

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.06.020

真空和面对高占比马铃薯全粉挂面品质的影响研究

杜洪¹, 杨健²✉, 张星灿^{1,2}, 华苗苗², 张怡¹, 康建平^{1,2}

(1. 四川省食品科学技术学会, 成都 611130;
2. 四川东方主食产业技术研究院, 成都 611130)

摘要: 马铃薯全粉具有较高的营养价值, 但因其不能形成良好的面筋结构而在挂面加工中受到限制。采用单因素实验与双因素实验相结合, 优化马铃薯全粉挂面工艺中真空和面工序。研究显示, 对马铃薯全粉挂面样品的综合品质, 加水量影响最大, 和面时间次之, 真空度与转速影响较小。最优参数为加水量 36%, 和面时间 12 min, 真空度 0.06 MPa, 转速 60 r/min。为进一步工业化生产高占比马铃薯挂面产品加工提供实践数据支撑。

关键词: 马铃薯全粉; 挂面; 真空和面; 质构特性

中图分类号: TS215 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2020)06-0152-06

Research on the Effect of Vacuum Dough Kneading on the Quality of Noodles with Whole Potato Flour

DU Hong¹, YANG Jian²✉, ZHANG Xing-can^{1,2}, HUA Miao-miao², ZHANG Yi¹, KANG Jian-ping^{1,2}

(1. Sichuan Institute of Food Science and Technology, Chengdu, Sichuan 611130, China;
2. Sichuan Oriental Staple Food Industry Technology Research Institute, Chengdu, Sichuan 611130, China)

Abstract: Whole potato flour has high nutritional value, but it is limited in the processing of vermicelli because it cannot form a good gluten structure. In this study, single factor test and double factor test were used to optimize the vacuum and noodles process of whole potato flour noodle. The results showed that the water content had the greatest influence on the overall quality of whole potato flour, followed by the mixing time, the vacuum degree and rotation speed had little influence. The optimum parameters are 36% water addition, 12 minutes mixing time, 0.06 MPa vacuum degree and 60 R/min rotating speed. It provides practical data support for further industrial production of high proportion potato noodle products.

Key words: potato whole powder; noodles; vacuum dough kneading; texture characteristics

马铃薯 (*Solanum tuberosum* L), 属茄科, 多年生草本粮菜兼用作物, 原产于南美洲秘鲁和玻利维亚等, 营养物质丰富, 块茎富含淀粉、蛋白质、膳食纤维、维生素 C 及矿物质钾, 因此马铃薯

薯又有“地下苹果”、“长寿食品”的美誉^[1-2]。因马铃薯含有的氨基酸与鸡蛋中所含的氨基酸近似相同, 而且蛋白质易被人体吸收, 营养价值极高^[3]。马铃薯全粉是鲜马铃薯经清洗、去皮、切片、漂洗、预煮、冷却、蒸煮、捣泥等工序, 最后脱水干燥而得到的粉末状产品, 基本保留了薯皮以外的全部营养物质, 水分含量较低 ($\leq 9.0\%$)、便于运输、贮存及加工, 方便作为生产加工用原辅材料^[4-5]。马铃薯产量丰富, 是继小麦、水稻、

收稿日期: 2020-04-09

基金项目: 四川省科技计划项目 (2018NZ0122)

作者简介: 杜洪, 男, 1964 年出生, 工程师, 研究方向为粮油主食加工技术。

通讯作者: 杨健, 男, 1986 年出生, 高级工程师, 研究方向为粮油加工研究及工程。E-mail: 516914979@qq.com.

玉米等主要粮食作物之后的世界第四大粮食作物^[6-7]。因为马铃薯具有产量高、营养丰富的优势,赶上 2015 年中国农业部启动马铃薯主粮化战略,不仅可以解决我国粮食短缺的问题,关键是可以改善国民的身体素质与膳食营养结构^[8-9]。随着马铃薯主粮化战略的不断推进,马铃薯主食化产品成为近几年研究的热点,尤其是以马铃薯全粉为原料开发面制食品。

目前,以马铃薯全粉为原料开发挂面,由于其不含面筋蛋白,难以赋予面团麦谷蛋白特有粘弹性,导致马铃薯全粉挂面加工性能(成型难、易断条等)较差^[10],相关研究多集中在马铃薯全粉添加量对面条品质的影响^[1,11],品质改良剂的研究^[2,12-13],高占比马铃薯全粉(含量 30%以上)挂面压延工艺的研究相对较少。本文旨在研究高占比马铃薯全粉(添加量 30%)挂面压延工艺参数(加水量、和面时间、和面转速、真空度)对挂面品质的影响,通过全面实验确定最优工艺参数,以为高占比马铃薯全粉挂面产品工业化推广提供数据依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

1.1.1 实验材料

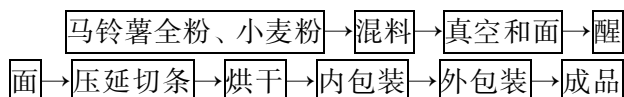
马铃薯全粉(SB/T10752—2012):甘肃正阳食品有限公司;高筋一级小麦粉(GB/T 1355—1986):绵阳仙特米业有限公司;食用盐(GB/T 5461—2016):重庆合川盐化工业有限公司;聚丙烯酸钠:河南思远生物科技有限公司;谷朊粉:浚县天龙面业有限公司;魔芋精粉:汉中市东方魔芋有限责任公司;碳酸钠:河南恩苗食品有限公司。

1.1.2 实验仪器

UniversalTA 质构仪:上海腾拔仪器科技有限公司;MT40 面条机:北京全兴机械厂;真空和面机:佛山市烈动电器有限公司;电热鼓风干燥箱:上海博讯实业有限公司医疗设备厂;其它耗材均为市售。

1.2 实验方法

1.2.1 挂面制作工艺流程



→**入库**^[1-2]

1.2.2 实验设计

1.2.2.1 加水量对马铃薯挂面品质的影响 采用 5 种不同加水量 30%、33%、36%、39%、42%,在真空度 0.08 MPa、转速 80 r/min,时间 10 min 条件下真空和面,测定所生产的马铃薯全粉挂面蒸煮损失率、熟断条率与感官品质,确定适宜的加水量。

1.2.2.2 和面时间对马铃薯挂面品质的影响 采用 5 种不同和面时间 8、12、16、20、24 min,在 1.2.2.1 实验结果的基础上,测定所生产的马铃薯全粉挂面蒸煮损失率、熟断条率与感官品质,确定合适的和面时间。

1.2.2.3 真空度对马铃薯挂面品质的影响 采用 5 种不同真空度 0、0.02、0.04、0.06、0.08 MPa,在 1.2.2.2 实验结果的基础上,测定所生产的马铃薯全粉挂面蒸煮损失率、熟断条率与感官品质,确定合适的真空度。

1.2.2.4 转速对马铃薯挂面品质的影响 分别在 5 种不同转速 40、60、80、100、120 r/min,在 1.2.2.3 实验结果的基础上,测定所生产的马铃薯全粉挂面蒸煮损失率、熟断条率与感官品质,确定合适的转速。

1.2.2.5 加水量和和面时间的双因素实验 在马铃薯全粉添加量 30%,真空度 0.06 Mpa,和面转速 60 r/min 的基础上,加水量为 30%、33%、36%、39%,分别设定和面时间为 8、12、16 min,进行双因素实验。

1.3 测定方法

1.3.1 熟断条率

参照 LS/T 3212—2014 中的方法^[16]进行测定。

1.3.2 面条蒸煮损失率测定

取 30 g 左右面条,置于盛有 500 mL 蒸馏水的烧杯中,在 100 °C 水浴加热至白芯刚好消失,捞出面条并淋水 30 s,将冲淋液和面汤煮至剩下大约 50 mL 时,在 105 °C 烘干至恒重,重复 3 次取平均值^[1-2]。

$$\text{蒸煮损失率}(\%) = \frac{\text{面汤中干物质重量}}{\text{面条干重}} \times 100$$

1.3.3 面条 TPA 测定方法

取面条样品 20~30 根,放入盛有 500 mL 沸水

(蒸馏水)的烧杯中,保持水呈微沸状态,煮至面条白芯刚好消失,立即将面条捞出,在漏水丝网容器中沥干水分后进行质构测定。测定方法按 TPA 实验法进行,测定参数见表 2,测定指标为:

弹性、胶着性、粘聚性、回复性、硬度、咀嚼性、粘性,测量在 10 min 内完成,每个样品重复 6 次平行实验^[1-2]。

表 1 质构仪操作参数

探头	操作类型	测前速度/(mm/s)	测试速度/(mm/s)	测后速度/(mm/s)	压缩率/%	感应力/g	时间/s
HDP/PFS	TPA	2	1	1	70	5	1

1.3.4 干面条的破裂力实验

所用探头为 P/SFR 弯曲装置,参数设定如下:测前速度 2 mm/s;测试速度 2 mm/s;测后速度 2 mm/s;引发力 5 g;压缩率 50%^[1-2]。

1.3.5 面条拉伸实验

采用的质构仪探头 P/SPR 面条拉伸装置,参数设定如下:测前速度 1 mm/s;测试速度 3 mm/s;测后速度 5 mm/s;引发力 5 g;拉伸距离 15 mm^[1-2]。

1.3.6 马铃薯面条感官评定

面条的感官特性主要包括色泽、表观状况、弹性、韧性、光滑性、适口性和食味。取加工好

的生面条若干,将面条在 100 °C 沸水中煮至白芯刚好消失,用漏勺捞出面条,并淋水 30 s,然后室温放置 2 min,对煮制后面条的感官品质进行评价。按照实验设计进行色泽、表观状况等感官性状的评价,面条评分项目及分值分配参考 SB/T 10137—1993 制订。实验的品尝小组由 15 位经过训练对品尝有经验的人员组成^[1-2]。

量取 500 mL 自来水于小铝锅中(直径 20 cm),在 2 000 W 电炉上煮沸,称取 50 g 干面条样品,放入锅内,煮至面条白芯刚好消失,立即将面条捞出,以流动的饮用水冲淋约 10 s,分放在碗中品尝。

表 2 马铃薯全粉面条感官评分标准

项目	分值/分	评分标准
色泽	10	面条的颜色和亮度。面条白、乳白、奶黄色,光亮为 8.5~10 分;亮度一般为 6~8.4 分;色发暗、发灰,亮度差为 1~6 分。
表观状况	10	面条表面光滑和膨胀程度。表面结构细密、光滑为 8.5~10 分,中间为 6.0~8.4 分,表面粗糙、膨胀、变形严重为 1~6 分。
适口性	20	用牙咬断一根面条所需力的大小。力适中得分为 17~20 分,稍偏硬或软 12~17 分,太硬或太软 1~12 分。
韧性	25	面条在咀嚼时,咬劲和弹性的大小。有咬劲、富有弹性为 21~25 分,一般为 15~21 分,咬劲差、弹性不足为 1~15 分。
粘性	25	在咀嚼过程中,面条粘牙强度。咀嚼时爽口、不粘牙为 21~25 分,较爽口、稍粘牙为 15~21 分,不爽口、发粘为 10~15 分。
光滑性	5	在品尝面条时口感的光滑程度。光滑为 4.3~5 分,中间为 3~4.3 分,光滑程度差为 1~3 分。
食味	5	品尝时的味道。具有马铃薯清香味 4.3~5 分,基本无异味 3~4.3 分,有异味为 1~3 分。
总分	100	

1.4 统计分析

实验结果数据测 3 次求平均值,数据处理与分析采用统计软件 Excel2007 和 SPSS19.0 软件。

2 结果与分析

2.1 单因素实验

2.1.1 加水量对马铃薯全粉挂面品质的影响

加水量直接影响压延挂面的品质,且是最重要的自变量之一,加水量对马铃薯全粉挂面品质

的影响结果见图 1。由图 1 可知,当加水量在 30%~33% 范围内时,和面后面团略显偏干、面皮表面不光滑、不易成型,造成马铃薯全粉挂面的蒸煮损失率(>13%)与熟断条率(>16%)较高;而加水量超过 39% 时,面团过软、发粘,压延时易粘辊,不易成型,挂面断条(>16%)严重,蒸煮损失(>10%)偏高。加水量较低不利于面团的形成,进而影响面筋网络的形成,而较高会导致挂面发软、咀嚼性降低。加水量达到 36%,马铃

薯全粉挂面蒸煮损失率 (10.28%) 与熟断条率 (13.5%) 低于其它加水量, 且此时感官评分高于其它加水量, 因此确定马铃薯全粉挂面最适加水量为 36%。

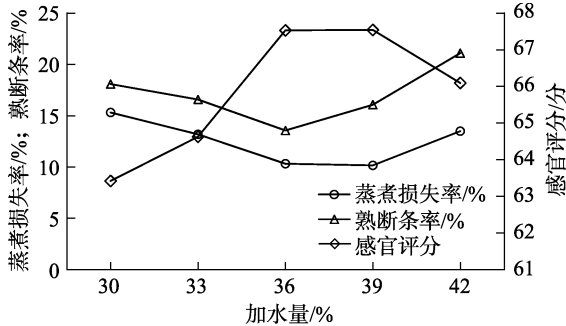


图 1 加水量对马铃薯全粉挂面品质的影响

2.1.2 和面时间对马铃薯全粉挂面品质的影响

和面时间对挂面品质的影响较大, 和面时间不足或过度均会导致挂面品质劣变, 和面时间对马铃薯全粉挂面品质的影响结果见图 2。由图 2 可知, 当和面时间为 16 min 时, 蒸煮损失率 (8.26%) 与熟断条率 (6%) 均较低, 感官评分 (77.82 分) 较高, 此时马铃薯全粉挂面品质较好。由此可知, 和面时间直接影响面团中面筋网络的形成程度, 对最终挂面产品品质有较大的影响, 这与刘锐^[18]的研究结论相符。和面时间为 16 min 时挂面品质最优, 选择最适和面时间 16 min。

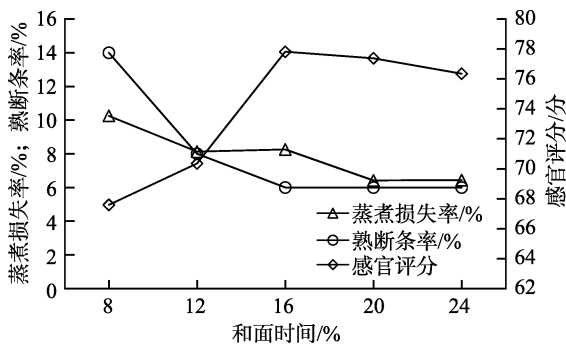


图 2 和面时间对马铃薯全粉挂面品质的影响

2.1.3 真空度对马铃薯全粉挂面品质的影响

真空度对面团的影响程度受制于面团蛋白质的含量与质量, 真空度对马铃薯全粉挂面品质的影响结果见图 3。由图 3 可知, 真空度能适当降低马铃薯全粉挂面蒸煮损失率与熟断条率, 提高样品感官评分值。真空度为 0~0.06 MPa 范围时,

随着真空度的增加, 马铃薯全粉挂面的蒸煮损失率、熟断条率、感官均得到适当改善。和面过程适度抽真空可以除去和面过程部分空气, 降低环境氧气浓度, 促进小麦粉吸水和面筋蛋白水分结合, 面筋蛋白的充分吸水结合有利于二硫键的形成与交换。但过高的真空度会使和面密闭空间氧气浓度过低, 不利于-SH 氧化形成二硫键和蛋白质的聚合, 导致-SH (游离巯基) 的增多和 GMP (谷蛋白大聚合物) 的减少^[17-18]。因此, 确定最适和面真空度为 0.06 MPa, 结果与刘锐等^[19]的研究基本相符。

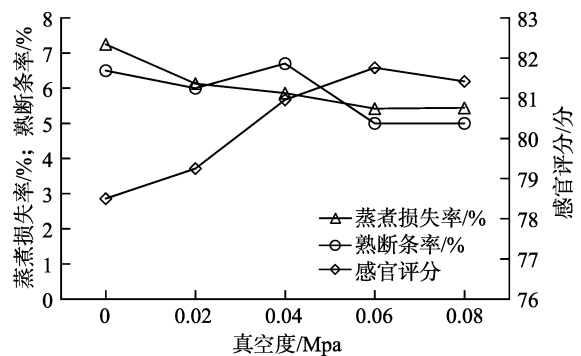


图 3 真空度对马铃薯全粉挂面品质的影响

2.1.4 转速对马铃薯全粉挂面品质的影响

和面转速对马铃薯全粉挂面样品品质的影响结果见图 4。由图 4 可知, 转速对马铃薯全粉挂面品质的影响不明显, 但是当转速超过 60 r/min 时, 蒸煮损失率、熟断条率及感官评分几乎没有变化。因此, 确定最适和面转速为 60 r/min。

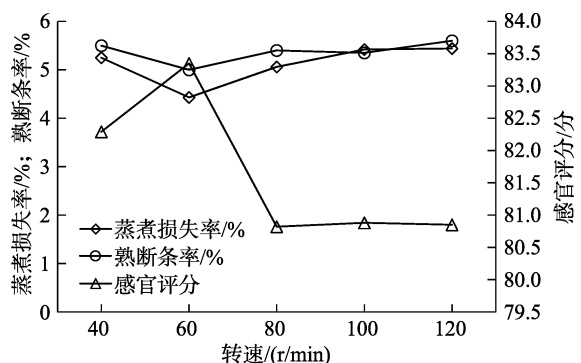


图 4 转速对马铃薯全粉挂面品质的影响

2.2 双因素实验结果与分析

在单因素实验得基础上, 加水量与和面时间对马铃薯全粉挂面品质有明显的影响, 真空度与

转速对挂面品质影响不明显。因此,在马铃薯全粉添加量 33%,真空度为 0.06 Mpa,和面转速为 60 r/min 的基础上,以加水量为 30%、33%、36%、39%的水平,分别设定和面时间为 8、12、16 min,进行双因素实验,结果见表 3。

整体而言,加水量对挂面熟断条率和蒸煮损失率的影响大于和面时间,对感官评分的影响差异不大。加水量过大导致挂面难以分散,不会影响熟断条率与蒸煮损失率,而对感官影响不大。在各加水量水平下,熟断条率与蒸煮损失率均随和面时间的延长而先减小后增大,而感官评分先增大后减少。当加水量为 36%时,熟断条率和蒸

煮损失率较低,且感官评分较高,表明挂面品质较好。在各和面时间水平下,熟断条率与蒸煮损失率均随加水量的增加而先减小后增大,而感官评分先增大后减少。当和面时间 12 min 时,熟断条率和蒸煮损失率较低,且感官评分较高,表明挂面品质较好。

2.3 与普通挂面对比

以本工艺小麦粉挂面、市售挂面(不含马铃薯全粉)为对照,采用统一的多指标进行评价,以便客观评价高含量马铃薯全粉挂面加工工艺的优劣(表 4~5)。

表 3 双因素实验的品质测定结果

序号	加水量/%	和面时间/min	熟断条率/%	蒸煮损失率/%	感官评分/分
1	30	8	17.5±0.5 ^a	12.66±0.32 ^c	68.3±1.23 ^a
2	30	12	12.0±1.0 ^b	9.58±0.05 ^a	75.7±0.88 ^b
3	30	16	14.5±0.5 ^a	10.21±0.48 ^b	74.5±0.35 ^c
4	33	8	16.5±0.5 ^c	11.87±0.66 ^b	69.7±0.13 ^d
5	33	12	9.5±1.0 ^{ac}	7.26±0.08 ^a	78.3±0.46 ^c
6	33	16	9.0±1.0 ^{bc}	6.89±0.13 ^c	76.8±1.25 ^a
7	36	8	7.5±0.5 ^d	5.71±0.21 ^b	79.1±1.02 ^e
8	36	12	4.5±0.5 ^c	4.82±0.55 ^d	82.8±0.58 ^b
9	36	16	6.0±0.5 ^d	5.01±0.79 ^{ac}	81.9±0.61 ^{bc}
10	39	8	9.0±1.0 ^{ab}	6.04±0.86 ^b	77.7±1.16 ^{ab}
11	39	12	7.5±0.5 ^{bc}	5.89±0.34 ^c	79.3±0.47 ^b
12	39	16	8.0±1.0 ^d	5.94±0.61 ^b	78.4±0.52 ^b

表 4 挂面蒸煮特性与感官评价对比结果

样品	评价指标			
	蒸煮损失率/%	熟断条率/%	水分/%	感官评分/分
实验样品	4.75±0.23 ^a	5.21±0.46 ^a	11.10±0.37 ^b	86.20±0.59 ^a
本工艺-小麦粉	4.31±0.48 ^b	4.35±0.09 ^b	11.60±0.31 ^b	88.90±0.45 ^a
市售挂面 1	4.05±0.35 ^c	4.65±0.21 ^c	11.80±0.25 ^a	85.80±0.88 ^b
市售挂面 2	4.12±0.41 ^b	4.78±0.44 ^a	11.60±0.62 ^c	86.60±0.43 ^a

表 5 挂面质构特性对比测定结果

样品	评价指标								
	弹性	胶着性/g	黏聚性	回复性	硬度/g	咀嚼性/g	粘性/g-mm	挤压力/g	拉断力/g
实验样品	0.86±0.06 ^a	1 825.79±85.21 ^a	0.59±0.06 ^a	0.72±0.11 ^a	2 214.50±132.79 ^b	1 677.75±65.32 ^b	10.60±0.52 ^a	127.59±8.21 ^a	13.72±1.12 ^c
本工艺-小麦粉	0.76±0.09 ^b	1 853.48±105.33 ^b	0.75±0.15 ^b	0.73±0.08 ^b	2 130.75±106.87 ^a	1 699.56±48.21 ^b	11.60±0.33 ^a	135.75±10.55 ^b	16.73±2.35 ^d
市售挂面 1	0.83±0.02 ^c	1 796.89±79.42 ^a	0.71±0.07 ^c	0.84±0.12 ^a	2 124.17±145.37 ^b	1 655.34±53.44 ^b	16.00±1.45 ^b	137.71±5.89 ^c	17.85±0.89 ^b
市售挂面 2	0.89±0.15 ^b	1 993.53±145.33 ^b	0.74±0.10 ^a	0.74±0.03 ^c	2 607.66±180.23 ^c	1 766.28±39.52 ^a	10.75±0.88 ^a	132.75±13.64 ^b	14.76±0.33 ^a

本实验样品与市售挂面样品对照, 考察关键指标蒸煮特性、感官特性与质构 (TPA) 特性, 测定结果见表 4、表 5, 对表 4~5 中各项指标进行综合对比分析, 结果显示本实验添加品质改良剂所制作的样品蒸煮损失率、熟断条率、水分、感官评分、质构特性等指标明显优于市售挂面, 样品品质达到市售挂面的要求。

3 结论

本实验采用单因素实验与双因素实验相结合, 对高占比马铃薯全粉挂面工艺和面工序进行真空和面参数优化。结果显示, 对马铃薯全粉挂面的整体品质, 加水量影响最大, 和面时间次之, 真空度与转速影响较小。最优实验结果: 加水量 36%, 和面时间 12 min, 真空度 0.06 MPa, 转速 60 r/min。

在一定参数范围内, 真空和面工序可以有效促进水分与面筋蛋白的相互作用, 降低和面过程中面团水分子的流动性, 有利于面团中面筋网络结构的形成。至于真空和面对挂面品质的影响机理, 尚需进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 杨健, 康建平, 张星灿, 等. 马铃薯全粉对面条品质影响的主成分分析研究[J]. 粮油食品科技, 2019, 27(1): 17-23.
- [2] 杨健, 康建平, 张星灿, 等. 高含量马铃薯全粉挂面品质改良剂的研究[J]. 粮油食品科技, 2019, 27(5): 14-20.
- [3] 王健. 加快马铃薯机械化种植技术推广[J]. 农村经济与科技, 2017, 28(1): 64-65.
- [4] ZHU X P, GUO Q Z. Functional quality analysis of potato granules and powders of different varieties[J]. Storage and Processing, 2015(4): 62-65. (in Chinese)
- [5] HOU F N, MU T H, SUN H N, et al. Principal component analysis and comprehensive evaluation on the quality characteristics of potato flour[J]. Journal of Nuclear Agriculture Science, 2015, 29(11): 2130-2140. (in Chinese)
- [6] ARUN K B, JANU C, DHANYA R, et al. A comparative evaluation of antioxidant and antidiabetic potential of peel from young and matured potato[J]. Food Bioscience, 2015(9): 36-46.
- [7] BHAJANTRI S. Production, processing and marketing of potato in karnataka, india an economic analysis[J]. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 2011, 50(2): 143-155.
- [8] 庞昭进, 郭安强, 杨建忠, 等. 关于马铃薯主食化的思考[J]. 河北农业科学, 2017, 21(5): 91-93.
- [9] 卢肖平. 马铃薯主粮化战略的意义、瓶颈与政策建议[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2015(3): 1-7.
- [10] 刘颖, 刘丽宅, 于晓红, 等. 马铃薯全粉对小麦粉及面条品质的影响[J]. 食品工业科技, 2016(24): 163-167.
- [11] 王远辉, 赵靖雯. 马铃薯全粉添加量对挂面品质的影响[J]. 粮食与油脂, 2019(32): 24-29.
- [12] 焦婷婷, 章绍兵, 卞科, 等. 马铃薯全粉添加对烩面品质的影响[J]. 粮食与油脂, 2019(31): 38-42.
- [13] 刘丽宅. 马铃薯面条的研制与品质改良研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨商业大学, 2017.
- [14] 王丽, 李淑荣, 句荣辉, 等. 不同改良剂及醒发时间对马铃薯全粉面条品质特性的影响研究[J]. 现代食品科技, 2018, 34(5): 182-188.
- [15] 李国龙, 师俊玲, 闫梅梅, 等. 谷氨酰胺转氨酶对荞麦方便面品质的影响[J]. 农业工程学报, 2008(9): 281-287.
- [16] 挂面: LS/T3212—2014[S].
- [17] 刘锐, 武亮, 张影全, 等. 基于低场核磁和差示量热扫描的面条面团水分状态研究[J]. 农业工程学报, 2015, 31(9): 288-294.
- [18] LI M, ZHU K X, PENG J, et al. Delineating the protein changes in Asian noodles induced by vacuum mixing[J]. Food Chemistry, 2014, 143(1): 9-16.
- [19] 刘锐, 唐娜, 武亮, 等. 真空和面对面条面团谷蛋白大聚合物含量及粒度分布的影响[J]. 农业工程学报, 2015, 31(10): 289-295. 完