, 42(5): 33-38,44

大豆粉-平菇粉-麦粉为基料的面条配方优化

Optimization of Noodle Formula with Soybean Powder, *Pleurotus ostreatus* Powder and Wheat Powder

食品工业科技. 2021, 42(9): 154-159



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

施建斌, 隋勇, 蔡沙, 等. 挤压处理荞麦对面团特性和面条品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(9): 172-177. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021080102

SHI Jianbin, SUI Yong, CAI Sha, et al. Effect of Extruded Buckwheat Powder on Dough Characteristic and Noodle Quality[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(9): 172-177. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021080102

· 工艺技术 ·

挤压处理荞麦对面团特性和面条品质的影响

施建斌¹, 隋勇¹, 蔡沙¹, 何建军¹, 熊添¹, 范传会¹, 陈学玲¹, 家志文¹, 王少华¹,
蔡芳¹, 蒋修军², 梅新^{1,*}

(1.湖北省农业科学院农产品加工与核农技术研究所,湖北武汉 430064;

2.湖北金银丰食品有限公司,湖北随州 441300)

摘要:为明确挤压荞麦对混合粉面团特性和面条品质的影响,系统研究了挤压荞麦添加对混合粉溶剂保持力(solvent retention capacity, SRC)、糊化特性、热机械特性、面条蒸煮特性和质构特性等的影响。结果表明,蔗糖、碳酸钠和乳酸的 SRC 随挤压荞麦粉添加量的增加而显著增加 ($P<0.05$)。混合粉的峰值粘度、谷值粘度、衰减值、最终粘度和回生值均随着荞麦粉添加量的增加而显著降低 ($P<0.05$)。面团的吸水率、弱化度 C_1-C_2 随挤压荞麦粉添加量的增加而显著增加 ($P<0.05$)。然而,糊化特性 C_3-C_2 值和回生值 C_5-C_4 、形成时间和稳定时间都随挤压荞麦添加量的增加而减小。随挤压荞麦粉添加量的增加,面条的蒸煮吸水率减小,剪切力、拉伸强度、硬度和咀嚼性等增加。

关键词:荞麦,挤压处理,溶剂保持力,热机械特性,面条品质

中图分类号:TS232

文献标识码: B

文章编号:1002-0306(2022)09-0172-06

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2021080102



本文网刊:

Effect of Extruded Buckwheat Powder on Dough Characteristic and Noodle Quality

SHI Jianbin¹, SUI Yong¹, CAI Sha¹, HE Jianjun¹, XIONG Tian¹, FAN Chuanhui¹, CHEN Xueling¹,
JIA Zhiwen¹, WANG Shaohua¹, CAI Fang¹, JIANG Xiujun², MEI Xin^{1,*}

(1. Institute of Agro-Product Processing and Nuclear-Agricultural Technology, Hubei Academy of Agricultural Science, Wuhan 430064, China;

2. Hubei Jinyinfeng Food Co., Ltd., Suizhou 441300, China)

Abstract: To clarify the effects of extruded buckwheat on the dough properties and noodle quality of buckwheat-wheat flour, the solvent retention capacity (SRC), gelatinization, thermo-mechanical properties, cooking characteristics, texture characteristics were comprehensively studied. The results showed that sucrose, sodium carbonate and lactic acid SRC significantly increased with the addition of buckwheat flour ($P<0.05$). However, peak viscosity, minimum viscosity, breakdown value, final viscosity and setback value decreased significantly ($P<0.05$). The water absorption, weakening degree C_1-C_2 of dough increased significantly with the addition of extruded buckwheat. However, the gelatinization characteristic C_3-C_2 value, setback C_5-C_4 value, development and stability time decreased with the addition of extruded buckwheat. Cooking water absorption of noodle decreased with the addition of extruded buckwheat. However, the shear force, tensile strength, hardness and chewiness increased with the addition of extruded buckwheat.

Key words: buckwheat; extrusion treatment; solvent retention capacity; thermal mechanical characteristics; noodle properties

收稿日期: 2021-08-11

基金项目: 湖北省重点研发计划项目(2020BBB064)。

作者简介: 施建斌(1984-),男,博士,副研究员,主要从事粮食加工及副产物加工利用方面的研究,E-mail: shijianbin1022@126.com。

* 通信作者: 梅新(1978-),男,博士,研究员,主要从事粮食加工及副产物加工利用方面的研究,E-mail: meixin0898@163.com。

荞麦起源于中国, 现在主要在亚洲、欧洲和美洲种植^[1], 在小麦产量较低时, 荞麦是亚洲和欧洲部分国家的主要粮食作物。根据世界粮农组织的数据, 2020 年全球荞麦产量为 161 万吨, 种植面积为 167 万公顷; 我国荞麦产量为 43 万吨, 种植面积为 50 万公顷。荞麦营养成分与小麦相似, 淀粉(58.3%~73.5%)、蛋白(10%~14.5%)、膳食纤维(9.3%~10.9%)和脂肪(2.0%~2.6%)是其主要成分^[2-4]。除此之外, 荞麦中还含有多酚类物质, 主要为儿茶素、槲皮素、芦丁、金丝桃苷等, 具有很好的抗氧化、抗肿瘤、降压和消炎等作用^[5-6]。近年来越来越多的研究将荞麦制备成为全谷物的食物, 并发现其可改善产品的营养特性。JIA 等^[7]发现荞麦的添加能够降低面条还原糖的释放水平。WOLTER 等^[8]对比荞麦、燕麦、藜麦、高粱、画眉草粉制备的全谷物面包体外消化特性和血糖指数发现, 全谷物能降低总可利用碳水化合物、水解指数、血糖指数和血糖负荷, 其中, 荞麦的各项指标分别为 1171 mg/4 g、73、80 和 8。荞麦添加量的增加能降低米粉预测血糖指数和快速消化淀粉的含量, 提高抗性淀粉含量^[9]。

面条是我国传统主食, 是荞麦全谷物主食化的重要载体。但是, 由于荞麦蛋白质主要由水溶性的清蛋白和盐溶性的球蛋白和谷蛋白组成, 麦粉无法形成与小麦粉相似的面筋网络结构, 和面后不能形成紧密的可以膨胀的有黏弹性的面筋网络结构, 过量的荞麦粉导致面团的弹性、韧性和延伸性下降, 从而导致面条品质变差^[10-11], 荞麦粉在小麦粉中加入比例较高(10%~30%)时, 面条的蒸煮断条率和损失率较高^[12-14]。为了提高荞麦面条品质, 可以通过预糊化对荞麦原料进行处理以提升面条的加工品质和口感。原料通过预糊化处理后, 淀粉分子氢键被打断, 胶束结构被破坏, 荞麦粉的吸水性、膨胀性和凝胶增加, 预糊化后的淀粉能够促进各组分之间的粘附, 提升面团的强度^[10, 15]。CHENG 等^[16]认为荞麦挤压处理后破坏了淀粉的形态和结晶结构, 可以诱导形成淀粉网络, 在制备面条、面包、即食早餐麦片等方面潜力巨大。陈媛媛等^[17]发现随着糊粉的添加量的增加, 面团的吸水率、形成时间和弱化度显著增加, 面团的稳定时间显著降低; 面条硬度值显著提高, 弹性和胶黏性显著降低。而挤压处理后的荞麦粉添加对小麦粉面团特性和面条品质的影响还不明确, 因此, 本文采用挤压膨化工艺对荞麦进行处理, 研究挤压处理后的荞麦粉添加对面团特性和面条品质的影响。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

五得利高筋小麦粉 五得利面粉集团公司, 经测定面粉中淀粉 59.37%、蛋白 10.43%、脂肪 0.93%、灰分含量 0.32%; 去壳荞麦米 五常彩桥米业有限公司; 乳酸、蔗糖、碳酸钠 分析纯, 国药集团化学试剂有限公司。

DS-32 双螺杆挤压膨化机 济南赛信机械有限公司; FC1-220 型电动压面机 武汉丰创机械设备有限公司; TA-XTPlus 质构仪 英国 Stable Micro System; RAV 4500 快速粘度测定仪 瑞典波通科技公司; Mixolab 2 混合试验仪 法国肖邦技术公司; 和面机、粉碎机、电磁炉等为实验室常规仪器设备。

1.2 实验方法

1.2.1 荞麦挤压预处理 荞麦经过常规粉碎后过 60 目筛网, 通过挤压膨化机进行挤压处理, 挤压原料的水分分为 14%, 挤压膨化机一区、二区和三区的温度分别为 50、120 和 160 °C。挤压处理后的样品经粉碎后过 80 目筛网备用; 经过测定挤压后荞麦中淀粉、蛋白、脂肪、灰分、水分含量分别为 60.98%、12.41%、2.43%、1.77%、11.5%, 糊化度为 85.32%。

1.2.2 荞麦面条制备 称取不同质量的挤压荞麦粉与面粉混合, 制成含有 0%、4%、8%、12%、16%、20% 荞麦粉的混合粉。在混合粉中加入适量水, 和面 8~10 min, 熟化 30 min。熟化结束后先后用压面机在压辊轧距间隙 3 mm 和 2 mm 处压片, 压片—合片—压片, 反复 5 次, 最后在压辊轧距间隙 2.0 mm 处压片然后切成直径 2.0 mm 圆面条, 室温晾干备用。

1.2.3 混合粉溶剂保持能力(SRC, solvent retention capacity) 参照 GB/T 35866-2018 粮油检验 小麦粉溶剂保持力的测定 中的方法进行测定。基本操作如下: 准确称量的 5.000 g 混合粉(m)于已称重的离心管(m₁)中并加入 25.00 g 溶液(去离子水、50% 蔗糖溶液(质量分数)、5% 碳酸钠溶液(质量分数)、5% 乳酸溶液(质量分数)), 剧烈摇动使其混合均匀, 置于试管架上膨胀 20 min, 期间在 5、10、15、20 min 时快速摇动 5 s。最后一次摇动后, 在 1000 g 离心力下离心 15 min, 弃上清液后将试管倒立 10 min 称重(m₂), 测定之前测定混合粉水分 M₁, 按照式(1)计算 SRC:

$$SRC(\%) = \left(\frac{m_2 - m_1}{m} \times \frac{100 - 14}{100 - M_1} - 1 \right) \times 100 \quad \text{式 (1)}$$

1.2.4 混合粉糊化特性测定 参照 GB/T 24853-2010 小麦、黑麦及其粉类和淀粉糊化特性测定 快速粘度仪法中的方法进行测定。基本操作如下: 称取 2.5 g 混合粉(湿基水分质量分数 14%), 加 25 mL 去离子水, 0~20 s 在 960 r/min 条件下从室温加热至 25 °C, 然后在 160 r/min 条件下恒温 60 s, 在 840 s 内逐渐升温至 95 °C 后恒温 600 s, 570 s 内降温至 50 °C 后恒温 570 s, 根据糊化曲线计算峰值黏度、谷值黏度、衰减值、最终黏度、回生值。

1.2.5 混合粉热机械特性测定 采用 Mixolab 2 对混合粉的热机械特性进行测定, 试验协议为 Chopin⁺, 搅拌刀转速为 80 r/min, 面团质量为 75 g, 水箱温度为 30 °C, 目标扭矩为(1.1±0.05)N·m。运行过程中温度设置分为三个阶段, 第一阶段(恒温阶

段), 30 ℃ 保持 8 min; 第二阶段(升温阶段), 以 4 ℃/min 升温到 90 ℃, 并在此温度下保持 10 min; 第三阶段(降温阶段), 以 4 ℃/min 从 90 ℃ 降温到 50 ℃, 并在此温度下保持 5 min。

1.2.6 荞麦面条蒸煮特性测定 对荞麦面条最佳蒸煮时间、蒸煮断条率、蒸煮吸水率和蒸煮损失率按照如下的方法进行测定:

最佳蒸煮时间: 取 20 根长 20 cm 的面条, 放入沸腾的蒸馏水中煮一段时间后每隔半分钟挑起一根面条, 用刀切开, 直至面条中间的白芯全部消失, 记录时间, 即为面条的最佳蒸煮时间。

蒸煮断条率: 取 40 根 20 cm 的面条置于 1 L 沸水中, 在最佳蒸煮时间下煮制, 结束后用竹筷将面条轻轻挑出, 计算断裂面条数量, 按照式(2)计算面条蒸煮断条率。

$$\text{断条率}(\%) = \frac{\text{断条数}}{\text{煮制总根数}} \times 100 \quad \text{式(2)}$$

蒸煮吸水率和蒸煮损失率: 取 20 g 面条并计算其干重 W_1 , 置于 1 L 沸水中, 在最佳蒸煮时间下煮制, 结束用漏勺将面条捞出沥水后称重 W_2 , 然后将其放入烘箱中烘到恒重 W_3 , 分别按式(3)和(4)计算蒸煮吸水率和蒸煮损失率:

$$\text{蒸煮吸水率}(\%) = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \quad \text{式(3)}$$

$$\text{蒸煮损失率}(\%) = \frac{W_1 - W_3}{W_1} \times 100 \quad \text{式(4)}$$

1.2.7 面条质构特性分析 面条在最佳蒸煮时间下蒸煮后, 过凉水 10 s, 采用以下几种方式对面条质构进行分析:

TPA 测定: 探头型号: P36/R。参数设定: 模式: 压缩; 测试前运行速度: 1 mm/s; 测试速度: 5 mm/s; 测试结束返回速度: 5 mm/s; 压缩程度: 75%; 触发形式: 自动-5 g。每次把 3 根面条水平放置于载物台上对每个试样作 6 次平行实验。

剪切力测定: 探头型号: A/LKB-F。参数设定: 模式: 压缩; 测试前运行速度: 2 mm/s; 测试速度: 0.8 mm/s; 测试结束返回速度: 0.8 mm/s; 压缩程度: 90%; 触发形式: 自动-3 g。每次把 3 根面条水平放置于载物台上, 面条之间要有一定的间隔。对每个试样作 6 次平行实验。

拉伸强度测定: 探头型号: Code A/SPR。参数设定: 模式: 拉伸; 测试前速度: 2 mm/s; 测试速度: 2 mm/s; 测试结束返回速度: 10 mm/s; 触发距离: 100 mm; 触发形式: Auto-0.5 g。每次将一根面条缠绕固定在两个平行的摩擦轮之间(面条在被拉的过程中不能够松动), 上面的轮子匀速的向上拉伸面条, 直至面条断裂。对每个试样作 6 次平行实验。

1.3 数据处理

试验重复 3 次, 结果用平均值±标准差($\bar{x} \pm s$)表

示, 列表或采用 Origin 2018 对所得数据进行作图处理。用 SPSS 通过一元方差分析(One-Way ANOVA)进行多个组间平均数的比较, 如果组间存在显著性差异($P < 0.05$), 则采用 Duncan 检验进行组间多重比较。

2 结果与分析

2.1 挤压荞麦粉添加对混合粉溶剂保持力的影响

挤压荞麦粉添加对混合粉溶剂保持力的影响见表 1。从表中能看出随着荞麦粉添加量的增加, 蔗糖、碳酸钠和乳酸 SRC 显著增加($P < 0.05$), 添加量为 20% 时最大, 分别为 182.66%、223.02% 和 177.99%; 水 SRC 在挤压荞麦粉添加量为 16% 时最大为 102.62%, 但是与添加量为 20% 时没有显著性差异($P > 0.05$)。荞麦中含有较多的膳食纤维, 通过挤压可以提升可溶性膳食纤维的含量; 此外, 挤压过程中淀粉发生糊化, 淀粉发生破裂。因此, 将挤压后的荞麦粉添加到小麦粉将会增加戊聚糖(如, 聚阿拉伯糖木糖), 同时糊化后的淀粉将会增加混合粉中破损淀粉含量但是也起到胶黏剂的作用, 有利于面筋网络的溶胀和形成, 提升混合粉蔗糖、碳酸钠和乳酸 SRC^[18-19]。而小麦-荞麦混粉作为一个复杂的混合体系, 淀粉含量、膳食纤维含量、蛋白含量和组成都将对水 SRC 具有影响, 因此, 水 SRC 随添加量的增加规律性不强^[20]。有研究认为 SRC 值反映面条的力学特性^[21], 乳酸 SRC 与弹性模量、断裂位移、断裂应力、硬度、咀嚼性之间均呈显著正相关, 与蒸煮损失率呈极显著负相关; 蔗糖 SRC 与断裂应力、咀嚼性、蒸煮损失率之间均呈显著相关; 碳酸氢钠 SRC 与内聚性、弹性、面条吸水率之间均呈显著或极显著相关; 水 SRC 与挂面品质指标之间相关性均不显著。

表 1 挤压荞麦粉添加对混合粉溶剂保持力的影响(%)

Table 1 Effect of extruded buckwheat addition on SRC for mixed powder (%)

添加量(%)	水SRC	蔗糖SRC	碳酸钠SRC	乳酸SRC
0	68.26±5.73 ^c	96.58±0.34 ^f	94.16±1.24 ^f	98.73±5.93 ^f
4	84.59±6.56 ^b	122.23±3.75 ^e	108.69±1.97 ^e	133.78±2.43 ^e
8	67.27±0.85 ^c	144.69±6.97 ^d	137.31±2.13 ^d	143.15±3.60 ^d
12	68.18±4.05 ^c	156.86±3.75 ^e	169.38±8.51 ^c	153.98±0.48 ^c
16	102.62±10.86 ^a	167.69±0.51 ^b	201.67±0.73 ^b	165.62±1.76 ^b
20	95.07±2.77 ^{ab}	182.66±0.31 ^a	223.02±2.55 ^a	177.99±5.38 ^a

注: 同列不同小写字母表示差异显著, $P < 0.05$; 表2-表5同。

2.2 挤压荞麦粉添加对混合粉糊化特性的影响

挤压荞麦粉添加对混合粉糊化特性的影响见表 2。从表中可以看出, 随着挤压荞麦粉添加量的增加, 峰值粘度、谷值粘度、衰减值、最终粘度、回生值和峰值时间都呈下降趋势。峰值粘度、谷值粘度和最终粘度在添加量为 20% 时仅为小麦粉的 49.88%、52.11% 和 50.60%。糊化是淀粉加热后, 淀粉颗粒开始破坏、晶体结构消失、并形成具有黏性的糊状物的过程。荞麦在挤压过程中通过高温、高压、高剪切力的作用使淀粉糊化, 再次加热过程中不会发生吸水溶

表 2 挤压荞麦粉添加对混合粉糊化特性的影响

Table 2 Effect of extruded buckwheat addition on pasting properties for mixed powder

添加量 (%)	峰值粘度 (cP)	谷值粘度 (cP)	衰减值 (cP)	最终粘度 (cP)	回生值 (cP)	峰值时间 (min)
0	270.67±5.51 ^a	236.67±8.33 ^a	34.00±3.00 ^a	471.00±11.53 ^a	234.33±3.21 ^a	9.27±0.12 ^a
4	222.33±5.03 ^b	197.00±5.00 ^b	25.33±0.58 ^b	396.67±8.50 ^b	199.67±3.51 ^b	9.25±0.04 ^a
8	190.00±4.58 ^c	169.00±4.36 ^c	21.00±1.00 ^c	339.00±9.64 ^c	170.00±5.29 ^c	9.09±0.03 ^b
12	177.67±3.79 ^d	159.67±5.69 ^d	18.00±2.00 ^{cd}	309.33±4.04 ^d	149.67±2.08 ^d	9.02±0.04 ^b
16	153.33±2.08 ^e	138.33±3.51 ^e	15.00±1.73 ^d	270.67±5.13 ^e	132.33±2.08 ^e	8.93±0.00 ^c
20	135.00±1.73 ^f	123.33±0.58 ^f	11.67±1.53 ^e	238.33±3.79 ^f	115.00±3.46 ^f	8.85±0.04 ^c

胀, 因此各糊化指标有所下降^[22]。添加挤压荞麦粉后混合粉衰减值和回生值显著降低 ($P < 0.05$), 添加量为 20% 时分别为 11.67 cP 和 115.00 cP。衰减值反映了淀粉颗粒在加热过程中的稳定性, 数值越大说明越不稳定; 而回生值反映了淀粉降温过程中老化的程度, 数值越大表明其越易回生^[23], 说明挤压膨化荞麦粉替代部分小麦粉使得面团中淀粉在糊化过程中更加稳定, 不易回生。

2.3 挤压荞麦粉添加对混合粉面团热机械特性的影响

挤压荞麦粉添加对混合粉面团热机械特性的影响见表 3。从表中可以看出, 随着挤压荞麦粉添加量的增加, 面团的吸水率增加, 未添加时吸水率为 56.80%, 添加量为 20% 时吸水率为 65.00%。面团的形成时间和稳定时间都随着挤压荞麦粉添加量的增加而减小, 添加量范围为 0%~8% 时, 形成时间和稳定时间显著降低 ($P < 0.05$), 分别降低了 74.25% 和 60.81%; 之后随着添加量的增加下降幅度降低, 在添加量为 20% 时最低, 分别为 0.72 min 和 1.09 min。面团吸水率的增加主要因为荞麦在挤压过程中淀粉发生糊化, 随着荞麦粉添加量的增加面团吸水率增加。有研究发现在小麦粉中添加生荞麦粉, 面团的吸水率随着添加量增加缓慢下降, 添加量为 20% 时吸水率与空白相比降低 1.6%^[24], 而荞麦通过挤压处理后吸水率从 55.6% 增加到 114.5%^[25]。虽然挤压荞麦粉的添加能够提高面团的吸水率, 但是会导致面筋蛋白的稀释, 造成面团形成时间和稳定时间大大降低, 这与前人研究结论相似^[26]。这种荞麦粉添加对面团的弱化作用也表现在面团的弱化度 C_1-C_2 值上, 随着挤压荞麦粉添加量的增加弱化度 C_1-C_2 值从 0.68 N·m 增加到 0.97 N·m。淀粉糊化特性 C_3-C_2 值和回生特性 C_5-C_4 值都随着挤压荞麦粉添加量的增加而减小, 表明面团中淀粉的糊化特性降低、不易回

生, 这与混合粉糊化特性的结果一致。挤压膨化处理后淀粉的糊化导致吸水膨胀后摩擦力减小, 扭矩减小; 同时因糊化导致的面团高吸水率能够减缓水分迁移速度和淀粉重新排列缔合能力^[27]。添加挤压荞麦粉面团的指数剖面图见图 1。从图中可以看出, 随着挤压荞麦粉添加量的增加, 面团的吸水指数、面筋指数增加; 而混合指数、粘度指数、淀粉酶指数和回生指数下降。这说明添加荞麦后面团吸水率增加、面筋网络耐热能力增加, 面团稳定性、粘度、酶活降低, 而产品不易回生, 货架期较长^[28]。

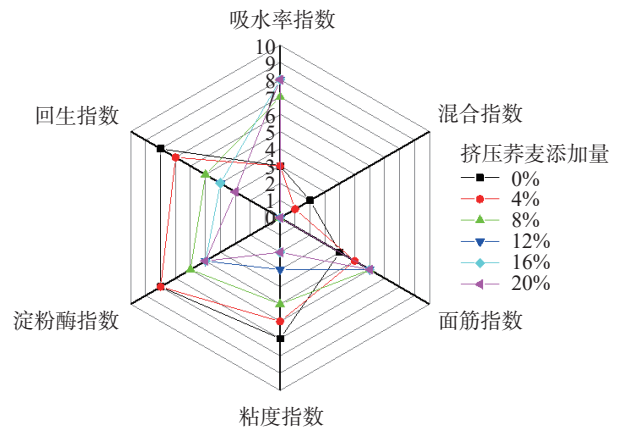


图 1 不同挤压荞麦添加的混合粉面团指数
Fig.1 Index profile of dough with different extruded buckwheat addition

2.4 挤压荞麦粉添加对面条蒸煮特性的影响

挤压荞麦粉添加对面条蒸煮特性的影响见表 4。从表中可以看出, 随着荞麦添加量的增加, 蒸煮时间变化不大, 断条率小于 5%。蒸煮吸水率随着荞麦添加量的增加总体呈减小的趋势, 添加量为 16% 时最小为 148.36%, 而蒸煮损失率呈现先增加后减小再增加的趋势, 添加量 12% 时蒸煮损失率最大为 9.46%。

表 3 挤压荞麦粉添加对混合粉面团热机械特性的影响

Table 3 Effect of extruded buckwheat addition on thermomechanical characteristic for dough

添加量 (%)	吸水率 (%)	形成时间 (min)	稳定时间 (min)	C_1-C_2 (N·m)	C_3-C_2 (N·m)	C_5-C_4 (N·m)
0	56.80±0.35 ^c	3.34±0.18 ^a	5.87±0.23 ^a	0.68±0.01 ^f	1.47±0.01 ^a	1.13±0.04 ^a
4	57.00±0.00 ^c	1.36±0.07 ^b	3.57±0.14 ^b	0.81±0.01 ^e	1.39±0.01 ^b	0.94±0.02 ^b
8	60.90±0.00 ^d	0.86±0.06 ^c	2.30±0.09 ^c	0.84±0.02 ^d	1.28±0.02 ^c	0.70±0.03 ^c
12	62.57±0.23 ^c	0.81±0.05 ^c	2.07±0.06 ^c	0.88±0.01 ^c	1.14±0.01 ^d	0.59±0.02 ^d
16	64.00±0.00 ^b	0.72±0.06 ^c	1.57±0.15 ^d	0.93±0.02 ^b	0.98±0.00 ^c	0.55±0.01 ^c
20	65.00±0.00 ^a	0.72±0.02 ^c	1.09±0.01 ^e	0.97±0.02 ^a	0.86±0.01 ^f	0.53±0.01 ^c

表4 挤压荞麦粉添加对面条蒸煮特性的影响

Table 4 Effect of extruded buckwheat addition on cooking properties of noodle

添加量(%)	蒸煮时间(min)	断条率(%)	蒸煮吸水率(%)	蒸煮损失率(%)
0	5	0.25	188.45±8.04 ^a	3.22±0.45 ^d
4	5	2.5	175.12±2.41 ^{bc}	5.57±0.38 ^c
8	5.5	5	183.31±10.51 ^{ab}	8.17±1.37 ^{ab}
12	6	0	170.98±1.15 ^c	9.46±1.03 ^a
16	5	0	148.36±3.75 ^d	2.45±1.25 ^d
20	5.5	0	149.72±4.51 ^d	6.51±1.78 ^c

表5 挤压荞麦粉添加对面条质构特性的影响

Table 5 Effect of extruded buckwheat addition on textural properties of noodle

添加量(%)	剪切力(g)	拉伸强度(g)	拉伸距离(mm)	硬度(g)	黏性(g·s)	回复性	弹性	咀嚼性(g)
0	144.66±12.21 ^d	25.56±3.87 ^b	54.02±9.86 ^{ab}	3766.31±304.54 ^d	-16.99±1.32 ^c	53.03±1.50 ^a	87.39±4.96 ^a	2525.76±76.58 ^e
4	157.04±4.72 ^{cd}	27.30±2.01 ^b	50.72±11.65 ^b	4071.82±449.87 ^d	-20.3±0.62 ^{bc}	45.34±1.41 ^b	89.60±0.41 ^a	2803.37±298.04 ^d
8	169.39±9.18 ^c	27.24±1.09 ^b	51.94±6.96 ^b	4741.53±182.25 ^c	-30.63±2.42 ^a	34.52±0.25 ^d	89.14±0.31 ^a	2871.73±105.38 ^d
12	213.41±6.92 ^b	32.05±2.00 ^a	51.48±3.70 ^b	5553.86±239.80 ^b	-31.2±3.85 ^a	39.35±0.43 ^c	88.57±0.17 ^a	3558.62±51.59 ^e
16	222.60±1.86 ^b	34.24±0.24 ^a	62.36±2.52 ^{ab}	5647.23±147.23 ^b	-23.96±0.79 ^b	45.74±1.93 ^b	88.89±0.25 ^a	4198.20±210.84 ^b
20	287.64±10.77 ^a	31.60±1.87 ^a	64.44±2.31 ^a	6385.79±220.11 ^a	-30.55±5.67 ^a	47.25±1.52 ^b	89.86±0.67 ^a	4635.59±177.89 ^a

添加生荞麦粉制成的面条,其蒸煮吸水率、断条率、蒸煮损失率增加^[28],这主要是因为荞麦的添加会破坏小麦粉面筋网络结构的形成,淀粉颗粒容易溶出,蒸煮特性降低。但是,在对混合粉溶剂保持力和热机械特性的研究中发现,随着荞麦粉添加量的增加吸水率增加,但是面条蒸煮特性表明随着荞麦粉添加量的增加蒸煮吸水率减小,这可能是蒸煮过程中面条外层已经糊化的荞麦粉快速吸水形成了阻水层从而抑制了面条在后续蒸煮过程中的吸水,这与前人认为糊化后的淀粉可以形成稳定、均匀和致密凝胶网络的观点相同^[16, 29]。

2.5 挤压荞麦粉添加对面条质构特性的影响

挤压荞麦粉添加对面条质构特性的影响见表5。从表中可以看出,熟面条剪切力、硬度和咀嚼性随着挤压荞麦粉添加量的增加呈现增加的趋势。面条的拉伸强度随着荞麦添加量的增加先增加后减小,拉伸强度在添加量为16%时最大为34.24 g;而拉伸距离随着添加量的增加先减小后增加,添加量4%时拉伸距离最小为50.72 mm。面条黏性随着添加量的增加呈现先增加后减小的趋势,回复性先减小后增加,而弹性之间没有显著性差异($P>0.05$)。WANG等^[30]通过在小麦粉中添加经过挤压处理具有不同粘度的荞麦粉发现,面条的硬度、回复性、黏性、咀嚼性相对于添加生荞麦粉制备的面条显著升高,这与本研究结果基本相同。

3 结论

在小麦中添加挤压处理的荞麦后,随着添加量的增加混合粉的蔗糖、碳酸钠和乳酸 SRC 显著增加($P<0.05$);峰值粘度、谷值粘度、衰减值、最终粘度和回生值显著减小($P<0.05$);混和粉面团吸水率显著增加($P<0.05$),从56.80%增加到65.00%;糊化特性 C_3-C_2 值、回生值 C_5-C_4 、形成时间和稳定时间都随

挤压荞麦添加量的增加而减小;弱化度 C_1-C_2 值随挤压荞麦添加量的增加而显著增加($P<0.05$)。面团剖面图显示添加荞麦粉后面团吸水率增加、面筋网络耐热能增加,面团稳定性、粘度、酶活降低,而产品不易回生。随挤压荞麦粉添加量的增加面条的蒸煮吸水率减小、剪切力、拉伸强度、硬度和咀嚼性增加。

参考文献

- [1] GAO L C, WANG H L, WAN C X, et al. Structural, pasting and thermal properties of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) starches affected by molecular structure[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2020, 156: 120–126.
- [2] ZHU F. Buckwheat proteins and peptides: Biological functions and food applications[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2021, 110: 155–167.
- [3] RAGUINDIN P, ADAM I O, STOYANOV J, et al. A systematic review of phytochemicals in oat and buckwheat[J]. *Food Chemistry*, 2021, 338: 127982.
- [4] CAI Y, CORKE H, WANG D, et al. Buckwheat: Overview[Z]. Oxford: Academic Press, 2016: 307–315.
- [5] MARTÍN-GARCÍA B, VERARDO V, DIAZ D C E, et al. Air classification as a useful technology to obtain phenolics-enriched buckwheat flour fractions[J]. *LWT*, 2021, 150: 111893.
- [6] PARK B, KIM J, LEE K, et al. Flavonoids in common and tartary buckwheat hull extracts and antioxidant activity of the extracts against lipids in mayonnaise[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2019, 56(5): 2712–2720.
- [7] JIA B, YAO Y J, LIU J F, et al. Physical properties and *in vitro* starch digestibility of noodles substituted with tartary buckwheat flour[J]. *Starch-Stärke*, 2019, 71: 1800314.
- [8] WOLTER A, HAGER ANNA-SOPHIE, ZANNINI E, et al. *In vitro* starch digestibility and predicted glycaemic indexes of buckwheat, oat, quinoa, sorghum, teff and commercial gluten-free bread[J]. *Journal of Cereal Science*, 2013, 58(3): 431–436.

- [9] FU M X, SUN X Y, WU D, et al. Effect of partial substitution of buckwheat on cooking characteristics, nutritional composition, and *in vitro* starch digestibility of extruded gluten-free rice noodles [J]. *LWT*, 2020, 126: 109332.
- [10] 高海燕, 祝海洋, 闫利纳, 等. 复合改良剂在荞麦面条中的应用研究 [J]. *食品工业*, 2012, 33(1): 68-70. [GAO Haiyan, ZHU Haiyang, YAN Lina, et al. Application of composite improvers in buckwheat noodles [J]. *Food Industry*, 2012, 33(1): 68-70.]
- [11] 高国祥, 孙君庚, 阴志刚. 荞麦粉对荞麦挂面品质影响 [J]. *食品工业*, 2020, 41(2): 194-197. [GAO Guoxiang, SUN Jungeng, YIN Zhigang. The effect of buckwheat flour on buckwheat noodles quality [J]. *Food Industry*, 2020, 41(2): 194-197.]
- [12] OBADI M, CHEN Y, QI Y J, et al. Effects of different pregelatinized starch on the processing quality of high value-added Tartary buckwheat noodles [J]. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 2020, 14(6): 3462-3472.
- [13] SEDEJ I, SAKAČ M, MANDIĆ A, et al. Quality assessment of gluten-free crackers based on buckwheat flour [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2011, 44(3): 694-699.
- [14] GUO X, YAO H. Fractionation and characterization of tartary buckwheat flour proteins [J]. *Food Chemistry*, 2006, 98(1): 90-94.
- [15] SUN X J, LI W H, HU Y Y, et al. Comparison of pregelatinization methods on physicochemical, functional and structural properties of tartary buckwheat flour and noodle quality [J]. *Journal of Cereal Science*, 2018, 80: 63-71.
- [16] CHENG W W GAO L, WU D, et al. Effect of improved extrusion cooking technology on structure, physicochemical and nutritional characteristics of physically modified buckwheat flour: Its potential use as food ingredients [J]. *LWT*, 2020, 133: 109872.
- [17] 陈媛媛, 李华. 小麦糊粉对面团特性及面条品质的影响 [J]. *粮食与油脂*, 2021, 34(5): 43-46. [CHEN Yuanyuan, LI Hua. Effect of wheat aleurone on dough characteristics and noodle quality [J]. *Cereals & Oils*, 2021, 34(5): 43-46.]
- [18] DUYVEJONCK A, LAGRAIN B, PAREYT B, et al. Relative contribution of wheat flour constituents to solvent retention capacity profiles of European wheats [J]. *Journal of Cereal Science*, 2011, 53(3): 312-318.
- [19] ZHANG K L, LI X P, MA Z, et al. Solvent retention capacity of oat flour: Relationship with oat β -glucan content and molecular weight [J]. *Food Hydrocolloids*, 2019, 93: 19-23.
- [20] JEON S, BAIK B, KWEON M. Solvent retention capacity application to assess soft wheat flour quality for making white-salted noodles [J]. *Cereal Chemistry*, 2019, 96(3): 497-507.
- [21] 姜松, 贾丹凤, 伍娟. 小麦粉溶剂保持力特性与挂面力学性质的关系 [J]. *食品科学*, 2016, 37(19): 112-116. [JIANG Song, JIA Danfeng, WU Juan. Relationships between solvent retention capacity of wheat flour and mechanical properties of dried noodles [J]. *Food Science*, 2016, 37(19): 112-116.]
- [22] 徐斌, 孙伊琳, 刘淑一, 等. 预糊化处理对高含量燕麦挂面品质的影响 [J]. *现代食品科技*, 2019, 35(6): 139-144. [XU Bin, SUN Yilin, LIU Shuyi, et al. Effect of pregelatinization on the quality of noodles with a high oat flour content [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2019, 35(6): 139-144.]
- [23] 王军, 程晶晶, 王周利, 等. 黑小豆超微全粉对面团流变学特性及馒头品质的影响 [J]. *中国食品学报*, 2019, 19(1): 103-110. [WANG Jun, CHENG Jingjing, WANG Zhouli, et al. Effect of superfine grinded whole black kidney bean powder on rheological properties of flour dough and quality of steamed bread [J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2019, 19(1): 103-110.]
- [24] 田海娟, 朱珠, 高筠鹏, 等. 荞麦粉对面团特性及面包品质的影响 [J]. *粮食与油脂*, 2018, 31(12): 25-27. [TIAN Haijuan, ZHU Zhu, GAO Yunpeng, et al. Effect of buckwheat flour on dough properties and bread quality [J]. *Cereals & Oils*, 2018, 31(12): 25-27.]
- [25] 孙晓静, 彭飞, 许妍妍, 等. 挤压预糊化对苦荞面团流变学性质及芦丁降解的影响 [J]. *中国粮油学报*, 2017, 32(6): 46-51. [SUN Xiaojing, PENG Fei, XU Yanyan, et al. Effect of extrusive pre-gelatinization on the rheological properties and rutin degradation of tartary buckwheat dough [J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2017, 32(6): 46-51.]
- [26] 胡云峰, 苏利, 路敏, 等. 荞麦粉对面团流变学特性和馒头品质的影响研究 [J]. *粮食与油脂*, 2016, 29(4): 52-55. [HU Yunfeng, SU Li, LU Min, et al. Study on the effects of buckwheat flour on paste rheological characteristic and steamed bread quality [J]. *Journal of Cereals & Oils*, 2016, 29(4): 52-55.]
- [27] 吉梦莹, 周星杰, 梁广忠, 等. 添加挤压膨化燕麦粉对小麦面团性质及面包品质的影响 [J]. *食品工业*, 2017, 38(11): 91-95. [JI Mengying, ZHOU Xingjie, LUAN Guangzhong, et al. Effect of the addition of extruded oat flours on the properties of wheat-oat-dough and quality of bread [J]. *Food Industry*, 2017, 38(11): 91-95.]
- [28] 周小理, 马思佳, 朱思怡, 等. 苦荞-小麦混合粉面团特性及其鲜湿面条的研制 [J]. *现代食品科技*, 2021, 37(8): 168-175. [ZHOU Xiaoli, MA Sijia, ZHU Siyi, et al. Characteristics of tartary buckwheat flour dough and development of fresh and wet noodles [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2021, 37(8): 168-175.]
- [29] ZHANG H, MENG Y J, LIU X L, et al. Effect of extruded mung bean flour on dough rheology and quality of Chinese noodles [J]. *Cereal Chemistry*, 2019, 96(5): 836-846.
- [30] WANG R B, LI M, CHEN S Q, et al. Effects of flour dynamic viscosity on the quality properties of buckwheat noodles [J]. *Carbohydrate Polymers*, 2019, 207: 815-823.