

苦荞-小麦混合粉面团特性及其鲜湿面条的研制

周小理^{1,2}, 马思佳¹, 朱思怡¹, 姜玥¹, 李云龙³, 周一鸣¹

(1. 上海应用技术大学香料香精技术与工程学院, 上海 201418) (2. 上海应用技术大学, 美丽中国与生态文明研究院, 海高校智库, 上海 201418) (3. 山西省农业科学院农产品加工研究所, 山西太原 030031)

摘要: 探讨不同比例的苦荞粉和小麦粉对小麦粉面团流变学特性及其鲜湿面条品质的影响, 为后续加工应用提供理论依据。本研究通过混合实验仪和吹泡仪测定面团流变学特性, 分析混合粉面团内淀粉和蛋白质的相互作用, 以鲜湿面条的微观结构、感官评价、蒸煮品质和质构特性为评价指标, 寻找苦荞粉的最佳添加比例。结果表明: 在未添加任何添加剂的情况下, 随着苦荞粉添加量的增加, 面团的吸水率不断降低, 形成时间和稳定时间逐渐增大, 苦荞粉添加量 $\leq 30\%$ 时, 能够改善产品的质量, C3-C4 值降低到 0.08 N·m, C3-C2 值增加到 1.33 N·m, C5-C4 值降低到 0.51 N·m; 同时, 鲜湿面条的品质也逐渐变差, P 值增大至 73.7 nm, L 值和 W 值分别降低至 5.3 nm 和 16 nm, 当苦荞粉添加量 $\geq 30\%$ 时, 无弹性。而根据面条的微观结构、蒸煮品质以及质构的分析, 苦荞粉为 10%时, 面条不仅保持了良好口感(感官评分为 83 分), 而且具有较好的品质(熟断条率为 6.67%, 蒸煮损失为 6.67%, 硬度为 3831.16 g, 弹性为 0.87)。综上所述, 鲜湿面条中苦荞粉的最大添加量为 30%, 最佳添加比例为 10%。

关键词: 苦荞; 鲜湿面条; 流变学特性; 加工品质; 质构特性

文章编号: 1673-9078(2021)08-168-175

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.8.1132

Characteristics of Tartary Buckwheat-wheat Mixed Flour Dough and the Development of Fresh and Wet Noodles

ZHOU Xiao-li^{1,2}, MA Si-jia¹, ZHU Si-yi¹, JIANG Yue¹, LI Yun-long³, ZHOU Yi-ming¹

(1. School of Perfume and Aroma Technology, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 201418, China)

(2. University Think Tank of Shanghai Municipality, Shanghai 201418, China) (3. Institute of Agro-Products Processing Science and Technology, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030031, China)

Abstract: In this study, the effects of different proportions of Tartary buckwheat flour and wheat flour on the rheological properties of the flour dough and the quality of fresh and wet noodles were investigated, which provides a theoretical basis for subsequent processing and applications. The rheological properties of the dough were measured by a mixing experimental instrument and a blowing bubbler, and the interaction of starch and protein in the mixed flour dough was examined. The microstructure, sensory score, cooking quality and texture characteristics of the fresh and wet noodles were used as the evaluation indices to find the optimal addition ratio of Tartary buckwheat flour to wheat flour. The results showed that in the absence of any additives, an increase of Tartary buckwheat powder led to a steady decrease in water absorption of dough, and a gradual increase in the difference between the formation time and stability time. When the Tartary buckwheat powder was added not higher than 30%, the product quality was improved, and the C3-C4 value and C5-C4 value were reduced to 0.08 N and 0.51 Nm, respectively. At the same time, the quality of fresh and wet noodles gradually declined, with the P value increasing to 73.7 nm and the L value and W value decreasing to 5.3 nm and 16 nm, respectively. When the Tartary buckwheat flour content was not lower than 30%, there was no

引文格式:

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 Xiao-li, MA Si-jia, ZHU Si-yi, et al. Characteristics of tartary buckwheat-wheat mixed flour dough and the development of fresh and wet noodles [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(8): 168-175

收稿日期: 2020-12-06

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31801437); 国家自然科学基金青年科学基金项目(31501437); 国家现代农业(燕麦荞麦)产业体系建设专项(CARS-07-E-2); 上海市自然科学基金项目(20ZR1455800)

作者简介: 周小理(1957-), 女, 教授, 研究方向: 食品新资源深度开发与利用

通讯作者: 周一鸣(1981-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 功能食品开发, 食品加工与工艺

elasticity. The analyses of the microstructure, cooking quality and texture of the noodles revealed that when the content of Tartary buckwheat flour was 10%, the noodles not only had a good mouthfeel (sensory score was 83), but also had good quality (broken rate of cooked noodles was 6.67%, cooking loss was 6.67%, hardness was 3831.16g, elasticity was 0.87). In summary, the maximum amount of Tartary buckwheat powder in fresh wet noodles was 30%, and the optimal addition ratio was 10%.

Key words: Tartary buckwheat; fresh and wet noodles; rheological properties; processing quality; texture characteristics

苦荞制品多种多样,在我国传统的荞麦制品包括苦荞面条、苦荞馒头、苦荞饼、苦荞锅巴、荞米、苦荞凉粉等。日本长期以苦荞面为传统主食^[1,2],其苦荞制品以通心粉、苦荞面最为流行。东欧国家的苦荞制品以苦荞饭食、苦荞糕点最为普遍;西欧国家的苦荞制品以苦荞面、苦荞粉、意大利面条等为主^[3,4]。荞麦制品分为初级加工制品和深度加工制品^[5],初级加工制品主要包括:荞麦粉冲剂、面条、蛋糕等;深度加工主要为荞麦饮品类。近年来,荞麦茶、荞麦醋、荞麦保健酒等食品也进入消费市场^[6,7]。荞麦面包、荞麦醋和荞麦酒为发酵类产品,发酵可将荞麦中的营养物质释放,提升产品的营养功效,营养物质流失较少。苦荞经过发酵还可以制成苦荞酸奶、黄酒、苦荞酱等饮品或风味调料^[8]。荞麦芽菜、荞麦苗也被广泛加工利用,荞麦苗中蛋白质含量丰富,其氨基酸、营养物质含量远高于荞麦芽菜,烹饪后口感柔软、食用价值高^[9,10]。Molinari^[11]将苦荞麦芽与米粉复配后制成无麸质饼干,经 LC-MS 检测到饼干的总酚和槲皮素含量显著升高,具有较高的抗氧化活性和较低的血糖指数。现阶段较成熟的工艺是荞麦醋、荞麦酱油以及五粮液酒厂独特的白酒制造工艺^[12]。

目前,市场上的苦荞提取物的食品较多,且大多定位为特定群体,市场售价也较高,脱离大众消费水平,消费基础尚不稳定,难以实现对苦荞的深度加工利用。苦荞粉不含面筋,加工时很难形成具有弹性和延展性的面团^[13,14],且苦荞粉中醇溶蛋白含量较低,和面时很难形成面筋网络结构^[15],抑制了苦荞制品的工业化生产^[16]。在苦荞面制品的生产中,一定量的苦荞粉与小麦粉复配,用小麦粉的良好性质改善苦荞粉的流变学特性,实现营养互补,改善苦荞粉的加工品质^[17]。本研究拟通过混合实验仪、吹泡仪等仪器探究苦荞-小麦混合粉面团成团机制,寻找苦荞鲜湿面条中苦荞粉的最佳添加比例,以及通过对苦荞-小麦混合粉面团内淀粉和蛋白质的相互作用,为制作苦荞鲜湿面条提供一定的依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

苦荞粉,山西雁门清高食业有限责任公司;小麦粉,河北省石家庄市;食用盐,食品级,中国盐业集团有限公司;以上食品级试验材料均为市售。

氯化钠,分析纯;硼酸,分析纯;浓硫酸(98%),分析纯;浓盐酸(37%),分析纯。

1.2 仪器与设备

Mixolab 混合实验仪,法国肖邦技术公司;AveoLAB 吹泡仪,法国肖邦技术公司;TA-XT plus 质构仪,英国 Stable Micro System 公司;JM-7LG 和面机,新麦机械(无锡)有限公司;S-3400N II 型扫描电子显微镜(SEM),日本 HITACHI 公司;冷冻干燥机,上海豫明仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 样品处理

将苦荞粉分别与小麦粉按 10:90、20:80、30:70、40:60、50:50 的比例复配,分别测定苦荞-小麦混合粉面团的流变学特性和吹泡稠度特性。

1.3.2 面团的流变学特性(Mixolab 混合实验仪)测定

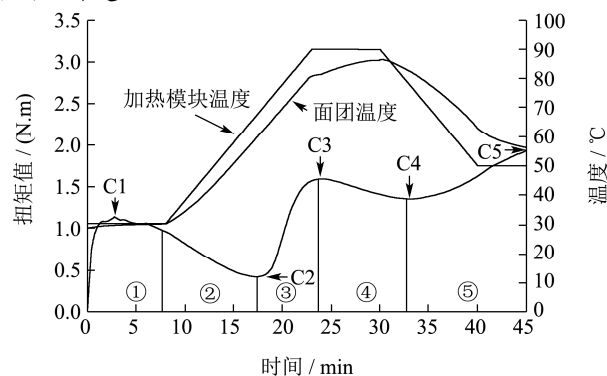


图1 混合实验仪标准曲线

Fig.1 Standard curve of mixolab

注:①面团的形成;②蛋白质的弱化;③淀粉的糊化;④淀粉酶活性;⑤淀粉的回升。

参照 AACC 54-60.01^[18]方法,利用混合实验仪对面团的流变学特性进行测定。采用 Chopin+标准测试协议,面团质量 75 g,揉混速率为 80 r/min,水箱温度 30 °C。混合试验仪试验全程 45 min 分三个阶段。第一阶段(面团的形成和淀粉的预糊化阶段):温度

30 ℃, 持续时间 8 min; 第二阶段(淀粉的糊化与淀粉的崩解): 4 ℃/min 升温到 90 ℃, 持续时间 7 min; 第三阶段(淀粉的老化): 4 ℃/min 降温到 50 ℃, 持

续时间 5 min。面团中蛋白质组分特性由 C1 和 C2 表征, 淀粉组分特性由 C3、C4 和 C5 表征。

表 1 混合实验仪剖面图各指标所表示的特性

Table 1 Characteristics of each index in the profile of the hybrid tester

指数	含义	特点
吸水率指数	面粉各组分吸水的特性	该指数越大, 面粉吸水率越高
混合指数	30 ℃ 恒温时面粉的稳定性	该指数越大, 面粉稳定性越强
面筋指数	加热阶段面筋的特性	该指数越大, 面筋网络耐热能力越强
粘度指数	加热阶段淀粉的粘度特性	该指数越大, 高温阶段的面团粘度越大
淀粉酶指数	淀粉抗淀粉酶水解的能力	该指数越大, 淀粉酶活性越低
回生指数	降温阶段淀粉的特性	该指数越大, 产品货架期越短

表 2 吹泡仪参数及含义

Table 2 Parameters and meaning of bubbler

参数	含义
P 值	表示面团的韧性, 代表面团在吹泡过程中的最大抗变形力。
L 值	表示面团的延展性, 体现了面团的延伸和持气能力。
Ie 值	表示面团的弹性指数。
G 值	面团气泡破裂时其中空气体积的平方根, 表示面泡破裂前的大小。
W 值	表示面团的烘焙力。
P/L 值	最大抗变形力与面泡破裂时的平均横坐标的比值。

1.3.3 面团吹泡曲线的测定

执行 AACC 54-30.02^[19]的方法测定。

1.3.4 鲜湿面条的加工及品质评价

(1) 面条的制备

工艺流程:

原辅料(小麦粉100 g为基准, 添水量44%、盐2%)→搅拌和面→熟化(室温25 ℃; 相对湿度45%; 熟化时间20 min)→压面(厚1 mm)→切条(长20 cm; 宽2 mm)→蒸煮(至最佳煮面时间), 待测。

(2) 微观结构的测定

将面条放入冷冻干燥机中干燥, 然后固定, 喷金, 置于扫描电子显微镜(SEM)下观察, 放大倍数为1500倍。

(3) 质构的评价

参照Zhang^[20]的方法并略作修改, TPA模式测定, 使用P/36R圆柱形探头, 设定参数: 前测速度2 mm/s, 测试速度0.8 mm/s, 后测速度0.8 mm/s, 压缩程度为75%, 感应力5 g, 2次压缩的间隔时间为3 s, 每次对每个样品做三次平行试验。

(4) 感官的评价

参照蔡宇洁^[21]的感官评分标准评价。

(5) 熟断条率的测定^[22]:

取30根经最佳烹煮条件烹煮后的面条, 统计其断

条的数量。

$$S = \left(\frac{n}{30} \right) \times 100\%$$

式中: S为熟断条率, n为断条根数。

(6) 蒸煮损失率的测定^[23]:

取 10 g 面条 (M1) 放入盛有 200 mL 水的锅中, 煮至最佳蒸煮时间, 捞出面条, 待面汤冷却至室温后 (25 ℃) 转移至 250 mL 容量瓶中, 定容、摇匀。从容量瓶中移取面汤 20 mL 于已恒重至 M2 的烧杯中, 在电炉上蒸发大部分水分后, 放入 105 ℃ 鼓风干燥箱烘至恒重, 称重, 记为 M3, 重复测定 3 次。

$$\text{蒸煮损失率}/\% = \frac{(M3 - M2) \times 12.5}{M1} \times 100\%$$

1.4 数据统计分析

采用 SPSS 19.0 软件对实验数据进行统计分析和相关性分析。多重比较采用 Duncan 法, 在 $p < 0.05$ 检验水平上对数据进行显著性分析, 同时采用 Origin 8.5 对数据进行绘图。

2 结果与分析

2.1 苦荞-小麦混合粉的混合实验仪分析

表3 苦荞粉的添加量对面团混合试验仪参数的影响

Table 3 Effect of Tartary buckwheat powder addition on parameters of dough mixing tester

指标	苦荞粉添加量/%					
	0	10	20	30	40	50
吸水率/%	61.50±0.00	60.00±0.00	58.60±0.00	57.50±0.00	57.00±0.00	56.70±0.00
形成时间/min	4.07±0.20 ^a	4.18±0.08 ^a	4.61±0.22 ^b	4.70±0.27 ^b	5.58±0.23 ^c	5.91±0.02 ^c
稳定时间/min	8.27±0.03 ^a	8.46±0.15 ^{ab}	8.81±0.18 ^b	9.33±0.38 ^c	9.52±0.09 ^{cd}	9.86±0.26 ^d
C1/N·m	1.11±0.01 ^a	1.11±0.00 ^a	1.09±0.01 ^a	1.09±0.02 ^a	1.09±0.01 ^a	1.10±0.01 ^a
C2/N·m	0.52±0.01 ^d	0.47±0.01 ^c	0.45±0.01 ^c	0.44±0.02 ^b	0.41±0.01 ^b	0.37±0.02 ^a
C3/N·m	1.70±0.00 ^b	1.63±0.01 ^a	1.69±0.01 ^b	1.77±0.01 ^c	1.80±0.01 ^{cd}	1.78±0.01 ^d
C4/N·m	1.62±0.00 ^c	1.53±0.01 ^a	1.58±0.01 ^b	1.69±0.02 ^c	1.75±0.01 ^d	1.73±0.01 ^d
C5/N·m	2.27±0.05 ^{cd}	2.03±0.05 ^a	2.10±0.12 ^{ab}	2.20±0.04 ^{bc}	2.41±0.03 ^d	2.39±0.07 ^d
C3-C4/N·m	0.08±0.00 ^b	0.09±0.00 ^c	0.12±0.00 ^d	0.08±0.00 ^b	0.05±0.00 ^a	0.05±0.01 ^a
C3-C2/N·m	1.18±0.01 ^{ab}	1.16±0.01 ^a	1.21±0.04 ^b	1.33±0.02 ^c	1.39±0.01 ^d	1.41±0.01 ^d
C5-C4/N·m	0.63±0.04 ^{bc}	0.5±0.04 ^a	0.55±0.09 ^{abc}	0.51±0.04 ^{ab}	0.66±0.02 ^c	0.66±0.06 ^c

注: a: 采用新复极差多重比较检验法。b: 同一行数值标以同一字母者表示差异性不显著, 标以不同字母者表示差异性显著。下表同。

由表3可知,随着苦荞粉添加量的增大,苦荞-小麦面团的吸水率不断降低,主要原因是苦荞粉的加入会弱化小麦面粉中的蛋白质,蛋白质具有水合作用,使混合粉的吸水率降低。形成时间和稳定时间随着苦荞粉添加量的增大而增大,这说明苦荞粉中不含面筋,不能形成类似面筋网络的结构,加入小麦面团中反而会稀释面筋蛋白的含量,使混合粉面团的稳定时间延长,也可能是在定向剪切力的作用下,面筋蛋白多肽链间由于二硫键和次级键(氢键、疏水键)的断裂和重组形成有序的空间网络结构^[24],使得面团稳定时间延长。

申瑞玲^[25]等人研究指出,面团的形成时间和稳定时间先增加后降低,弱化度总体呈下降趋势,本研究结果显示,不同苦荞粉的添加量对C1值无显著影响,C2值表示面团的弱化程度,C2值越小,表明蛋白质的弱化程度越大,随着苦荞粉添加比例的增加,C2值呈现出逐渐下降的趋势,由原来的0.52 N·m下降到0.37 N·m,混合粉面团的弱化度随着添加比例的增加而升高,可能是由于苦荞本身不含面筋,使得混合粉的面筋含量减少,降低了混合粉面团面筋强度的缘故,导致面筋网络结构相对于原小麦粉欠佳。C3-C4的差值表示淀粉糊化热稳定性,差值越小,说明淀粉糊化热稳定性增强。由表3所示,随着苦荞粉添加量的增加,C3-C4差值先升高后降低,说明苦荞粉的添加,使混合粉的淀粉糊化热稳定性降低。但当苦荞粉的质量分数达到30%时,C3-C4差值降低到0.08 N·m,说明混合粉面团糊化热稳定性又增强,且与原小麦粉的

淀粉糊化热稳定性相差不大。C5-C4值表示淀粉回生特性,差值越小,淀粉越不易回生,当苦荞粉添加量大于30%时,C5-C4变大,增加到0.66 N·m,混合粉面团易回生;当添加量≤30%时,与纯小麦粉相比,加入苦荞粉的混合粉的回生特性好于纯小麦粉。说明了苦荞粉的添加改善了面团的冷糊化稳定性,延缓了面制品的回生,降低面团的老化幅度^[26]。这一结果与田海娟^[27]等人研究结果一致,一定量的荞麦粉可能会对某些产品质量起到积极的作用,比如延缓面包的老化速度。综上所述,苦荞粉添加量最大为30%时,较适合制作苦荞鲜湿面条。

2.2 混合实验仪目标指数分析

混合实验仪的六个参数吸水率、回生值、淀粉酶、混合指数、粘度指数和面筋指数用来评价不同用途面粉的特性,图2中两条绿色闭合曲线是面条专用粉目标剖面图,蓝色曲线为不同比例苦荞-小麦混合粉指数剖面图,被测样品的指标落在绿色闭合曲线内越多,越能满足面条专用粉的要求^[28]。

如图2所示,苦荞粉的加入使苦荞-小麦混合面团的吸水率减小,当苦荞粉添加量≤30%时,混合面团回生特性变好,随着苦荞粉添加量的增加,位于面条的目标指数剖面图内的指数呈现出先增多后减少的趋势。当添加量最大为30%时,落在面条专用粉目标剖面图的指数最多,综合混合实验仪参数和混合实验仪面条目标指数剖面图分析,苦荞鲜湿面条用粉中苦荞粉的添加量最大为30%。

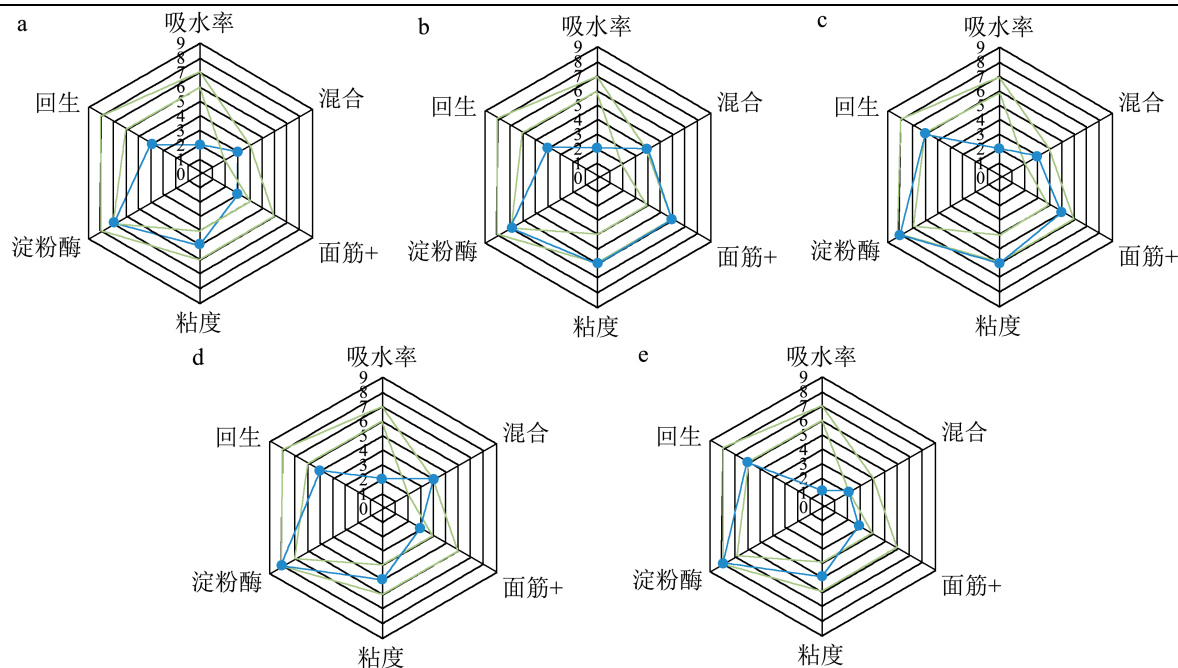


图2 不同比例苦荞粉-小麦混合粉指数剖面图

Fig.2 Profile of mixed flour index of Tartary buckwheat with different proportion

注: a: 10%; b: 20%; c: 30%; d: 40%; e: 50%。

表4 苦荞粉添加量对面粉的吹泡仪参数的影响

Table 4 Effect of Tartary buckwheat powder addition on parameters of puffer

苦荞粉添加量/%	P/mm	L/mm	W/mm	P/L	G/mL	Ie/%
0	75.3±0.5 ^a	54.3±1.2 ^d	129.0±1.4 ^e	1.4±0.0 ^{ab}	16.4±0.2 ^c	34.7±0.4 ^d
10	46.3±0.5 ^b	62.7±2.1 ^e	76.7±0.9 ^d	0.7±0.0 ^a	17.6±0.3 ^d	29.8±0.2 ^c
20	49.3±0.5 ^c	51.7±1.7 ^d	74.3±2.1 ^{cd}	1.0±0.0 ^a	16.0±0.2 ^c	27.2±0.4 ^b
30	60.3±0.5 ^d	31.0±0.8 ^c	71.0±0.8 ^c	2.0±0.0 ^b	8.4±0.1 ^b	0.0±0.0 ^a
40	73.7±0.9 ^e	14.0±0.8 ^b	51.3±1.2 ^b	5.3±0.3 ^c	8.4±0.1 ^b	0.0±0.0 ^a
50	62.3±1.2 ^f	5.3±0.5 ^a	16.0±2.9 ^a	11.8±0.8 ^d	5.2±0.2 ^a	0.0±0.0 ^a

2.3 苦荞-小麦混合粉的吹泡测试结果分析

由表4可知,苦荞粉的加入使面粉的P值整体呈现上升的趋势,L值和W值逐渐下降。苦荞粉不含有面筋蛋白,其添加使得面团的网络结构稳定性下降,面团松散延展性变差,同时降低了面团的筋力,面筋越弱面团的弱化度越大,与混合实验仪所得结果相符。随着苦荞粉在混合粉中比例的增大,P值呈现逐渐增大从46.3 mm增大至73.7 mm,L值逐渐减小从62.7 mm减小至14.0 mm。当苦荞粉比例超过40%时,W值迅速下降。当添加比例为50%时,P值降低至62.3 mm,L值仅为5.3 mm。加入不同比例苦荞粉的混合粉面团的韧性与纯小麦粉面团韧性差异显著,加入20%的苦荞粉的延展性与纯小麦粉面团无显著差异,其他比例的混合粉面团与纯小麦粉面团的延展性差异显著。当苦荞粉的比例≥30%时,混合粉面团P/L值增长迅速,Ie值(弹性指数)为0,面团无弹性,仪器

不再能检测出参数。以上结果表明:随着苦荞粉添加量的增大,韧性(P)增大,延展性(L)减小,P/L值增大,混合粉韧性与延展性的平衡性能下降,烘焙力(W)减小,面团筋力减弱,面团更易破裂、碎散。综上所述,苦荞粉添加量最大为30%时,较适合制作苦荞鲜湿面条。

2.4 苦荞鲜湿面条微观结构的变化

图3a~d为不同添加量的苦荞鲜湿面条微观结构变化,网络结构是面筋蛋白,其中圆形或椭圆形的为淀粉颗粒^[29]。图3a为纯小麦粉制得的面条,可以看到内部结构致密,淀粉分布均匀,颗粒完整,并且有大量连续的面筋网络结构。从图3b至图3d为添加10%到30%的苦荞粉的苦荞鲜湿面条,随着苦荞粉的添加量逐渐增加,内部结构有较大空隙,面筋网络结构越来越少,淀粉颗粒聚集,体积增大,难以被包裹,面筋网络结构的均匀性变差。

表 5 苦荞粉添加量对鲜湿面条质构的影响

Table 5 Effect of Tartary buckwheat on texture of fresh wet noodles

苦荞粉添加量/%	硬度/g	弹性	粘性	咀嚼性	回复性
0	3290.81±33.44 ^a	0.94±0.05 ^a	1815.15±49.11 ^a	1578.24±86.42 ^a	0.20±0.01 ^a
10	3831.16±14.02 ^b	0.87±0.03 ^b	2284.25±131.07 ^b	2146.46±187.30 ^b	0.25±0.02 ^b
20	4068.08±20.01 ^c	0.83±0.02 ^b	2480.75±13.71 ^b	2330.33±45.06 ^b	0.25±0.02 ^b
30	4489.37±14.11 ^d	0.80±0.05 ^c	2392.71±118.99 ^d	2139.78±29.80 ^b	0.20±0.02 ^a

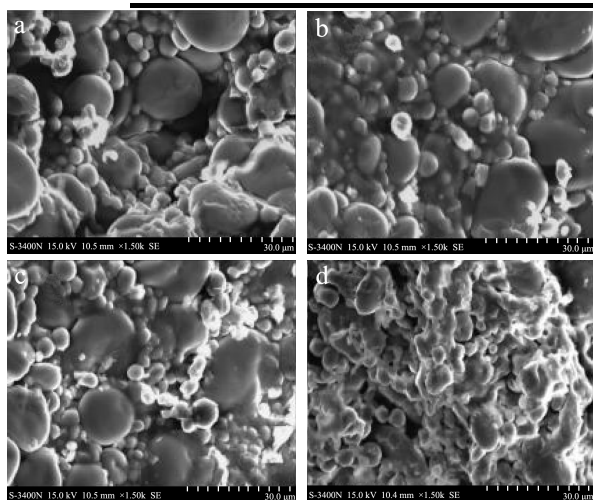


图 3 苦荞鲜湿面条微观结构变化(×1.50k)

Fig.3 Microstructure changes of buckwheat fresh wet noodles

注: a、b、c、d 分别为: 纯小麦粉、添加了 10%苦荞粉、20%苦荞粉、30%苦荞粉制得的苦荞鲜湿面条的微观结构。

2.5 苦荞鲜湿面条品质评定

2.5.1 苦荞粉添加量对苦荞鲜湿面条蒸煮品质的影响

在不添加任何添加剂的情况下,综合苦荞-小麦混合粉面团的流变学特性和吹泡稠度特性,微观结构的变化,得出苦荞粉的最大添加量为30%。将10%、20%、30%的苦荞粉分别制作苦荞鲜湿面条。由图4可知,随着苦荞粉添加量的增大,苦荞鲜湿面条的感官评分逐渐减小,熟断条率和蒸煮损失逐渐增大。这与张玲^[28]等人研究细微化苦荞全粉在面条加工中的应用结果一致,随着添加量的增加,面条品质急剧下降。这是由于苦荞粉不含面筋,在不添加任何添加剂的条件下,苦荞粉的加入会破坏小麦粉中的网络结构,搅拌成团时,只具有一定的可塑性,且苦荞粉中醇溶蛋白含量较低,和面时很难形成面筋网络结构^[30,31],淀粉颗粒易溶出,面条延展性差异断裂,咬劲差、不爽口黏牙,不耐咀嚼,与面团流变学特性的分析结果一致。因此,苦荞粉添加量为10%时,感官评分为83,熟断条率为6.67%,蒸煮损失为6.67%,此时苦荞鲜湿面条既能保持面条的口感,又能减少面条熟断条率及蒸煮损失程度。

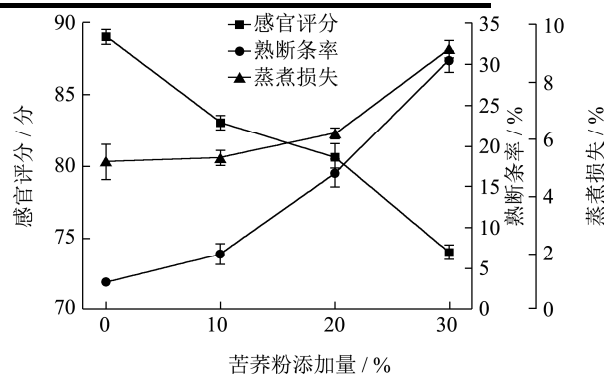


图 4 苦荞粉添加量对鲜湿面条蒸煮品质的影响

Fig.4 Effect of Tartary buckwheat on cooking quality of fresh wet noodles

2.5.2 苦荞粉添加量对鲜湿面条质构的影响

由表5可以看出随着苦荞粉的添加量的增加,苦荞鲜湿面条的硬度、粘性、咀嚼性、回复性都逐渐增大,但是弹性呈下降趋势。其中,苦荞粉添加量在30%时,面条硬度值显著增加,达到4489.37g,而弹性值显著降低,达到0.8,面条不易嚼。与10%的添加量相比,添加量为20%时,虽然弹性值没有显著降低但硬度值仍然显著增加。添加量为10%时,硬度为3831.16g,弹性为0.87,此时面条弹性值较高且硬度值较低符合面条制作的要求,这与感官分析结果一致。综合质构和感官评价结果,苦荞粉添加量为10%时,面条能在保持良好口感的同时具有较好的面条品质。

3 结论

本文通过比较不同配比的苦荞-小麦混合粉面团的流变学特性和吹泡稠度特性,并在不添加任何食品添加剂的情况下,通过Mixolab混合仪和吹泡仪筛选出苦荞鲜湿面条的最佳添加量。

3.1 面团的流变学特性表明:苦荞粉添加量≤30%时,能够显著改善面团的冷糊化稳定性,并延缓了面团的回生。

3.2 面团的吹泡稠度特性表明:随着苦荞粉添加量的增大,混合粉面团的韧性(P)增大,延展性(L)减小,P/L值增大,混合粉韧性与延展性的平衡性能下降,烘焙力(W)减小,面团筋力减弱,面团更易破裂、碎散。

3.3 面团的微观结构表明:通过扫描电子显微镜研究发现苦荞粉的加入可在一定程度上改变面筋网状结构,使淀粉颗粒之间、淀粉颗粒和蛋白之间的结合变松散。

3.4 面条的蒸煮品质表明:随着苦荞粉添加量的增大,苦荞鲜湿面的品质逐渐变差,断条率和蒸煮损失逐渐增大,面条的硬度、咀嚼性增大,弹性减小。

综合以上结果表明,苦荞粉添加量为10%时,面条能在保持良好口感的同时具有较好的面条品质,但随着苦荞粉添加量的增加,苦荞鲜湿面条的品质逐渐变差,苦荞粉的最大添加量为30%。

参考文献

- [1] Tien N N T, Trinh L N D, Inoue N, et al. Nutritional composition, bioactive compounds, and diabetic enzyme inhibition capacity of three varieties of buckwheat in Japan [J]. *Cereal Chemistry*, 2018, 95(5): 615-624
- [2] 吕岩,张耀武,张军,等.国内外荞麦粉产品标准现状分析与《荞麦粉》国家标准制定[J].*中国标准化*,2018,10:17-19
LYU Yan, ZHANG Yao-wu, ZHANG Jun, et al. Analysis of the current situation of buckwheat flour product standards at home and abroad and formulation of national standard of buckwheat flour [J]. *China Standardization*, 2018, 10: 17-19
- [3] 勾秋芬.苦荞产品的研发进展[J].*现代食品*,2018(21):22-23, 31
GOU Qiu-fen. Research progress on research and development of *Fagopyrum tataricum* [J]. *Modern Food*, 2018, 21: 22-23, 31
- [4] Claudia V, Lutgarda B, Marisa G, et al. Fibre-enriched buckwheat pasta modifies blood glucose response compared to corn pasta in individuals with type 1 diabetes and celiac disease: acute randomized controlled trial [J]. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 2019, 149: 156-162
- [5] Guo X N, Yang S, Zhu K X. Influences of alkali on the quality and protein polymerization of buckwheat Chinese steamed bread [J]. *Food Chemistry*, 2019, 283(15): 52-58
- [6] 宋永平,谢鹏燕.HACCP 体系在苦荞饮料加工中的应用[J].*粮食与油脂*,2020,33(6):69-72
SONG Yong-ping, XIE Peng-yan. Application of HACCP system in tartary buckwheat beverage processing [J]. *Cereals & Oils*, 2020, 3(6): 69-72
- [7] Zuzna M, Denisa L, Valik L. Functional probiotic products based on fermented buckwheat with *Lactobacillus rhamnosus* [J]. *LWT - Food Science and Technology*, 2017, 18: 35-41
- [8] 刘军秀,贾瑞玲,刘彦明,等.荞麦产品加工现状分析与建议[J].*中国果菜*,2020,40(1):38-41
LIU Jun-xiu, JIA Rui-ling, LIU Yan-ming, et al. Status analysis and suggestions on buckwheat product processing [J]. *China Fruit & Vegetable*, 2020, 40(1): 38-41
- [9] 何伟俊,曾荣,白永亮,等.苦荞麦的营养价值及开发利用研究进展[J].*农产品加工*,2019,23:69-75
HE Wei-jun, ZENG Rong, BAI Yong-liang, et al. The nutritive value and progress in development and utilization of Tartary buckwheat [J]. *Farm Products Processing*, 2019, 23: 69-75
- [10] Qin P Y, Wei A C, Zhao D G, et al. Low concentration of sodium bicarbonate improves the bioactive compound levels and antioxidant and alpha-glucosidase inhibitory activities of tartary buckwheat sprouts [J]. *Food Chemistry*, 2017, 24: 124-130
- [11] Molinari R, Costantini L, Timperio A M, et al. Tartary buckwheat malt as ingredient of gluten-free cookies [J]. *Journal of Cereal Science*, 2018, 80: 37-43
- [12] 陈勤怡,孙亚利,周文美,等.发酵罐生产的荞麦酒营养及活性成分的研究[J].*中国酿造*,2019,38(3):110-113
CHEN Qin-yi, SUN Ya-li, ZHOU Wen-mei, et al. Nutritional and active components of buckwheat wine produced in fermentor [J]. *China Brewing*, 2019, 38(3): 110-113
- [13] 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
- [14] 周星杰.添加挤压糊化苦荞粉对小麦面团性质的影响[D].杨凌:西北农业大学,2017
ZHOU Xing-jie. Effects of adding extruded gelatinized Tartary buckwheat flour on the properties of wheat dough [D]. Yangling: Northwest A & F University, 2017
- [15] 梁啸天,张春华,倪娜,等.荞麦营养功能与产品开发前景[J].*特种经济动植物*,2020,23(9):21-23,32
LIANG Xiao-tian, ZHANG Chun-hua, NI Na, et al. Nutritional function and product development prospect of buckwheat [J]. *Special Economic Animals and Plants*, 2020, 23(9): 21-23, 32
- [16] 王瑞斌.荞麦粉挤压改性及其对面条质量特性的影响研究[D].北京:中国农业科学院,2018
WANG Rui-bin. Modification of buckwheat flour by extruder and effects on noodle quality [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences Dissertation, 2018
- [17] Burešová I, Tokár M, Mareček J, et al. The comparison of the

- effect of added amaranth, buckwheat, chickpea, corn, millet and quinoa flour on rice dough rheological characteristics, textural and sensory quality of bread [J]. *Journal of Cereal Science*, 2017, 75: 158-164
- [18] AACC Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 54-60.01, Determination of Rheological Behavior as a Function of Mixing and Temperature Increase in Wheat Flour and Whole Wheat Meal by MIXolab [S]
- [19] AACC Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 54-30.02, Alveograph Method for Soft and Hard Wheat Flour [S]
- [20] Zhang J, Li M Q, Li C R, et al. Effect of wheat bran insoluble dietary fiber with different particle size on the texture properties, protein secondary structure, and microstructure of noodles [J]. *Grain & Oil Science and Technology*, 2019, 2(4): 97-102
- [21] Wee M S M, Loud D E, Tan V W K, et al. Physical and sensory characterisation of noodles with added native and denatured pea protein isolate [J]. *Food Chemistry*, 2019, 294: 152-159
- [22] 胡艳灵,胡荣柳,高丹阳,等.不同木薯变性淀粉在保鲜湿面条中的应用研究[J].农产品加工,2020,5:17-19,23
HU Yan-ling, HU Rong-liu, GAO Dan-yang, et al. Study on application of different tapioca modified starch in fresh-keeping wet noodles [J]. *Farm Products Processing*, 2020, 5: 17-19, 23
- [23] 钟少文.青稞粉消化性能的调控及其在面条应用的研究[D].广州:华南理工大学,2018
ZHONG Shao-wen. Digestibility control of highland barley flour and its application to noodle processing [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2018
- [24] Ortolan, F, Steel C J. Protein characteristics that affect the quality of vital wheat gluten to be used in baking: a review [J]. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2017, 16(3): 369-381
- [25] 申瑞玲,杨媚,杜文娟,等.几种杂粮粉面团流变学特性的研究[J].食品工业科技,2017,38(10):108-118
SHEN Rui-ling, YANG Mei, DU Wen-juan, et al. Study on the rheological properties of dough added with several cereals [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2017, 38(10): 108-118
- [26] Henryk Z, Dorota S N, Natalia B, et al. Effect of liquid-state fermentation on the antioxidant and functional properties of raw and roasted buckwheat flours [J]. *Food Chemistry*, 2019, 271: 291-297
- [27] 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 Hai-juan, ZHU Zhu, GAO Jun-peng, et al. Effect of buckwheat flour on dough properties and bread quality [J]. *Cereals & Oils*, 2018, 31(12): 25-27
- [28] 张玲,赵国华,曾志红,等.微细化苦荞全粉在面条加工中的应用[J].食品与发酵工业,2018,44(11):222-228
ZHANG Ling, ZHAO Guo-hua, ZENG Zhi-hong, et al. The application of micronized Tartary buckwheat flour in noodle processing [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2018, 44(11): 222-228
- [29] Jie Yang, Zhengbiao Gu, Ling Zhu, et al. Buckwheat digestibility affected by the chemical and structural features of its main components [J]. *Food Hydrocolloids*, 2019, 96: 596-603
- [30] 马洁,马蕾,于笛笛,等.荞麦无麸质面包研究进展[J].中国粮油学报,2019,34(7):139-146
MA Jie, MA Lei, YU Di-di, et al. Research process on gluten-free buckwheat bread [J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2019, 34(7): 139-146
- [31] WANG Rui-bin, LI Ming, CHEN Si-qian, et al. Effects of flour dynamic viscosity on the quality properties of buckwheat noodles [J]. *Carbohydrate Polymers*, 2019, 207: 815-823
- [40] Hu P, Zhou G H, Xu X L, et al. Characterization of the predominant spoilage bacteria in sliced vacuum-packed cooked ham based on 16S rDNA-dgge [J]. *Food Control*, 2009, 20: 99-104

(上接第 243 页)