

薏米预熟化工艺研究

孙军涛, 邳文莉, 张智超, 李学进

(河南省食品安全生物标识快检技术重点实验室, 许昌学院 食品与药学院, 河南 许昌 461000)

摘要:针对粮食的熟化时间不同,采用常压蒸煮、高温高压蒸煮和微波熟化技术分别对薏米进行预熟化研究,并对比分析3种预熟化工艺对薏米营养成分、质构和色泽的影响。结果表明:常压蒸煮工艺条件为40℃恒温浸泡2.5h,物料厚度0.7cm,蒸煮时间15min;高温高压蒸煮工艺条件为40℃恒温浸泡1h,蒸煮温度115℃,蒸煮时间3min;微波预熟化工艺条件为40℃恒温浸泡1.5h,微波功率539W,物料厚度2.8cm,时间5min。与原料薏米相比,3种预熟化方式制得预熟化薏米中脂肪含量均明显升高,常压蒸煮和高压蒸煮的蛋白质含量升高,而微波预熟化蛋白质含量与原料接近;沸水中煮15min,焖5min后,预熟化后薏米的弹性、胶黏性和咀嚼性均明显升高,能与小米共煮同熟;3种预熟化工艺均不同程度改变薏米的色泽。

关键词:薏米;预熟化;常压蒸煮;高温高压蒸煮;微波熟化

Study on Pre-ripening Technology of Coix Seed

SUN Jun-tao, ZHI Wen-li, ZHANG Zhi-chao, LI Xue-jin

(Key Laboratory of Biomarker Based Rapid-detection Technology for Food Safety of Henan Province, Food and Pharmacy College, Xuchang University, Xuchang 461000, Henan, China)

Abstract: According to the different ripening time of grains, pre-ripening technology of coix seed was studied by atmospheric cooking, high temperature and high pressure cooking and microwave cooking, and the effects of three pre-ripening technologies on nutritional composition, texture and color of coix seed were compared and analyzed in this study. The results showed that the technological conditions of atmospheric pressure cooking were as follows: soaking at 40℃ for 2.5 h, material thickness 0.7 cm, cooking time 15 min, the process conditions of high temperature and high pressure cooking are as follows: soaking at 40℃ for 1 h, cooking at 115℃ for 3 min, the microwave pre-ripening process conditions are as follows: soaking at 40℃ for 1.5 h, microwave power 539 W, material thickness 2.8 cm, time 5 min. Compared with the raw coix seed, the fat content of coix seed pretreated by the three pre-cooked methods increased significantly, the protein content of coix seed pretreated by the atmospheric and high temperature and high pressure cooking increased, while the protein content of coix seed pretreated by the microwave cooking was close to that of the raw material. After boiling for 15 min and baking for 5 min, the elasticity, glutinosity and chewiness of the pre-cooked coix seed increased significantly, and it could be cooked with other grains. The color of coix seed was changed in different degrees by three pre-ripening processes.

Key words: coix seed; pre-ripening; atmospheric cooking; high temperature and pressure cooking; microwave cooking

引文格式:

孙军涛,邳文莉,张智超,等.薏米预熟化工艺研究[J].食品研究与开发,2021,42(1):101-106.

SUN Juntao, ZHI Wenli, ZHANG Zhichao, et al. Study on Pre-ripening Technology of Coix Seed [J]. Food Research and Development, 2021, 42(1):101-106.

基金项目:河南省重点研发与推广专项(192102110105);许昌市校地合作专项项目(2017)

作者简介:孙军涛(1982—),男(汉),副教授,博士,研究方向:食品科学。

薏米是药食同源的谷物,具有很高的营养价值和药用价值,含有丰富的蛋白质、脂肪、碳水化合物、粗纤维、核黄素、硫胺素、尼克酸、三萜化合物和黄酮等成分,具有降血糖、降血脂、抗肿瘤、免疫调节、抗炎镇痛等功能,广泛应用于食品中^[1-7]。薏米颗粒结构致密,质地较硬,不易煮熟^[8],作为杂粮粥的主要原料与小米等易煮杂粮混合熬制时,不能共煮同熟,食用不方便,限制了其在粥类食品中的应用。

随着生活节奏的加快,速食方便食品越来越受到消费者的青睐,薏米作为速食方便食品原料使用时,预熟化是薏米加工的关键环节。目前,薏米的预熟化多采用恒温浸泡-微波膨化^[9]、高温高压蒸煮^[2]和常压蒸煮^[10]的方法,鲜有系统地研究不同预熟化工艺对薏米蒸煮特性的影响的报导。

本研究在不破坏薏米外观结构的基础上,分别采用常压蒸煮、高温高压蒸煮和微波熟化对薏米进行预熟化加工,通过研究不同预熟化工艺对薏米的复水性、糊化度、营养成分、蒸煮后质构特性和色泽的影响,为薏米预熟化加工提供技术支持。

1 材料与方

1.1 材料与试剂

薏米:市售;糖化酶(100 000 U/mg):北京奥博星生物技术公司;石油醚、碘(分析纯):天津市恒兴化学试剂制造有限公司;硫代硫酸钠(分析纯):天津市风船化学试剂科技有限公司;碘化钾(分析纯):国药集团化学试剂有限公司;硫酸铜、硫酸钾、氢氧化钠(分析纯):天津市科密欧化学试剂有限公司;盐酸(分析纯):开封东大化工有限公司试剂厂;硫酸(分析纯):洛阳昊华化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

FA2014B 电子天平:上海佑科仪器仪表有限公司;EM7KCGW3-NR 微波炉:广东美的集团股份有限公司;GGC-SY 脂肪测定仪:北京国环高科自动化技术研究院;TMS-Pro 质构仪:美国 FTC 公司;DHG-907382-III 鼓风干燥箱:上海新苗医疗器械制造有限公司;MJ-54A 高压蒸汽灭菌锅:施都凯仪器设备(上海)有限公司;KDN-1 凯氏定氮仪:上海仪电科学仪器股份有限公司;NR200 色差仪:深圳市三恩时科技有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 测定方法

1.3.1.1 糊化度的测定

采用糖化酶法测定糊化度^[11]。

1.3.1.2 水分、脂肪和蛋白质含量的测定

水分含量参考 GB 5009.3—2016《食品安全国家标

准 食品中水分的测定》中直接干燥法;脂肪含量参考 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》中索氏抽提法;蛋白质含量参考 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》中凯氏定氮法。

1.3.1.3 复水性的测定

准确称取样品 1.5 g,沸水下锅,煮 5 min,沥干水分后按下列公式测其复水性^[12]。

$$\text{复水性}/\% = \frac{(m_2 - m_1)}{m_1} \times 100$$

式中: m_1 为称取的薏米质量,g; m_2 为沸水中煮后沥干薏米质量,g。

1.3.1.4 质构分析

预熟化后薏米和原料薏米分别置于沸水中煮 15 min,焖 5 min,沥干表面水分后用质构仪测定其硬度、弹性、胶黏性和咀嚼性^[13]。测定条件:圆形型探头($\Phi 100$ mm),测试速度为 60 mm/min,触发压力为 0.5 N,形变量为 50%。

1.3.1.5 色度分析

将预熟化干燥处理后的薏米放入色度仪中,测量样品的 a^* 、 b^* 和 L^* 值,与未处理的薏米相比,研究色度变化情况。

1.3.2 薏米预熟化工艺研究

1.3.2.1 薏米常压蒸煮预熟化工艺研究

薏米按照料液比 1:3(g/mL)在 40 °C 条件下浸泡,取蒸煮时间(15、20、25、30、35 min)、蒸煮物料厚度(0.7、1.4、2.1、2.8、3.5 cm)和浸泡时间(0.5、1、1.5、2、2.5 h)三因素进行常压蒸煮预熟化,预熟化后的薏米 70 °C 干燥 2 h,通过测定其糊化度、水分含量、复水性,研究常压蒸煮对薏米预熟化品质的影响^[14]。

1.3.2.2 高温高压蒸煮预熟化工艺研究

薏米按照料液比 1:3(g/mL)在 40 °C 条件下浸泡,取浸泡时间(0.5、1、1.5、2、2.5 h)、蒸煮时间(1、2、3、4、5 min)、蒸煮温度(105、110、115、120、125 °C)三因素进行高温高压蒸煮,蒸煮后的薏米在 70 °C 的烘箱中干燥 2 h,通过测定其糊化度、水分含量、复水性,研究高温高压蒸煮对薏米预熟化品质的影响^[15]。

1.3.2.3 微波预熟化工艺研究

称取一定量薏米,按照料液比 1:3(g/mL)在 40 °C 下恒温浸泡,分别选择微波时间(2、3、4、5、6 min)、微波功率(119、231、385、539、700 W)、微波物料厚度(0.7、1.4、2.1、2.8、3.5 cm)、浸泡时间(0.5、1、1.5、2、2.5 h)四因素进行微波预熟化,微波熟化后的薏米在 70 °C 的烘箱中干燥 2 h,测定其糊化度、水分含量、复水性,研究

微波熟化对薏米品质的影响^[16]。

1.3.3 薏米预熟化前后品质对比分析

3种预熟化方式制备的薏米与原料薏米分别进行营养成分、蒸煮质构特性和色度测定,对比分析预熟化前后薏米营养和品质的变化。

2 结果与分析

2.1 薏米预熟化工艺研究

2.1.1 常压蒸煮预熟化工艺研究

2.1.1.1 浸泡时间对预熟化薏米品质的影响

图1为不同浸泡时间对预熟化薏米糊化度、复水性和水分含量的影响。薏米的蒸煮时间15 min,物料厚度0.7 cm,恒温浸泡温度为40℃。

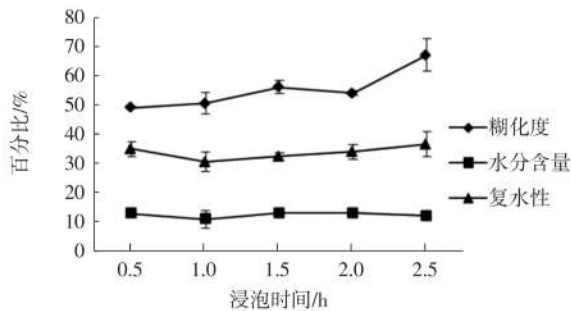


图1 常压蒸煮浸泡时间对预熟化薏米品质的影响

Fig.1 Effect of soaking time at atmospheric pressure on quality of pre-ripening coix seed

由图1可知,薏米的糊化度随着浸泡时间的延长呈增加趋势,在浸泡时间2.5 h时预熟化薏米的糊化度达到最高为67.62%,湿热作用使淀粉颗粒膨胀,结构松弛,淀粉易被酶水解,使薏米糊化度升高^[17],浸泡时间对预熟化薏米的水分含量和复水性影响不大。

2.1.1.2 蒸煮物料厚度对预熟化薏米品质的影响

图2为蒸煮物料厚度对预熟化薏米糊化度、复水性和水分含量的影响。薏米在40℃下浸泡2.5 h,蒸煮时间为15 min。

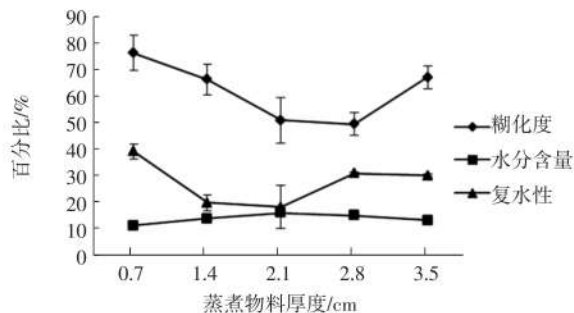


图2 常压蒸煮物料厚度对预熟化薏米品质的影响

Fig.2 Effect of cooking material thickness at atmospheric pressure on quality of pre-ripening coix seed

由图2可知,随着物料蒸煮厚度的增加,预熟化薏米的糊化度均呈先降低后升高的趋势,蒸煮厚度越大,蒸汽越难穿透薏米,薏米淀粉颗粒吸水破裂的程度越低,导致糊化度越低;当厚度高于2.8 cm时,物料堆积密集,阻碍水蒸气的散发,使物料熟化程度加大,从而使糊化度升高。物料厚度0.7 cm时,预熟化薏米的糊化度和复水性达到最高,分别为77.01%和39.90%,淀粉糊化程度越高,在干燥过程中越易形成疏松多孔的内部结构,复水性也越好;物料厚度0.7 cm时,预熟化薏米的水分含量最低为11.7%。

2.1.1.3 蒸煮时间对预熟化薏米品质的影响

图3为蒸煮时间对预熟化薏米糊化度、复水性和水分含量的影响。薏米40℃下恒温浸泡2.5 h,物料蒸煮厚度0.7 cm。

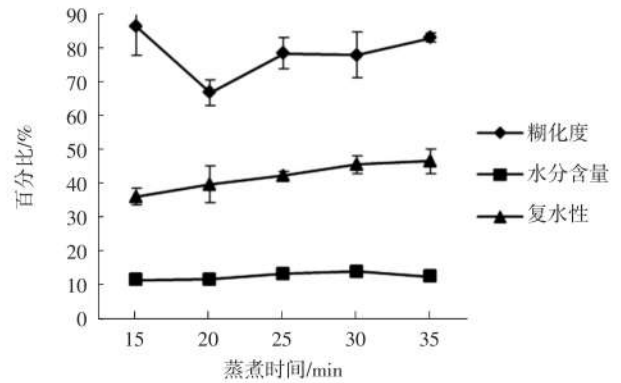


图3 常压蒸煮时间对预熟化薏米品质的影响

Fig.3 Effect of cooking time at atmospheric pressure on quality of pre-ripening coix seed

由图3可知,随着蒸煮时间的延长,薏米的复水性和水分含量都呈缓慢增长的趋势;蒸煮时间15 min时,薏米的糊化度最高为86.57%,随着时间的延长糊化度逐渐降低并趋于稳定,可能由于体系中水分挥发的速度高于薏米水分吸收的速度,不利于薏米中淀粉吸水膨胀,导致薏米淀粉糊化度降低。

2.1.2 高温高压蒸煮预熟化工艺研究

2.1.2.1 蒸煮温度对预熟化薏米品质的影响

薏米40℃浸泡1 h,高温高压蒸煮3 min,蒸煮温度对预熟化薏米糊化度、复水性和水分含量的影响如图4所示。

随着蒸煮温度的升高,预熟化薏米的糊化度呈现先增加后降低趋势,温度的升高,有利于淀粉颗粒糊化,使糊化度升高,当温度过高时,引起淀粉降解,使糊化度降低;复水性呈现缓慢增加并趋于稳定的趋势,水分含量先缓慢降低并趋于平稳,随着温度的升高,淀粉吸水膨胀,淀粉发生糊化,薏米致密的结构遭到

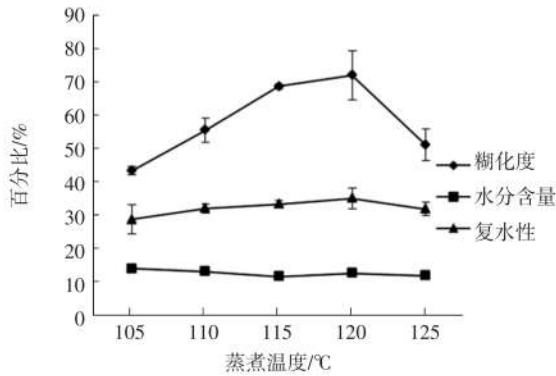


图4 高温高压蒸煮温度对预熟化薏米品质的影响

Fig.4 Effect of cooking temperature on quality of pre-ripening coix seed by high temperature and high pressure cooking

破坏,结构疏松,导致复水性升高,当温度过高时,薏米干糊甚至焦化,引起复水性降低。蒸煮温度为115℃和120℃时,薏米的糊化度分别为71.68%和72.51%,糊化度接近,达到最大值。

2.1.2.2 蒸煮时间对预熟化薏米品质的影响

图5为蒸煮时间对预熟化薏米品质的影响,浸泡参数为40℃浸泡1h,115℃下高温高压蒸煮。

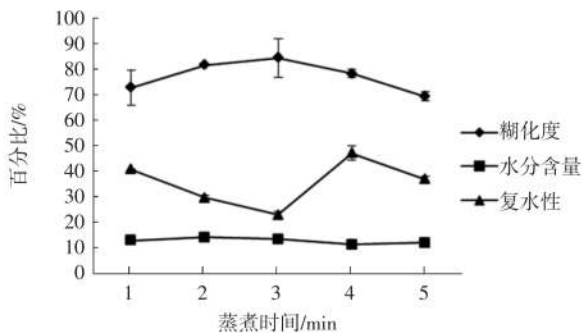


图5 高温高压蒸煮时间对预熟化薏米品质影响

Fig.5 Effect of cooking time on quality of pre-ripening coix seed by high temperature and high pressure cooking

由图5可知,高温高压蒸煮3min时,预熟化薏米的糊化度达到最高为85.02%,而复水性达到最低为23.38%,水分含量为14.20%,随着高温高压蒸煮时间的延长,薏米淀粉吸水膨胀,结构破坏,易糊化,引起糊化度升高;随着蒸煮时间的延长,糊化度降低,可能是在高温下薏米体系中水分的蒸发速度大于吸收速度,水分减少,导致淀粉糊化程度降低;蒸煮时间4min时,薏米的复水性达到最高为47.75%。结合糊化度、水分含量和复水性分析,选择薏米高温高压蒸煮时间为3min。

2.1.2.3 蒸煮浸泡时间对预熟化薏米品质的影响

浸泡时间对预熟化薏米糊化度、复水性和水分含

量的影响如图6所示。

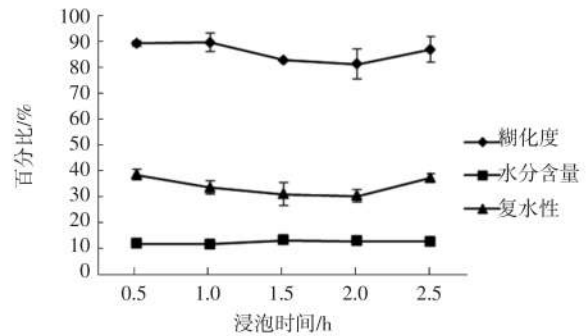


图6 高温高压蒸煮浸泡时间对预熟化薏米品质影响

Fig.6 Effect of soaking time on quality of pre-ripening coix seed by high temperature and high pressure cooking

预熟化薏米的糊化度、复水性和水分含量曲线都趋于平稳,浸泡时间对薏米糊化度、复水性和水分含量的影响较小。浸泡时间1h时,薏米的糊化度最高为90.09%,复水性和水分含量分别为34.25%和12.56%。

2.1.3 微波预熟化工艺研究

2.1.3.1 浸泡时间对薏米品质的影响

图7为微波预熟化浸泡时间对薏米品质的影响。

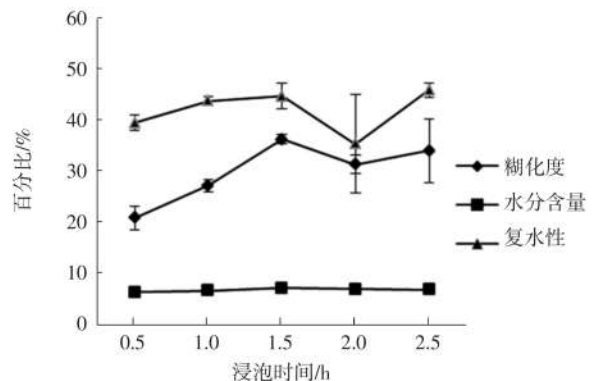


图7 微波预熟化浸泡时间对薏米品质的影响

Fig.7 Effect of microwave pre-ripening soaking time on quality of coix seed

随着浸泡时间的延长,薏米的糊化度和复水性均呈现先升高后降低再升高的趋势。随着浸泡时间的延长,薏米颗粒吸收更多的水分,易发生糊化,使糊化度升高,当吸收过多的水分时,使薏米淀粉在微波预熟化条件下发生降解,导致糊化度降低。40℃浸泡1.5h时,预熟化薏米的糊化度、复水性和水分含量均达到最高,分别为36.8%、45.19%和7.73%。

2.1.3.2 微波功率对薏米品质的影响

微波熟化功率对薏米品质的影响见图8。

随着微波功率的增大,薏米淀粉吸水膨胀易发生糊化,引起糊化度的升高,当微波功率增加到一定程

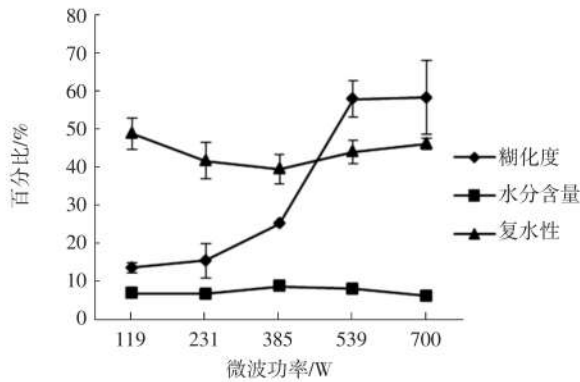


图8 微波预熟化功率对薏米品质的影响

Fig.8 Effect of microwave pre-ripening power on quality of coix seed

度,薏米淀粉颗粒完全糊化,使糊化度趋于稳定;复水性整体呈现先下降后上升,而水分含量先上升后降低;微波功率为700 W时,糊化度达到最高为58.76%,薏米出现微膨化;微波功率为539 W时,薏米的糊化度为58.38%,薏米未膨化,此时薏米的复水性和水分含量分别为44.53%和8.69%。

2.1.1.3.3 微波物料厚度对薏米品质的影响

图9为微波物料厚度对薏米品质的影响。

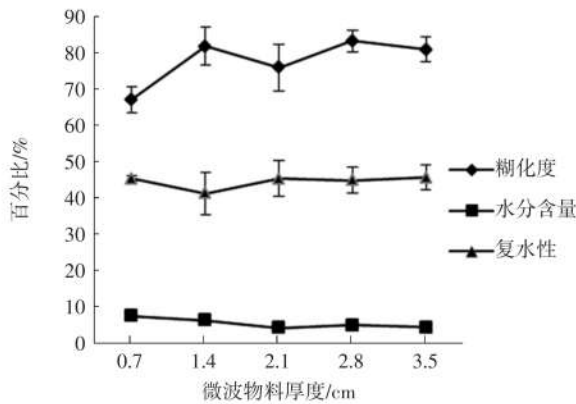


图9 微波预熟化微波物料厚度对薏米品质的影响

Fig.9 Effect of microwave pre-ripening material thickness on quality of coix seed

随着微波物料厚度的增大,薏米糊化度呈现缓慢升高后趋于稳定,微波物料厚度2.8 cm时,薏米糊化度达到最高为83.70%,此时复水性和水分含量分别为45.28%和5.35%;微波物料厚度对薏米的复水性和水分含量影响较小。

2.1.1.3.4 时间对薏米品质的影响

图10为微波预熟化时间对薏米品质的影响。

随着微波预熟化时间的延长,薏米的糊化度先增加后减小,随着微波时间的延长,薏米淀粉吸水膨胀,易发生糊化,引起糊化度升高,微波时间进一步延长,

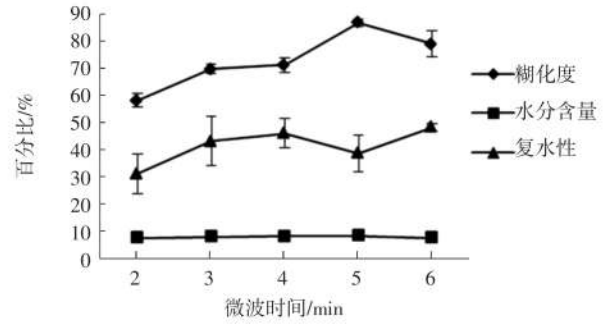


图10 微波预熟化时间对薏米品质的影响

Fig.10 Effect of microwave pre-ripening time on quality of coix seed

使薏米颗粒中的水分逐渐降低,不利于淀粉吸水膨胀和加热糊化,导致糊化度降低。微波时间为5 min时,糊化度达到最高为87.64%,此时复水性和水分含量分别为39.46%和9.02%;复水性整体呈现增加趋势;水分含量受微波时间的影响较小。

2.2 薏米预熟化处理前后品质对比分析

2.2.1 薏米营养成分分析

表1为不同预熟化方法薏米中营养成分对比分析。

表1 不同预熟化方法薏米中营养成分对比分析

Table 1 Comparative analysis of nutritional components of coix seed by different pre-ripening methods

样品	脂肪/%	蛋白质/%
原料薏米	5.91±0.09	14.98±0.02
常压蒸煮薏米	6.16±0.07	16.89±0.03
高温高压蒸煮薏米	8.35±0.13	17.83±0.11
微波预熟化薏米	10.00±0.06	14.17±0.49

与原料薏米相比,常压蒸煮、高温高压蒸煮和微波预熟化3种预熟化工艺均使薏米中脂肪含量增加,可能因为在蒸煮过程中体系温度高,导致淀粉-脂肪复合物解体,从而使脂肪释放含量增加^[18]。常压蒸煮和高温高压蒸煮使薏米中蛋白质含量明显升高,可能由于高温破坏了薏米中蛋白质的聚集结构,使得蛋白质充分释放^[19];而微波预熟化工艺对薏米的中蛋白质无明显影响。

2.2.2 蒸煮质构分析

预熟化后薏米和原料薏米的硬度、弹性、胶黏性和咀嚼性测定结果如表2所示。

与原料薏米的蒸煮特性相比,预熟化后薏米的弹性、胶黏性和咀嚼性均明显升高,常压蒸煮和高温高压蒸煮的薏米硬度均明显升高,而微波预熟化的薏米的硬度降低;沸水煮15 min,焖5 min后,常压蒸煮、高温高压蒸煮和微波熟化工艺制备的预熟化薏米均能与小米实现共煮同熟。

表2 预熟化前后薏米蒸煮质构分析

Table 2 Texture analysis of coix seed before and after pre-ripening

样品	硬度/N	弹性/mm	胶黏性/N	咀嚼性/mJ
原料薏米	10.40±0.14	0.48±0.02	0.95±0.03	0.47±0.02
常压蒸煮薏米	12.80±0.51	1.16±0.03	3.15±0.02	3.90±0.06
高温高压蒸煮薏米	14.55±0.39	1.07±0.03	2.65±0.01	2.95±0.02
微波预熟化薏米	9.80±0.37	0.88±0.02	1.75±0.04	1.55±0.03

2.2.3 色泽的分析

预熟化后薏米和原料薏米的色度对比分析如表3所示。

表3 预熟化前后薏米色度对比分析

Table 3 Chromaticity analysis of coix seed before and after pre-ripening

样品	L*	a*	b*
原料薏米	63.70±3.07	17.58±0.78	17.97±0.66
常压蒸煮薏米	46.00±2.12	13.09±0.45	12.91±0.38
高温高压薏米	35.46±0.57	9.89±0.32	11.03±0.32
微波熟化薏米	39.06±0.25	14.10±0.47	18.69±0.68

与原料薏米相比,常压蒸煮、高温高压蒸煮和微波熟化的薏米的L*值和a*值均降低,3种预熟化处理工艺使薏米亮度降低,颜色偏绿;常压蒸煮和高温高压蒸煮薏米b*值均降低,熟化后的薏米颜色偏绿,而微波熟化后薏米b*值升高,说明经过微波熟化的薏米颜色会变黄。3种预熟化工艺均不同程度改变薏米的色泽^[20]。

3 结论

在最大程度不破坏薏米外观结构的基础上,采用常压蒸煮、高温高压蒸煮和微波的预熟化工艺,使薏米的糊化度在35%以上时,均能实现薏米与小米在沸水中煮15 min,焖5 min后共煮同熟。与未处理的薏米相比,薏米常压蒸煮、高温高压蒸煮和微波熟化后脂肪含量增加;常压蒸煮和高温高压蒸煮使薏米中蛋白质含量增加,而微波预熟化对薏米的中蛋白质含量无明显影响。沸水中煮15 min,焖5 min后,预熟化后薏米的弹性、胶黏性和咀嚼性均明显升高,能与小米共煮同熟。薏米常压蒸煮、高温高压蒸煮和微波熟化工艺均不同程度改变薏米的色泽。

参考文献:

- [1] 李志. 薏米饼干加工关键技术及质量分析研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2017.
- [2] 党娟. 萌发薏米营养生化特性及产品延伸研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2015.
- [3] 刘星, 王正武. 薏仁的化学成分及其应用研究[J]. 食品与药品, 2014, 16(2): 129-132.
- [4] 梅朝阳, 朱正军, 陈茂彬. 薏仁的成分及其深加工研究进展[J]. 酿酒科技, 2016(11): 104-106, 111.
- [5] 闫旭宇, 李玲. 水提醇沉法提取薏米多糖及其对羟自由基的清除作用[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(18): 1-4.
- [6] Peirong Zhang, Xiaoyan Meng, Xiaohua Tang, et al. The effect of a coix seed oil injection on cancer pain relief [J]. Supportive Care in Cancer, 2019, 27: 461-465.
- [7] Xing Liu, Yu-Zhi Rong, Xin Zhang, et al. Rapid determination of total dietary fiber and minerals in coix seed by near-infrared spectroscopy technology based on variable selection methods [J]. Food Anal Methods, 2015, 8: 1607-1617.
- [8] 吴雪辉, 何淑华, 谢炜琴. 薏米淀粉的颗粒结构与性质研究[J]. 中国粮油学报, 2004, 19(3): 35-37.
- [9] 刘佳男, 于雷, 李帅斐, 等. 薏仁与小米共煮同熟工艺的研究[J]. 粮食与油脂, 2016, 29(4): 62-67.
- [10] 刘晓松, 付亭亭, 姚佳, 等. 4种杂粮预熟化工艺及其复配产品的研究[J]. 食品科技, 2019, 44(2): 170-177.
- [11] 唐萍. 特殊人群杂粮营养早餐配方及工艺研究[D]. 成都: 西华大学, 2015.
- [12] 张建强, 李朝阳, 包国风, 等. 不同处理条件对燕麦复水性的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2015, 27(5): 93-95.
- [13] 徐坤华, 赵巧灵, 廖明涛, 等. 金枪鱼质构特性与感官评价相关性研究[J]. 中国食品学报, 2014, 14(12): 190-197.
- [14] 胡吟, 叶雅瑜, 陶霞, 等. 浸泡时间对薏米蒸煮过程中水分分布的影响 [J]. 中国粮油学报, 2018, 33(12): 21-27.
- [15] 杜明珠, 张一凡, 付亮, 等. 基于预熟化技术对黑豆与大米同煮同熟工艺优化的研究[J]. 农业科技与装备, 2018(5): 54-57.
- [16] 王婷. 芸豆预熟化工艺及理化性质研究 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2017.
- [17] 罗仓学, 张大宝. 基于响应曲面法分析速煮绿豆加工工艺[J]. 食品科技, 2011, 36(1): 138-142.
- [18] 丁文平. 加热糊化温度对小米淀粉中直链淀粉结晶形成的影响[J]. 食品科技, 2006(12): 32-34.
- [19] 杨文慧, 高昂, 巩江, 等. 微波加工对食品营养成分影响的研究进展[J]. 宁夏农林科技, 2011, 52(3): 61-62.
- [20] 郑刚, 胡小松, 李全宏, 等. 用色度仪和质构仪对高蛋白挂面色泽和质地的研究[J]. 食品工业科技, 2006, 27(10): 99-102.

加工编辑: 冯娜

收稿日期: 2020-02-26