

马铃薯燕麦速食面制备工艺优化及干燥特性研究

Process optimization and drying characteristics of instant noodles mixed with potato and oat

霍 瑞 康连和 张志芬 乔健敏 张园园

HUO Rui KANG Lianhe ZHANG Zhifen QIAO Jianmin ZHANG Yuanyuan

(内蒙古自治区农牧业科学院, 内蒙古 呼和浩特 010031)

(Inner Mongolia Academy of Agricultural & Animal Husbandry Sciences,
Hohhot, Inner Mongolia 010031, China)

摘要:目的: 制备一种具有地域特色的营养速食面。方法: 以马铃薯全粉、燕麦粉和小麦高筋粉为基础原料制备马铃薯燕麦速食面, 优化了马铃薯燕麦速食面, 并测定了其感官评分、断条率、复水率、质构特性及热风干燥特性。结果: 马铃薯燕麦速食面的最佳工艺参数为加水量 53%, 和面时间、熟化时间和蒸面时间分别为 10, 40, 12 min; 在建立干燥模型的基础上, 确定最佳干燥条件为干燥温度 90 °C, 干燥时间 40 min。结论: 在最佳工艺参数下制备的马铃薯燕麦面富有光泽和弹性, 软硬适中不粘牙且具有较好的口感。

关键词: 马铃薯; 燕麦; 速食面; 工艺优化; 干燥特性

Abstract: Objective: This study aimed to prepare a nutritious instant noodle with regional characteristics. **Methods:** The process was optimized using whole potato flour, oat flour, and wheat gluten flour as the basic ingredients. The sensory score, breakage rate, rehydration rate, texture characteristics and hot air-drying characteristics were measured. **Results:** The optimum process parameters for the potato-oatmeal noodles were as follows: 53% water addition, mixing for 10 min, maturing for 40 min and steaming for 12 min. Based on the drying model, the optimum drying conditions were determined to be 40 min at 90 °C. **Conclusion:** The potato-oat instant noodles prepared under the above optimal process conditions are shiny and elastic, soft and firm without sticking to the teeth and have a good taste.

Keywords: potato; oat; instant noodles; process optimization;

drying characteristics

在亚洲地区, 面条多以小麦粉制作而成^[1]。这类精制谷物营养价值较低, 因此寻找可以替代小麦精粉的面条食品成为研究热点。马铃薯是继玉米、水稻和小麦之后的第四大作物^[2], 燕麦也是良好的营养强化食品^[3], 二者是中国内蒙古地区的传统美食, 尤其在“马铃薯之都”和“中国燕麦黄金产区”的乌兰察布盛行, 但当地很少将马铃薯和燕麦用于面条制品中, 原因是其不含面筋蛋白, 加工性较差。最新的研究发现, 小麦粉中添加马铃薯全粉和燕麦粉可以增加面条的产品品质和健康效益, 淀粉是马铃薯块茎的主要成分之一, 较高程度的磷酸基团赋予马铃薯淀粉独特的特性, 如高糊化黏度和膨胀力^[2], 此外, 马铃薯全粉含有许多微量营养素, 如维生素、矿物质、酚类化合物和高水平的膳食纤维^[4-5]。马铃薯全粉或淀粉的功能和营养特性使其成为谷物粉或淀粉的潜在替代品。燕麦粉是良好的膳食纤维补充剂, 不仅可以丰富面条营养, 还可以改善面团中淀粉颗粒和面筋之间的表面连通性^[6-8], 并通过水溶性膳食纤维与其他大分子之间的作用来改变面条的弹性、回弹性和黏度^[9-10]。

研究拟结合燕麦和马铃薯的营养特性、风味特性和功能特性来改善常规面条的不足, 以马铃薯全粉、燕麦粉和小麦高筋粉为原料, 制备营养价值和感官品质较高的速食面, 以期为推动内蒙古地区马铃薯产品及其速食面条多样化提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

小麦高筋粉、马铃薯粉、燕麦粉、食盐和谷朊粉等: 市售。

1.2 仪器与设备

九阳智能面条机: M6- L18 型, 九阳股份有限公司;

质构仪: TMS- Pro 型, 美国 FTC 公司;

基金项目: 内蒙古农牧业创新基金 (编号: 2018CXJJN08, 2021CXJJN08); 内蒙古农牧业青年创新基金项目 (编号: 2021QNJJN13)

作者简介: 霍瑞, 男, 内蒙古自治区农牧业科学院研究实习员, 硕士。

通信作者: 张园园 (1989—), 女, 内蒙古自治区农牧业科学院助理研究员, 博士。E-mail: nmgzhangyy@sina.com

收稿日期: 2023-05-11 **改回日期:** 2023-11-01

爱仕达电磁炉:AI- F2135C 型,浙江爱仕达电器股份有限公司;

电热鼓风干燥箱:WGLL-230BE 型,天津市泰斯特仪器有限公司;

不锈钢双层复底蒸锅:SZ26B5 型,浙江苏泊尔股份有限公司;

色彩色差计:CR400 konica 型,日本柯尼卡美能达控股株式会社。

1.3 试验方法

1.3.1 马铃薯燕麦速食面制作

(1) 工艺流程:

原料→称量→放入面条机→加水→和面→醒面→出面→蒸面→烘干→冷却→成品

(2) 操作要点:称取一定量小麦高筋粉、马铃薯全粉、燕麦粉混合均匀,总粉按 200 g 计,添加食盐量为 1.5%,谷朊粉量为 3%。将混合好的原料混粉放入面条机中,添加一定比例的水,自动和面。面团在室温条件下熟化 30 min。熟化完成后点击出面按钮进行出面。将鲜面条放入蒸锅中进行蒸制,功率为 1 200 W。取出蒸制完成的面条整齐摆放在铁盘上放入烘箱进行烘干,即得到成品马铃薯燕麦速食面,冷却后装入自封袋。

1.3.2 马铃薯燕麦速食面制备工艺优化

(1) 单因素试验:总粉按 200 g 计,固定马铃薯燕麦混粉添加量为 50%、谷朊粉添加量为 3%、食盐添加量为 1.5%、马铃薯全粉燕麦粉配比为 1:1、加水量为 50%、和面时间为 15 min、熟化时间为 30 min、蒸面时间为 8 min,选取加水量、和面时间、熟化时间和蒸面时间 4 个因素进行工艺优化,保持其中 3 个因素不变,对另外 1 个变量进行单因素试验以确定优化试验的自变量。单因素试验中各因素的水平分别为:加水量设置为面粉总量的 44%,47%,50%,53%,56%;和面时间 5,10,15,20,25 min;熟化时间 10,20,30,40,50 min;蒸面时间 4,6,8,10,12,14 min。

(2) 正交试验:在单因素试验的基础上,采用 $L_9(3^4)$ 正交设计试验,以速食面的感官评分、复水率、硬度为评价指标,确定马铃薯燕麦速食面工艺的最佳因素水平组合。

1.3.3 马铃薯燕麦速食面干燥特性研究 研究热风干燥温度和干燥时间对马铃薯燕麦速食面品质的影响,结果以干燥时间为横坐标,以温度为纵坐标绘制回归方程,试验方案见表 1。

1.4 评价方法

1.4.1 感官评价 将速食面放入沸水中煮制,电磁炉功率为 1 200 W,之后取出面条过冷水进行品评。依据 GB/T 25005—2010 制订如表 2 所示的感官评分标准。

1.4.2 复水率测定 根据文献[11]修改如下:准确称取速食面 10 g(m_A)置于烧杯中,加入 20 倍质量的沸水并立

表 1 马铃薯燕麦速食面干燥试验方案

Table 1 Drying test scheme of potato-oat instant noodles

干燥温度/℃	干燥时间/min	干燥温度/℃	干燥时间/min
60	100,110,120,130	90	30,40,50,60
70	70,80,90,100	100	20,30,40,50
80	50,60,70,80		

表 2 马铃薯燕麦速食面感官评分标准

Table 2 Sensory evaluation criteria of potato-oat instant noodles

项目	特征	评分
色泽(10 分)	颜色均一成正常色,光亮	7~10
	颜色不均一,亮度一般	4~6
	有异色或颜色发白,亮度差	1~3
软硬度(20 分)	咬断力适中	16~20
	稍偏硬或偏软	11~15
	太硬或太软	1~10
光滑性(20 分)	适度光滑	17~20
	不光滑	11~16
	很不光滑	1~10
韧性(20 分)	咀嚼时,有咬劲、富有弹性	16~20
	咬劲和弹性一般	11~15
	咬劲差,弹性不足	1~10
黏性(20 分)	咀嚼爽口、不粘牙、无夹生	16~20
	较爽口、稍粘牙或稍夹生	11~15
	不爽口、发黏或夹生	1~10
食味(10 分)	品尝时具有原材料特有的香味	6~10
	具有令人不悦的味道	1~5

即加盖,复水 5 min 后立即沥水并用吸水纸吸干表面水分,称其质量(m_B),按式(1)计算复水率。

$$v = \frac{m_B}{m_A} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

v ——复水率,%;

m_A ——速食面质量,g;

m_B ——复水后吸干表面水分的速食面质量,g。

1.4.3 断条率测定 根据文献[12]修改如下:随机取速食面 30 根放入 1 000 mL 沸水中进行煮制,电磁炉保持 1 200 W 的功率,煮 5 min 后取出面条过冷水,用筷子轻轻挑出。根据式(2)计算断条率。

$$d = \frac{N}{30} \times 100\%, \quad (2)$$

式中:

d ——断条率,%;

N ——断面条数,g。

1.4.4 质构特性测定 根据文献[13]。
1.4.5 色度测定 采用色度仪测定。
1.4.6 数据处理 感官评分试验重复 6 次,其他试验重复 3 次,结果以其平均值表示;采用正交试验助手 3.1 软件进行正交试验优化分析;采用 Excel 建立干燥模型。

2 结果与分析

2.1 工艺优化单因素试验

2.1.1 加水量对马铃薯燕麦速食面的影响 水是淀粉颗粒无定形区域的增塑剂,适量的加水量使面条更柔韧^[14]。表 3 为不同加水量对马铃薯燕麦速食面品质的影响。试验中发现,加水量为 44%时,粉料在面条机中不能形成均匀絮状,出面时面条表面粗糙,有明显裂纹。当加水量为 47%~53%时,面条呈均匀絮状,所有面团均能挤出,面条表面光滑,软硬适中。当加水量为 56%时,搅拌后出现部分大块面团,挤出后的鲜面条较软且面团不能被全部挤出。结合表 3 可知,随着加水量的增加,面条感官评分和复水率呈先上升后下降趋势,全质构分析(texture profile analysis,TPA)浮动较小,当加水量为 50%时,马铃薯燕麦速食面的感官评分最高。面粉中的蛋白质在水介质的作用下吸水膨胀形成面筋,但由于燕麦的 β -葡聚糖会竞争性抑制面粉中淀粉和蛋白质的吸水溶胀,导致面条形成连续性较差、结构松散的面筋网络结构^[15],需适当增加加水量来形成良好的面筋并保持淀粉的性能。因此,选择加水量为 47%,50%,53%进行正交优化试验。
2.1.2 和面时间对马铃薯燕麦速食面的影响 加入适量的水后,机械和面使面团受到持续的作用力,水分浸润面

团,面团硬度及弹性等品质更加可控,也为熟化、压片、切条准备条件。当和面时间为 5 min 时,粉料在面条机中不能完全形成均匀的絮状,出面条时形状不规则,易断。和面 10~25 min 时,面条形状规则。结合表 4 可知,和面 15~25 min 时,断条率为 0;和面 15 min 时,速食面的复水率最大(1.90%);和面 20 min 时,速食面的硬度、黏附性、胶黏性和咀嚼性最大。充分的和面时间可以保证面团中面粉水分和面筋网络结构的均匀性^[16],但长时间和面会破坏已形成的面筋蛋白结构,使拉伸性和延展性变差,结合实际考虑,最终选择和面时间 10,15,20 min 进行正交优化试验。

2.1.3 熟化时间对马铃薯燕麦速食面的影响 由表 5 可知,随着熟化时间的延长,速食面的感官评分先增大后减小,熟化 30 min 时感官评分最高(79.5 分)。当熟化时间>10 min 时,断条率均为 0。熟化 50 min 时,速食面的复水率、硬度、胶黏性和咀嚼性最大。较低的熟化时间并不能完善面筋网络,随着熟化时间的延长,TPA、感官评分和复水率都呈现波动状态,但熟化 50 min 的面团拉伸性和弹性较好。因此,选择熟化时间 30,40,50 min 进行正交优化试验。

2.1.4 蒸面时间对马铃薯燕麦速食面的影响 试验中发现,当蒸面时间为 4 min 时,面呈现出半生半熟、半干半湿的状态,面条之间微微粘连。蒸面 14 min 时,面条被蒸至发白,面条之间完全粘连。结合表 6 可知,随着蒸面时间的延长,速食面的感官评分呈先上升后下降的趋势,蒸面 8 min 时感官评分较高(79.5 分)。当蒸面时间>8 min 时,速食面未出现断条现象;蒸面 14 min 时,速食面的复

表 3 加水量对马铃薯燕麦速食面品质的影响

Table 3 Effects of different amounts of water on the quality of potato-oat instant noodles

加水量/ %	感官 评分	断条率/ %	复水率/ %	TPA					
				硬度/N	黏附性/mJ	内聚性	弹性/mm	胶黏性/N	咀嚼性/mJ
44	71.0	6.7	1.79	13.36	0.136	0.58	0.56	7.83	4.48
47	77.5	0	1.76	13.37	0.124	0.61	0.57	8.17	4.73
50	79.5	0	1.84	12.72	0.103	0.61	0.54	7.82	4.29
53	76.5	0	1.78	12.93	0.138	0.58	0.56	7.53	4.25
56	73.0	0	1.64	12.50	0.097	0.60	0.54	7.55	4.09

表 4 和面时间对马铃薯燕麦速食面品质的影响

Table 4 Effects of different mixing time on the quality of potato-oat instant noodles

和面时 间/min	感官 评分	断条率/ %	复水率/ %	TPA					
				硬度/N	黏附性/mJ	内聚性	弹性/mm	胶黏性/N	咀嚼性/mJ
5	75.0	3.3	1.71	13.02	0.103	0.60	0.55	7.75	4.33
10	77.0	3.3	1.84	12.72	0.103	0.61	0.54	7.82	4.29
15	75.0	0	1.90	13.32	0.142	0.59	0.57	7.00	4.29
20	73.0	0	1.86	14.15	0.150	0.60	0.60	8.50	5.12
25	75.0	0	1.87	12.81	0.108	0.59	0.55	7.55	4.13

表 5 熟化时间对马铃薯燕麦速食面品质的影响

Table 5 Effects of different curing time on the quality of potato-oat instant noodles

熟化时 间/min	感官评分	断条率/ %	复水率/ %	TPA					
				硬度/N	黏附性/mJ	内聚性	弹性/mm	胶黏性/N	咀嚼性/mJ
10	69.0	3.3	1.89	13.87	0.129	0.57	0.58	7.91	4.59
20	73.5	0	1.88	14.07	0.214	0.59	0.61	8.26	5.00
30	79.5	0	1.84	12.72	0.103	0.61	0.54	7.82	4.29
40	74.0	0	1.86	13.27	0.207	0.57	0.60	7.50	4.48
50	70.5	0	1.91	14.66	0.147	0.60	0.61	8.76	5.39

表 6 蒸面时间对马铃薯燕麦速食面品质的影响

Table 6 Effects of different steaming time on the quality of potato-oat instant noodles

蒸面时 间/min	感官评分	断条率/ %	复水率/ %	TPA					
				硬度/N	黏附性/mJ	内聚性	弹性/mm	胶黏性/N	咀嚼性/mJ
4	65.5	3.3	1.84	12.94	0.135	0.58	0.58	7.50	4.39
6	75.5	3.3	1.74	12.62	0.110	0.61	0.60	7.77	4.62
8	79.5	0	1.78	13.90	0.166	0.60	0.63	8.38	5.37
10	75.0	0	1.84	12.72	0.103	0.61	0.54	7.82	4.29
12	75.5	0	1.80	13.55	0.137	0.59	0.60	8.00	4.79
14	75.0	0	1.83	14.80	0.132	0.63	0.62	9.29	5.79

水率较高,硬度和咀嚼性最大。蒸制使面条中水分的存在形式由自由水向弱结合水转化,这种转化在含有较多水溶性膳食纤维的马铃薯燕麦面中展现了更快的进度,但延长蒸面时间并不会使面条产生更深层次的凝胶化,综合考虑,选择 8,10,12 min 进行正交优化试验。

2.2 正交试验

通过单因素试验可得速食面工艺的最佳因素水平组合,如表 7 所示。

表 7 马铃薯燕麦速食面正交试验因素与水平

Table 7 Factors and levels of orthogonal test for potato-oat instant noodles

水平	A 加水量/ %	B 和面时 间/min	C 熟化时 间/min	D 蒸面时 间/min
1	47	5	20	8
2	50	10	30	10
3	53	15	40	12

由表 8 可知,加工工艺对马铃薯燕麦速食面感官评分影响的主次因素为 D>A>C>B,以感官评分为指标,得到的最优结果为 A₂B₃C₁D₂,即加水量 50%,和面时间 20 min,熟化时间 20 min,蒸面时间 10 min;加工工艺对马铃薯燕麦速食面复水率影响的主次因素为 C>B>A>D,最优结果为 A₃B₂C₃D₃,即加水量 53%,和面时间 15 min,熟化时间 40 min,蒸面时间 12 min;加工工艺对马铃薯燕麦速食面硬度影响的主次因素为 C>B>A>

D,最优结果为 A₃B₃C₃D₁,即加水量 53%,和面时间 20 min,熟化时间 40 min,蒸面时间 8 min。对 3 组方案进行验证实验结果见表 9。综合比较感官指标、复水率和硬度,得出 A₃B₂C₃D₃方案最好,速食面煮熟后光滑爽口,有嚼劲,富有弹性,感官评分为 87 分,复水率为 1.95%,硬度为 18.23 N。

2.3 马铃薯燕麦速食面的干燥特性

2.3.1 60℃热风干燥 由表 10 可知,随着干燥时间的延长,速食面的含水量逐渐减小,亮度增加。干燥 120 min 时速食面的复水率和感官评价最高,产品颜色偏黄、咀嚼时有嚼劲,弹性和光滑性较好,符合中国国家标准(GB/T 35875—2018)要求。在 110 min 时速食面的断条率最低,为 4.44%。这可能是因为干燥温度较低、干燥时间长,速食面内部水分流失太多,在蒸煮的过程中,水分没能充分渗透到速食面的内部。60℃条件下,马铃薯燕麦速食面的含水量模型为 $y=0.000\ 2x^2-0.040\ 9x+13.231$ (x 为干燥时间,min; y 为含水量,%), $R^2=0.929\ 6$ 。

由表 11 可知,随着干燥时间的延长,速食面的质构特性呈先增大后减小的趋势,但整体指标都偏高,110 min 时黏附性、内聚性、弹性、胶黏性、咀嚼性最大。综合分析,在 60℃下,干燥 120 min 时成品马铃薯燕麦速食面的品质最好。

2.3.2 70℃热风干燥 由表 12 可知,当干燥时间为 80 min 时速食面的感官评价分最高(81 分),蒸煮后的面条具有香味,色泽光亮,表面光滑,咀嚼时有嚼劲。随着

表 8 马铃薯燕麦速食面工艺正交优化试验方案及分析结果

Table 8 Orthogonal optimization test scheme and analysis results of potato-oat instant noodles technology

序号	A	B	C	D	感官评分	复水率/%	硬度/N
1	1	1	1	1	74.0	1.56	16.47
2	1	2	2	2	80.0	1.80	16.45
3	1	3	3	3	79.0	1.88	18.05
4	2	1	2	3	80.0	1.85	16.39
5	2	2	3	1	74.0	2.00	17.80
6	2	3	1	2	85.0	1.74	17.74
7	3	1	3	2	77.0	1.84	18.82
8	3	2	1	3	78.0	1.92	16.02
9	3	3	2	1	70.0	1.86	17.29
感官评分	k_1	77.7	77.0	79.0	72.7		
	k_2	79.7	77.3	76.7	80.7		
	k_3	75.0	78.0	76.7	79.0		
	R	4.7	1.0	2.3	8.0		
复水率	k_1	1.750	1.750	1.742	1.806		
	k_2	1.862	1.907	1.838	1.793		
	k_3	1.873	1.828	1.905	1.885		
	R	0.123	0.157	0.163	0.092		
硬度	k_1	16.988	17.227	16.744	17.187		
	k_2	17.311	16.756	16.711	17.670		
	k_3	17.379	17.694	18.222	16.821		
	R	0.391	0.938	1.511	0.366		

表 9 最优方案验证实验结果

Table 9 The results of the verification experiment of the optimal scheme

方案	感官评分	复水率/%	硬度/N
A ₂ B ₃ C ₁ D ₂	84	1.74	17.76
A ₃ B ₂ C ₃ D ₃	87	1.95	18.23
A ₃ B ₃ C ₃ D ₁	80	1.88	17.62

干燥时间加长,速食面的亮度下降;断条率在干燥 80 min 时最低(3.33%),100 min 时最高(8.89%)。70 ℃条件下,马铃薯燕麦速食面的干燥模型为 $y = 0.000\ 5x^2 - 0.152\ 6x + 19.571$ (x 为干燥时间,min; y 为含水量,%),

$R^2 = 0.988\ 3$ 。

由表 13 可知,在同温度下干燥速食面的硬度和咀嚼性成正比,硬度越大咀嚼性也越大。干燥 80 min 后速食面的综合指标最小,但都呈现在正常指标范围内。综合分析,在 70 ℃的固定温度下,干燥 80 min 的马铃薯速食面的品质最优。

2.3.3 80 ℃热风干燥 由表 14 可知,速食面在干燥 60 min 时,感官评分最高(82 分),色泽均一、光滑性好,品尝时具有一定嚼劲,耐蒸煮。干燥时间过长速食面的会颜色偏黄,韧性变差,断条率增加。80 ℃条件下,马铃薯燕麦速食面的干燥模型为 $y = 0.000\ 8x^2 - 0.195\ 2x + 19.648$ (x 为干燥时间,min; y 为含水量,%), $R^2 = 0.996\ 3$ 。

表 10 60 ℃时干燥时间对速食面品质的影响

Table 10 Effects of different drying times on the quality of instant noodles at 60 ℃

干燥时 间/min	感官评分	复水率/%	断条率/%	含水量/%	色差		
					L^*	a^*	b^*
100	75.0	1.79	10.00	10.65	52.33	4.93	20.84
110	76.0	1.99	4.44	10.52	52.83	5.54	22.41
120	78.0	2.01	5.67	10.51	53.37	4.88	21.21
130	76.0	1.99	10.00	10.44	54.21	4.76	21.30

表 11 60 ℃ 时干燥时间对速食面质构的影响
Table 11 Effects of different drying times on the texture of instant noodles at 60 ℃

干燥时 间/min	硬度/ N	黏附性/ mJ	内聚性	弹性/ mm	胶黏性/ N	咀嚼性/ mJ
100	17.71	0.180	0.60	0.70	10.23	7.17
110	17.65	0.278	0.61	0.72	10.82	7.94
120	16.81	0.257	0.59	0.71	9.96	7.03
130	16.65	0.258	0.58	0.69	9.61	6.67

表 12 70 ℃ 时干燥时间对速食面品质的影响

Table 12 Effects of different drying times on the quality of instant noodles at 70 ℃

干燥时 间/min	感官评分	复水率/%	断条率/%	含水量/%	色差		
					<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *
70	78.0	1.96	4.44	11.43	54.41	4.98	21.56
80	81.0	1.98	3.33	10.83	53.76	4.73	20.73
90	80.0	1.87	4.44	9.99	52.58	5.29	21.71
100	79.0	1.83	8.89	9.60	50.51	4.96	20.54

表 13 70 ℃ 时干燥时间对速食面质构的影响
Table 13 Effects of different drying times on the texture of instant noodles at 70 ℃

干燥时 间/min	硬度/ N	黏附性/ mJ	内聚性	弹性/ mm	胶黏性/ N	咀嚼性/ mJ
70	15.95	0.253	0.61	0.70	9.71	6.82
80	15.34	0.172	0.59	0.64	9.03	5.81
90	15.98	0.225	0.56	0.66	9.00	5.97
100	16.66	0.188	0.61	0.70	10.14	7.17

表 14 80 ℃ 时干燥时间对速食面品质的影响

Table 14 Effects of different drying times on the quality of instant noodles at 80 ℃

干燥时 间/min	感官评分	复水率/%	断条率/%	含水量/%	色差		
					<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *
50	79.0	1.94	10.00	11.86	52.68	4.87	20.56
60	82.0	1.94	3.33	10.90	52.67	4.94	21.01
70	80.0	1.97	3.33	9.82	53.18	4.98	21.20
80	78.0	1.98	10.00	9.18	53.80	5.00	21.37

表 15 80 ℃ 时干燥时间对速食面质构的影响
Table 15 Effects of different drying times on the texture of instant noodles at 80 ℃

干燥时 间/min	硬度/ N	黏附性/ mJ	内聚性	弹性/ mm	胶黏性/ N	咀嚼性/ mJ
50	12.98	0.171	0.52	0.58	6.76	3.97
60	13.09	0.169	0.55	0.58	7.21	4.20
70	14.88	0.228	0.55	0.63	8.28	5.24
80	16.04	0.181	0.60	0.71	9.59	6.92

由表 15 可知,在 80 min 时速食面的硬度、胶黏性和咀嚼性比较大,干燥 60、70 min 时的速食面硬度、咀嚼性比较好。综合分析,在 80 ℃ 下,干燥 60 min 时马铃薯速食面的感官品质最优。

2.3.4 90 ℃ 热风干燥 由表 16 可知,在 90 ℃ 的干燥温度下,热风干燥 40 min 后速食面口感丰富,感官评分最高(84 分),断条率为 0。随着干燥时间加长,速食面的亮度值 L^* 逐步上升,水分含量迅速降低。90 ℃ 条件下,马铃薯燕麦速食面的干燥模型为 $y = -0.003\ 4x^2 + 0.201\ 4x +$

$8.477(x$ 为干燥时间,min; y 为含水量,%), $R^2 = 0.999\ 6$ 。

由表 17 可知,干燥时间为 60 min 时,速食面的硬度和咀嚼性最大,黏附性最小。综合分析,在 90 ℃ 下,干燥 40 min 时马铃薯燕麦速食面的品质最高。

2.3.5 100 ℃ 热风干燥 由表 18 可知,干燥 30 min 时感官评分最高,40 min 时的复水率最低。在 100 ℃ 条件下干燥时间过长速食面色泽会偏红,具有烧焦味。100 ℃ 条件下,马铃薯燕麦速食面的干燥模型为 $y = -0.002\ 7x^2 + 0.062\ 4x + 11.791(x$ 为干燥时间,min; y

为含水量,%), $R^2 = 0.991\ 1$ 。

由表 19 可知,面条的硬度、胶黏性、咀嚼性随干燥时间延长呈增大现象,在干燥 40 min 后速食面的硬度和胶黏性较大。故 100 ℃ 下干燥 30 min 后的马铃薯燕麦速食面品质最高。

2.3.6 马铃薯燕麦速食面的最佳干燥条件 热风干燥由于不均匀性,导致物料内部到表面是由低到高的温度梯度,导致物料的干燥速率减缓。而较高温度的热风很容易造成物料营养物质的损失以及外观色泽下降^[17]。但这

表 16 90 ℃时干燥时间对速食面品质的影响

Table 16 Effects of different drying times on the quality of instant noodles at 90 ℃

干燥时 间/min	感官评分	复水率/%	断条率/%	含水量/%	色差		
					<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *
30	80.0	1.80	4.44	11.47	52.90	4.76	20.68
40	84.0	1.95	0.00	11.06	53.69	5.02	20.94
50	80.0	1.82	3.33	10.08	53.59	5.28	22.16
60	78.0	1.99	3.33	8.31	54.32	5.04	21.53

表 17 90 ℃时干燥时间对速食面质构的影响

Table 17 Effects of different drying times on the texture of instant noodles at 90 ℃

干燥时 间/min	硬度/ N	黏附性/ mJ	内聚性	弹性/ mm	胶黏性/ N	咀嚼性/ mJ
30	13.53	0.140	0.56	0.60	7.61	4.48
40	13.68	0.124	0.57	0.57	7.78	4.53
50	13.70	0.174	0.54	0.61	7.46	4.54
60	13.86	0.117	0.57	0.58	7.88	4.57

并不适用于比表面积较大的面制品,由表 20 可知,随着干燥温度的升高,干燥时间减少,速食面的感官评分具有先增大后减小趋势,其中 60 ℃下干燥 120 min 时最低(78 分);90 ℃下干燥 40 min 时最高(84 分)。随着干燥温度升高,速食面的复水率逐渐减小;在 100 ℃时速食面的亮度值 *L* *、红绿值 *a* * 和黄蓝值 *b* * 最大。结合表 10~表 18 可知,面条经过干燥后的最终含水量差异较大,60 ℃下干燥 100~130 min 的面条含水量同比下降了 0.21%;70 ℃干燥 70~100 min,含水量下降 0.83%;80 ℃干燥 50~80 min,含水量下降 2.71%;90 ℃干燥 30~

表 18 100 ℃时干燥时间对速食面品质的影响

Table 18 Effects of different drying times on the quality of instant noodles at 100 ℃

干燥时 间/min	感官评分	复水率/%	断条率/%	含水量/%	色差		
					<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *
20	76.0	1.85	7.78	12.02	52.77	5.38	21.26
30	79.0	1.93	3.33	11.05	54.41	5.16	21.64
40	78.0	1.83	4.44	10.15	56.43	5.19	22.49
50	73.0	2.00	5.56	8.10	54.33	5.46	22.55

表 19 100 ℃时干燥时间对速食面质构的影响

Table 19 Effects of different drying times on the texture of instant noodles at 100 ℃

干燥时 间/min	硬度/ N	黏附性/ mJ	内聚性	弹性/ mm	胶黏性/ N	咀嚼性/ mJ
20	12.00	0.118	0.56	0.60	6.64	4.02
30	13.25	0.160	0.55	0.58	7.34	4.27
40	15.03	0.182	0.57	0.64	8.58	5.53
50	16.62	0.162	0.57	0.66	9.47	6.30

60 min,含水量下降 3.16%;100 ℃干燥 20~50 min,含水量下降 3.92%。将上述 5 种最适干燥条件的面条在同一批次生产后进行对比试验,结果发现其最终含水量(维持在 10.51%~11.06%)差异较小,说明适当的干燥条件对面条的最终含水量影响较小。

马铃薯燕麦速食面的干燥特性主要受小麦粉、马铃薯粉、燕麦粉的配比、干燥温度和干燥时间的影响。由表 21 可知,在 60,70 ℃时热风干燥时间比较长,蒸煮后速食面的质构综合指标都比较高。在 80,90,100 ℃下热

表 20 不同干燥条件下成品马铃薯燕麦速食面的感官品质比较

Table 20 Comparison of sensory quality of finished potato-oat instant noodles under different drying conditions

干燥温 度/℃	干燥时 间/min	感官评分	复水率/%	断条率/%	含水量/%	色差		
						<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *
60	120	78.0	2.01	5.67	10.51	53.37	4.88	21.21
70	80	81.0	1.98	3.33	10.83	53.76	4.73	20.73
80	60	82.0	1.94	3.33	10.90	52.67	4.94	21.01
90	40	84.0	1.95	0.00	11.06	53.69	5.02	20.94
100	30	79.0	1.93	3.33	11.05	54.41	5.16	21.64

表 21 不同干燥条件下成品马铃薯燕麦速食面质构特性

Table 21 Texture properties of finished potato-oat instant noodles under different drying conditions

干燥温度/℃	干燥时间/min	硬度/N	黏附性/mJ	内聚性	弹性/mm	胶黏性/N	咀嚼性/mJ
60	120	16.81	0.257	0.59	0.71	9.96	7.03
70	80	15.34	0.172	0.59	0.64	9.03	5.81
80	60	13.09	0.169	0.55	0.58	7.21	4.20
90	40	13.68	0.124	0.57	0.57	7.78	4.48
100	30	13.25	0.160	0.55	0.58	7.34	4.27

风干燥的速食面蒸煮后质构特性比较好,各项检测指标值也很接近,其中 90 ℃下干燥 40 min 时,速食面的硬度、内聚性、胶黏性、咀嚼性最大,黏附性最小,这是因为过高的干燥温度会引起聚集反应^[18],而温度较低则无法控制淀粉膨胀的程度,导致面条质地过于柔软。综合考虑,速食面最佳的干燥条件为干燥温度 90 ℃、干燥时间 40 min。

3 结论

研究采用单因素和正交试验优化了马铃薯燕麦速食面的加工工艺,发现熟化时间与和面时间是影响速食面硬度和复水率的主要因素和次要因素,而蒸面时间和加水量是影响感官评价的主要因素和次要因素。结合几种干燥方案发现,较低的干燥温度使速食面口感更好,但干燥时间会成倍增加,综合评价后,最佳干燥工艺为干燥温度 90 ℃、干燥时间 40 min。经上述工艺制备的马铃薯燕麦速食面风味口感达到最佳并具有良好的质构特性。

参考文献

[1] HOU G G. Asian noodles: Science, technology, and processing[J]. Wiley, 2010, 10: 472.

[2] AHMED S, ZHOU X, PANG Y H, et al. Improving starch-related traits in potato crops: Achievements and future challenges [J]. Starch-Starke, 2018, 70(9/10): 1700113.

[3] 徐向英, 王岸娜, 林伟静, 等. 不同燕麦品种的蛋白质营养品质评价[J]. 麦类作物学报, 2012, 32(2): 356-360.

XU X Y, WANG A N, LIN W J, et al. Evaluation of the protein nutrition quality of oats from different regions [J]. Journal of Triticeae Crops, 2012, 32(2): 356-360.

[4] ZHANG L, GAO Y, DENG B, et al. Physicochemical, nutritional, and antioxidant properties in seven sweet potato flours[J]. Frontiers in Nutrition, 2022, 9: 923257.

[5] ZHANG B, MURTAZA A, IQBAL A, et al. Comparative study on nutrient composition and antioxidant capacity of potato based on geographical and climatic factors [J]. Food Bioscience, 2022, 46: 101536.

[6] JIANG H X, MARTIN J, OKOT K M, et al. Color of whole-wheat foods prepared from a bright-white hard winter wheat and the

phenolic acids in its coarse bran[J]. Journal of Food Science, 2011, 76(6): C846-C852.

[7] CRISTINA M V, ELENA P. Health benefits of oat: Current evidence and molecular mechanisms [J]. Current Opinion in Food Science, 2017, 14: 26-31.

[8] MITRA S, JAMES A P, FENTON H K, et al. The impact of oat quality on white salted noodles containing oat flour [J]. Cereal Chemistry, 2016, 93(3): 282-292.

[9] SUDHA M L, RAJESWARI G, RAO G V. Effect of wheat and oat brans on the dough rheological and quality characteristics of instant vermicelli[J]. Journal of Texture Studies, 2012, 43(3): 195-202.

[10] HAGER S, RYAN L A, SCHWAB C, et al. Influence of the soluble fibres inulin and oat β -glucan on quality of dough and bread[J]. European Food Research and Technology, 2011, 232(3): 405-413.

[11] 马萨日娜. 方便燕麦面加工工艺的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2011: 12.

MA S R N. Processing technology of instant oat noodles [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2011: 12.

[12] 冯一丹, 刘香英, 康立宁, 等. 马铃薯面条配方的响应面法优化[J]. 粮食与油脂, 2019, 32(9): 30-34.

FENG Y D, LIU X Y, KANG L N, et al. Optimization of potato noodles formula by response surface[J]. Cereals & Oils, 2019, 32(9): 30-34.

[13] 张园园, 王德宝, 王莉梅, 等. 马铃薯燕麦速食面的配方优化[J]. 农产品加工, 2020(20): 49-52, 55.

ZHANG Y Y, WANG D B, WANG L M, et al. Research of the formula technology of potato- oat instant noodles [J]. Farm Products Processing, 2020(20): 49-52, 55.

[14] TESTER R F, SOMMERVILLE M D. The effects of non-starch polysaccharides on the extent of gelatinisation, swelling and α -amylase hydrolysis of maize and wheat starches [J]. Food Hydrocolloids, 2003, 17(1): 41-54.

[15] 范珈璇, 裘清扬, 王金荣, 等. 青稞 β -葡聚糖对冷冻熟面品质的影响[J]. 食品与机械, 2018, 34(12): 115-119, 146.

FAN J X, QIU Q Y, WANG J R, et al. Effect of wild oat beta glucan on the quality of frozen cooked noodles [J]. Food & Machinery, 2018, 34(12): 115-119, 146.

(下转第 228 页)

- YAO J C, CHEN L S. Analysis on the current situation and development trend of Condiment industry (I) [J]. Chinese Condiments, 2011, 36(5): 18-20.
- [5] 许友孝. 新型苹果花生混合调味酱研究与开发[D]. 福州: 福建农林大学, 2016: 1-4.
- XU Y X. Research and development of new apple peanut mixed seasoning sauce [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2016: 1-4.
- [6] 许仕文, 张国治, 李志建, 等. 焙炒方式对芝麻酱品质的影响[J]. 中国油脂, 2022, 47(2): 136-142.
- XU S W, ZHANG G Z, LI Z J, et al. Effect of roasting methods on the quality of sesame paste[J]. Chinese Oil, 2022, 47(2): 136-142.
- [7] ARYANA K J, RESURRECCION A V A, CHINNAN M S, et al. Functionality of palm oil as a stabilizer in peanut butter[J]. Journal of Food Science, 2003, 68(4): 1 301-1 307.
- [8] 保定市冠香居食品有限公司. 坚果紫仁酱: Q/GXJ 0002S[S]. 保定: 保定市冠香居食品有限公司, 2021: 1-6.
- Baoding Guanxiangju Food Co Ltd. Nut purple kernel sauce: Q/GXJ 0002S[S]. Baoding: Baoding Guanxiangju Food Co Ltd, 2021: 1-6.
- [9] 张浩玉, 麻琳, 孙强, 等. 加工工艺对芝麻酱稳定性的影响[J]. 食品工业科技, 2021, 42(8): 42-48.
- ZHANG H Y, MA L, SUN Q, et al. Effect of processing technology on stability of sesame paste[J]. Food Industry Technology, 2021, 42(8): 42-48.
- [10] 刘晓成, 魏俊桃, 纪晓梅, 等. 柑橘纤维及乳化剂提高麻酱蘸料稳定性的研究[J]. 中国调味品, 2022, 47(3): 97-101.
- LIU X C, WEI J T, JI X M, et al. Study on improving the stability of sesame paste dip with citrus fiber and emulsifier[J]. Chinese Condiments, 2022, 47(3): 97-101.
- [11] 刘怡真, 马传国, 李婕妤. 不同凝胶剂对芝麻酱稳定性的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(12): 70-77.
- LIU Y Z, MA C G, LI J Y. Effect of different gels on stability of sesame paste[J]. Food Science, 2019, 40(12): 70-77.
- [12] 阿迪拉·阿迪力. 核桃酱的制备及其流体力学特性的研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2016: 30-35.
- ADILA A. Preparation of walnut sauce and its hydrodynamic properties[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2016: 30-35.
- [13] 吕秋冰, 王敏, 吴明, 等. 利用有机凝胶因子提高花生酱稳定性的工艺研究[J]. 食品科技, 2020, 45(2): 197-204.
- LU Q B, WANG M, WU M, et al. Study on the technology of improving the stability of peanut butter by organic gel factor[J]. Food Technology, 2020, 45(2): 197-204.
- [14] 仇记红, 侯利霞. 浸泡及萌芽处理对芝麻酱流变特性影响的研究[J]. 中国调味品, 2018, 43(5): 48-54.
- CHOU J H, HOU L X. Effects of soaking and germination treatment on rheological properties of sesame paste[J]. Chinese Condiments, 2018, 43(5): 48-54.
- [15] 许仕文. 不同工艺和品种对芝麻酱品质差异的研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2021: 50-52.
- XU S W. Study on the quality difference of sesame paste by different techniques and varieties [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2021: 50-52.
- [16] 檀静, 汪学德, 李晓明, 等. 不同工艺对芝麻酱稳定性及流变学特性的影响[J]. 中国调味品, 2018, 43(1): 73-77.
- TAN J, WANG X D, LI X M, et al. Effects of different processes on stability and rheological properties of sesame paste[J]. Chinese Condiments, 2018, 43(1): 73-77.
- [17] 殷俊俊, 马传国, 王伟, 等. 利用 γ -谷维素与 β -谷甾醇制备葵花油凝胶研究[J]. 粮食与油脂, 2015, 28(1): 39-42.
- YIN J J, MA C G, WANG W, et al. Preparation of sunflower oil gel by γ -oryzanol and β -sitosterol[J]. Food and Grease, 2015, 28(1): 39-42.
- [18] PATEL ASHOK R, RAJARETHINEM PRAVIN S, GREDOWSKA A, et al. Edible applications of shellac oleogels: Spreads, chocolate paste and cakes[J]. Food & Function, 2014, 5(4): 645-652.
- [19] 王媛媛, 侯利霞, 汪学德. 花生酱稳定性的研究进展[J]. 中国调味品, 2017, 42(11): 159-162.
- WANG Y Y, HOU L X, WANG X D, et al. Research progress on stability of peanut butter[J]. Chinese Condiments, 2017, 42(11): 159-162.
- [20] 尚小磊, 侯利霞. 芝麻酱稳定性研究现状[J]. 中国调味品, 2012, 37(10): 1-3, 11.
- SHANG X L, HOU L X. Research Status of sesame paste stability [J]. Chinese Condiments, 2012, 37(10): 1-3, 11.
- [21] 施梦娇, 孙汉巨, 袁传勋, 等. 奇亚籽复合芝麻酱的稳定性及流变学特性研究[J]. 食品工业科技, 2022, 43(16): 238-245.
- SHI M J, SUN H J, YUAN C X, et al. Study on stability and rheological properties of chia seed compound sesame paste[J]. Food Industry Technology, 2022, 43(16): 238-245.

(上接第 222 页)

- [16] 邵丽芳, 朱科学, 郭晓娜. 和面及揉面方式对冷冻熟面品质的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(11): 28-32.
- SHAO L F, ZHU K X, GUO X N. Effects of different mixing and kneading methods on the quality of frozen cooked noodles [J]. Food & Machinery, 2017, 33(11): 28-32.
- [17] 徐晚秀. 食品热风微波耦合干燥及气味控制研究[D]. 无锡: 江

南大学, 2018: 7.

- XU W X. Study on microwave combined with hot air drying and aroma control of food[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2018: 7.
- [18] LAMBRECHT M, DEKEU L, ROMBOUTS I, et al. Heat-induced network formation between proteins of different sources in model systems, wheat-based noodles and pound cakes [J]. Food Hydrocolloids, 2018, 79: 352-370.