

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2016.02.010

文章编号:2095-6002(2016)02-0062-06

引用格式:张敏,刘明,谭斌,等.青稞挤压改性处理及青稞面条的试验研究[J].食品科学技术学报,2016,34(2):62-67.



ZHANG Min, LIU Ming, TAN Bin, et al. Experimental study of highland barley extrusion modification treatment and highland barley noodles[J]. Journal of Food Science and Technology, 2016,34(2):62-67.

青稞挤压改性处理及青稞面条的试验研究

张敏¹, 刘明², 谭斌², 孙志坚³

(1. 北京工商大学北京食品营养与人类健康高精尖创新中心, 北京 100048;

2. 国家粮食局科学研究院, 北京 100037;

3. 东北农业大学食品学院, 黑龙江哈尔滨 150030)

摘要:以青稞粉为原料,采用挤压改性方法加工青稞预糊化粉,研究改性前后青稞粉的品质变化,不同配比青稞预糊化粉的粉质特性及改性操作条件对青稞面条品质特性的影响规律,为青稞面条产品的研发提供实践基础。结果表明,改性处理后,青稞内部形成细致多孔的海绵体,大分子营养物质被降解,淀粉稳定性增强;面条蒸煮损失率与淀粉的糊化程度间具有相关性。在适宜加工条件下制备的青稞预糊化粉,可以制作出青稞含量达60%,煮熟增重率为77.0%,蒸煮损失率为12.0%的青稞面条产品。

关键词:青稞;面条;挤压;工艺参数;粉质特性

中图分类号:TS211.3

文献标志码:A

青稞(*Hordeum vulgare* L. var. *nudum hook.* f.) 又称元麦、淮麦、米大麦,因其在收获时内外颖与颖果分离,籽粒裸露又得名裸大麦,是禾本科小麦族大麦属大麦的一种特殊类型^[1]。青稞具有耐旱、耐瘠薄、生育期短、适应性强、产量稳定、易栽培等优异种性,目前种植集中分布于青藏高原及内蒙古等少数高寒冷凉地区。青稞籽粒营养丰富,具有高蛋白、高纤维、高维生素、低脂肪、低糖等特点,其 β -葡聚糖含量居全球大麦之冠,是小麦的50倍。 β -葡聚糖具有清肠、调节血脂、降低胆固醇、抵抗肿瘤、提高免疫力等生理功能^[2]。目前由于青稞食用和加工品质等原因,青稞产品的开发处于初级阶段,产品单一,附加值低。

挤压改性是在热能和机械能的共同作用下,连续的挤压、剪切、混合、蒸煮,使物料塑性的加工方式,具有高温、短时等特点。挤压改性能使原料中的淀粉 α 化,改善制品的口感和蛋白消化率,是改善

食品品质、提高食品营养价值的有效途径。目前,国内外研究人员已经深入研究了小麦^[3-4]、大米^[5-7]、小米^[8]、玉米^[9-10]等谷物的挤压特性,但以青稞为原料,研究其挤压加工特性的报道很少^[11]。本研究以青稞粉为原料,采用挤压改性技术,探讨改性前后青稞粉的品质变化,不同配比面粉的粉质特性及预糊化粉品质对青稞面条品质特性的影响规律,以期为青稞食品的研发提供一定的实践参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

青稞粉为青海西宁唐古风商贸有限公司生产,小麦粉为普通小麦面粉。实验室各种常规化学试剂均为分析纯。

SLG30-VI型双螺杆挤压实验机,济南赛百诺科技开发有限公司;WF-20B型高效粉碎机及DGG-9240B型电热恒温鼓风干燥箱,上海森信试验仪器

收稿日期:2015-06-18

基金项目:国家“十二五”科技支撑计划项目(2012BAD34B05);北京市属高等学校创新团队建设与教师职业发展计划项目(IDHT20130506)。

作者简介:张敏,女,教授,博士,主要从事粮食、油脂与植物蛋白工程方面的研究。

有限公司;JHMZ200型试验和面机及JMTD-168/140型试验面条机,北京东孚久恒仪器技术有限公司;PRX-35013型智能人工气候箱,宁波海曙赛的试验仪器厂;HZD型粉质仪,北京东孚久恒仪器技术有限公司;S-300N型扫描电镜,日本Hitachi公司;3-D型RVA仪,澳大利亚Newport Scientific仪器公司。

1.2 实验方法

1.2.1 青稞预糊化粉的制备

挤压机的模孔直径为0.39 cm,长径比为23:1。挤压试验的Ⅰ区,Ⅱ区,Ⅲ区的腔体温度为40,70,100℃,喂料速度为保证均匀充满。挤压操作的基本条件为Ⅳ区温度140℃,水分含量17%,螺杆转速240 r/min。单因素实验中,Ⅳ区温度分别设定为100,120,140,160,180℃;水分含量分别为13%,15%,17%,19%,21%;螺杆转速分别为160,200,240,280,320 r/min。青稞粉挤压后经冷却、粉碎(过60目筛)等过程制得青稞预糊化粉。

1.2.2 青稞面条的制作

和面:将青稞粉、青稞预糊化粉和小麦粉按照一定比例混合,加入3%的食盐水适量,混合搅拌。

熟化:将和好的面团放置于密闭的容器中,在30℃的人工气候箱中熟化1 h。

轧片:熟化后的面团经宽度为2.6 mm的辊轧重复压成面带。

切条:面带经过刀具切成宽为2 mm,厚为1.1 mm的面条。

样品:将面条切成20 cm和5 cm长的样品,分别进行蒸煮品质评价和水分测定。

1.2.3 产品理化特性的测定

1.2.3.1 面条水分的测定

采用135℃恒重法,将5~7根面条放置铝盒内,放入135℃烘箱烘干至恒重,面条水分的计算公式见式(1)。

$$w = \frac{m_2}{m_1} \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中, w 为面条水分含量,%; m_1 为湿面条的质量,g; m_2 为面条烘干后损失的质量,g。

1.2.3.2 烹煮损失率和煮熟增重率的测定

烹煮损失率和煮熟增重率按照SB/T 10137—93标准方法进行测定。取10根面条,称量 m_1 ,放入500 mL的沸水中,保持水微沸状态下煮制,达到所测蒸煮时间后,控干水分称量 m_2 ,然后将熟面条放到135℃烘箱内烘至恒重,称量 m_3 ^[12]。计算公式

见式(2)和式(3)。

$$\text{烹煮损失率} = \frac{m_1 \times (1 - w) - m_3}{m_1 \times (1 - w)} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{煮熟增重率} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (3)$$

式(2)中, w 为面条的水分含量,%。

1.2.3.3 粉质特性测定

对7种不同配比的混合粉进行粉质实验。不同比例的青稞粉与青稞预糊化粉制成青稞预混合粉,然后青稞预混合粉与小麦粉按3:2比例配制成5种不同的青稞混合粉。5种青稞预混合粉中青稞预糊化粉与青稞粉的比例是,A为7:3,B为6:4,C为5:5,D为4:6,E为3:7。此外,F为纯青稞粉,G为纯小麦粉。取每份样品300 g,在粉质仪中加水揉合,测定面团的粉质特性。

1.2.3.4 其他指标的检测

快速黏度分析仪(rapid visco analyser,RVA)、扫描式电子显微镜(scanning electron microscope,SEM)和营养素(水分、粗纤维、粗脂肪、蛋白质、淀粉、灰分)的分析,按照仪器常规检测方法和国标方法进行^[13]。

1.3 数据处理

数据采用平均数(统计均数)表示,检验 t 值进行显著性分析。采用Spss软件作实验数据的统计与分析。

2 结果与分析

2.1 青稞改性处理后品质的变化

以挤压处理前、后青稞产品中各营养素化学组成的变化、RVA试验以及SEM结果分析,了解青稞挤压前后淀粉糊化特性变化和细胞结构发生的变化。

2.1.1 青稞基本化学组分的变化

青稞粉挤压前后的基本化学组成测定结果见表1。由表1可以看出,经过改性处理,产品水分含量大幅减少,这是挤压过程后水分迅速蒸发造成的;挤压后青稞粗脂肪的含量明显减少,徐学明^[14]认为这是高温高压下脂肪分解为脂肪酸和单甘酯的缘故,而Mercier等^[15]则认为是由脂肪与淀粉和蛋白质生成了复合体造成的;挤压后产品的粗蛋白含量变化不大;粗纤维的含量明显减少,以往关于纤维在挤压后含量的变化,由于挤压设备和原料不同,研究结论差别较大^[16];青稞预糊化粉的淀粉含量明显减

少,这是因为在挤压过程中淀粉链间的氢键断裂,淀粉颗粒解体,淀粉被充分 α 化,降解成低分子碳水化

合物造成的^[17];灰分在挤压前后含量基本保持不变。

表1 青稞挤压前后基本化学组分

Tab.1 Basic chemical composition of highland barley before and after extrusion

样品	w(水分)	w(粗纤维)	w(粗脂肪)	w(蛋白质)	w(淀粉)	w(灰分)
青稞粉	12.59 ± 0.16	2.99 ± 0.09	2.07 ± 0.10	13.26 ± 0.21	72.14 ± 0.32	2.08 ± 0.05
青稞挤压粉	6.87 ± 0.10	1.36 ± 0.05	0.59 ± 0.03	13.58 ± 0.34	56.83 ± 0.23	2.15 ± 0.12

除水分外其他都是干基数据

2.1.2 青稞淀粉糊化特性的变化

青稞粉及其挤压产品的糊化性质测定结果见表2。表2中显示青稞的糊化温度61℃,小米淀粉的糊化温度为76.4~78.8℃^[18-19],大米淀粉的糊化

温度70.5~79.2℃^[20]。糊化温度是表征淀粉糊化难易程度的指标,可见,青稞相较于大米和小米更易糊化。青稞经挤压后,淀粉已经发生了糊化,因此没有检测到相应的糊化温度值。

表2 青稞挤压前后糊化特性变化

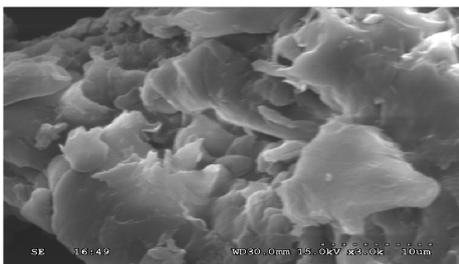
Tab.2 RVA pasting properties of highland barley before and after extrusion

样品	峰值黏度/cp	最低黏度/cp	衰减值/cp	最终黏度/cp	回生值/cp	峰值时间/min	糊化温度/℃
青稞粉	1784.5	725.5	1059	2861.5	2136	5.7	61
青稞挤压粉	401	279	122	478.5	199.5	3.8	—

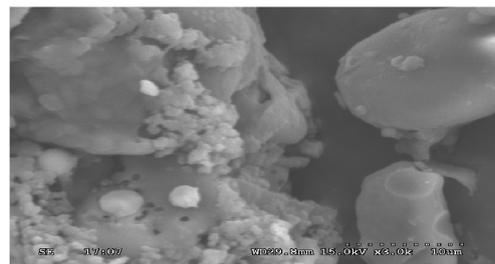
青稞粉的衰减值为1059 cp,小米淀粉的衰减值为3925 cp,大米淀粉衰减值为2092~3602 cp^[18]。衰减值与膨胀后的淀粉粒强度有关,说明青稞淀粉粒较小米和小米淀粉的强度高、稳定性强。青稞经挤压处理之后,产品的峰值黏度、最低黏度、衰减值、最终黏度、回生值、峰值时间均比原料大幅度降低,这些指标是衡量淀粉成胶能力和回生程度的指标,反映了淀粉的稳定性^[21]。从RVA数值中可以看出,青稞经挤压改性处理,由于具有一定程度的熟化作用,淀粉的稳定性显著增加。

2.1.3 青稞产品显微结构的变化

图1为青稞挤压前后的粒子电镜扫描图(3000倍)。由图1可以看出,青稞粉多呈现圆形或者椭圆形,分布较松散,内部结构完整、未被破坏;经过挤压后青稞粉呈现不规则的鳞片状,几乎不存在完整的淀粉颗粒,且青稞挤压产品内部含有较多的空洞结构。一些研究指出,经过挤压加工后样品基本失去了原有的结构特点,随着糊化程度的增加,被挤压淀粉的表面破损程度增加^[22],这种颗粒结构的改变,有利于酶的水解作用^[23]。



a. 青稞挤压粉



b. 青稞粉

图1 3000倍电镜扫描下的青稞挤压粉与青稞粉

Fig.1 3000 scanning electron microscope of highland barley flour before and after extrusion

本研究证实,挤压改性处理对于青稞细胞结构的破坏比较彻底。青稞粉在高温、高压、高剪切的作用下,形成了细致多孔的海绵体。青稞挤压膨化可作为青稞产品加工的前处理方式,预糊化粉更有利

于青稞产品后处理及提高制品的消化吸收率。

2.2 青稞面团的粉质特性分析

青稞预糊化粉的添加比例对青稞混合粉的粉质特性影响的试验结果见表3。青稞混合面团中,青

稞添加量为60%,超过此比例,面团的成型性差,不利于形成面条产品。

表3 不同配比青稞混合粉的粉质特性

Tab.3 Farinograph parameters of different kinds of highland barley flour

样品名称	吸水率/ (100 g·mL ⁻¹)	形成 时间/min	稳定 时间/min	弱化 度/(FU)	粉质 指数
A	84.6a	1.2c	0.3b	262b	18de
B	81.2b	1.3bc	0.6b	257b	23cd
C	78.6c	1.6bc	0.6b	230d	27c
D	76.8d	1.2c	0.4b	251c	13e
E	75.4e	1.8b	0.6b	181e	35b
F	73.4f	0.5d	0.2b	413a	6f
G	60.6g	3.1a	7.2a	55f	91a

不同字母表示数据之间差异显著($\alpha=0.05$),下同

由表3的试验结果可见,青稞混合粉制作的面团吸水率均大于73 g/mL,且随着预糊化粉添加量的增加,吸水率呈上升的趋势。硬小麦吸水率一般为60 g/mL,软麦为56 g/mL^[24],因此,青稞面条相比普通小麦粉面条质构明显发软,硬度较低。

青稞各种混合粉之间的形成时间差异显著性不大,但都明显高于纯青稞粉的面团,而远低于小麦粉的面团形成时间。形成时间越长,表示面粉的筋力越大。由于青稞中缺少面筋质,在本试验过程中,可以明显感受到青稞混合粉成型性差于小麦粉,不添加青稞预糊化粉的青稞混合面团类似于流体,不宜成型,无法挤压制作面条。

各种比例青稞混合粉之间的稳定时间无差异,但低于小麦粉的面团稳定时间。稳定时间反映面团耐受机械的能力,由于青稞中不含面筋,因此混合粉的稳定时间较低。

青稞混合粉之间的弱化度差异显著,C和E面团具有较小的弱化度,但均显著高于小麦粉。弱化度反映面团在搅拌过程中的破坏速度和对机械搅拌的承受能力,弱化度越大,面团越黏,其弹性、韧性、操作性能都较差^[24],因此,青稞面条的成型性普遍较差。

C和E样品组的面团形成时间较长,弱化度较小,粉质特性较优。两种比例的青稞混合粉制作的面条相比,C比例制作出的青稞面条,口感好、硬度高、有嚼劲,且蒸煮时间短,断条率低。

本研究以青稞粉、青稞预糊化粉、小麦粉为

3:3:4的比例(C比例)进行面条产品的制作。

2.3 挤压改性对青稞面条品质的影响

2.3.1 螺杆转速对青稞面条品质的影响

图2是挤压机螺杆转速对青稞杂粮面条品质影响的试验结果。从图2中可以看出,随着螺杆转速的增加,煮熟增重率呈下降趋势,说明面条的持水率下降;蒸煮损失率呈先下降后略升高的趋势。这与前期获得的研究结论,随挤压机螺杆转速的增加,青稞预糊化粉的吸水性指数、水溶性指数以及碘呈色度先增加后减小的结论相吻合^[11,13]。在挤压改性操作过程中,螺杆转速在240~280 r/min加工的青稞预糊化粉生产的面条,烹煮损失率较低,面条的持水率相对适宜。

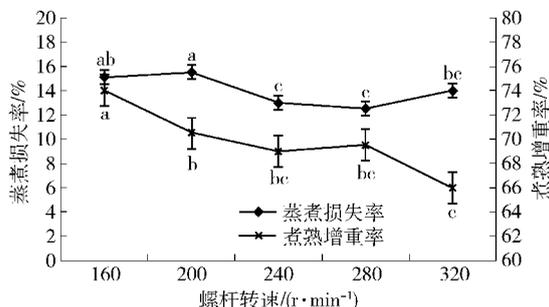


图2 螺杆转速对面条煮熟增重率和烹煮损失率的影响

Fig.2 Effects of screw speeds on cooked weight gain and cooking loss rate

2.3.2 挤压温度对青稞面条品质的影响

图3是挤压温度对青稞面条品质影响的研究结果。从图3中可以看出,在100~180℃,挤压温度对青稞面条的煮熟增重率影响不显著;烹煮损失率只有在140℃出现明显降低,其他温度条件下差异不大。前期的研究表明,随着挤压温度的升高,青稞预糊化粉的碘呈色度呈现先下降后上升趋势^[11]。这说明,青稞制作的面条产品,面条蒸煮损失率与淀

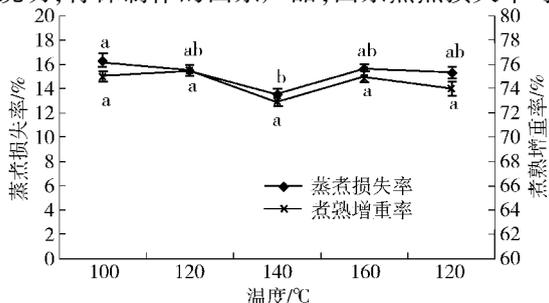


图3 挤压温度对面条煮熟增重率和烹煮损失率的影响

Fig.3 Effects of extrusion temperature on cooked weight gain and cooking loss rate

粉的糊化程度间具有一定的相关性。制作面条所需预糊化粉,制备温度可以选择在140℃附近,生产出的面条产品品质较佳。

2.3.3 物料含水量对青稞面条品质的影响

图4是青稞预糊化粉制作过程中物料含水量对青稞面条品质影响的研究结果。从图4中可以看出,在含水量为15%~17%时,青稞面条产品的煮熟增重率和蒸煮损失率都较低。分析原因,虽然降低物料水分,膨化度增加,提高物料水分,容重增大^[13],但在水分变化的过程中,青稞中大分子化学组分发生变化(包括蛋白质变性及淀粉糊化),使预糊化粉形成不利于吸收水分、又不易散失水分的结构。相关的机理研究有待进一步完善。

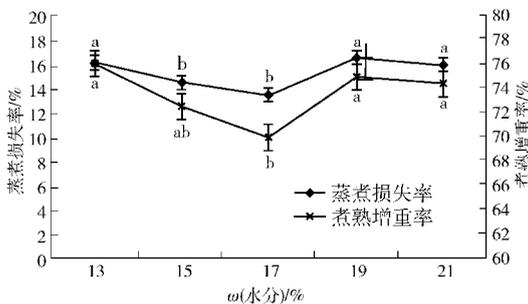


图4 物料含水量对面条煮熟增重率和蒸煮损失率的影响

Fig. 4 Effects of water content on cooked weight gain and cooking loss rate

通过获得的螺杆转速、挤压温度和物料含水量各因素之间的影响规律,以螺杆转速为260 r/min,挤压温度为140℃,物料水分含量为16%的挤压条件制备青稞预糊化粉,将其与青稞粉、面粉按3:3:4的比例进行面条产品的制作,获得了煮熟增重率为77.0%,蒸煮损失率为12.0%的青稞杂粮面条产品。

3 结论

挤压改性使青稞粉的水分含量大幅减少,淀粉、粗脂肪和粗纤维的含量显著降低,粗蛋白和灰分含量变化不大。

青稞粉面团较小麦粉面团具有较低的吸水量,较长形成时间,较小弱化度。青稞粉经挤压改性加工后,预糊化青稞粉中的淀粉稳定性增强。青稞面条的蒸煮损失率与淀粉的糊化程度间具有相关性。

螺杆转速对青稞面条产品的煮熟增重率和蒸煮损失率影响显著。以螺杆转速为260 r/min,挤压温

度为140℃,物料水分含量为16%的挤压条件制备青稞预糊化粉,可以制作出青稞含量达60%,煮熟增重率为77.0%,蒸煮损失率为12.0%的青稞杂粮面条产品。

参考文献:

- [1] 卢良恕. 中国大麦学[M]. 北京:中国农业出版社, 1996: 15.
- [2] 党斌,杨希娟,肖明,等. 青稞加工利用综述[J]. 青海农林科技, 2009(1): 25-27.
- [3] DING Q B. The effect of extrusion conditions on the functional and physical properties of wheat-based expanded snacks[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 73(2): 142-148.
- [4] MEZREB K, GOULLIEUX A, RALAINIRINA R, et al. Application of image analysis to measure screw speed influence on physical properties of corn and wheat extrudates[J]. Journal of Food Engineering, 2003, 57: 145-152.
- [5] DING Q B. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks[J]. Journal of Food Engineering, 2005, 66(3): 283-289.
- [6] SUPAT C, KAMOLWAN J, ANUVAT J, et al. Effect of extrusion conditions on physical and chemical properties of high protein glutinous rice-based snack[J]. LWT - Food Science and Technology, 2009, 42(3): 781-787.
- [7] KADAN R S, BRYANT R J, PEPPERMAN A B. Functional properties of extruded rice flours[J]. Journal of Food Science, 2003, 68(5): 1669-1672.
- [8] 赵学伟. 小米挤压特性的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2006.
- [9] GONZALEZ. Effects of endosperm hardness and extrusion temperature on properties obtained with grits from commercial maize cultivars[J]. Food Science and Technology, 2004, 37: 193-198.
- [10] HO S, TOMSCHIK U, BERGHOFER E, et al. The effect of extrusion operating conditions on the apparent viscosity and properties of extrudates in twin-screw extrusion cooking of maize grits[J]. LWT, 1996, 29: 593-598.
- [11] 孙志坚,张敏,刘明,等. 青稞挤压糊化粉的研究[J]. 食品科学技术学报, 2014, 32(1): 27-33.
- [12] 王睿. 面条品质的影响因素研究进展[J]. 重庆教育学院学报, 2009, 22(6): 19-22.
- [13] 孙志坚. 青稞挤压改性粉加工特性研究及其在食品

- 中的应用 [D]. 黑龙江:东北农业大学,2014.
- [14] 徐学明. 挤压过程中的碳水化合物、蛋白质和脂肪 [J]. 食品与机械,1995(5):22-23.
- [15] MERCIER C, COLONNA P. Macromolecular modifications of manioc starch components by extrusion-cooking with and without lipids [J]. Carbohydrate Polymers, 1983,3(2):87-108.
- [16] 张敏,李宏军,高忠诚. 挤压膨化加工对食品中营养成分的影响[J]. 北方园艺,2003(1):63-64.
- [17] 陈建宝. 麦麸的挤压膨化加工及其对麦麸主要成分的影响研究[D]. 杭州:浙江工业大学,2008.
- [18] 赵学伟. 小米加压加工特性研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2006.
- [19] KRISHNAKUMARI S, THAYUMANAVAN B. Characterization of starches of proso, foxtail barnyard, kodo and little millete [J]. Plant Foods Human Nutrition, 1998, 53:47-56.
- [20] WU Dianxiang. Effect of gamma irradiation on starch viscosity and Physicochemical properties of different rice [J]. Radiation Physics and Chemistry, 2002, 65(1): 79-86.
- [21] SHELTON D R, LEE W J. Cereal Carbohydrates[M]// Handbook of Cereal Science and Technology. New York: CRC Press, 2000:117-201.
- [22] 李锴. 糙米挤压膨化的研究[D]. 无锡:江南大学, 2009.
- [23] 刘丽,程建军,杨文鑫,等. 挤压处理对碎米结构及特性的影响[J]. 食品工业科技,2013(1):92-96.
- [24] 刘志伟,何宁,赵阳,等. 粉质仪和拉伸仪在面粉生产中的应用[J]. 农业科技与装备,2008(5):47-49.

Experimental Study of Highland Barley Extrusion Modification Treatment and Highland Barley Noodles

ZHANG Min¹, LIU Ming², TAN Bin², SUN Zhijian³

(1. Beijing Advanced Innovation Center for Food Nutrition and Human Health,

Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China;

2. Academy of State Administration of Grain, Beijing 100037, China;

3. College of Food, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: In this study, highland barley powder was modified by the extrusion method and the changes of characters of highland barley powder were investigated. The farinograph parameters of pre-gelatinized powder and the effects of extrusion on the characters of highland barley noodles were also researched. The results showed that porous sponge was formed inside highland barley after modification while macromolecule nutrients were degraded and starch stability was enhanced. Meanwhile, the correlation between the noodle cooking loss rate and degree of starch gelatinization was obtained. Using the pre-gelatinized highland barley powder obtained under the optimized processing condition as material, one kind of highland barley noodle was researched, which contained 60% pre-gelatinized highland barley powder. The cooked weight gain rate and the cooking loss rate of highland barley noodles were 77.0% and 12.0%.

Key words: highland barley; noodles; extrusion; process parameters; farinograph parameters

(责任编辑:叶红波)