

高杂粮含量面条制作的工艺优化

闫美姣^{1,2}, 李云龙¹, 李红梅¹, 仪鑫¹, 孙元琳³, 赵琳¹

(1. 山西农业大学山西功能食品研究院, 特色农产品加工山西省重点实验室, 山西太原 030031)

(2. 山西大学生命科学学院, 山西太原 030006) (3. 运城学院生命科学系, 山西运城 044000)

摘要: 为提高面条中的杂粮含量, 强化面条营养与功效, 本文利用真空冷挤压技术, 以 20%小麦粉为基料, 以蒸煮损失率及感官评分为指标, 对燕麦、青稞、苦荞粉进行复配; 并控制水温、加水量、醒发时间, 以蒸煮损失率为响应值, 利用响应面法对高含量杂粮面条的工艺进行优化。结果表明: 通过进行燕麦、青稞和苦荞粉的复配实验, 小麦:燕麦:青稞:苦荞为 2:3.75:1.25:3 时, 杂粮面条具有较好的感官品质 (感官评分为 87 分) 和较低的蒸煮损失率 (10.04%); 在此配比下, 对高含量杂粮面条的工艺进行优化, 高含量杂粮面条的最佳制作条件为: 加水量 45%、在真空状态下醒发 10.5 min、水温 58 ℃, 在此条件下, 面条的蒸煮损失率较低, 为 8.01%, 比复配试验面条的蒸煮损失率降低 2.03%, 品质有所改善。可利用真空冷挤压技术进行高含量杂粮面条的制作, 得到口感佳、不易混汤的高含量杂粮面条。

关键词: 杂粮面条; 真空冷挤压技术; 响应面优化; 蒸煮损失率

文章编号: 1673-9078(2020)11-188-195

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.11.0550

Optimization of Processing Technology of Noodle with High Content Coarse Grains

YAN Mei-jiao^{1,2}, LI Yun-long¹, LI Hong-mei¹, YI Xin¹, SUN Yuan-lin³, ZHAO Lin¹

(1. Institute of Functional Food of Shanxi, Shanxi Agricultural University / Shanxi Key Laboratory of Characteristic Agro-Products Processing, Taiyuan 030031, China) (2. College of Life Sciences, Shanxi University, Taiyuan 030006, China) (3. College of Life Science, Yuncheng University, Yuncheng 044000, China)

Abstract: In order to improve the content of coarse grains and nutritional value of noodles, the technology of vacuum cold extrusion was used to mix oat, barley and tartary buckwheat flour with 20% wheat flour as base material. The cooking loss rate and sensory score were evaluated. Though controlling water addition, water temperature, wake-up time, coking loss rate was set as response value, and the technology of high content coarse grains noodles was optimized using response surface method. The result show that the flour ratio of wheat, oat, barley and tartary buckwheat was 2:3.75:1.25:3. Noodles made with this ratio had better sensory quality (sensory score was 87) and lower cooking loss rate (10.04%). Under this ratio, processing technology of noodle with high content coarse grain was optimized. The best processing conditions of noodle with high content coarse grain were as follows: Water addition of 45%, water temperature of 58 ℃, wake-up time of 10.5 min. Under these conditions, the coking loss rate of noodle was 8.01%. Compared with that of mixed noodles, the cooking loss rate was reduced by 2.03%, and the quality was improved. In conclusion, the vacuum cold extrusion technology could be used to produce noodles with high content coarse grains and good taste.

Key words: noodles with coarse grains; vacuum cold extrusion technology; response surface optimization; coking loss rate

引文格式:

闫美姣, 李云龙, 李红梅, 等. 高杂粮含量面条制作的工艺优化[J]. 现代食品科技, 2020, 36(11): 188-195

YAN Mei-jiao, LI Yun-long, LI Hong-mei, et al. Optimization of processing technology of noodle with high content coarse grains [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(11): 188-195

收稿日期: 2020-06-11

基金项目: 国家现代农业 (燕麦荞麦) 产业体系建设专项 (GARS-07-E-2); 山西省重点研发计划项目 (201703D211001-06-02; 201803D221013-2); 山西省农业科学院市 (县) 共建” 研发专项科研项目 (YCX2018D2YX11)

作者简介: 闫美姣 (1995-), 女, 硕士, 研究方向: 杂粮营养与加工

通讯作者: 李云龙 (1979-), 男, 硕士, 副研究员, 研究方向: 谷物加工与营养

杂粮含有丰富的膳食纤维、维生素和矿物质, 营养丰富, 是良好的食品原料^[1]。燕麦、青稞、苦荞是优质的谷物资源^[2-4], 有着降低人体胆固醇^[5,6]、控制血糖水平^[7,8]、促进消化^[9]等功能特性。随着消费者对杂粮的营养价值和健康作用的认可, 杂粮面条已成为食品行业研究和开发的热点, 然而受到面筋蛋白含量的限制, 杂粮面条中的杂粮含量较低。

压延法是杂粮面条常用的加工方法, 但随着杂粮粉的比例增大, 会出现面粉难以成团, 无法压延切条的现象, 常需添加增筋剂来改善面条品质。真空挤压是在真空状态下将面条挤压成型的方法, 真空负压状态能够促进水分迁移, 改善面团品质, 制作的面条结构均匀、紧密^[10]。和面是面条制作过程中的重要环节, 加水量、水温以及醒发时间都影响着杂粮面条的品质。适当的加水量能够降低面条的硬度及蒸煮时间, 改善熟面条的弹性及光滑性; 加水温度影响面粉的吸水率, 当水温超过淀粉的糊化温度时会增加面团黏度^[11]; 醒发能够消除面团内应力, 使水分分布均匀, 形成稳定的网络结构, 利于挤压的进行^[12]。

陈汝群通过添加复配增稠剂和谷朊粉, 改善 70% 燕麦压延面条的品质^[13]; 栗丽萍, 王寿东等人通过添加 5% 谷朊粉, 采用压延法制作出品质较好的 70% 的荞麦面条^[14]。杨玉玲在研究不同和面方式对面团影响的实验中发现, 与针式、螺旋式和面机相比, 真空和面制备的面团面筋网络更致密, 抗拉伸性更强^[15]; 刘锐通过研究和面方式对面条品质影响, 发现适度的真空度和加水量可以改善面条质量, 并且一定真空度可以提高面团黏弹性, 面团结构连续、致密, 表层蛋白质分布均匀一致^[16]。

本实验在不添加增筋剂的条件下, 利用真空冷挤压技术以燕麦、青稞、苦荞以及小麦粉作为原料, 小麦粉占比为 20%, 杂粮粉比例为 80%, 通过调节燕麦、青稞和苦荞三种杂粮粉的比例确定高含量杂粮面条的配比, 在加水量、水温及醒发时间的单因素实验基础上, 以蒸煮损失率为评价指标, 通过响应面实验来优化高含量杂粮面条的制作工艺, 以期制作出口感佳、不容易浑汤的高含量杂粮面条。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

苦荞粉、燕麦粉、青稞粉, 实验室自制; 五得利富强高筋小麦粉、面条改良剂, 购自安琪酵母股份有限公司。

1.2 仪器与设备

HK-860 五谷杂粮磨粉机, 广州市旭朗机械设备有限公司; 混料机, 扬州双鹰精密机械有限公司; TFSY-9.41 真空挤压面条试验机, 扬州双鹰精密机械有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 杂粮粉的制备

将燕麦、青稞、苦荞籽粒除杂后清洗晾干。利用脱壳机脱去苦荞籽粒外的黑色硬壳, 保留麸皮。将处理后的三种杂粮用五谷杂粮磨粉机磨粉后全部过 80 目筛, 于 -4℃ 密封保存。

1.3.2 杂粮面条粉的复配

以面粉总量为 100%, 添加 0.5% 面条改良剂, 固定小麦粉比例为 20%, 燕麦、青稞、苦荞混合的杂粮粉为 80%。和面工艺固定为加水量 50%、水温 50℃、真空醒发 10 min, 真空度 0.06 MPa, 利用真空挤压面条机在真空状态下挤压制作面条, 评价指标为感官评价价值和蒸煮损失率。先将燕麦与青稞粉的比例按 7:1、6:2、5:3、4:4、3:5、2:6 和 1:7 比例进行复配, 选出最佳比例的燕麦-青稞混粉后再与苦荞粉进行复配, 确定燕麦-青稞-苦荞混粉的比例。

1.3.3 蒸煮损失率测定

取 20 根面条, 于 250 mL 沸水中煮制, 3 min 时取出一根, 玻璃片挤压观察硬心是否存在, 如果存在, 则每隔 30 s 检测一次, 直至无硬心, 此时间为最佳煮制时间。另取 10 根面条, 将面条煮至最佳煮制时间后马上捞出, 用蒸馏水冲洗面条表面, 与面汤一并在电炉上蒸去大部分水分后, 置于铝盒中烘至恒重^[17]。

$$\text{蒸煮损失率} / \% = \frac{W}{M \times (1 - c)} \times 100\%$$

式中: W 为培养皿增重, g; M 为面条重量, g; c 为面条中的水分含量。

面条水分含量测定方法按湿面条自然干燥散失水分和干面条粉碎后直接干燥法测定出水分之和计算。

1.3.4 感官评价方法

采用模糊数学法^[18]对面条进行感官评价, 因素集 $U = \{\text{色泽 } U_1, \text{表现状态 } U_2, \text{适口性 } U_3, \text{韧性 } U_4, \text{爽口性 } U_5, \text{润滑度 } U_6, \text{品味 } U_7\}$; 评语集 $V = \{\text{好, 中, 差}\}$, 其中好为 90 分、中为 70 分、差为 50 分;

参考标准 SB/T10137-1993 确定各因素权重为: 色泽 (0.1)、表现状态 (0.1)、适口性 (0.2)、韧性 (0.25)、爽口性 (0.25)、润滑度 (0.05)、品味 (0.05), 即 $X = \{0.1,$

0.1, 0.2, 0.25, 0.25, 0.05, 0.05}。

由 10 名感官评定员按色泽、表现状态、适口性、韧性、爽口性、润滑度、品味对 3 种面条进行逐一评

价, 数据除以品评总人数, 即得到 3 个模糊矩阵 R。

模糊关系综合评判集 $Y=X \times R$, 其中 X 为权重集, R 为模糊矩阵。

表 1 感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation criteria

项目	标准
色泽	面条呈所含杂粮的颜色为好; 比较接近为中; 面条发白为差。
表现状态	表面光滑紧实为好; 结构较紧密为中; 表面粗糙变形为差。
适口性	口感软硬适中为好; 稍偏硬或软为中; 太硬或太软为差。
韧性	有咬劲、富弹性为好; 咬劲和弹性适中为中; 咬劲差弹性不足为差。
爽口性	爽口、不粘牙为好; 较爽口、稍粘牙为中; 不爽口、发粘为差。
润滑度	口感润滑为好; 较润滑为中; 粗糙为差。
品味	具有所含杂粮的清香为好; 基本无异味为中; 有异味为差。

1.3.5 高含量杂粮面条和面工艺优化

根据杂粮粉复配结果, 以小麦:燕麦:青稞:苦荞=2:3.75:1.25:3 作为原料, 加入 0.5% 面条改良剂, 在搅拌时间为 5 min 的固定条件下, 以蒸煮损失率为评价指标, 对加水量、水温及醒发时间三个单因素进行实验。

加水量: 固定水温 50 °C, 醒发 10 min, 加水量梯度为 38%、41%、44%、47%、50%。醒发时间: 固定加水量 44%, 水温 50 °C, 醒发时间梯度为 0、5、10、15、20 min。水温: 固定加水量 44%, 醒发 10 min, 水温梯度为 30、40、50、60、70 °C。

1.3.6 响应面试验设计

表 2 因素水平与编码表

Table 2 Factor level and coding table

水平	因素		
	A(加水量)/%	B(醒发时间)/min	C(水温)/°C
-1	41	5	40
0	44	10	50
1	47	15	60

1.3.7 数据处理

通过 Origin 8.0 作图, Design Expert 8.0 进行响应面分析。

2 结果与分析

2.1 杂粮面条粉的复配

青稞添加量对杂粮面条感官评分及蒸煮损失率影响见图 1, 随着青稞含量增加, 面条的蒸煮损失率呈现先下降后上升的趋势, 这是因为青稞的面团韧性较强, 适量的青稞粉加入会改善混粉的面团性质, 增加面团的弹性, 降低面条的蒸煮损失率, 当燕麦粉与青稞粉的比例为 6:2 时, 面条的蒸煮损失率最低, 为

10.86%, 此时的感官评分也最高, 为 80 分; 但由于青稞粉膳食纤维含量较大且吸水率较高, 随着青稞含量的增大, 面条的表面越来越粗糙, 煮制时的溶出物质越来越多, 口感变得不细腻, 感官评分降低, 故选择燕麦-青稞比例为 6:2 作为基础进行苦荞添加量的测定实验。

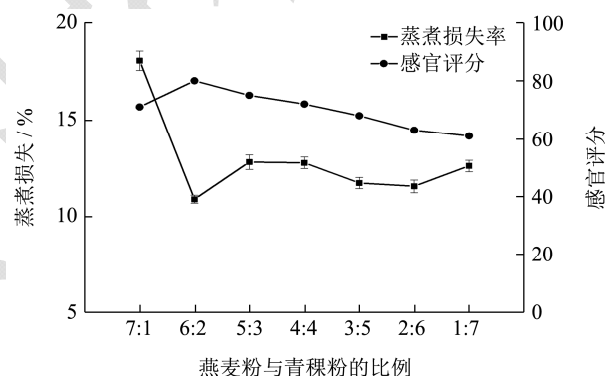


图 1 燕麦-青稞混粉比例对面条蒸煮损失率及感官评分的影响

Fig.1 Effect of oat-barley mixing ratio on cooking loss rate and sensory score of noodles

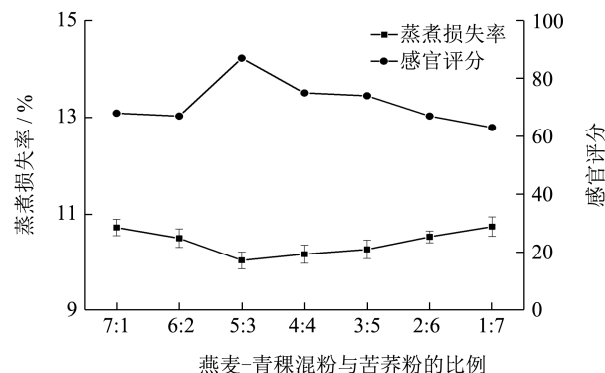


图 2 燕麦-青稞混粉与苦荞粉比例对面条蒸煮损失率及感官评分的影响

Fig.2 Effect of the ratio of oat-barley flour and tartary buckwheat flour on cooking loss rate and sensory score of noodles

由图2可知,添加苦荞粉后,面条的蒸煮损失有所下降,这是因为苦荞粉的添加提高了面团的耐揉性,改善了杂粮面条的结构,在燕麦-青稞混粉与苦荞粉比例为5:3时蒸煮损失率最低,为10.04%,感官评分最高,为87分;但当苦荞粉比例超过3/5时,面条颜色偏深,呈现出苦荞的褐绿色,苦味越来越浓烈,影响面条的感官品质,故选择燕麦-青稞混粉与苦荞粉比例为5:3,即杂粮粉中燕麦:青稞:苦荞的比例为3.75:1.25:3,杂粮面条配方粉的比例为小麦:燕麦:青稞:苦荞=2:3.75:1.25:3。

2.2 高含量杂粮面条和面工艺优化

2.2.1 加水量对面条蒸煮损失率的影响

加水量对面条蒸煮损失率的影响见图3,如图所示,面条蒸煮损失率随加水量的增加先降低后升高,这与王乐等人^[19]研究加水量对马铃薯面条品质的影响趋势相一致。加水量小于44%时,面条的蒸煮损失率随加水量的增加逐渐降低,加水量为44%时,杂粮面条的蒸煮损失率最低,为8.39%。皆是因为加水量越来越接近混合粉的吸水能力,使面筋蛋白充分吸水膨胀形成面筋网络,同时淀粉也吸水膨胀,包裹在面筋网络中,增加了面条的弹性,改善了面条的硬度,并且缩减了面条的煮制时间,使蒸煮损失率下降。当加水量超过44%时,加水量超过适宜水分,面团中占主导地位的是面团的黏性,面条的抗拉伸性能降低^[20],导致鲜湿面条表面发黏,煮制后损失较多。故后续响应面实验中加水量选择为41%、44%和47%三个水平。

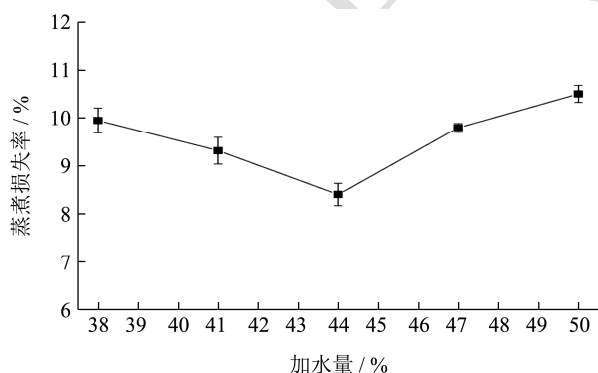


图3 加水量对面条蒸煮损失率的影响

Fig.3 Effect of water addition on cooking loss rate of noodles

2.2.2 醒发时间对面条蒸煮损失率的影响

如图4所示,在制面过程中,如不进行醒发直接挤压,则面条的蒸煮损失率较高,超过10%,进行真空醒发后杂粮面条的蒸煮损失率随着醒发时间的延长出现先下降后上升的趋势,真空醒发时间为10 min时,杂粮面条蒸煮损失率最低,为8.41%。这主要是

因为真空状态下能促进醒发过程中水分的迁移,使水分与蛋白质胶体颗粒进行接触,通过氢键,使其发生水化作用,促进了面筋结构的形成^[21],但醒发时间延长,面团内部结构发生变化,水分向面团表面散失,面条发粘,蒸煮损失率增加。所以选择5、10、15 min作为后续响应面实验中醒发时间因素的三个水平。

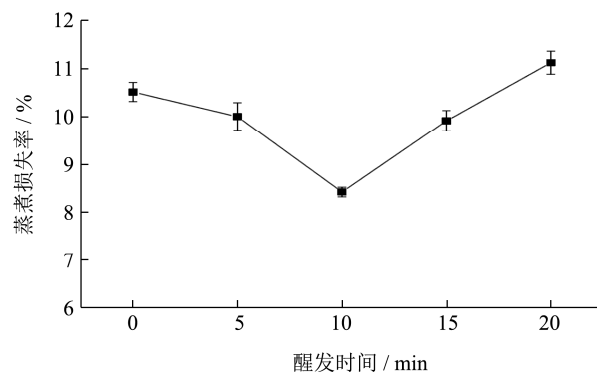


图4 醒发时间对面条蒸煮损失率的影响

Fig.4 Effect of wake-up time on cooking loss rate of noodles

2.2.3 水温对面条蒸煮损失率的影响

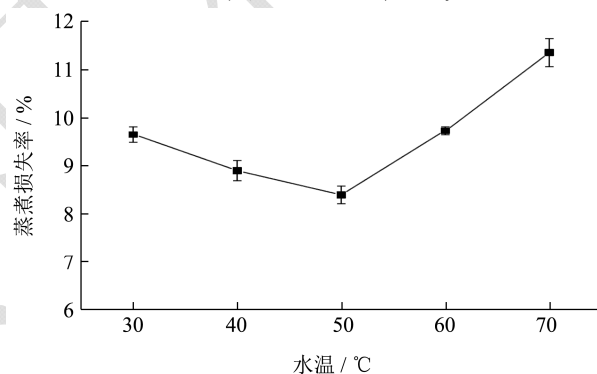


图5 水温对面条蒸煮损失率的影响

Fig.5 Effect of water temperature on cooking loss rate of noodles

水温对杂粮面条蒸煮损失率的影响见图5,随着水温的升高,面条的蒸煮损失率出现了先下降后上升的趋势。当水温为50℃时,杂粮面条的蒸煮损失率最低,为8.40%。50℃之前,随着水温的升高,面筋结构逐渐形成,蛋白质和淀粉之间的作用也越来越明显,挤压出的面条变得有弹性,蒸煮损失率减小。当水温持续上升时,蛋白质发生变质,与淀粉的相互作用减弱,面筋结构逐渐凝固、硬化,使蒸煮损失率升高^[22]。拱姗姗等人^[23]研究发现,水温约为50℃时,面团面筋网络韧性、弹性和延展性较好,本文面条的较适宜水温与此结果一致。故选择水温因素的水平为40、50、60℃。

2.3 响应面试验分析

表3为响应面分析实验设计方案与结果,表4为

方差分析结果,由表4可知,对数据进行分析整理,得到蒸煮损失率回归方程为:

$$Y=8.03+0.15A-0.19B-0.48C+0.15AB+0.18AC-(5.000E-003)BC+0.75A^2+0.45B^2+0.24C^2$$

回归模型 p 值<0.0001,极显著,模型失拟项 p 值为0.2573>0.05,不显著,说明该模型拟合性良好。在模型中,对面条蒸煮损失率影响显著的有 A、B、C、AB、AC、 A^2 、 B^2 、 C^2 ,影响排序为水温>醒发时间>加水量,模型信噪比为22.113>4,可以用该模型对面条蒸煮损失率进行分析和预测。

各因素交互作用对蒸煮损失率的影响见图6~图8,当水温一定时,加水量与醒发时间的交互作用较强,蒸煮损失率随着加水量和醒发时间的增加先减小后增大;加水量与水温的交互作用中,水温对蒸煮损失率的影响较大,坡度相对于加水量来说较陡;图8中,响应面图坡度较平缓,说明水温和醒发时间交互作用对面条蒸煮损失率影响较小。

根据 Design Expert 进行分析得出,制作工艺最佳条件为:加水量45.35%、醒发时间10.70 min、水温58.47℃,在此条件下,蒸煮损失率为8.07%。考虑到实验可操作性,将条件调整为,加水量45%、醒发时间10.5 min、水温58℃,进行实验得到蒸煮损失率为

8.01%,与理论值基本相符,证明此模型适用有效,并具有一定的实践指导意义。

表3 响应面试验设计与结果

Table 3 Response surface experimental design and results

序号	A/%	B/min	C/℃	蒸煮损失率/%
1	0	0	0	8.08
2	0	-1	1	8.36
3	1	1	0	9.27
4	0	0	0	8.09
5	0	0	0	7.93
6	-1	-1	0	9.50
7	0	-1	-1	9.33
8	1	-1	0	9.47
9	-1	0	1	8.21
10	1	0	1	8.89
11	0	1	1	8.10
12	-1	1	0	8.70
13	0	0	0	7.98
14	0	1	-1	9.09
15	1	0	-1	9.49
16	-1	0	-1	9.52
17	0	0	0	8.09

表4 方差分析结果

Table 4 Results of ANOVA

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
模型	6.34	9	0.70	89.30	<0.0001
A-加水量	0.18	1	0.18	22.45	0.0021
B-醒发时间	0.28	1	0.28	35.67	0.0006
C-水温	1.87	1	1.87	237.43	<0.0001
AB	0.090	1	0.090	11.41	0.0118
AC	0.13	1	0.13	15.98	0.0052
BC	1.00E-004	1	1.00E-004	0.013	0.9135
A^2	2.40	1	2.40	303.78	<0.0001
B^2	0.84	1	0.84	106.58	<0.0001
C^2	0.24	1	0.24	30.57	0.0009
残差	0.055	7	7.89E-003		
失拟项	0.033	3	0.011	1.99	0.2573
纯误差	0.022	4	5.53E-003		
总差异	6.39	16			
R^2	0.9914		调整 R^2	0.9803	
信噪比	22.113		拟合优度 R^2	0.9118	

研究报道,以青稞、藜麦、荞麦为原料的青稞挤压面条,其蒸煮损失率为30.44%,经冷冻处理优化后,其蒸煮损失率仍有17.17%^[24]。刘淑一通过蒸制、炒制、挤压方式预糊化燕麦全粉,经三种熟化粉配比制成的

七成燕麦挤压挂面的蒸煮损失率为6.94%^[25]。本文研制的面条中杂粮粉含量高达80%,仅通过真空挤压方式制作面条,蒸煮损失率为8.01%,远小于冷冻处理的青稞挤压面条;虽大于刘淑一研究的七成燕麦面条,

但不需原料预糊化处理,且小于 10%,食用品质较佳;可见利用真空挤压技术,可弥补杂粮面筋蛋白少的缺点,增加面条中杂粮的含量。

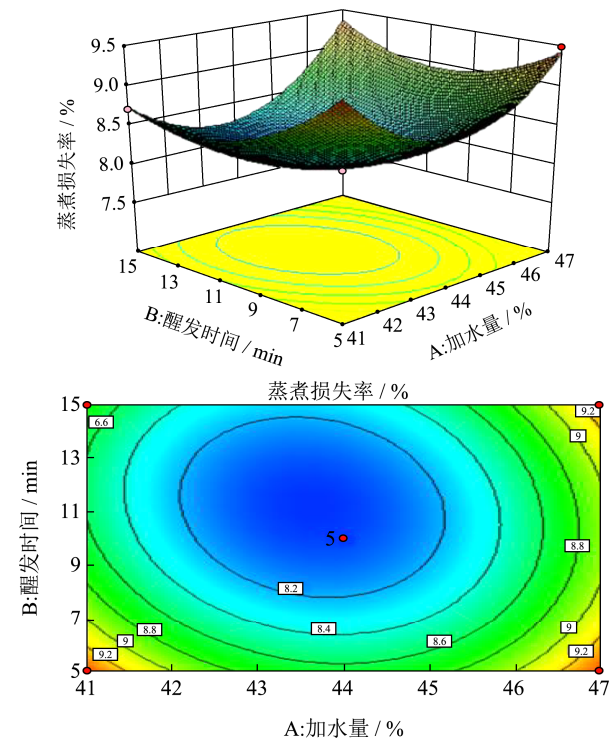


图 6 加水量和醒发时间对面条蒸煮损失率的交互影响

Fig.6 Interactive effect of water addition and wake-up time on noodle cooking loss rate

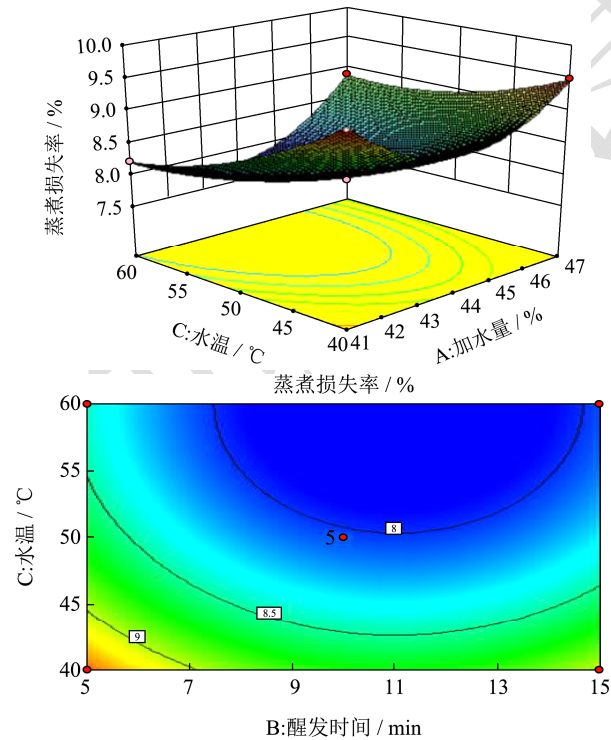


图 7 加水量和水温对面条蒸煮损失率的交互影响

Fig.7 Interactive effect of water addition and water temperature on noodle cooking loss rate

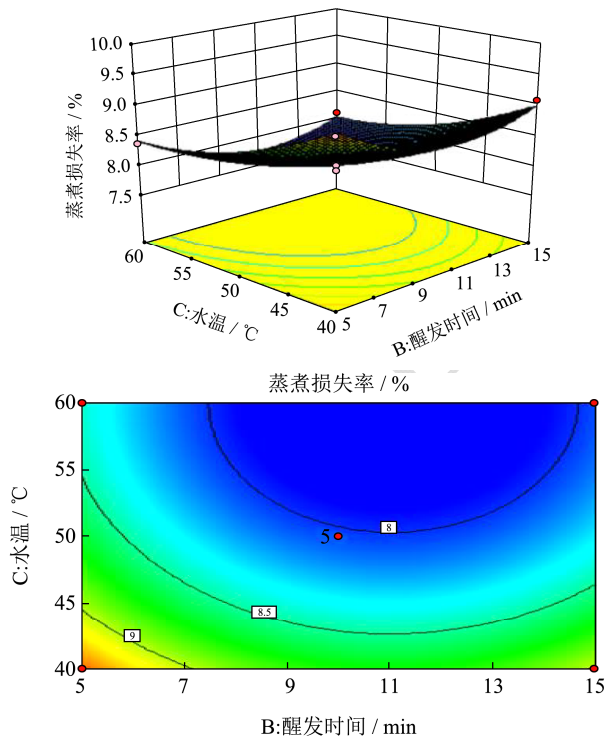


图 8 醒发时间和水温对面条蒸煮损失率的交互影响

Fig.8 Interactive effect of wake-up time and water temperature on noodle cooking loss rate

3 结论

3.1 本文选择燕麦、青稞、苦荞作为原料与小麦粉进行复配制作杂粮面条,复配试验确定高含量杂粮面条中小麦:燕麦:青稞:苦荞的比例为 2:3.75:1.25:3,此时杂粮面条的蒸煮损失率为 10.04%,感官评分为 87 分。在单因素试验的基础上,利用响应面试验分析得出,高含量杂粮面条的工艺优化条件为加水量 45%、在真空状态下醒发 10.5 min、水温 58 °C,在此条件下,面条的蒸煮损失率为 8.01%,比复配试验中面条的蒸煮损失率降低 2.03%,食用品质更佳。

3.2 本实验旨在研究,在不添加增筋剂的条件下,通过复配杂粮粉及真空挤压工艺优化,制作出高含量杂粮面条。结果证实,利用真空挤压工艺,可弥补杂粮面筋蛋白少的缺点,增加面条中杂粮含量,提高面条的营养价值,发挥杂粮的健康作用,且赋予面条独特的口感和风味。

参考文献

- [1] 沙敏,武拉平.杂粮研究现状与趋势[J].农业展望,2015, 11(2):53-56,60
- [2] 陈磊.燕麦的营养功能及综合加工利用[J].食品与机械,

- 2012,28(2):236-237
CHEN Lei. Nutritional functions and process utilizations of oat [J]. Food & Machinery, 2012, 28(2): 236-237
- [3] 罗静,李玉峰,胥霞.青稞中的活性物质及功能研究进展[J].食品与发酵工业,2018,44(9):300-304
LUO Jing, LI Yu-feng, XU Xia. Research progress of bioactive components in hulless barley [J]. Food and Fermentation Industries, 2018, 44(9): 300-304
- [4] 王世霞,刘珊,李笑蕊,等.甜荞麦与苦荞麦的营养及功能活性成分对比分析[J].食品工业科技,2015,36(21):78-82
WANG Shi-xia, LIU Shang, LI Xiao-rui, et al. A comparative analysis of nutrition components and active ingredient in common and tartary buckwheat [J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(21): 78-82
- [5] Kihara M, Okada Y, Limure T, et al. Accumulation and degradation of two functional constituents, GABA and β -glucan, and their varietal differences in germinated barley grains [J]. Breeding Science, 2007, 57(2): 85-89
- [6] 张英强.苦荞麦黄酮和蛋白质提取工艺的优化[D].西安:西北大学,2016
ZHANG Ying-qiang. Optimization of extraction of flavonoid and protein from tartary buckwheat [D]. Xi'an: Northwest University, 2016
- [7] 刘新红.青稞品质特性评价及加工适宜性研究[D].西宁:青海大学,2014
LIU Xin-hong. Study on quality evaluation and processing suitability of hulless barley [D]. Xining: Qinghai University, 2014
- [8] 聂薇,李再贵.苦荞麦营养成分和保健功能[J].粮油食品科技,2016,1:40-45
NIE Wei, LI Zai-gui. Nutritional components and prophylactic values of tartary buckwheat [J]. Science and Technology Cereals, Oils and Foods, 2016, 1: 40-45
- [9] 章海燕,张晖,王立,等.燕麦研究进展[J].粮食与油脂,2009,8:7-9
ZHANG Hai-yan, ZHANG Hui, WANG Li, et al. Research and development of oat [J]. Cereals & Oils, 2009, 8: 7-9
- [10] Rathod R P, Annapure U S. Physicochemical properties, protein and starch digestibility of lentil based noodle prepared by using extrusion processing [J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 80: 121-130
- [11] 陆启玉.粮油食品加工工艺学[M].北京:中国轻工业出版社,2008,6
LU Qi-yu. Cereal and Oil Processing Technology [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2008, 6
- [12] 刘锐,任晓龙,邢亚楠,等.真空和面工艺对面条质量的影响及参数优化[J].中国粮油学报,2015,30(9):6-12
LIU Rui, REN Xiao-long, XING Ya-nan, et al. Effect of vacuum mixing on the noodles quality properties and optimization of its process parameters [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2015, 30(9): 6-12
- [13] 陈汝群.燕麦系列食品生产工艺研究[D].西安:陕西科技大学,2014
CHEN Ru-qun. Study on the processing technologies of oats series food [D]. Xi'an: Shaanxi University of Science & Technology, 2014
- [14] 栗丽萍,王寿东.谷朊粉对高含量荞麦面条品质的影响[J].农业机械,2011,8:67-69
LI Li-ping, WANG Shou-dong. The effect of gluten on quality of high content buckwheat noodles [J]. Farm Machinery, 2011, 8: 67-69
- [15] 杨玉玲.不同和面方式对面团流变特性和面条品质的影响[D].郑州:河南工业大学,2018
YANG Yu-ling. Influence of different mixing methods on the rheological properties of dough and noodle quality [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2018
- [16] 刘锐.和面方式对面团理化结构和面条质量的影响[D].北京:中国农业科学院,2015
LIU Rui. Effects of mixing modes on dough physico-chemical structure and noodle quality property [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2015
- [17] 王乐,黄峻榕,张宁,等.马铃薯面条制作工艺及品质研究[J].食品研究与开发,2017,38(1):78-82
WANG Le, HUANG Jun-rong, ZHANG Ning, et al. Study on process technology and quality of potato noodles [J]. Food Research and Development, 2017, 38(1): 78-82
- [18] 孙于庆,李建新,闵玉涛,等.模糊数学在荞麦方便面配方设计中的应用[J].食品科技,2011,36(10):136-138
SUN Yu-qing, LI Jian-xin, MIN Yu-tao, et al. Application of fuzzy mathematical comprehensive evaluation of buckwheat instant noodles' designed formula [J]. Food Science and Technology, 2011, 36(10): 136-138
- [19] 王乐,黄峻榕,张宁,等.马铃薯面条制作工艺及品质研究[J].食品研究与开发,2017,38(1):78-82
WANG Le, HUANG Jun-rong, ZHANG Ning, et al. Study on processing technology and quality of potato noodles [J]. Food Research and Development, 2017, 38(1): 78-82
- [20] Bhattacharya S. Stress relaxation behaviour of moth bean flour dough: product characteristics and suitability of model [J]. Journal of Food Engineering, 2010, 97(4): 539-546

- [21] 王灵昭,陆启玉.面筋蛋白组分在制面过程中的变化及与面条质地差异的关系[J].河南工业大学学报(自然科学版), 2005,1:11-14
WANG Ling-zhao, LU Qi-yu. The changes of gluten ingredients during making noodle and their relationships with noodle texture difference [J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2005, 1:11-14
- [22] 郭刚秋.不同水温对实面团性质的影响[J].轻工科技, 2012,28(7):19-31
GUO Gang-qiu. Effects of different water temperatures on the properties of solid dough [J]. Light Industry Science and Technology, 2012, 28(7): 19-31
- [23] 拱姗姗,刘长虹,徐一哲,等.温度对调制面团性能影响研究[J].食品科技,2016,7:170-173
GONG Shan-shan, LIU Chang-hong, XU Yi-zhe, et al. Effect of temperature on the modulation dough properties [J]. Food Science and Technology, 2016, 7: 170-173
- [24] 王润,党斌,杨希娟,等.青稞低 GI 挤压面条制作工艺优化及营养与抗氧化活性分析[J].中国粮油学报,2019,34(6):37-44
WANG Run, DANG Bin, YANG Xi-juan, et al. Processing technology optimization and nutrition and antioxidant activity analysis of highland barley low glycemic index extruded noodles [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2019, 34(6): 37-44
- [25] 刘淑一.预糊化对燕麦全粉性质及高含量燕麦挂面品质的影响[D].镇江:江苏大学,2017
LIU Shu-yi. Effect of pre-gelatinization on the quality of whole oat flour and the quality of high content oat noodles [D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2017

(上接第 211 页)

- [29] 任婷婷,魏欣,岳田利,等.益生菌发酵苹果浆工艺优化及发酵前后挥发性风味成分分析[J].食品科学,2019,40(8):87-93
REN Ting-ting, WEI Xin, YUE Tian-li, et al. Process optimization for fermentation apple pulp with probiotics and analysis of volatile flavor components before and after fermentation [J]. Food Science, 2019, 40 (8): 87-93
- [30] 李达,苗欣宇,王景会,等.复合益生菌发酵果蔬饮料的研制[J].饮料工业,2019,22(6):32-37
LI Da, MIAO Xin-yu, WANG Jing-hui, et al. Study on fruit and vegetable beverage fermented by and mixed probiotics [J]. Beverage Industry, 2019, 22(6): 32-37
- [31] 周书来,王琪,刘琨毅,等.Box-Behnken 中心组合设计优化复合豆浆酒发酵工艺[J].中国酿造,2019,38(8):205-210
ZHOU Shu-lai, WANG Qi, LIU Kun-yi, et al. Optimization of fermentation process of compound soymilk liquor by Box Behnken center composite design [J]. Chinese Brewing, 2019, 38 (8): 205-210
- [32] Muralidhar R V, Chirumamila R R, Marchant R, et al. A response surface approach for the comparison of lipase production by *Candida cylindracea* using two different carbon sources [J]. Biochemistry Engineering Journal, 2001, 9(1): 17-23
- [33] 林冰,孙悦,何怡,等.刺梨酵素的制备及活性测定[J].中国食品添加剂,2018,10:109-114
LIN Bing, SUN Yue, HE Yi, et al. Preparation and determination of preliminary bioactivity of *Rosa roxburghii* Tratt Enzyme [J]. China Food Additives, 2018, 10: 109-114
- [34] 王瑜,李立郎,杨娟,等.刺梨酵素发酵工艺优化及发酵前后风味与活性成分分析[J].食品科技,2019,44(10):74-81
WANG Yu, LI Li-lang, YANG Juan, et al. Optimization of fermentation process of *Rosa roxburghii* ferment and analysis of flavor and functional components before and after fermentation [J]. Food Science and Technology, 2019, 44 (10): 74-81

(上接第 286 页)

- [18] 中华人民共和国中央人民政府,国务院关于印发土壤污染防治行动计划的通知[EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-05/31/content_5078377.htm, 2016-05-28
Circular of the Central People's Government of the People's Republic of China and the State Council on the Issuance of Action Plans for the Prevention and Control of Soil Pollution [EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-05/31/content_5078377.htm, 2016-05-28
- [19] 李正文,张艳玲,潘根兴,等.不同水稻品种籽粒 Cd、Cu 和 Se 的含量差异及其人类膳食摄入风险[J].环境科学, 2003,24(3):112-115
LI Zheng-wen, ZHANG Yan-ling, PAN Gen-xing, et al. the difference of grain Cd、Cu and Se content in different rice varieties and the risk of human dietary intake [J]. Environmental Science, 2003, 24(3): 112-115