

吴 慧, 胡大鹏, 田巧凤, 等. 薏苡植株不同粒位籽粒品质性状的差异[J]. 江苏农业学报, 2017, 33(4): 809-814.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2017.04.013

薏苡植株不同粒位籽粒品质性状的差异

吴 慧¹, 胡大鹏², 田巧凤², 王广诚², 张中宁², 陈 源², 陈德华², 张 祥²
(1.扬州大学实验农牧场, 江苏 扬州 225009; 2.扬州大学江苏省作物遗传生理国家重点实验室培育点, 江苏 扬州 225009)

摘要: 为探讨薏苡植株不同粒位籽粒品质性状差异, 以江苏薏苡居群和安徽薏苡居群为材料, 分析其产量构成及其上部、下部籽粒品质性状差异。结果表明, 安徽薏苡居群在江苏地区表现出较高产量(2 988.0 kg/hm²), 比江苏薏苡居群高 199.5 kg/hm²。碾磨品质方面, 2 个薏苡居群均表现为植株下部千粒质量和出仁率显著高于上部。外观品质表现为下部籽粒相较于上部籽粒更短圆, 在加工品质方面, 安徽薏苡居群下部薏苡仁中总淀粉含量与上部差异不显著, 但其直链淀粉含量较低, 仅为 3.2%。在营养品质方面, 安徽薏苡居群下部籽粒中清蛋白和球蛋白总含量(0.49%) 高于上部籽粒(0.42%); 江苏薏苡居群则表现为下部籽粒(0.40%) 低于上部(0.43%)。安徽薏苡居群品质总体而言优于江苏薏苡居群。因此, 在江苏地区, 安徽薏苡居群产量较高, 籽粒外观品质、加工品质较好, 且在上下部粒位间品质差异较小, 可在生产上应用推广。

关键词: 薏苡; 粒位; 产量; 品质

中图分类号: S519 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2017)04-0809-06

Comparison of grain quality traits at different parts of *Coix lacnyma-jobi* plants

WU Hui¹, HU Da-peng², TIAN Qiao-feng², WANG Guang-cheng², ZHANG Zhong-ning²,
CHEN Yuan², CHEN De-hua², ZHANG Xiang²

(1. Experimental Farm of Yangzhou University, Yangzhou 225009, China; 2. Key Laboratory of Crop Genetics and Physiology of Jiangsu Province, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract: This study was conducted to analyze the differences in quality traits at upper and lower parts of *Coix lacnyma-jobi* using the populations from Jiangsu province and Anhui province as materials. The kernel yield of Anhui coix population was up to 2 988.0 kg/hm², 199.5 kg/hm² higher than that of Jiangsu population. The 1 000-kernel weight and kernel percent of two populations at lower part were significantly higher than those at upper part. Lower part kernels were shorter and rounder than upper ones. In the aspect of

processing quality, the total starch content in the lower kernel of Anhui populations did not show significant difference from that of upper kernel, but amylose content was lower, only 3.2%. In the aspect of nutrition quality, the total contents of albumin and globulin in the lower kernel (0.49%) of Anhui population were greater than those in the upper kernel (0.42%), and the picture was the reverse in Jiangsu population. In conclusion, Anhui coix population is more favorable for planting for its higher yield, better appearance and processing qualities, and

收稿日期: 2017-02-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(31671613、31301263、31471435); 江苏省农业三新工程项目[SXGC(2016)320]; 中国农业科学院科技创新工程项目(植棉技术标准化团队)(2016PCTS-1); 国家博士后基金项目(2016M591934); 江苏省博士后基金项目(1601116C); 江苏省高校优势学科建设工程项目; 江苏高校品牌专业建设工程项目

作者简介: 吴 慧(1978-), 女, 江苏泰兴人, 硕士, 农艺师, 研究方向为园艺及大田作物栽培。(E-mail) 455129435@qq.com

通讯作者: 张 祥, (E-mail) yzzhangxiang@163.com

smaller difference between upper and lower parts.

Key words: *Coix lachryma-jobi* L.; kernel position; yield; quality

薏苡(*Coix lachryma-jobi* L.)又名薏苡仁或薏仁米,俗称“药王米”、“回回米”、“六谷米”等,属禾本科植物。薏米在河北、陕西、河南等省产量较多。薏米含有丰富的营养成分,以及一定量的薏苡素、薏苡酯和特有的三萜类化合物等多种药用成分^[1-2]。现代药理研究结果表明,薏米具有防癌,增强免疫力和抗炎,镇静镇痛及解热,降血钙,抑制骨骼肌收缩,抗肿瘤作用,还具有健脾补肺、止泻、清热、养颜护肤、轻身益气等功效^[3-4],研究结果表明薏米还有降血糖功效,减少血液中过量的胆固醇,增强细胞膜透性,阻止心肌组织和动脉硬化等功能^[5-10]。薏米经过科学加工、合理调配,制成各种风味独特的保健产品,如薏米保健酒、薏米膨化食品、薏米饼干、薏米饮品、薏米乳酸饮料、薏米纳豆、易溶性薏米奶粉制品等^[11-15],受到广大消费者的青睐。因此,研究薏苡籽粒品质性状形成特征已成为薏苡研究的重要方向。

对同一薏苡植株而言,在灌浆过程中,其颖花分化存在先后顺序,其籽粒的灌浆发育过程也不同步,不同部位的籽粒在夺取灌浆物质的能力方面也会具有一定差异。下部颖花开花早,籽粒灌浆启动早,具有较强的获取同化物的能力,因而其籽粒充实度较好^[16-18]。而上部颖花开花晚籽粒灌浆启动晚,获取同化物的能力较弱,往往籽粒充实度较差。因此,薏苡品质改良不仅仅是品质性状的总体水平问题,其不同部位间品质差异也不应被忽视。前人从遗传特征、籽粒灌浆特性、栽培环境效应等方面对薏苡籽粒相关品质性状进行了较多的研究。但目前有关薏苡植株不同部位(简称:粒位)籽粒灌浆特性、外观品质、加工品质、营养品质等方面的研究还相对较少。本研究选择来自安徽和江苏的薏苡居群为材料,对薏米外观品质、加工品质、营养品质在粒位间的差异及分布特点进行比较研究,以期对薏苡优质高产育种与栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计及材料

试验于 2015 年在扬州大学农学院试验农场进行。供试材料为来自安徽阜阳和江苏扬州的薏苡居群。试验地前茬为小麦,耕作层有机质含量 20.2

g/kg,土壤有效氮 103.2 mg/kg,速效磷 24.5 mg/kg,速效钾 85.6 mg/kg。采用单因素随机区组设计,以不同薏苡居群为因素,3 次重复。5 月 20 日播种,每穴 2 粒。株行距为 20 cm×40 cm。小区面积 30 m²。

1.2 测定项目

1.2.1 产量及其构成 于成熟期实际收获各小区所有茎秆,脱粒后去壳后称质量获得实际产量。在每个小区第 3 行,连续选取 5 穴长势一致的薏苡植株调查单穴总茎数、单茎粒数、千粒质量,测算理论产量。同时于成熟期在各小区分别收取植株上、下两部分籽粒记为不同粒位薏苡籽粒,用于试验项目测定。

1.2.2 薏苡相关品质测定 采用间苯二酚法^[19]测定蔗糖含量。采用蒽酮法^[20]测定可溶性糖含量。淀粉含量的测定采用双波长法^[21]。使用快速黏度测定仪(RVA)测定薏苡籽粒淀粉的糊化特性^[22]。可溶性指数和溶胀度采用高玉群等^[23]的方法。蛋白质组分的测定采用凯氏定氮法^[24]。

外观品质:取 20 颗籽粒并排放置,量得总长,除以 20 得到粒长;取 20 颗籽粒竖排放置,量得总宽,除以 20 得到粒宽;取 20 颗籽粒采用夹片将其立起来,测得高度,除以 20 得到粒厚。

出仁率:分粒位抽取 100 粒籽粒,称质量。对 100 粒籽粒脱壳处理再称质量。去壳后的总质量除以带壳总质量得到出仁率。

1.3 数据处理

数据采用 Excel2010 处理,使用 SPSS10.0 进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 农艺性状与产量构成

表 1 显示,安徽薏苡居群在江苏地区表现出较高产量(2 988.0 kg/hm²),比江苏薏苡居群高 199.5 kg/hm²。江苏薏苡居群株高、单穴有效茎数、单穴结实数分别比安徽居群高 29.5 cm、1.72 个、16.33 粒,且差异均达到显著水平。但安徽薏苡居群却具有较高的出仁率、千粒质量,分别比江苏薏苡居群高 19.21%、5.13%,且差异达到显著水平。

表 1 不同薏苡居群产量及其构成

Table 1 Yield and its components of two coix populations

薏苡居群	株高 (cm)	单穴有效 茎数(个)	单穴结实数 (粒)	千粒质量 (g)	出仁率 (%)	种仁产量 (kg/hm ²)
江苏	179.5a	10.5a	207.0a	60.0b	55.7b	2 788.5b
安徽	150.0b	8.7b	190.7b	63.1a	66.4a	2 988.0a

同列数据后不同小写字母表示差异达到 0.05 显著水平。

2.2 品质

2.2.1 碾磨品质 表 2 显示,薏苡上部千粒质量、出仁率和整精米率均较低。江苏薏苡居群上部、下部均低于安徽薏苡居群相同粒位,且江苏薏苡居群上下部粒位间差异较大,3 个指标差值分别达0.5 g、8.4 个百分点、2.1 个百分点,而安徽薏苡居群上下部粒位间差异分别仅为 0 g、1.7 个百分点、1.3 个百分点。方差分析结果(表 3)表明,下部出仁率显著高于上部。

表 2 不同薏苡居群各粒位碾磨品质

Table 2 Milling quality of two coix populations at lower and upper parts

薏苡居群	粒位	千粒质量 (g)	出仁率 (%)	整精米率 (%)
江苏	上部	5.8b	51.5c	80.2c
	下部	6.3ab	59.9b	82.3bc
	平均	6.0	55.7	81.3
安徽	上部	6.3a	65.5b	86.4ab
	下部	6.3a	67.2a	87.7a
	平均	6.3	66.4	87.1

同列数据后不同小写字母表示差异达到 0.05 显著水平。

表 3 不同薏苡居群各粒位籽粒碾磨品质差异方差分析结果

Table 3 ANOVA of milling quality of two coix populations at lower and upper parts

变异来源		千粒质量 (g)	出仁率 (%)	整精米率 (%)
薏苡居群	江苏	6.0b	55.7b	81.3b
	安徽	6.3 a	66.4a	87.1a
粒位	上部	6.0b	58.5b	83.3a
	下部	6.3a	63.6a	85.0a

同列数据后不同小写字母表示差异达到 0.05 显著水平。

2.2.2 外观品质 由表 4 可以看出,薏苡不同居群不同粒位籽粒的外观品质存在一定差异。江苏薏苡居群粒长表现为上部高于下部且差异均达显

著水平。江苏薏苡居群粒宽下部显著大于上部。粒厚则无显著差异。但江苏薏苡居群上、下部粒长、粒宽差值要大于安徽薏苡居群,江苏薏苡居群分别高达 0.02 cm、0.02 cm,而安徽薏苡居群分别仅为 0.01 cm 和 0 cm。籽粒长宽比、长厚比则表现为江苏薏苡居群高于安徽薏苡居群,上部籽粒高于下部籽粒。

表 4 不同薏苡居群各粒位外观品质

Table 4 Appearance quality of two coix populations at lower and upper parts

薏苡居群	粒位	粒长 (cm)	粒宽 (cm)	粒厚 (mm)	长/宽	长/厚
江苏	上部	0.53a	0.46b	3.70a	1.15	1.43
	下部	0.51b	0.48a	3.71a	1.06	1.37
安徽	上部	0.53a	0.48a	3.79a	1.10	1.37
	下部	0.52ab	0.48a	3.86a	1.08	1.37

同列数据后不同小写字母表示差异达到 0.05 显著水平。

2.2.3 加工品质 表 5 显示,江苏和安徽 2 个薏苡居群上部和下部 RVA 各参数指数间均有一定程度差异,其中江苏薏苡居群、安徽薏苡居群下部籽粒薏苡粉峰值粘度、热浆粘度、冷胶粘度、回生值、峰值时间均比上部高,差异显著($P<0.05$);江苏和安徽 2 个薏苡居群崩解值下部比上部高,但差异不显著。糊化温度 2 个薏苡居群则表现不同,其中江苏薏苡居群表现下部高于上部,差异不显著,而安徽薏苡居群则表现为下部显著高于上部。

表 6 表明,江苏薏苡居群、安徽薏苡居群的上、下部总淀粉含量差异未达显著水平。安徽薏苡居群籽粒中总淀粉含量显著高于江苏薏苡居群。2 个薏苡居群籽粒中直链淀粉含量则表现为江苏薏苡居群显著高于安徽薏苡居群。不同粒位间相比,薏苡仁直链淀粉含量均表现为上部>下部,差异达显著水平。

表 5 不同薏苡居群各粒位籽粒淀粉糊化特征差异

Table 5 The difference in starch pasting characteristics between two coix populations

薏苡居群	粒位	峰值粘度	热浆粘度	崩解值	冷胶粘度	回生值	峰值时间 (min)	糊化温度 (℃)
江苏	上部	185.0b	169.3b	15.7a	339.7b	170.3b	5.1c	77.8b
	下部	246.3a	229.0a	17.3a	439.3a	210.3a	5.3b	79.1b
	平均	215.7	199.2	16.5	389.5	190.3	5.2	78.4
安徽	上部	124.0d	122.7c	1.3b	242.7c	120.0c	5.1c	79.4b
	下部	168.3c	166.0b	2.3b	338.3b	172.3b	6.9a	90.7a
	平均	146.2	144.3	1.8	290.5	146.2	6.0	85.0

同列数据后不同小写字母表示差异达到 0.05 显著水平。

表 6 不同薏苡居群不同粒位籽粒总淀粉和直链淀粉含量

Table 6 Total starch and amylose contents in two coix populations

薏苡居群	粒位	总淀粉含量 (%)	直链淀粉量 (%)
江苏	上部	46.2b	4.2a
	下部	43.3b	4.0b
	平均	44.8	4.1
安徽	上部	51.6a	3.4c
	下部	50.4a	3.2d
	平均	51.0	3.3

同列数据后不同小写字母表示差异达到 0.05 显著水平。

溶胀度是指在一定温度下每 1 g 干样品吸收水的质量,淀粉的糊化是淀粉在高温下溶胀、分裂形成均匀糊状溶液的特性,在糊化温度范围内,溶胀度是淀粉水合能力的量度^[25-26]。表 7 表明,江苏薏苡居群上、下部薏苡粉溶胀度差异不显著,而安徽薏苡居群下部薏米粉溶胀度则显著高于上部,且显著高于江苏薏苡居群。可溶指数是指一定温度下样品的溶解质量分数,可溶指数反映了样品在水中的溶解能力^[27]。表 7 表明,江苏薏苡居群上下部可溶指数差异不显著,而安徽薏苡居群上部薏米粉可溶指数则显著高于下部。

2.2.4 营养品质 由表 8 可以看出,不同薏苡居群不同粒位籽粒中可溶性糖和蔗糖含量存在一定差异。2 个薏苡居群下部籽粒中可溶性糖含量均高于上部。但江苏薏苡居群上下部可溶性糖含量差异未达到显著水平,而安徽薏苡居群粒位间差异达显著水平。江苏薏苡居群可溶性糖含量上下部间差异

表 7 不同薏苡居群不同粒位薏米粉可溶性指数和溶胀度

Table 7 Soluble index and swelling degree of coix powder of two coix populations

薏苡居群	粒位	溶胀度 (g/g)	可溶指数 (%)
江苏	上部	2.5b	97.4a
	下部	1.7b	98.3a
	平均	2.2	97.8
安徽	上部	2.4b	97.6a
	下部	4.1a	95.7b
	平均	3.2	96.7

同列数据后不同小写字母表示差异达到 0.05 显著水平。

(27.9 mg/g,DW) 要小于安徽薏苡居群 (39.6 mg/g,DW)。

2 个薏苡居群不同粒位籽粒中蔗糖含量均表现为上部大于下部,且差异均达到显著水平。江苏薏苡居群各粒位籽粒中蔗糖含量均显著高于安徽薏苡居群。

清蛋白和球蛋白又称可溶性蛋白或营养蛋白,属于营养价值较高的蛋白质,而醇溶蛋白和谷蛋白营养价值不高。江苏、安徽薏苡居群植株上部籽粒中清蛋白含量均显著大于下部,差异显著;而球蛋白表现则相反,下部大于上部,安徽薏苡居群差异达显著水平;醇溶蛋白含量则表现为江苏薏苡居群上部显著大于下部,但安徽薏苡居群差异不显著;谷蛋白表现为安徽薏苡居群上部显著大于下部,但江苏薏苡居群差异不显著。

表 8 不同薏苡居群不同粒位籽粒中可溶性糖、蔗糖含量和蛋白质组分差异

Table 8 The differences in soluble sugar content, sucrose content and protein compositions between two coix populations

薏苡居群	粒位	可溶性糖 (mg/g, DW)	蔗糖 (mg/g, DW)	清蛋白 (%)	球蛋白 (%)	醇溶蛋白 (%)	谷蛋白 (%)
江苏	上部	190.9a	212.2a	0.28a	0.15b	4.2a	1.2b
	下部	218.8a	160.2b	0.22b	0.18ab	3.2b	1.2b
	平均	204.9	186.2	0.25	0.17	3.7	1.2
安徽	上部	109.3c	193.6b	0.27a	0.15b	1.7c	1.7a
	下部	148.9b	135.5c	0.25b	0.24a	1.7c	0.5c
	平均	129.1	164.6	0.26	0.20	1.7	1.1

同列数据后不同小写字母表示差异达到 0.05 显著水平。

3 讨 论

本研究发现,安徽薏苡居群在江苏仍发挥较高的产量水平。分析发现与江苏薏苡居群相比,虽然安徽薏苡居群株高、单穴有效茎数、单穴粒数等产量构成指标较低,但其具有较高的出仁率、千粒质量,最终种仁产量最高。这说明,在薏苡产量构成因素中出仁率、千粒质量可能起决定性作用。但由于本研究所选薏苡居群较少,此方面还有待进一步研究。

薏苡的生长发育可分为苗期、拔节期、孕穗期、抽穗扬花期和灌浆成熟期。抽穗结束后,则完全进入灌浆成熟期。灌浆成熟期尚未结束时,主茎顶就有少数果实完全成熟,所以果实成熟并不一致^[28]。因此,不同部位间薏苡果实发育并不完全一致,本研究通过增加密度、缩短生育期等栽培措施使植株上下部成熟期趋于一致,并且较为系统地观察了 2 个不同薏苡居群籽粒品质在植株不同粒位间的差异,初步揭示了薏苡品质在植株上的分布规律及不同薏苡居群间的差异,对于深入认识薏苡品质形成机理有积极意义。本研究发现,安徽薏苡居群尤其是下部,出仁率、整精米率较高。分析其原因,该粒位籽粒长宽比、长厚比和含水量相对较高,在碾磨时不易破碎。相反,江苏薏苡居群植株上下部、安徽薏苡居群植株上部长宽比、长厚比相对较高,含水量相对较低,在碾磨时易破碎。这与水稻、小麦研究结果相似^[29-30]。说明薏苡碾磨品质的优劣与籽粒含水量与粒型有密切关系。提高薏苡的充实程度、保持适宜的含水量以及籽粒较合适的长宽比例,可以提高薏苡的碾磨品质。

在加工品质方面,薏苡植株下部籽粒薏苡粉的糊化温度、峰值粘度高于上部籽粒,说明薏苡植株下

部籽粒中淀粉糊化较为困难,且下部籽粒薏苡粉的黏滞性比上部的黏滞性强。衰减值是峰值黏度与谷值黏度的差值,反映出淀粉糊的热糊稳定性,衰减低,则热糊稳定性强,不同粒位间崩解值差异未达到显著水平,说明两者在热稳定性方面差异不大。回生值为最终黏度与谷值黏度之差,能反应淀粉糊的老化速度,回生值高说明淀粉糊老化速度快^[31],植株下部籽粒较上部籽粒的回生值高,说明下部籽粒中淀粉的老化速度较快。

前人研究发现,籽粒中直链淀粉含量与蒸煮和食用品质密切相关。本研究发现安徽薏苡居群下部薏苡仁中总淀粉含量与上部差异不显著,但其直链淀粉含量较低,仅为 3.2%。因此,本研究认为它是适合加工的低直链淀粉含量、高品质的薏苡仁原料。但其溶胀度较高,可溶性指数较高,可能在加工或蒸煮过程中需要消耗更多水分,此方面还有待进行深入研究。

在营养品质方面,下部籽粒中可溶性糖含量高于上部;而蔗糖含量则表现为上部显著高于下部。这可能是由于蔗糖是光合同化产物向籽粒中运输的主要形式,但上部籽粒将蔗糖转化成淀粉或其他产物的效率低,故其积累量较大。

蛋白质也是薏苡籽粒中重要的贮藏物质之一。按其溶解度及提取方法不同,可分为清蛋白、球蛋白、醇溶蛋白、谷蛋白 4 种。其中清蛋白和球蛋白主要以参与代谢活动的酶类为主,其氨基酸组成比较平衡,富含人体所必需的 7 种氨基酸,属于营养价值较高的蛋白质,而醇溶蛋白和谷蛋白营养价值不高。本研究发现安徽薏苡居群下部籽粒中清蛋白和球蛋白总含量高于上部籽粒;但江苏薏苡居群则表现为下部籽粒中 2 种蛋白总含量低于上部。

总体而言,下部籽粒外观品质、碾磨品质、加工品质、营养品质均优于上部。但在居群间也存在一定差异,安徽薏苡居群总体优于江苏薏苡居群。说明薏苡的品质性状既受遗传的制约,也因籽粒位置不同而有所差异。因此,在生产上,可以通过遗传改良和应用适当栽培措施促进整株籽粒特别是上部籽粒胚乳细胞的发育和充实,改善薏苡的碾磨品质、外观品质和营养品质。

参考文献:

- [1] 赵晓红.薏米的营养、医用价值及制作饮料的发展前景[J].山西食品工业,2002(3):35-36.
- [2] 汪开治.国外科技简讯[J].植物杂志,2003(1):44-45.
- [3] 王文一,裴爱泳.薏苡米——开发研究新热点[J].粮食与油脂,2001(12):11-13.
- [4] 陈建白.薏米的开发利用[J].云南热作科技,1999,22(2):13-14.
- [5] 徐梓辉,周世文,黄林清.薏苡仁多糖的分离提取及其降血糖作用的研究[J].第三军医大学学报,2000(6):578-581.
- [6] HARMEET S G, CHARLES J, ELAINE T C. Effect of cooling and freezing on the digestibility of debranched rice starch and physical properties of resulting material[J]. Starch /Starke, 2001, 53(2): 64-74.
- [7] HARMEET S G, CHARLE J, ELAINE T C. Effect of enzyme concentration and storage temperature on the formation of slowly digestible starch from cooked debranched rice starch [J]. Starch /Starke, 2001, 53(4): 131-139.
- [8] ELLS L J, SEAL C J. Postprandial glycaemic, lipaemic and haemostatic responses to ingestion of rapidly and slowly digested starches in healthy young women[J]. British Journal of Nutrition, 2005, 94: 948-955.
- [9] 雷正杰,张忠义,王 鹏,等.薏苡仁油脂脂肪酸组成分析[J].中药材,1999(8):405.
- [10] 李 毓,邱健行,熊带水,等.薏苡仁酯和顺铂抑制人鼻咽癌细胞增殖的协同作用[J].广州药学院学报,1999,15(4):255-287.
- [11] 张 钟,陈庆榆.薏米保健酒的研制[J].安徽农业技术师范学院学报,1997(2):34-36.
- [12] 徐兴友,杜连起.薏米的开发利用[J].生物学杂志,1994(3):30.
- [13] 张立庆,蔡笑今.薏米饮品的开发与研制[J].食品科学,1995(2):31-36.
- [14] 李 晶.薏米乳酸饮料的研究[J].中国乳业,2004(10):39-42.
- [15] 齐凤元,金丽杰.薏米纳豆的开发[J].中国调味品,2005(10):19-21.
- [16] ARY M B, SHEWRY P R, RICHARDSON M. The amino acid sequence of a cereal Bowman-Birk type trypsin inhibitor from seeds of Jobs' tears (*Coix Lachryma-jobi* L.) [J]. FEBS Letters, 1988, 229(1):111-118.
- [17] MASAO UCHIBAYASHI. Maize in pre-Columbian China[J]. Yakugaku Zasshi-journal of the Pharmaceutical Society of Japan, 2005, 125(7):583-586.
- [18] 杨念婉,李艾莲,陈彩霞.种植密度和播期对薏苡产量的影响及相关性分析[J].中国农学通报,2010,26(13):149-152.
- [19] 哈森其木格,贺锋嘎.间苯二酚分光光度法测定芥菜多糖中的果糖含量[J].光谱学与光谱分析,2002,22(6):446-448.
- [20] 马琴国,王引权,赵 勇.薏苡-硫酸比色法测定党参中可溶性糖含量的研究[J].甘肃中医学院学报,2009,26(6):46-48.
- [21] 厦门大学化学系分析化学教研室.双波长分光光度法原理简介[J].分析化学,1978,6(3):224-231.
- [22] 王 丰,程方民,钟连进,等.早籼稻米 RVA 谱特性的品种间差异及其温度效应特征[J].中国水稻科学,2003,17(4):328-332.
- [23] 高群玉,林志荣.湿热处理玉米淀粉的溶胀和水解性质初探[J].中国粮油学报,2007,22(6):27-30.
- [24] 刘期成.试析食品中蛋白质含量的测定方法——凯氏定氮法[J].城市技术监督,2000(7):47.
- [25] 惠斯特勒 R L,贝密勒 J N,帕斯卡尔 E F.淀粉的化学与工艺学[M].王雒文,闵大铨,杨家顺,等译.北京:中国食品出版社,1987:243-244.
- [26] LI JENG-YUNE, YE H AN-I. Relationship between thermal, archaeological characteristics and swelling power for various starches [J]. Journal of Food Engineering, 2001, 50(3):141-148.
- [27] RAMESH Y A, GUHA M, THARANATHAN R N, et al. Changes in characteristics of sweet potato flour prepared by different drying techniques [J]. LWT-Food Science and Technology, 2006, 39(1):20-26.
- [28] 赵杨景,杨峻山,张聿梅,等.不同产地薏苡经济性状的比较[J].中国中药杂志,2002,29(9):694-696.
- [29] 陈 洁,蔡永艳,吕莹果,等.原料粒度对米粉品质的影响[J].粮食与饲料工业,2011(2):27.
- [30] 陈佳慧,兰进好,王 晖,等.小麦籽粒形态及千粒重性状的 QTL 初步定位[J].麦类作物学报,2011,31(6):1001-1006.
- [31] 韩金香,胡培松,焦桂爱,等.稻米蒸煮食味品质及其仪器分析的研究现状[J].中国稻米,2009(2):1-4.

(责任编辑:陈海霞)