

高温短时气流膨化后 薏米的煮熟特性研究

刘晓娟, 杨磊, 毛新, 赵力超, 周爱梅, 刘欣

(华南农业大学食品学院, 广东广州 510642)

摘要:采用高温短时气流膨化对薏米进行处理, 分析膨化前后的薏米蒸煮时间、糊化度、煮熟后薏米的营养成分含量、体外消化性以及微观结构的变化。结果表明, 膨化薏米比薏米原料直接煮熟时间缩短了63min; 淀粉糊化度提高了4.77%; 膨化后薏米煮熟比直接煮熟的薏米中脂肪含量略有下降, 多糖的损失量明显减少; 在相同消化时间内, 膨化后煮熟比直接煮熟的薏米淀粉消化性极显著提高($p < 0.01$), 蛋白质消化性差异不显著($p > 0.05$); 微观结构上形成了较大的空洞。膨化后煮熟的薏米较直接煮熟的薏米品质明显得到了改善。

关键词: 高温短时气流膨化, 薏米, 蒸煮

Cooked characteristics of adlay after high temperature short time air puffing

LIU Xiao-juan, YANG Lei, MAO Xin, ZHAO Li-chao, ZHOU Ai-mei, LIU Xin

(College of Food Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Adlay was treated by high temperature short time air puffing, and parameters of cooking time, starch gelatinization degree, cooked adlay nutrition content, vitro digestibility of starch and protein, microstructure were analyzed. The results showed that the cooking time of puffed adlay was 63min shorter and starch gelatinization degree of puffed adlay was 4.77% higher than those of material untreated. The content of lipids of puffed adlay was decreased slightly, and the loss quantity of polysaccharide was decreased significantly after cooking. In the same digestion time, the vitro digestibility of starch of puffed adlay was increased very significantly ($p < 0.01$), and the vitro digestibility of protein of puffed adlay was increased insignificantly ($p > 0.05$) after cooking. There were many big cavities of puffed adlay after cooking in microstructure. The properties of puffed adlay were better than those of the adlay after cooking.

Key words: high temperature short time air puffing; adlay; cooking

中图分类号: TS210.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2012)16-0153-04

薏米属禾本科玉蜀黍族薏苡属, 又名薏苡仁或薏仁米。薏米的营养价值很高, 富含维持人体健康所必需的蛋白质、脂肪、碳水化合物、8种氨基酸、亚油酸、B族维生素和各种微量元素等, 是一种营养平衡的谷物^[1]。此外, 薏米还含有多糖、薏醇、薏苡素、薏苡仁酯及特有的三萜类化合物等多种药用成分^[2-3]。但是薏米颗粒结构致密、质地硬, 并且淀粉很难糊化, 在生产应用中较难煮熟, 食用时必须经过长时间浸渍后进行煮沸, 限制了薏米在食品方面的利用。膨化食品是一种休闲方便食品, 通过膨化加工可以提高人体对食品营养物质的消化吸收率, 同时使物料内部形成许多较大的空洞, 利于在蒸煮过程中水分子

充分进入到物料内部进行蒸煮, 缩短膨化产品的蒸煮时间。高温短时气流膨化是一种新型先进膨化技术, 其最大的特点是可满足包括原颗粒物料和重组物料等多种形状大小的物料无油、连续膨化加工, 物料受热时间短, 营养保持好, 是一种应用前景广阔的的多功能膨化技术^[4]。目前, 膨化食品加工主要有油炸膨化、挤压膨化、焙烤膨化、压差气流膨化和微波膨化等^[5-6], 高温短时气流膨化方式国内外研究较少, 只有苋菜籽、板栗片、马铃薯块(片)、苦荞麦以及小麦休闲食品高温短时气流膨化工艺研究的相关报道^[7-13], 但尚未有关该技术应用于薏米及其膨化后蒸煮特性的研究报道。本研究利用高温短时气流膨化技术加工薏米, 对比研究膨化前后薏米煮熟所需时间长短、糊化度、煮熟后薏米营养成分含量、淀粉和蛋白质体外消化率和微观结构的变化, 从而为薏米的开发利用提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

收稿日期: 2012-01-09

作者简介: 刘晓娟(1980-), 女, 博士, 讲师, 研究方向: 食品化学及功能性食品。

基金项目: 广州市科技计划项目(11BppZLhh1010038); 广东省科技攻关项目(2007A020300003)。

薏米 购于广州百佳超市,产地河北,水分含量9.66%,淀粉含量57.91%,蛋白质含量12.85%;胰酶 35000U/g,北京奥博星生物技术有限责任公司;糖化酶 50000U/g,无锡市雪梅酶制剂科技有限公司;胃蛋白酶 5.4AU/g,诺维信生物技术有限公司;胰蛋白酶 3.3AU/g,诺维信生物技术有限公司。

XPD-Q40多功能气流膨化机 广东省农业机械研究所;TC10KB电子天平 美国双杰电子天平有限公司;RG-热泵功能扩展干燥实验装置 广东省农业机械研究所;XL-30-ESEM环境扫描电子显微镜 荷兰Philips-FEI公司。

1.2 实验方法

1.2.1 薏米气流膨化工艺 工艺流程:薏米→除杂→清洗→浸泡→预糊化→干燥→膨化

除杂:除去薏米壳、碎粒及其他杂物;浸泡:用28℃左右冷水浸泡;预糊化:目的是提高薏米的膨胀度,使膨化过程完全,方法是在料液比1:10下100℃沸水蒸煮30min;干燥:40℃热泵干燥。

1.2.2 营养成分的测定 脂类含量的测定:索氏抽提法^[14];多糖含量的测定:采用苯酚-硫酸法^[14]。

薏米多糖的制备:筛选籽粒饱满的薏米制成薏米粉。取5g薏米粉按料液比1:25混匀,用1mol/L盐酸调至pH5.2,保鲜膜封住三角瓶的口,95℃水浴锅中浸提4h,然后6500r/min离心20min。上清液加入三倍体积的95%乙醇溶液,冰箱内静置20min,然后6500r/min离心20min,沉淀物就是粗多糖。用20mL蒸馏水将沉淀物溶解,调pH至6.5,55℃的水浴锅,加1mL糖化酶,水浴处理1h,充分除去多糖中的可溶性淀粉。加入三倍体积的95%乙醇,冰箱中静置20min,再次6500r/min离心20min,去上清液,沉淀物为多糖,然后加蒸馏水溶解并定容至10mL,利用苯酚-硫酸法测定多糖含量。

1.2.3 淀粉体外消化性的测定 称取3g薏米于研钵中,加入少量pH6.9的磷酸盐缓冲液,研成均匀的糊状,转入50mL容量瓶中,用pH6.9的磷酸盐缓冲液定容至50mL。并于37℃下预热5min,然后加入质量分数为1%的胰酶和糖化酶各3.5mL,分别在37℃水浴水解1、3、5、7、9和10h,沸水浴灭酶5min,将酶解液于6000r/min下离心10min。取5mL水解液稀释10倍,然后吸取0.1mL稀释液至试管中,加入2mL DNS液,再在沸水浴中加热5min后,冷却,转入至10mL容量瓶中蒸馏水定容。在波长540nm下比色,空白用0.1mL蒸馏水代替稀释液^[15]。

1.2.4 蛋白质体外消化性的测定 称取3g薏米加入少量0.01mol/L盐酸缓冲液,研磨后转入50mL容量瓶中,定容至50mL,37℃水浴5min,加入0.01g胃蛋白酶,保温4h,用0.01mol/L的NaOH中和至pH7,加入0.01g胰蛋白酶,再保温1、2、3、4、5、6和7h后取样,100℃灭酶5min,6000r/min离心10min,取2mL上清液,用茚三酮法显色后测定吸光值^[16]。

1.2.5 淀粉糊化度的测定 分别称取50mg样品于两个50mL三角瓶中,分别作为检测液与被检测液,向三角瓶中分别加入50mL蒸馏水。将装有检测液的三

角瓶放入沸水中蒸煮30min后,再迅速冷却至室温。将检测液与被检测液同时放置在37.5℃的水浴锅中,分别加入5mL葡萄糖淀粉酶液(200U/mL),保温1h后,加入2mL 1mol/L HCl溶液终止反应^[17]。将酶解后的溶液转入至100mL容量瓶中,用蒸馏水定容。分别吸取1mL检测液与被检测液至两支试管,分别在试管中加入2mL DNS液,摇匀后在沸水浴中蒸煮5min,然后将液体转入至10mL容量瓶中用蒸馏水定容。在540nm吸光值下测定其吸光度。空白液用蒸馏水代替样品液^[18]。

糊化度(%)=(被检测液吸光值/检测液吸光值)×100

1.2.6 微观结构的测定 据Antonio等报道,用刀片将样品进行纵切,然后将切片进行固定,再进行镀金,用XL-30-ESEM环境扫描电子显微镜进行观察^[19]。

1.2.7 数据统计分析 实验次数为3次,采用SPSS 17.0统计软件分析,按照单因素方差分析T检验的统计方法进行分析。

2 结果与分析

2.1 高温短时气流膨化前后薏米蒸煮时间的变化分析

在谷物蒸煮中,主要是通过对其进行感官评价或测定淀粉糊化度的方法来判断其是否煮熟^[20],本次实验采取感官评价来判断薏米的蒸煮状态。将薏米原料和膨化后的薏米分别在沸水中蒸煮,膨化前后薏米的蒸煮时间发生了显著的变化。薏米原物料直接蒸煮85min后,颗粒内部无白心,质地变软,说明物料被煮熟。在蒸煮80min后,薏米颗粒内部虽然已无白心,但是颗粒较硬,所以选择85min做为薏米煮熟时间。膨化薏米直接蒸煮22min后,颗粒内部没有白心,质地较软,物料被煮熟。在蒸煮22min前,膨化薏米中含有少量白心,物料未被煮透。经过膨化的薏米比薏米原料蒸煮时间缩短了63min,在生产加工薏米产品的过程中,可以极大地缩短其加工时间。

2.2 高温短时气流膨化前后薏米糊化度的变化分析

薏米直接煮熟后的淀粉糊化度为86.72%,膨化后煮熟的淀粉糊化度为90.86%,膨化后煮熟的薏米淀粉糊化度比直接蒸煮薏米的糊化度提高了4.77%。原因可能是高温膨化过程中,薏米原料本身所含有的水分,使薏米中的淀粉发生了糊化反应,从而使糊化度提高^[21]。食品中淀粉的糊化度越高,越易被酶水解,有利于消化吸收^[22]。

2.3 高温短时气流膨化前后煮熟薏米营养成分含量的变化分析

将膨化前后的薏米煮熟后,比较其中脂类物质和多糖的含量变化,结果如表1所示。

表1 膨化前后煮熟的薏米营养成分含量(%,g/g)

Table 1 The content of nutrition composition of cooked adlay before and after puffing(%,g/g)

项目	薏米	膨化薏米
脂肪	6.23	5.61
多糖	0.13	0.25

膨化后煮熟的薏米脂类含量为6.23%,直接煮熟

后的薏米中脂类含量为5.61%,膨化后煮熟比直接煮熟的薏米中脂类含量略有下降。在膨化过程中温度达到251℃,脂肪发生热聚合反应,从而造成脂肪的损失,所以膨化煮熟后的薏米脂肪含量较低。膨化后煮熟的薏米多糖含量为0.25%,直接煮熟后的多糖含量为0.13%,多糖的损失量明显减少。多糖溶解性较差,但在蒸煮过程中部分会被溶解到水中^[23-24],经过膨化后的薏米煮熟时间较短,多糖的损失量明显减少。总之,膨化煮熟后薏米中的脂肪和多糖都能较好的保留。

2.4 高温短时气流膨化前后煮熟薏米体外消化性的变化分析

膨化前后煮熟的薏米中淀粉和蛋白质的体外消化率,结果如图1所示。

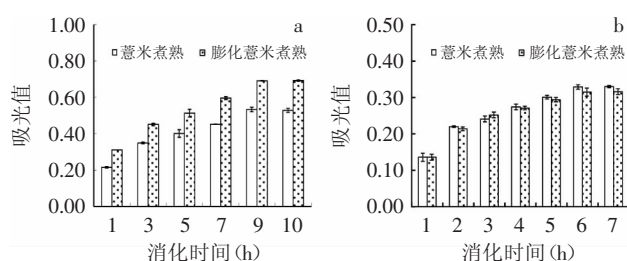


图1 高温短时气流膨化前后煮熟的薏米淀粉和蛋白质体外消化性

Fig.1 The vitro digestibility of cooked adlay starch and protein before and after high temperature short time air puffing

注:a: 淀粉的体外消化性分析;b: 蛋白质的体外消化性分析。

由图1可知,膨化前后的薏米淀粉体外消化率和蛋白质体外消化率都随着消化时间的延长而极显著上升($p < 0.01$),淀粉都需要消化9h以上才能达到平衡($p > 0.05$),蛋白质消化率都在6h后上升不显著($p > 0.05$)。在相同的消化时间下,膨化后煮熟比直接煮熟的薏米淀粉消化率极显著提高($p < 0.01$),说明膨化后煮熟的薏米淀粉消化率较好。原因在于膨化后的薏米糊化度高,糊化后的淀粉可以大量吸水膨胀,增加淀粉与淀粉酶接触的机会,从而加速淀粉的消化吸收^[25]。膨化后煮熟的薏米蛋白质消化性与直接煮熟的薏米蛋白质消化性差异不显著($p > 0.05$),可能与其膨化方式有关,并没有影响薏米蛋白质的含量和结构。

2.5 高温短时气流膨化前后煮熟薏米微观结构的变化分析

用扫描电镜观察膨化前后煮熟薏米的微观结构,结果见图2。

图2为煮熟后薏米结构被放大60、150和300倍的微观结构图。由图2可知,直接煮熟的薏米微观结构呈密集的细小蜂窝状结构,可能是由于蒸煮前薏米物料硬度高,结构致密,限制薏米在蒸煮过程中结构的变化。在高温气流膨化过程中,薏米的水分蒸发使薏米发生膨化^[26],所以膨化后煮熟的薏米形成的空洞较大。经过高温气流膨化后的薏米其微观结构空洞大,这种结构为酶的作用提供了更大的工作面积,空间位阻也小,同时,蛋白质和淀粉结合力减小,更

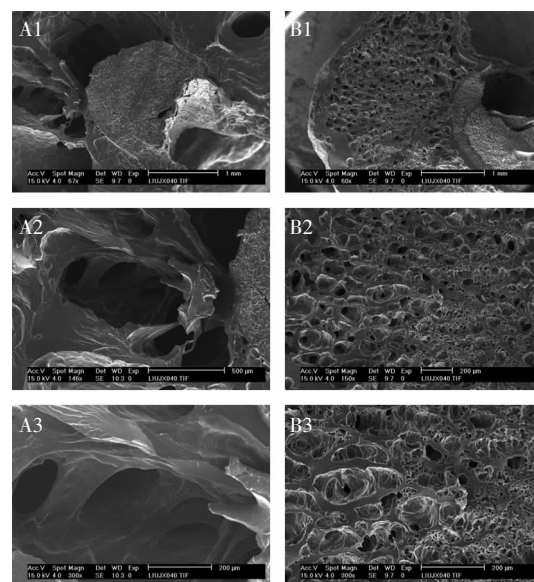


图2 高温短时气流膨化前后煮熟薏米的微观结构图
Fig.2 Microstructure analysis of cooked adlay before and after high temperature short time air puffing

注:A1、A2和A3分别为膨化后煮熟的薏米60、150和300倍微观结构图;B1、B2和B3分别为直接煮熟的薏米60、150和300倍微观结构图。

有利于酶对蛋白质和淀粉的水解;而未经过膨化的薏米直接蒸煮后内部空洞小,能提供为酶作用的工作面积也较小,所以膨化煮熟后薏米体外消化率比直接蒸煮的高。

3 结论

膨化后的薏米比未膨化的薏米蒸煮时间缩短了63min;膨化后煮熟的薏米淀粉糊化度比直接蒸煮薏米的糊化度提高了4.77%;膨化后煮熟比直接煮熟的薏米中脂类含量略有下降,多糖的损失量明显减少;在相同消化时间内,膨化后煮熟的薏米淀粉消化率比直接煮熟极显著提高($p < 0.01$),膨化后煮熟的薏米蛋白质消化率和直接煮熟的差异不显著($p > 0.05$);微观结构的空洞比直接蒸煮的薏米大,使膨化后煮熟的薏米消化性比直接煮熟的高。

结果表明,通过高温气流将薏米膨化后再蒸煮,不仅缩短了薏米生产加工过程中的蒸煮时间,保留了较高的营养成分含量和提高了淀粉与蛋白质的消化性,同时赋予薏米烤香风味,增强了薏米的食用品质。综合分析得出,膨化后蒸煮熟的薏米品质比薏米原料直接蒸煮熟的好。

参考文献

- [1] 回瑞华,侯冬岩,郭华,等. 薏米中营养成分的分析[J]. 食品科学,2005,26(8):375-377.
- [2] Wu T T, Charles A L, Huang T C. Determination of the contents of the main biochemical compounds of Adlay (*Coxi lachrymal-jobi*)[J]. Food Chemistry,2007,104:1509-1515.
- [3] 肖小年,曾海龙,易醒,等. 薏苡仁多糖的提取及分离纯化[J]. 食品科学,2010,31(2):1-4.
- [4] 胡光华,李浩权,陈煜龙,等. 多功能气流膨化机的研制[J].

包装与食品机械,2009,27(2):5-7.

[5] 尚永彪,唐浩国. 膨化食品加工技术[M]. 北京:化学工业出版社,2007:1-3.

[6] 李存芝,傅亮,虞兵,等. 微波膨化薏米饼的研究[J]. 食品工业科技,2010,31(3):236-284.

[7] Varnalis A I, Brennan J G, MacDougall D B, et al. Optimisation of high temperature puffing of potato cubes using response surface methodology[J]. Journal of Food Engineering, 2004, 61: 153-163.

[8] Zapotoczny P, Markowski M, Majewska K, et al. Effect of temperature on the physical, functional, and mechanical characteristics of hot-air-puffed amaranth seeds[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 76: 469-476.

[9] Nath A, Chattopadhyay P K, Majumdar G C. High temperature short time air puffed ready-to-eat (RTE) potato snacks: Process parameter optimization[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 80: 770-780.

[10] Nath A, Chattopadhyay P K. Optimization of oven toasting for improving crispness and other quality attributes of ready to eat potato-soy snack using response surface methodology[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 80: 1282-1292.

[11] Nath A, Chattopadhyay P K. Effect of process parameters and soy flour concentration on quality attributes and microstructural changes in ready-to-eat potato-soy snack using high-temperature short time air puffing[J]. LWT, 2008, 41: 707-715.

[12] Pardeshi I L, Chattopadhyay P K. Hot Air Puffing Kinetics for Soy-fortified Wheat-based Ready-to-Eat (RTE) Snacks[J]. Food and Bioprocess Technology, 2010, 3(3): 415-426.

[13] 龚丽,毛新,蒋爱民,等. 苦荞麦高温短时气流膨化工艺初步研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(5): 282-284.

[14] 穆华荣,于淑萍. 食品分析[M]. 北京:化学工业出版社,2009.

[15] 张习军,熊善柏,周威,等. 蒸煮工艺对米饭中淀粉消化性能的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(S1): 92-96.

[16] 许永亮,程科,赵思明,等. 大米淀粉的分子量分布及其与粘性的相关性研究[J]. 中国农业科学, 2007, 40(3): 566-572.

[17] 方奇林. 大米淀粉米线的研究[D]. 无锡:江南大学, 2005: 27.

[18] 叶敏,许永亮,李洁,等. 蒸煮方式对米饭品质的影响[J]. 食品工业, 2007(4): 32-34.

[19] Antonio G C, Alves Denise Gomes, Patricia Moreira Azoubel, et al. Influence of osmotic dehydration and high temperature short time processes on dried sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.)[J]. Journal of Food Engineering, 2008, 84: 375-382.

[20] 齐凤元,惠丽娟,赵丽,等. 糊化薏米的研究[J]. 粮油加工, 2008(10): 93-94.

[21] 杜双奎,魏益民,张波. 挤压膨化过程中物料组分的变化分析[J]. 中国粮油学报. 2005, 20(3): 39-42.

[22] 程译锋,过世东. 膨化参数对饲料淀粉糊化度和蛋白质体外消化率的影响[J]. 渔业现代化, 2009, 36(6): 54-59.

[23] 郑晓冬,周旻,傅承新. 薏米多糖提取工艺的优化[J]. 中国粮油学报, 2000, 15(5): 19-22.

[24] 张健. 薏米活性多糖提取研究[J]. 粮食与油脂, 2004(10): 24-25.

[25] 刘春雪,高立海,程宗佳. 挤压膨化对水产饲料营养成分及消化率的影响[J]. 中国饲料, 2003(14): 17-19.

[26] 吕少芳. 膨化技术原理及在粮食深加工中的应用[J]. 郑州粮食学院学报, 1994, 15(3): 64-66.

(上接第152页)

烯和丁羟甲苯含量较高。 α -佛手柑油烯具有温暖的木质茶香,草澄茄烯有清淡的檀木香气^[10],丁羟甲苯是一种常见的抗氧化剂,因此与其抗氧化性有一定的关系。但其香味是否与吸引昆虫有关,值得更深入地研究。

3 结论

本研究首次分开测定了甜面大南瓜的雄花和雌花的挥发性成分,发现雄花较雌花可以分离出更多的化学组分。从雄花中鉴定出37种成分,雌花中鉴定出16种成分。经过对比发现,雄花比雌花的主要成分多,两者共有的主要成分为 α -佛手柑油烯、 β -草澄茄烯和丁羟甲苯,三者共占总含量的51.28%(雄花)和36.09%(雌花)。通过GC-MS分析,对甜面大南瓜的挥发油进行了定性、定量分析,对其主要物质成分进行了比较讨论,为进一步研究南瓜各部分的药理作用以及合理开发利用南瓜提供了科学依据。

参考文献

[1] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草[M]. 上

海:上海科学技术出版社,1999,15:4597.

[2] 王岱杰,杜琪珍,王晓,等. 南瓜化学成分的研究[J]. 食品与药品, 2010, 12(1): 36-38.

[3] 张凡华. 低分子量南瓜多糖的提取、纯化、结构及抗氧化功能研究[D]. 北京:中国农业大学, 2007.

[4] 任永新. 浅谈南瓜的保健功能及药理作用[J]. 食品工程, 2007, 2(6): 10-12.

[5] 张芳,蒋作明,章恩明. 南瓜的功能特性及其在食品工业中的应用[J]. 食品工业科技, 2000, 21(6): 62-64.

[6] 张拥军,李鸿梅,姚惠源. 南瓜多糖的分离分析与降糖性质研究[J]. 中国计量学院学报, 2003, 3(15): 238-241.

[7] 孔庆胜,王彦英,蒋滢. 南瓜多糖的分离、纯化及其降血脂作用[J]. 中国生化药物杂志, 2000, 21(3): 130-132.

[8] 王鹏,王春玲,张占伟,等. 南瓜须镇痛抗炎药理作用实验研究[J]. 时珍国医国药, 1999, 10(8): 567.

[9] KANG W Y, JI Z Q, WANG J M. Composition of the essential oil of *Adiantum flabellulatum*[J]. Chem Nat Compd, 2009, 45(4): 575.

[10] 林翔云. 香料香精辞典[M]. 北京:化学工业出版社, 2007.