

分段热加工对薏米营养与功能成分的影响

商 珊¹, 秦礼康^{1,*}, 杨先龙², 李玢亲¹

(1. 贵州大学生命科学学院, 贵州 贵阳 550025; 2. 贵州鑫龙食品开发有限公司, 贵州 安顺 561000)

摘要: 以蒸煮、干燥、喷爆和油炸4个工序加工膨化型薏米休闲食品, 对比分析薏米在分段热加工过程中营养与功能成分的动态变化。结果表明: 分段热加工过程中, 薏米营养与功能成分逐级递减 ($P < 0.05$)。其中, 喷爆工序对薏米营养与功能成分破坏最大; 精薏米灰分、蛋白质、脂肪、淀粉、粗纤维、碳水化合物等营养素损失量显著高于糙薏米 ($P < 0.05$); 糙薏米的主要功能成分黄酮、薏苡酯的损失率比精薏米分别低19.39%、10.12%。因此, 作为功能食品原料, 糙薏米比精薏米更具有营养价值和保健功能。

关键词: 薏米; 蒸煮; 喷爆; 油炸; 营养与功能成分

Effects of Segmented Heating Processes on Nutritional and Functional Components in Adlay

SHANG Shan¹, QIN Li-kang^{1,*}, YANG Xian-long², LI Bin-qin¹

(1. College of Life Science, Guizhou University, Guiyang 550025, China;

2. Xinlong Food Development Company Limited, Anshun 561000, China)

Abstract: The snack food made from puffed adlay was processed by four procedures including steaming, drying, puffing and frying. The dynamic changes in the nutritional and functional components during these procedures were analyzed and compared. The results showed that the nutritional and functional components of adlay were gradually decreased during the segmented heating processes ($P < 0.05$). Puffing had the greatest impact on the nutritional and functional components of adlay. The loss of nutrients such as protein, fat, starch, crude fiber and carbohydrate was significantly larger in polished adlay than in unpolished adlay during the segmented heating processes ($P < 0.05$). The loss ratios of flavonoids and coix ester in unpolished adlay products were 19.39% and 10.12% lower than in polished adlay products, respectively. Therefore, unpolished adlay has higher nutritional and functional value.

Key words: adlay; steaming; puffing; frying; nutritional and functional components

中图分类号: TS210.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2014) 05-0081-04

doi:10.7506/spkx1002-6630-201405016

随着崇尚健康、回归自然的国际化健康生活理念的普及和提升, 人们日益注重膳食结构的调整, 一个以小杂粮为时尚的粮食消费结构在悄然兴起。杂粮杂豆, 一般是指除小麦、稻谷、玉米和大豆(含青豆、黑豆)四大粮食品种以外的其他谷物和豆类, 包括薏苡、荞麦、黑麦、小米、高粱、绿豆、芸豆等200多个品种。杂粮能提供多种营养和植物化学物质, 减少慢性疾病, 包括癌症和心脏疾病的风险, 改善人类健康^[1]。

薏苡 (*Coix lachrymajobi* L.) 为禾本科 (Gramineae/Poaceae) 薏苡属草本植物, 一年生或多年生草本植物^[2]。它的干燥成熟种仁称为薏苡仁, 俗称“苡仁米”、“药王米”、“回回米”、“六谷米”等。薏苡籽实由胚乳、

糠层和外壳部分构成, 去掉外壳和糠层便得到胚乳, 即薏米。薏米的营养、药用价值极高, 被誉为“世界禾本科植物之王”^[3]。薏米为药膳两用原料, 具有健脾、补肺、清热、利湿的功效, 《本草纲目》称其为上品“养心药”^[4]。国内外分析资料表明, 薏米不仅富含优质蛋白质、脂肪、淀粉、粗纤维、矿物质 (Ca、P、Fe、K、Na、Mg、Zn、Se)、维生素 (VE、B₁、B₂) 等营养成分, 而且还含有酯类 (薏仁酯/薏苡酯、薏仁素、薏苡仁油)、甾醇类 (阿魏酰甾醇和菜籽甾醇)、苯并唑酮类、萜类、木脂素类、三萜类、酚类、多糖类、生物碱类、腺苷类等药效成分。并且含有人体必需的8种氨基酸, 是一种营养均衡的谷物^[5]。据文献[6]报道, 薏米具

收稿日期: 2013-06-19

基金项目: 贵州省农业攻关项目 (黔科合农G字[2012]4001); 省县市三方合作项目 (安西科合gzassxx1ch[2012]3006 (1); 安市科合 (2012) 5); 贵州省重大专项项目 (黔科合重大专项字[2013]6010-5)

作者简介: 商珊 (1988—), 女, 硕士, 研究方向为食品加工。E-mail: 573642159@qq.com

*通信作者: 秦礼康 (1965—), 男, 教授, 博士, 研究方向为食品加工与安全。E-mail: likangqin@126.com

有健脾, 补肺, 清热, 降血糖, 利湿, 轻身益气等功效, 而且其特有的薏苡仁酯具有降低血糖, 并对某些癌细胞有抑制作用。此外, 薏米也作为一种营养食物的来源长期用于中国民间医药中^[7]。所以, 薏米作为一种集营养、保健、医疗于一体的重要小杂粮作物, 开发前景十分广阔。

本实验以糙薏米和精薏米为原料, 采用蒸煮、干燥、喷爆、油炸等分段热加工处理, 开发膨化型薏米休闲食品, 对比分析4个工序对薏米营养与功能成分的动态变化, 为薏米休闲食品的开发提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

糙薏米(薏米去外壳)和精薏米(薏米去外壳和糠皮)由贵州鑫龙食品开发有限公司提供。

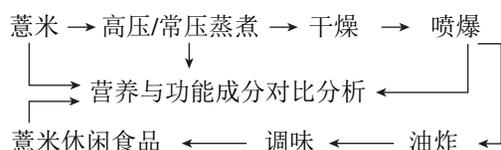
葡萄糖 成都金山化学试剂有限公司; 芦丁 南京替斯艾中中药技术研究所; 其他化学试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

UV-7502 PC紫外-可见分光光度计 上海欣茂仪器有限公司; HH-S6电热恒温水浴锅 北京科伟永兴仪器有限公司; 电热恒温鼓风干燥箱 上海锦星科学仪器有限公司; CXC-06粗纤维测定仪 浙江托普仪器有限公司; L-400自动离心机 上海利鑫离心机有限公司; BS110S分析天平 北京赛多利斯天平有限公司。

1.3 方法

1.3.1 技术路线



1.3.2 工艺要点

1.3.2.1 蒸煮工艺

除杂: 除去薏米壳、碎粒及其他杂物; 浸泡: 在料液比1:10条件下用60℃水浸泡3h^[15]; 蒸煮: 分别在高压和常压下蒸煮30min, 保温10min。干燥: 将蒸煮过后的薏米在80℃鼓风干燥箱中干燥, 控制水分含量在10%~15%。

1.3.2.2 喷爆工艺

喷爆条件: 物料含水量10%~15%; 压力: 0.9MPa; 温度150℃; 时间: 6~8min。

1.3.2.3 油炸工艺

油炸条件: 油温: 180℃; 时间: 85s; 调味: 油炸后的薏米加入适量的奶油和蜂蜜、搅拌、混匀。

1.3.3 营养成分测定方法

水分: GB5009.3—2010《食品安全国家标准 食品中

水分的测定》; 灰分: GB5505—2008《粮油检验 灰分测定法》; 蛋白质: GB5009.5—2010《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》; 粗脂肪: GB/T14772—2008《食品中粗脂肪的测定》; 淀粉: GB/T5514—2008《粮食、油料中淀粉含量测定》; 粗纤维: 粗纤维测定仪。

1.3.4 功能成分粗多糖含量测定

1.3.4.1 葡萄糖标准曲线的绘制

配制质量浓度为0.1mg/mL的葡萄糖标准工作液。精确量取葡萄糖对照品溶液(0.1mg/mL)0.10、0.20、0.30、0.40、0.50mL分别置于干燥试管中, 各加水至1.00mL, 再分别加苯酚试剂0.50mL, 摇匀, 在冷水浴中迅速滴加硫酸2.50mL, 即刻摇匀后放置10min, 然后放置沸水浴加热10min, 迅速冷却到室温。以1.0mL蒸馏水按同样显色操作为空白, 于540nm波长处测定其吸光度^[8]。以葡萄糖含量为横坐标(x, mg/mL), 吸光度为纵坐标(y), 绘制标准曲线, 其回归方程为 $y=0.5228x+0.0049$ ($R^2=0.9963$)。

1.3.4.2 粗多糖提取及测定

挑选籽粒饱满、色泽洁白、无虫蛀、无霉斑的薏米充分干燥后置于粉碎机中, 粉碎过60目筛。每份称取5g, 用石油醚脱脂后, 置于三角瓶中, 加蒸馏水调节至pH5.2, 于100℃水浴锅中提取。按20IU/g加淀粉酶到提取液中, 直到碘检不变色; 接着按18IU/g加糖化酶, 水浴温度50~60℃, pH6.5处理1h, 以去除淀粉。100℃水浴条件下灭酶10min, 然后在3000r/min条件下离心10min, 上清液经减压浓缩, 加入4倍浓缩液体积的95%乙醇醇沉过夜, 干燥沉淀得薏米粗多糖^[9]。

粗多糖含量采用苯酚-硫酸法测定。

1.3.5 总黄酮含量测定

1.3.5.1 芦丁标准曲线的绘制

精密称取在120℃干燥至质量恒定的芦丁标准品10.12mg置于50mL容量瓶中, 加无水乙醇溶解并稀释至刻度, 摇匀。吸取上述溶液0.0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5mL分别置于25mL容量瓶中, 各加入5%的亚硝酸钠溶液1mL摇匀, 放置6min, 加10%的硝酸铝溶液1mL摇匀, 放置6min, 加4%的氢氧化钠溶液10mL, 然后用无水乙醇稀释至刻度摇匀, 放置15min, 在510nm波长处测定吸光度^[10]。以芦丁含量为横坐标(x, mg/mL), 吸光度为纵坐标(y), 绘制标准曲线, 其回归方程为 $y=0.0114x-0.0079$ ($R^2=0.9980$)。

1.3.5.2 总黄酮含量测定

采用微波萃取法提取薏米中黄酮, 具体实验步骤为: 挑选籽粒饱满、色泽洁白、无虫蛀、无霉斑的薏米充分干燥后置于粉碎机中, 粉碎过60目筛。称取3g样品于三角瓶中, 加入15倍体积的95%乙醇, 在水浴中浸提30min, 取出后在微波功率400W条件下, 微波10min,

过滤, 收集滤液, 用溶剂定容于100 mL的容量瓶中。取提取液、蒸馏水各1 mL, 按上述方法操作^[11]。

1.3.6 薏苡酯含量测定

用粉碎机将薏米粉碎至60目细度粉状, 干燥至质量恒定。称取样品10 g, 加入6倍体积的丙酮, 60 °C冷回流30 min, 过滤, 将滤液置于65 °C恒温水浴中蒸馏, 得到提取液, 并通过冷凝管回收丙酮。将提取液溶于200 mL石油醚中, 滤除不溶物, 将滤液分别移入蒸馏烧瓶中, 置于50 °C恒温水浴中蒸馏, 得到薏苡油提取液, 并通过冷凝管回收石油醚^[12-13]。

称取薏苡仁油1.300 g, 置于250 mL锥形瓶中, 加入0.5 mol/L乙醇配制的氢氧化钾溶液25 mL, 热回流30 min, 冷却, 用10 mL乙醇冲洗冷凝管的内壁, 加酚酞指示液0.1 mL, 用0.5 mol/L盐酸滴定剩余氢氧化钾至溶液粉红色褪去, 加热至沸腾, 若溶液出现粉红色, 需再滴定至粉红色褪去; 同时作空白实验^[14]。

$$\text{薏苡酯含量} / (\text{mg/g}) = \frac{(V_0 - V_1) \times 145.16}{m}$$

式中: V_1 为样品消耗盐酸溶液体积/mL; V_0 为空白消耗盐酸溶液体积/mL; m 为样品干基质量/g; 每1 mL乙醇配制KOH溶液(0.5 mol/L)相当于145.16 mg酯。

1.4 统计分析

数据采用Excel、SPSS20.0统计学软件进行差异性分析。所有实验重复3次。

2 结果与分析

2.1 薏米蒸煮过程中营养及功能成分分析

表1 薏米高压蒸煮、喷爆分段热加工过程中营养及功能成分分析
Table 1 Analysis of nutritional and functional components during segmented heat processing of steamed adlay under high pressure and puffing conditions

营养及功能成分	原料		高压蒸煮工艺		喷爆工艺	
	精薏米	糙薏米	精薏米	糙薏米	精薏米	糙薏米
水分含量/%	9.33±0.01 ^c	10.41±0.01 ^f	10.06±0.01 ^d	10.10±0.00 ^f	4.10±0.01 ^a	5.16±0.02 ^b
灰分含量/%	3.80±0.06 ^c	7.22±0.01 ^e	3.10±0.02 ^a	4.50±0.31 ^e	4.87±0.14 ^d	8.35±0.26 ^f
蛋白质含量/%	11.04±0.33 ^c	12.46±0.37 ^f	9.01±0.05 ^d	10.90±0.04 ^d	6.04±0.08 ^a	8.10±0.31 ^b
脂肪含量/%	9.83±0.02 ^d	5.01±0.13 ^c	9.80±0.15 ^d	4.93±0.22 ^c	2.83±0.12 ^b	1.46±0.04 ^a
淀粉含量/%	54.20±0.73 ^d	65.67±0.42 ^f	45.42±0.77 ^c	57.16±0.62 ^e	38.15±0.79 ^a	47.01±0.74 ^c
粗纤维含量/%	5.21±0.19 ^d	7.11±0.51 ^f	4.90±0.37 ^c	6.72±0.66 ^e	2.94±0.43 ^a	4.85±0.28 ^b
粗多糖含量/%	7.35±0.44 ^c	7.51±0.82 ^d	6.86±0.25 ^b	7.23±0.58 ^d	6.47±0.36 ^c	6.91±0.73 ^c
总黄酮含量/%	3.33±0.69 ^d	5.34±0.26 ^f	2.23±0.55 ^a	4.26±0.73 ^e	1.44±0.38 ^a	2.79±0.63 ^b
薏苡酯含量/(mg/g)	4.58±0.14 ^d	5.08±0.26 ^f	4.39±0.41 ^e	4.87±0.04 ^f	3.34±0.25 ^a	3.91±0.37 ^b

注: 同行字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

由表1、2可知, 精薏米与糙薏米在高压蒸煮和常压蒸煮过程中, 营养及功能成分含量逐级递减 ($P < 0.05$)。高压蒸煮后薏米的蛋白质含量比蒸煮前略有减少, 精薏米损失率为18.39%、糙薏米损失率为

12.52%; 常压蒸煮过后精薏米和糙薏米蛋白质损失率分别为25.37%、16.67%。蒸煮过程中蛋白质的变化机理是温度升高到100 °C时, 可溶性蛋白质减少, 可溶性氮量增加, 但蛋白质态氮反而下降, 在蒸煮过程中蛋白质分子是不可分解的。脂肪含量在蒸煮过程中变化不大。蒸煮阶段也是淀粉糊化阶段, 其含量在高压蒸煮和常压蒸煮后均下降: 精薏米高压蒸煮后损失率为16.20%、糙薏米损失率为13.00%; 常压蒸煮后精薏米和糙薏米淀粉含量损失率分别为10.44%、10.17%。Rashmi等^[16]用不同的方法蒸煮大米, 结果表明大米中淀粉含量下降。在蒸煮过程中黄酮含量降低, 这是由于水煮加热增加了黄酮向外渗透的速率, 使大量黄酮因渗入热水中而丢失, 同时也会使黄酮的种类发生改变。具有抗癌功能的活性成分薏苡酯含量在高压蒸煮、常压蒸煮过程中略有减少: 精薏米和糙薏米在高压蒸煮过程中的损失率分别为4.15%、4.13%; 常压蒸煮过程中两者的损失率分别为8.08%、6.69%, 目前对于薏苡酯在蒸煮阶段含量损失机理尚未有研究。

表2 薏米常压蒸煮、喷爆分段热加工过程中营养及功能成分分析
Table 2 Analysis of nutritional and functional components during segmented heat processing of steamed adlay under normal pressure and puffing conditions

营养及功能成分	原料		常压蒸煮工艺		喷爆工艺	
	精薏米	糙薏米	精薏米	糙薏米	精薏米	糙薏米
水分含量/%	9.33±0.01 ^c	10.41±0.01 ^f	11.01±0.01 ^f	13.65±0.01 ^f	6.43±0.01 ^b	2.65±0.01 ^a
灰分含量/%	3.80±0.06 ^c	7.22±0.01 ^e	3.64±0.06 ^b	6.91±0.01 ^e	3.15±0.12 ^a	6.27±0.04 ^d
蛋白质含量/%	11.04±0.33 ^c	12.66±0.37 ^f	8.24±0.08 ^b	10.55±0.21 ^d	6.07±0.16 ^a	8.33±0.14 ^c
脂肪含量/%	9.83±0.02 ^d	5.01±0.13 ^c	8.89±0.02 ^c	4.77±0.22 ^c	3.73±0.41 ^b	2.25±0.03 ^a
淀粉含量/%	54.20±0.73 ^d	65.67±0.42 ^f	48.54±0.24 ^b	58.99±0.36 ^d	40.05±0.24 ^a	51.45±0.26 ^c
粗纤维含量/%	5.21±0.19 ^d	7.11±0.51 ^f	4.82±0.35 ^c	6.82±0.38 ^e	2.46±0.35 ^a	4.54±0.04 ^b
粗多糖含量/%	7.35±0.44 ^c	7.51±0.82 ^d	7.11±0.36 ^c	7.15±0.73 ^d	6.36±0.25 ^a	6.65±0.58 ^b
总黄酮含量/%	3.33±0.69 ^d	5.34±0.26 ^f	2.89±0.62 ^c	4.85±0.42 ^e	1.44±0.62 ^a	2.64±0.31 ^b
薏苡酯含量/(mg/g)	4.58±0.14 ^d	5.08±0.26 ^f	4.21±0.38 ^c	4.74±0.17 ^e	3.35±0.62 ^a	3.83±0.37 ^b

2.2 薏米喷爆过程中营养及功能成分分析

由表1、2可知, 精薏米与糙薏米在喷爆过程中, 营养及功能成分含量逐级递减 ($P < 0.05$)。薏米蒸煮后再喷爆的营养及功能成分分析: 膨化过程中, 物料受高温、高压和高剪切作用, 在模具口挤出的瞬间, 高压迅速变成常压, 物料内部过热状态的水分瞬间汽化, 体积可膨胀2 000倍, 巨大的膨胀压力不仅破坏了物料外部状态, 而且也拉断了物料内部的分子结构, 将部分不溶性长链淀粉切成水溶性短链淀粉、糊精和糖, 从而使淀粉含量降低^[17]。

蛋白质在膨化过程中受热和剪切挤压的综合作用, 使得维持三级和四级结构的综合力变弱, 在向模具口移动的过程中, 蛋白质分子由折叠状态变为直线状(即发生变性作用)。蛋白质变性后, 原封闭在分子内部的氨基酸残基暴露在外, 可与还原糖及其他成分发生反应

(包括Maillard反应),使得蛋白质含量下降^[17]。而部分不溶性纤维断裂形成可溶性纤维,是测得的粗纤维含量下降。高压蒸煮喷爆后薏苡酯含量精薏米和糙薏米均下降,其损失率分别为23.92%、19.71%,常压蒸煮喷爆后精薏米和糙薏米的薏苡酯含量损失率分别为20.42%、19.20%。薏苡酯在高温和机械力作用下,结构遭到破坏^[18],从而对其抗癌功效产生一定的影响。

2.3 薏米油炸过程中的营养及功能成分分析

表3 薏米油炸过程中营养及功能成分分析

Table 3 Analysis of nutritional and functional components of adlay during the frying stage

营养及功能成分含量	水分含量/%	灰分含量/%	蛋白质含量/%	脂肪含量/%	淀粉含量/%	粗纤维含量/%	粗多糖含量/%	总黄酮含量/%	薏苡酯含量/(mg/g)
精薏米	9.33±0.01 ^a	3.80±0.06 ^a	11.04±0.35 ^a	9.83±0.02 ^a	54.20±0.73 ^a	5.21±0.19 ^a	7.35±0.44 ^a	3.33±0.69 ^a	4.58±0.14 ^a
产品(精薏米)	0.58±0.01 ^a	0.41±0.19 ^a	8.18±0.05 ^a	27.11±0.02 ^a	45.72±0.02 ^a	2.69±0.57 ^a	7.26±0.24 ^a	1.83±0.22 ^a	2.71±0.37 ^a
糙薏米	10.41±0.01 ^a	7.22±0.01 ^a	12.66±0.37 ^a	5.01±0.37 ^a	65.67±0.42 ^a	7.11±0.57 ^a	7.51±0.82 ^a	5.34±0.26 ^a	5.08±0.26 ^a
产品(糙薏米)	1.28±0.01 ^b	1.47±0.24 ^b	10.25±0.26 ^b	26.19±0.04 ^b	57.88±0.04 ^b	4.81±0.37 ^b	7.46±0.61 ^b	3.97±0.35 ^b	3.52±0.15 ^b

由表3可知,薏米油炸过程中的营养及功能成分含量在不同原料中差异均显著($P<0.05$)。产品中,精薏米灰分、蛋白质、淀粉、粗纤维含量分别为0.41%、8.18%、45.72%、2.69%,糙薏米中的相应含量分别为1.47%、10.25%、57.88%、4.81%。油炸的目的在于改善食品的色、香、味,是通过美拉德反应和食品对油中挥发性物质的吸附来实现的^[19]。淀粉经过油炸处理后,在热作用与油脂相互作用后,生成淀粉-脂类复合物,改善产品的口感,同时油炸可以杀灭产品中的微生物,延长产品保存期,改善产品风味,增强了产品营养成分的消化性。但实验研究表明^[20],油脂经过200℃以上高温长时间加热,其物理和化学性质均会发生很大变化,同时也会产生多环芳烃、杂环胺类化合物和丙烯酰胺等危害人体健康的有毒有害物质。所以为了减少油炸过程中有害物质的形成,可以采取低温、短时油炸等措施。

3 结论

根据蒸煮、干燥、喷爆、油炸分段热加工膨化型薏米的营养及功能成分结果得出:喷爆过程是一个高温短时的加工过程,薏米受热时间短,糙薏米的营养及功能成分受破坏程度明显低于精薏米;分段热加工过程使薏米的淀粉、蛋白质、脂肪等大分子物质结构均不同程度发生降解,从而使产品形成多孔、疏松结构,更易于被人体消化吸收。

由于薏米是很好的药食两用功能性食品,正日益成为人们理想的健康营养食品。近年来,利用薏米为原料也生产出了许多保健品。齐风云等^[21]将薏米和大豆制成的纳豆,黏性适宜,香味浓郁,风味最佳。李晶^[22]以薏米为发酵原料,生产出具有独特薏米芳香气味的保健饮

料。本实验以蒸煮、干燥、喷爆和油炸4个工序进行膨化型薏米加工,开发出一种口感酥脆、营养丰富的薏米休闲食品。经加热、挤压、膨化处理后得到的颗粒状或棒状的膨化食品,此时原料中所含的淀粉完全 α 化,同时也有效的利用了薏米的药效成分^[23]。目前人类正面临着健康受到严重损坏的危险,因此合理饮食,加强营养非常重要,大力开发薏米类营养保健产品迫在眉睫。

参考文献:

- [1] MILLER H E, RIGELHOF F, MARQUART L, et al. Antioxidant content of whole grain breakfast cereals, fruits and vegetables[J]. Journal of the American College of Nutrition, 2000, 19(3): 312-319.
- [2] 周明强,雷朝云,周正邦,等.贵州省薏苡的生产加工现状及发展潜力分析[J].湖北农业科学,2011,50(22):4660-4663.
- [3] 胡军,金国梁.薏苡仁的营养与药用价值[J].中国食物与营养,2007(6):57-58.
- [4] 刘玉珍,熊华,蒋岩,等.薏苡仁油脂质体的制备及质量评价[J].食品科学,2009,30(16):193-197.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] LIN L J, HSIAO E S L, TSENG H S, et al. Molecular cloning, mass spectrometric identification, and nutritional evaluation of 10 coixins in adlay (*Coix lachryma-jobi* L.)[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009, 57(22): 10916-10921.
- [8] 徐光域,颜军,郭晓强,等.硫酸-苯酚定糖法的改进与初步应用[J].食品科学,2005,26(8):342-346.
- [9] 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(22):1-5.
- [10] 余旭亚,王洪钟,郑桂兰,等.核桃油总黄酮含量的测定[J].中国油脂,2002(1):59-60.
- [11] 李智利.柑橘皮中黄酮的提取及含量分析[J].常州工程职业技术学院学报,2007(3):38-40.
- [12] 刘恩岐,张新萍,李淑芳.薏苡仁酯提取与微胶囊化的研究[J].食品科技,2001,26(6):13-15.
- [13] 巩晓杰,孟宪生,包永睿,等.薏苡仁中酯类化学物质组提取工艺研究[J].中国医药导报,2010(33):15-16;18.
- [14] 吕峰,杨彩霞,姜艳梅,等.不同产地薏苡仁的保健与加工品质[J].福建农林大学学报,2008,37(4):431-434.
- [15] SAREEPUANG K, SIRIAMORNUN PUN S, WISET L, et al. Effect of soaking temperature on physical, chemical and cooking properties of parboiled fragrant rice[J]. World Journal of Agricultural Sciences, 2008, 4(4): 409-415.
- [16] RASHMI S, UROOJ A. Effect of processing on nutritionally important starch fractions in rice varieties[J]. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2003, 54(1): 27-36.
- [17] 冯凤琴,刘东红,叶立扬.甘薯全粉加工及其挤压膨化食品特性的分析研究[J].农业工程学报,2001,17(3):99-102.
- [18] 陈燕,王文平,邱树毅,等.响应面法优化超声波强化提取薏苡仁酯[J].食品科学,2010,31(8):46-50.
- [19] 孟宇竹,陈锦屏,卢大新.膨化技术及其在食品工业中的应用[J].现代生物医学进展,2006,6(10):132-134.
- [20] 金华丽,谷克仁.油炸食品安全性分析及危害预防[J].中国油脂,2010,35(9):74-77.
- [21] 齐凤元,金丽杰.薏米纳豆的开发[J].中国调味品,2005(10):19-21.
- [22] 李晶.薏米乳酸饮料的研究[J].中国乳业,2004(10):39-41.
- [23] 庄玮婧,吕峰,郑宝东.薏米营养保健功能及其开发应用[J].福建轻纺,2006(11):103-106.