

莜麦山药鱼的加工工艺优化与质构分析

董小涵, 周茜, 杜佳峰, 韩雪, 赵文*, 王颀*

(河北农业大学食品科技学院/河北省农产品加工工程技术研究中心, 河北保定 071001)

摘要:用马铃薯雪花粉代替新鲜马铃薯制作莜麦山药鱼(以下简称山药鱼),通过单因素实验和正交实验,考察各因素对莜麦山药鱼感官品质的影响,确定莜麦山药鱼的最佳配方和加工工艺。通过感官评分和质构分析,将本实验所得产品(以下简称改良产品)与传统产品进行比较,并初步分析冷冻对产品品质的影响。结果表明,改良产品的最佳配方为:莜薯比9:1,食盐添加量2.0 g/100 g基础面粉,加水量为100 mL/100 g基础面粉、葱花添加量为4.0 g/100 g基础面粉,水温90℃;改良产品较传统山药鱼有良好的感官和质构品质,短期冷冻过程对产品感官品质及部分质构特性影响不显著。
关键词:莜麦,马铃薯雪花粉,汽蒸面制品,速冻食品,质构

Process technic optimization and quality analysis of naked oats potato fishes

DONG Xiao-han, ZHOU Qian, DU Jia-feng, HAN Xue, ZHAO Wen*, WANG Jie*

(College of Food Science and Technology, Agricultural University of Hebei/Hebei Agricultural Products Processing Engineering Technology Research Center, Baoding, 071001, China)

Abstract: Potato snowflake powder was used in naked oats potato fishes (hereinafter referred to as potato fishes) making instead of fresh potatoes, to confirm the optimum process conditions and the technics, the effects of process conditions to the potato fishes' sensory quality was studied through single factors tests and orthogonal tests. The comparison between test products (hereinafter referred to as reformative product) and traditional products and the effects of frozen products were delved through scoring and texture analysis. Results showed that the formula conditions of reformative products were: naked oats to potato powder 9:1, salt 2.0 g every 100 g basic flour, water 100 mL every 100 g basic flour, chopped onion 4.0 g every 100 g basic flour, water temperature 90℃; reformative products compared with traditional potato fishes had better sense and texture quality, and short-term freezing processes on some sensory qualities of the product and the texture was not significant.

Key words: naked oats; potato snowflake powder; steam steaming products; quick-frozen foods; texture

中图分类号: TS217.1

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2016)19-0244-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2016.19.039

近年来,随着人们饮食观念的提高和膳食结构的改善,杂粮逐渐从幕后走向台前,演变成一种时代新宠,在调剂饮食结构和均衡膳食方面扮演着越来越重要的角色^[1]。市场对杂粮的需求不断推动杂粮加工行业和杂粮产品多元化的快速发展。杂粮主食化、主食产业化的实施能够有效调整居民的膳食结构、预防慢性疾病,对于改善人群健康状态具有十分重要的意义。

莜麦营养价值丰富,不仅脂肪、蛋白质、矿物质元素及不饱和脂肪酸含量居谷物之首,还具有降血糖、降血脂、提高人体自身免疫能力、抑制人体脂质氧化以及延缓衰老等重要的生理功能。马铃薯是我国主要的药食同源性食物之一,又是重要的工业原

料,富含维生素C和淀粉,其中抗性淀粉含量较高^[2]。2015年我国农业部已经启动马铃薯主粮化的战略,加强推进把马铃薯加工成馒头、面条、米粉等主食,并预计2020年50%以上马铃薯将作为主粮来消费^[3]。莜麦山药鱼是特色杂粮主食,主要原料为莜麦和马铃薯,主要食用地区为内蒙、河北和山西。目前国内外关于莜麦山药鱼的加工仅限于家庭手工制作,未见工业化生产的报道。此外,在山药鱼的加工中,用马铃薯雪花粉代替新鲜马铃薯更利于生产企业对工艺的控制,因此,本研究以马铃薯雪花粉和莜麦粉为原料,对莜麦山药鱼的工艺进行优化,并对产品速冻后的品质变化做初步研究,为杂粮类预制调理食品的开发提供依据。

收稿日期: 2016-04-01

作者简介: 董小涵(1992-),女,在读硕士,研究方向:食品加工与安全, E-mail: 15603260529@163.com。

* 通讯作者: 赵文(1964-),女,硕士,教授,研究方向:食品营养与安全, E-mail: 13582820221@163.com。

王颀(1957-),男,博士,教授,研究方向:农产品加工, E-mail: wj591010@163.com。

基金项目: 国家科技支撑计划课题(2014BAD04B10)。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

莜麦粉 取自张家口市宣化面粉厂;马铃薯雪花粉(水分 7.8%,灰分 0.50%,淀粉 80.2%,粗蛋白 9.90%,粗脂肪 1.20%) 取自承德富龙现代农业发展有限公司;新鲜马铃薯、小葱、食盐 均为保定市市售。

质构仪 FTC, TMS-Pro 型,美国 FTC 公司;速冻柜 TKLD150L 型,广东佛山制冷设备有限公司;电磁炉 美的 C21-SK2105。

1.2 工艺流程

传统山药鱼加工工艺流程:马铃薯经洗净、去皮、分拣、切块、煮熟后压蓉,小葱洗净、切碎备用,取适量莜麦粉、葱花和食盐混匀,加入烫手的马铃薯蓉中反复揉合直到面团有弹性不粘手,分剂,整形,大火蒸制 10 min;

本实验中的山药鱼由基础面粉和辅料构成,加工工艺流程:小葱段洗净、切碎,备用,按比例取莜麦粉、马铃薯粉、葱花、食盐混匀,90℃水和面,分剂,整形,1600 W 蒸制 10 min,熟制品于-45℃下速冻 30 min,转至-25℃冷冻保藏。

1.3 实验方法

1.3.1 单因素实验设计

1.3.1.1 莜薯比对产品品质的影响 在食盐添加量 1.5 g/100 g_{基础面粉}、和面水温 100℃、加水量 100 mL/100 g_{基础面粉}、加葱量 5.0 g/100 g_{基础面粉}的条件下,研究 9:1、8:2、7:3、6:4 和 5:5 不同莜薯比对产品品质的影响。

1.3.1.2 食盐添加量对产品品质的影响 在莜薯比 8:2、和面水温 100℃、加水量 100 mL/100 g_{基础面粉}、加葱量 5.0 g/100 g_{基础面粉}的条件下,研究 0、0.5、1.0、1.5、1.0、2.5、3.0 g/100 g_{基础面粉} 食盐添加量对产品品质的影响。

1.3.1.3 和面水温对产品品质的影响 在莜薯比 8:2、食盐添加量 2.0 g/100 g_{基础面粉}、加水量 100 mL/

100 g_{基础面粉}、加葱量 5.0 g/100 g_{基础面粉} 的条件下,研究 30、50、70、90℃不同和面水温对产品品质的影响。

1.3.1.4 加水量对产品品质的影响 在莜薯比 8:2、食盐添加量 2.0 g/100 g_{基础面粉}、和面水温 90℃、加葱量 5.0 g/100 g_{基础面粉} 的条件下,研究 60、80、100、120、140、160 mL/100 g_{基础面粉} 不同加水量对产品品质的影响。

1.3.1.5 葱花添加量对产品品质的影响 在莜薯比 8:2、食盐添加量 2.0 g/100 g_{基础面粉}、和面水温 90℃、加水量 100 mL/100 g_{基础面粉} 的条件下,研究 1.0、2.0、3.0、4.0、5.0 g/100 g_{基础面粉} 不同葱花添加量对产品品质的影响。

1.3.2 正交实验设计 在单因素实验的基础上,设计正交实验为四因素(A 莜薯比、B 食盐添加量、C 加水量、D 和面水温)三水平,选取正交表 L₉(3⁴),共九组实验,以感官评分为依据,经软件 SPSS19.0 分析得到最佳加工配方及条件,正交实验因素及水平见表 1。

表 1 正交实验因素及各水平

Table 1 Factors and levels of orthogonal test

水平	因素			
	A 莜薯比	B 食盐添加量 (g/100 g _{基础面粉})	C 加水量 (mL/100 g _{基础面粉})	D 和面 水温 (℃)
1	9:1	2.0	80	90
2	8:2	1.5	100	70
3	7:3	1.0	120	50

1.3.3 感官评定指标 莜麦山药鱼的品质主要由山药鱼的生熟、外观、口感和风味四因素决定,因此将该四因素作为此次实验的感官评定项目,评定标准见表 2。随机选 5 名味觉正常的人员经专业培训后,进行感官评分,每个测试样品的感官评分数据去掉最高和最低评分后取算术平均值,最终取算术平均值作为最终评分。

1.3.4 质构分析 分别对最佳配比下的新鲜山药鱼

表 2 莜麦山药鱼的感官评分标准

Table 2 Naked Oats potato fishes sensory standard for evaluation

评价指标	满分	评分标准
颜色	10 分	洁白均匀易接受(8~10 分);乳白色或灰色(4~7 分);褐色或有暗斑(0~3 分)
光滑度	10 分	表面光滑细腻无褶皱或凹凸点(8~10 分);表面较光滑,光泽度较低(4~7 分);表面凹凸不平,光泽度差(0~3 分)
均一性	10 分	组织结构紧实均匀(8~10 分);组织结构较均匀,有少量的分层(4~7 分);表面或切面有裂纹或干面粉(0~3 分)
气味	10 分	清香宜人无异味(8~10 分);气味不易察觉(4~7 分);无香味或有异味(0~3 分)
爽滑性	10 分	口感爽滑不粘牙(8~10 分);较爽滑,稍粘牙(4~7 分);容易粘牙(0~3 分)
硬度	15 分	软硬适中,长时间咀嚼不费力,易按出坑(12~15 分);稍微偏硬或偏软(7~11 分);瘫软或难以咀嚼(0~6 分)
弹性	10 分	形变易形成且易消失(8~10 分);形变恢复不完全(4~7 分);形变不易产生或难以恢复(0~3 分)
咀嚼性	15 分	嚼碎时间与正常咀嚼时间接近(11~15 分);比较易嚼碎或较耐咀嚼(6~10 分);无咀嚼性或咀嚼时间过长(0~5 分)
口道	10 分	咸淡适中,适宜加辅菜食用(8~10 分);稍咸或稍淡,不适宜加辅菜食用(4~7 分);单独食用过咸或过淡(0~3 分)

和冷冻一周的山药鱼(经 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 速冻 30 min 后转至 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷冻贮存一周,之后不经解冻再次加热)做质构测试及分析,每组实验设置三个平行对照组,实验采用P36R探头,起始速度 2.0 mm/s ,测试速度 1.0 mm/s ,回程速度 1.0 mm/s ,测试距离 2 cm ,压缩率为 75% 。

1.3.5 数据统计分析 实验数据经WPS2016和SPSS19.0进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 单因素实验结果

2.1.1 苜蓿比对产品品质的影响 基础面粉的构成比对山药鱼的影响如图1所示,随着马铃薯雪花粉占比的增加,产品感官得分先上升后降,以苜蓿比 $8:2$ 最佳。张建平^[4]等人研究发现,马铃薯雪花粉中膳食纤维含量较高,约为苜蓿面粉的五倍。加工过程中发现,加水量相同时,随着马铃薯雪花粉比例的增加,面团的干燥程度逐渐上升,产品的光滑度随之改变。这可能是由于膳食纤维与淀粉相比有较好的持水性,易吸水膨胀,形成溶胶及凝胶,增加了面团的吸水量。

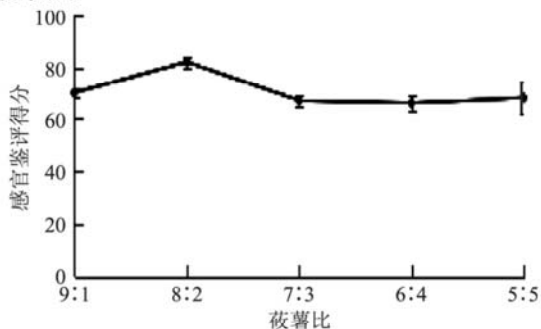


图1 苜蓿比对产品品质的影响

Fig.1 Effect of the ratio of the naked oats and potato snowflake powder

2.1.2 食盐添加量对产品品质的影响 食盐添加量对山药鱼的影响如图2所示,感官评分以食盐添加量为 $2.0\text{ g}/100\text{ g}$ 基础面粉时最高。感官鉴评过程中发现,随着食盐添加量的增加,产品的爽滑性、硬度、弹性均出现小幅度的增加。根据2004年我国公布的《中国居民营养与健康现状》,我国居民高血压发病率明显上升,与钠盐摄入量过高有关,而山药鱼作为主食也不宜过咸,此次实验以“单独食之不觉无味、加菜辅之更加适宜”为标准进行适口性的评判标准进行感官评分,综合感官评分确定最佳食盐添加量为 $2.0\text{ g}/100\text{ g}$ 基础面粉。

2.1.3 和面水温对产品品质的影响 和面水温对产品品质的影响如图3所示,和面水温在 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,产品感官鉴评分最高,随和面水温的降低,感官鉴评分呈下降趋势。加工过程中发现,水温在 50 到 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间时,苜蓿山药鱼的延展性较好,易于整形且有利于提高均一性。其中 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时爽滑性、咀嚼性最佳,颜色、光滑度弹性等最好。可能由于苜蓿淀粉糊化温度较高^[5],在较高温度下,面团具有较好的可塑性,熟制品品质较好。

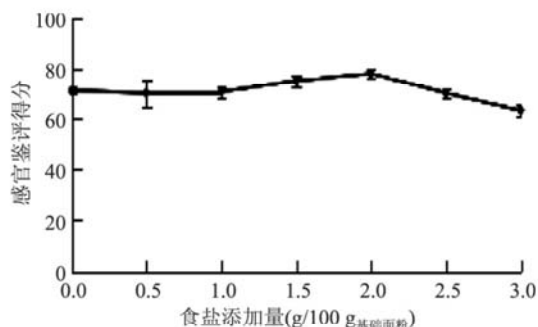


图2 食盐添加量对产品品质的影响

Fig.2 Effect of salt amount on the product

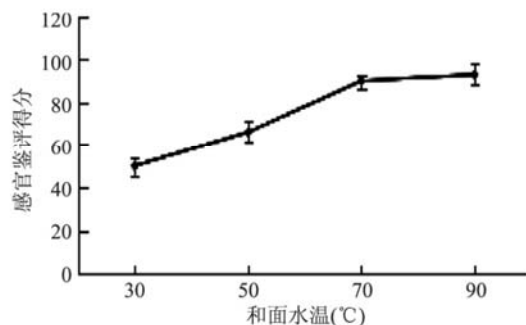


图3 和面水温对产品品质的影响

Fig.3 Effect of water temperature on the product

2.1.4 加水量对产品品质的影响 加水量对产品品质的影响如图4所示,加水量为 $100\text{ mL}/100\text{ g}$ 基础面粉时,总体感官鉴评分最高。感官鉴评过程中发现,加水量为 $100\text{ mL}/100\text{ g}$ 基础面粉的山药鱼,弹性和咀嚼性均较差,其他指标均表现良好。需要注意的是,面筋结构结合水的程度不同,失水速率也随之改变^[6]。

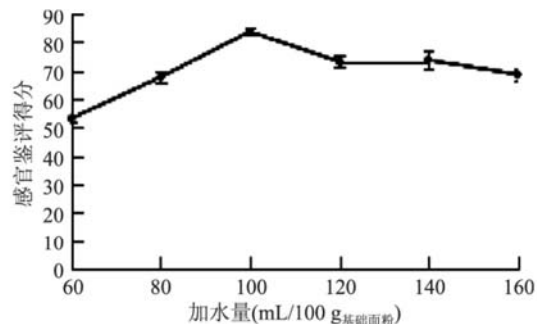


图4 加水量对产品品质的影响

Fig.4 Effect of water amount on the product

2.1.5 葱花添加量对产品品质的影响 葱花添加量对产品品质的影响如图5所示,葱花添加量为 $4.0\text{ g}/100\text{ g}$ 基础面粉产品感官鉴评分最高。感官鉴评过程中发现,葱花的添加主要影响苜蓿山药鱼成品的风味,对其余各指标的影响均不显著。当葱花的添加量为 $6.0\text{ g}/100\text{ g}$ 基础面粉时,葱味道完全掩盖了苜蓿山药鱼特殊的香味,当葱花添加量为 $2.0\text{ g}/100\text{ g}$ 基础面粉时,几乎没有葱的味道。通过实验,在葱花含量为 $4.0\text{ g}/100\text{ g}$ 基础面粉时,苜蓿山药鱼成品感官品质最优,因此确定葱花添加量为 $4.0\text{ g}/100\text{ g}$ 基础面粉。

2.2 正交实验结果

各因素对新鲜苜蓿山药鱼感官品质的影响如表

表3 正交实验数据分析
Table 3 Analysis of orthogonal test data

实验号	因素				感官评分
	A 苜蓿配比	B 食盐添加 (g/100 g _{基础面粉})	C 加水量 (mL/100 g _{基础面粉})	D 和面水温 (°C)	
1	1	1	1	1	72.625
2	1	2	2	2	84.125
3	1	3	3	3	76.000
4	2	1	2	3	78.500
5	2	2	3	1	76.125
6	2	3	1	2	57.500
7	3	1	3	2	70.750
8	3	2	1	3	52.250
9	3	3	2	1	76.250
K ₁	232.750	221.875	182.375	225.000	
K ₂	212.125	212.500	238.875	212.375	
K ₃	199.250	209.750	222.875	206.750	
k ₁	77.583	73.958	60.792	75.000	
k ₂	70.708	70.833	79.625	70.792	
k ₃	66.417	69.917	74.292	68.917	
极差(R _j)	11.167	4.042	18.833	6.083	
最优组合	A ₁ B ₁ C ₂ D ₁ , 影响力分别为加水量 > 苜蓿比 > 和面水温 > 食盐添加量				

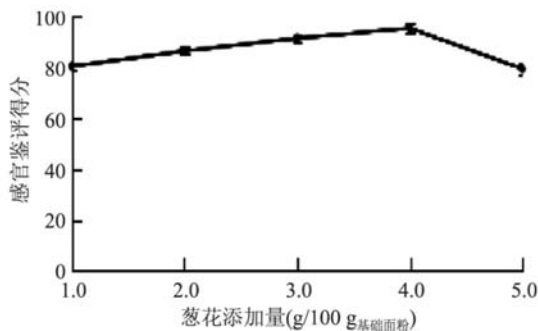


图5 葱花添加量对产品品质的影响

Fig.5 Effect of green onion amount on products

3所示,正交实验数据分析可知,各因素对产品品质的影响程度依次为加水量 > 苜蓿比 > 和面水温 > 食盐添加量,最优组合为 A₁B₁C₂D₁,即以苜蓿比 9:1、食盐添加量 2.0 g/100 g_{基础面粉}、加水量 100 mL/100 g_{基础面粉}、和面水温 90 °C 为最佳配比。按照正交实验得到的最佳配比进行重复实验,制得的产品色泽均匀、香气怡人、各指标表现良好,得分为 88.31。

2.3 改良苜蓿山药鱼与传统苜蓿山药鱼的品质比较

工艺的改良对于苜蓿山药鱼感官品质的影响如图6所示,以马铃薯雪花粉为原料按照最佳配比制得的山药鱼(以下统称改良山药鱼)与传统山药鱼相比,总体感官评分有所提高,变化差异不显著($p > 0.05$)。感官鉴评过程中发现,改良山药鱼的光滑度、均一性、硬度、弹性和口道的感官评分增加,颜色、气味、爽滑性和咀嚼性降低,其中,硬度和均一性的变化显著($p < 0.05$),其余各指标变化均不显著($p > 0.05$)。除此之外,加工过程中发现除了马铃薯雪花粉的量可以很精确的被控制外,制作过程也较传统

做法更便捷,可以得到均一性良好的产品,用时更短耗能更小。因此,马铃薯雪花粉适合用于山药鱼的制作,并且马铃薯雪花粉的使用优化了山药鱼的加工工艺。

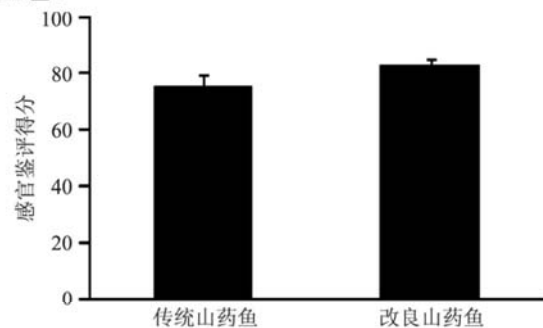


图6 改良山药鱼与传统山药鱼的感官评分比较

Fig.6 Sensory comparison between the reformative potato fishes and traditional potato fishes

马铃薯雪花粉代替新鲜马铃薯制作山药鱼对产品质构的影响如表4所示,改良山药鱼与传统山药鱼相比,质构分析各指标中硬度、回复性、弹性和咀嚼性均有所加强,黏附性、内聚性和胶黏性均有所下降。其中,原材料的改变对硬度的影响差异极显著($p < 0.01$);对粘附性、胶黏性和咀嚼性的影响差异均显著($p < 0.05$);对回复性、内聚性和弹性的影响差异不显著($p > 0.05$)。

2.4 冷冻对产品品质的影响

冷冻过程对苜蓿山药鱼的影响如图7所示,与新鲜山药鱼(包括冷冻山药鱼在内的所有山药鱼均按照最佳配比制做)感官评分进行比较,-25 °C 冷冻一周后山药鱼的感官鉴评得分仍高于新鲜山药鱼,

表4 传统山药鱼和改良山药鱼的质构分析比较

Table 4 Texture analysis comparison between the traditional potato fishes and the reformative potato fishes

指标	传统山药鱼	改良山药鱼
硬度(N)	149.95 ± 16.33	175.30 ± 17.82 ^a
回复性(Rto)	0.35 ± 0.007	0.73 ± 0.153 ^c
粘附性(mJ)	3.93 ± 0.219	0.44 ± 0.198 ^b
内聚性(Rto)	0.39 ± 0.064	0.33 ± 0.036 ^c
弹性(mm)	5.54 ± 0.120	7.43 ± 0.191 ^c
胶黏性(N)	61.55 ± 0.778	39.65 ± 0.212 ^b
咀嚼性(mJ)	224.00 ± 6.201	457.01 ± 9.914 ^b

注:与传统山药鱼对照组比较 a < 0.01, b < 0.05, c > 0.05。

但冷冻前后感官鉴评总分差异不显著 ($p > 0.05$)。感官鉴评过程中观察到,冷冻后山药鱼的均一性、爽滑性、弹性和咀嚼性均有所改善,而颜色、光滑度、气味、硬度和口道的品质均出现小幅度降低。综合分析,冷冻对山药鱼的感官性状有一定的影响,但整体感官性状基本稳定。

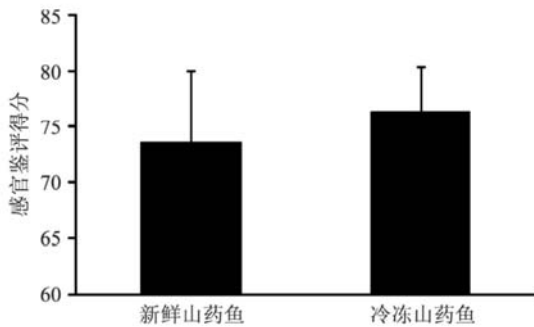


图7 新鲜山药鱼和冷冻山药鱼感官评分比较

Fig.7 Sensory score comparison between fresh potato fishes and frozen potato fishes

冷冻对山药鱼质构指标的影响如表5所示。与新鲜山药鱼相比,经-25℃冷冻一周后山药鱼的各项指标中,硬度减小且变化极显著,咀嚼性和恢复性有所降低,粘附性、内聚性、胶黏性均有所升高,其变化均不显著 ($p > 0.05$),此外,弹性有所增强且变化显著 ($p < 0.05$),但变化幅度较低。玻璃化转变温度是食品贮藏保鲜中保持长时间质构和化学稳定性的重要条件之一,而食品中的各种成分又可影响其玻璃化

表5 新鲜山药鱼和冷冻山药鱼的质构比较

Table 5 Texture comparison between fresh potato fishes and frozen potato fishes

指标	新鲜莜麦山药鱼	冷冻莜麦山药鱼
硬度(N)	261.79 ± 0.098	163.26 ± 0.178 ^a
粘附性(mJ)	13.47 ± 0.08	19.99 ± 0.085 ^c
内聚性(Rto)	0.345 ± 0.014	0.349 ± 0.007 ^c
弹性(mm)	6.247 ± 0.262	6.561 ± 0.297 ^b
胶黏性(N)	64.815 ± 0.354	91.058 ± 0.99 ^c
咀嚼性(mJ)	567.331 ± 15.436	424.058 ± 3.592 ^c
回复性(Rto)	0.07 ± 0.007	0.06 ± 0.007 ^c

注:与新鲜山药鱼对照组比较 a < 0.01, b < 0.05, c > 0.05。

转变温度^[7],因此,或许我们可通过对面团的玻璃化转变温度和其他物质的添加进行研究得到山药鱼的最佳速冻、保存温度,以达到提高速冻产品品质的目的。

3 结论及讨论

一方面,莜麦山药鱼的最佳配比:莜薯比9:1、加盐量2.0 g/100 g基础面粉、加水量100 mL/100 g基础面粉、加葱量4.0 g/100 g基础面粉,最适水温90℃;另一方面,加工过程中对马铃薯添加量和温度的控制更为便捷、准确,说明以马铃薯雪花粉代替新鲜马铃薯加工山药鱼不仅有利于企业对工艺的控制而且优化了山药鱼配方,冷冻后的山药鱼总体感官评分高于新鲜山药鱼,且冷冻过程对山药鱼的感官品质及质构特征影响不显著。

我国对莜麦山药鱼的记录和研究至今为止,草原一丁^[8]和林海萍^[9]等都对坝上美食的介绍中提及莜麦山药鱼,李晓博^[10]对包括莜面鱼鱼、山药鱼儿、莜面饺子及莜面栲栳栳等传统莜麦食品做了简要介绍,张美莉^[11]对山药鱼的传统制作方法及食用方法进行了详细说明,但并未对山药鱼的具体加工工艺进行探究,本实验确定了用马铃薯雪花粉代替新鲜马铃薯制作山药鱼的最优加工工艺,并以感官评定为标准与传统山药鱼进行了比较。其次,参照安渊^[12]、周杨^[13]和宋莲军^[14]等人的感官评价标准初次初步建立了针对莜麦山药鱼的感官评分标准,填补了莜麦山药鱼感官评分标准的空缺。

参考文献

- [1] 陆红梅.我国杂粮加工制品的发展现状及趋势[J].中国食物与营养,2012,18(1):20-21.
- [2] 孟天真,闫永芳,赵春江.中式烹饪对马铃薯中抗性淀粉及主要营养物质的影响[J].食品工业科技,2012,11:68-69.
- [3] 陈萌山,王小虎.中国马铃薯主食产业化发展与展望[J].农业经济问题,2015,12:4-11.
- [4] 张建平.莜麦的营养成分和保健功能[J].食品与发酵工业,2006,32(11):128-130.
- [5] 汪磊,云月英,游新勇,等.莜麦淀粉的提取及其性质的研究[J].中国粮油学报,2015,30(4):23-26.
- [6] 李昌文,闫敏敏.加水量对冷冻面团馒头品质影响的研究[J].粮食加工,2009,34(4):71-73.
- [7] 孙向阳,王春,陈洁.速冻食品的玻璃化加工及保藏[J].粮油加工与食品机械,2006(7):81-83.
- [8] 草原一丁.坝上美食——莜面饭[J].青春期健康,2014,20:83.
- [9] 林海萍.莜面美味——擦山药鱼[J].中国食品,1999,03:24.
- [10] 李晓博,胡文忠,姜爱丽,等.传统及新型莜麦面产品研制及研究进展[A].中国食品科学技术学会(Chinese Institute of Food Science and Technology)、美国食品科技学会(Institute of Food Technologists).中国食品科学技术学会第十二届年会暨第八届中美食品业高层论坛论文摘要集[C].中国食品科学技术学会(Chinese Institute of Food Science and Technology)

(下转第283页)

超标。本实验测定的水果和蔬菜中 40 种元素含量信息和得出的结论具有一定的指导作用,可以为北京地区消费者选择合适的水果和蔬菜提供一定的帮助。

参考文献

- [1] Bahemuka T E, Mubofu E B. Heavy metals in edible green vegetables grown along the sites of the Sinza and Msimbazi rivers in Dar es Salaam, Tanzania [J]. Food Chemistry, 1999, 66: 63-66.
- [2] Radwan M A, Salama A K. Market basket survey for some heavy metals in Egyptian fruits and vegetables [J]. Food and Chemical Toxicology, 2006, 44 (8) : 1273-1278.
- [3] Dogan O, Tirasoglu E. Determination of potassium, calcium and chlorine in some vegetables by EDXRF [J]. Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer, 2006, 101 (1) : 141-145.
- [4] Farrukh MA, Siraj N, Naqvi II, et al. Comparative study of spectroscopic techniques for the estimation of iron in apple and vegetables [J]. Journal of Saudi Chemical Society, 2010, 14 (2) : 209-212.
- [5] Papanikolaou G., Pantopoulos K. Iron metabolism and toxicity [J]. Toxicology and Applied Pharmacology, 2005, 202 (2) : 199-211.
- [6] Marshall, 2004. Enhancing food chain integrity: quality assurance mechanism for air pollution impacts on fruits and vegetables systems. Crop Post Harvest Program, Final Technical Report (R7530). < <http://www.sussex.ac.uk/spru/1-4-7-1-11-1.html> >.
- [7] Wang X, Sato T, Xing B, et al. Health risk of heavy metals to the general public in Tianjan, China via consumption of vegetables and fish [J]. Journal of Agro-Environment Science, 2005, 350 (1-3) : 28-37.
- [8] Khan S, Cao Q, Zheng Y M, et al. Health risk of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with waste water in Beijing, China [J]. Environmental pollution, 2008, 152 (3) : 686-692.
- [9] WHO, 1992. Cadmium. Environmental Health Criteria, vol.134, Geneva.
- [10] Jarup L. Hazards of heavy metal contamination [J]. British medical bulletin, 2003, 68 (1) : 167-182.
- [11] Milacic R, Kralj B. Determination of Zn, Cu, Cd, Pb, Ni and Cr in some Slovenian foodstuffs [J]. European food research and technology, 2003, 217 (3) : 211-214.
- [12] Parveen Z, Khuhro M I, Rafiq N. Market basket survey for lead, cadmium, copper, chromium, nickel and zinc in fruits and

vegetables [J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2003, 71 (6) : 1260-1264.

[13] Gupta N, Khan D K, Santra S C. An assessment of heavy metal contamination in vegetables grown in wastewater-irrigated areas of Titagarh, West Bengal, India [J]. Bulletin of Environmental Contamination, 2008, 80 (2) : 115-118.

[14] Cao H B, Chen J J, Zhang J, et al. Heavy metals in rice and garden vegetables and their potential health risks to inhabitants in the vicinity of an industrial zone in Jiangsu, China [J]. Journal of Environmental Sciences, 2010, 22 (11) : 1792-1799.

[15] Liu W X, Li H H, Li S R, et al. Heavy metal accumulation of edible vegetables cultivated in agricultural soil in the suburb of Zhengzhou city, People's Republic of China [J]. Bulletin of Environmental Contamination, 2006, 76 (1) : 163-170.

[16] Yang Q W, Xu Y, Liu S J, et al. Concentration and potential health risk of heavy metals in market vegetables in Chongqing, China [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2011, 74 (6) : 1664-1669.

[17] 徐子刚, 姚琪, 林少美. 微波消解-电感耦合等离子体质谱法测定茶叶中的稀土元素 [J]. 浙江大学学报(理学版), 2007, 34 (2) : 197-200.

[18] Beauchemin D. Inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. Analytical Chemistry, 2010, 82 (12) : 4786-4810.

[19] Zhang H X, Rui Y K. Determining mineral elements in four kinds of grains from Beijing market by ICP-MS simultaneously [J]. Journal of Saudi Chemical Society, 2012, 16 (1) : 31-33.

[20] Jiang D G, Yang J, Zhang S, et al. A Survey of 16 rare earth elements in the major foods in China [J]. Biomedical and Environmental Sciences, 2012, 25 (3) : 267-271.

[21] Llorent-Martínez E J, Fernández De Córdova M L, Ruiz-Medina A, et al. Analysis of 20 trace and minor elements in soy and dairy yogurts by ICP-MS [J]. Microchemical Journal, 2012, 102: 23-27.

[22] <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/>.

[23] Shenkin A. Dietary reference values for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium and zinc. Journal of Human nutrition and dietetics, 2003, 16 (3) : 199-200.

[24] GB 2762-2012 食品安全国家标准 食品中污染物限量 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.

[25] Commission Regulation (EC) No. 221/2002 of 6 February 2002 amending regulation (EC) No. 466/2002 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs [S]. Official Journal of the European Communities, Brussels, 2002.

(上接第 248 页)

Technology)、美国食品科技学会 (Institute of Food Technologists), 2015, 2.

[11] 张美莉. 莜面食品的制作 [J]. 农产品加工, 2009, 09: 17-18.

[12] 安渊. 南方馒头实验室制作方法和感官评价体系研究

[D]. 郑州: 河南工业大学, 2010.

[13] 周杨. 麻糰评价体系和抗老化技术的研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2014.

[14] 宋莲军, 杨月, 乔明武, 等. 腐竹感官评定预测模型的建立 [J]. 大豆科学, 2011, 03: 502-506.