

不同产地薏米的营养品质比较

刘泽宇,尹淑涛,张昊*

(中国农业大学 食品科学与营养工程学院,北京 100083)

摘要:选取贵州兴仁、福建浦城、云南师宗、老挝万象4个产地的薏米,对其基本营养组成、矿物元素、维生素、总多糖、总多酚、总黄酮含量进行测定。此外,分析比较不同产地薏米蒸煮后的吸水率、膨胀率、硬度和弹性,并对蒸煮后的薏米进行感官评价。结果表明,贵州兴仁薏米的蛋白质含量较高;云南师宗和老挝万象薏米油酸含量要显著高于其它产地薏米($p<0.05$);云南师宗和老挝万象薏米维生素E的含量明显优于其它产地的薏米($p<0.05$);贵州兴仁薏米总多糖含量显著高于其它产地薏米($p<0.05$)。蒸煮后薏米的吸水率和膨胀率排序为:云南师宗薏米>福建浦城薏米>贵州兴仁薏米>老挝万象薏米;蒸煮后云南师宗和老挝万象薏米较硬,弹性较大;贵州兴仁薏米蒸煮后的感官评分要明显优于其它3个产地薏米。

关键词:薏米;营养成分;理化特性;蒸煮特性;品质对比

Comparison of the Nutritional Quality of Coix Seed from Different Producing Areas

LIU Ze-yu, YIN Shu-tao, ZHANG Hao*

(College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: Coix seeds from Guizhou Xingren, Fujian Pucheng, Yunnan Shizong, and Laos Vientiane regions were assessed. The basic nutritional composition and contents of mineral elements, vitamins, total polysaccharides, total polyphenols and total flavonoids were determined. In addition, the water absorption rate, expansion ratio, hardness, elasticity, and the sensory characteristics were evaluated for coix seeds from the above-mentioned production areas. Protein content of Xingren coix seeds from Guizhou was the highest while oleic acid and vitamin E contents were highest in Shizong coix seeds from Yunnan and Vientiane coix seeds from Laos (both $p<0.05$), respectively. Content of total polysaccharides was the highest in Xingren coix seeds from Guizhou. After boiling, water absorption and inflation rates were maximum for Shizong coix seeds from Yunnan region, followed by Pucheng coix seeds from Fujian, Xingren coix seeds from Guizhou, and Vientiane coix seeds from Laos. The hardness and elasticity values of cooked coix seeds from Yunnan Shizong and Laos Vientiane were greater than those for seeds from the remaining origins. Xingren coix seeds from Guizhou displayed significantly superior sensory characteristics compared to seeds from the remaining three production areas.

Key words: coix seed; nutritional ingredients; physical and chemical properties; cooking characteristics; quality comparison

引文格式:

刘泽宇,尹淑涛,张昊. 不同产地薏米的营养品质比较[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(15): 1-7.

LIU Zeyu, YIN Shutao, ZHANG Hao. Comparison of the Nutritional Quality of Coix Seed from Different Producing Areas[J]. Food Research and Development, 2021, 42(15): 1-7.

基金项目:“十三五”国家科技支撑计划项目(2018YFC1603706);中国青年创业就业基金会资助项目

作者简介:刘泽宇(1995—),男(汉),在读硕士研究生,研究方向:农产品加工。

*通信作者:张昊(1984—),男(汉),副教授,博士,研究方向:食品营养与安全。

薏米(又称薏苡仁)在东亚和东南亚各国广泛种植,我国是薏米生产大国,薏米主产区分布在贵州、福建、云南等省。薏米是我国传统药食两用的谷物产品,中医认为薏米味道甘甜清淡,有清热去湿的功效^[1]。薏米营养物质丰富,含有大量的蛋白质,同时还富含维生素、矿物质、膳食纤维及多种功能性成分,是一种具

有保健功效的食物^[2]。随着我国经济水平的不断提高,薏米因为其营养丰富以及含有多种功能活性成分,已成为广受人们关注的功能性食品原料。本研究对不同产地薏米营养及功能成分进行测定和比较,旨在为今后薏米产品的开发理清思路,有利于薏米产品增值和资源的高效利用。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

1.1.1 材料

贵州兴仁薏米:贵州兴仁聚丰薏苡有限公司;福建浦城薏米、云南师宗薏米、老挝万象薏米:市售。薏米贮藏于4℃环境中,随机挑选大小均一、颗粒完整且无裂痕的薏米放入粉碎机中粉碎,过40目筛制成薏米样品。每个产地样品各制备3个平行,总共12个样品。

1.1.2 试剂

硫酸、盐酸、丙酮、乙醇、硝酸铝、氢氧化钠(均为分析纯)、甲醇(色谱纯)、乙腈(色谱纯):国药集团化学试剂有限公司;槲皮素标准品、没食子酸标准品、淀粉酶(≥ 10 万U/g):上海源叶生物有限公司。

1.2 仪器与设备

旋转蒸发器(RE-52AAA):上海嘉鹏科技有限公司;紫外可见分光光度计(722E型):上海光谱仪器有限公司;凯氏定氮仪(KDN-103F):上海纤检仪器有限公司;质构仪(TA-XPlus):英国SMS公司;多功能高速粉碎机(800A型):浙江金华佳声机械设备有限公司;酶标仪(Infinite M200PRO):瑞士TECAN公司。

1.3 方法

1.3.1 基本营养成分的测定

水分:采用直接干燥法,参照GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》;蛋白质:采用凯氏定氮法,参照GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》;脂肪:采用索氏抽提法,参照GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》;碳水化合物:采用计算法,碳水化合物含量=食物总质量(100g)-蛋白质含量-脂肪含量-水分含量-灰分含量(式中:碳水化合物含量、蛋白质含量、脂肪含量、水分含量、灰分含量单位均为g/100g);淀粉:采用酶水解法,参照GB 5009.9—2016《食品安全国家标准 食品中淀粉的测定》;膳食纤维:参照GB 5009.88—2014《食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定》;灰分:采用灼烧称重法,参照GB 5009.4—2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》;氨基酸组成及含量:参照GB 5009.124—2016《食品安全国家标准 食品中氨

基酸的测定》;脂肪酸组成及含量:参照GB 5009.168—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》。

1.3.2 矿物质含量的测定

矿物质含量的测定采用电感耦合等离子体质谱(inductively coupled plasma mass spectrometry, ICP-MS)分析。镁元素测定参照GB 5009.241《食品安全国家标准 食品中镁的测定》,钙元素测定参照GB 5009.92《食品安全国家标准 食品中钙的测定》,铁元素测定参照GB 5009.90《食品安全国家标准 食品中铁的测定》,硒元素测定参照GB 5009.93—2017《食品安全国家标准 食品中硒的测定》。

1.3.3 维生素含量的测定

维生素含量的测定采用高效液相色谱-荧光检测器进行检测,最终外标法定量。维生素B₁参照GB 5009.84—2016《食品安全国家标准 食品中维生素B₁的测定》,维生素B₂参照GB 5009.85—2016《食品安全国家标准 食品中维生素B₂的测定》,维生素E参照GB 5009.82—2016《食品安全国家标准 食品中维生素A、D、E的测定》。

1.3.4 功能性成分的检测

1.3.4.1 总多糖含量的测定

总多糖提取参照肖小年等^[3]的方法,薏米提取液经乙醇过夜沉淀,干燥后得到薏米粗多糖。称取薏米样品粉末2g,加40mL蒸馏水,沸水浴加热2h,室温20℃冷却,4000r/min离心20min,离心后取上清液,上清液定容至50mL。吸取上清液3mL,与15mL无水乙醇混匀,离心20min后,收集沉淀。沉淀用80%乙醇溶液洗涤,离心10min后弃上清液,重复2次~3次操作。沉淀物用蒸馏水溶解定容至10mL,采用苯酚-硫酸法在540nm下测定总多糖含量。

1.3.4.2 总多酚、总黄酮含量的测定

总多酚、总黄酮的提取参照Zhao等^[4]的方法,并稍作修改。取2g薏米,粉碎后加入14mL 95%酸化甲醇溶液(95%甲醇:1mol/L HCl=85:15,体积比),振荡12h,4000r/min离心15min,上清液通过旋转蒸发器蒸干,95%甲醇复溶上清液至10mL作为待测液。总多酚、总黄酮含量的测定方法采用福林酚法^[5],样品于760nm下测定吸光值,以没食子酸为标准品,绘制标准曲线,薏米总多酚含量依据样品吸光值和标准曲线计算得出。总黄酮含量的测定同样把甲醇作为空白对照,槲皮素作为标准品,在420nm测吸光度。

1.3.5 蒸煮后薏米吸水率和膨胀率的测定

称取20g薏米,清水淘洗两遍后,按照1:4(g/mL)与超纯水混合,常温20℃浸泡2h。浸泡结束后放于蒸

锅中蒸煮,从水温达到100℃开始计时,分别在15、30、45、60 min 取样测定吸水率和膨胀率。

$$\text{吸水率}/\%=(W_1-W_0)/W_0\times 100$$

式中: W_0 为蒸煮前样品质量,g; W_1 为蒸煮后样品质量,g。

$$\text{膨胀率}/\%=(V_1-V_0)/V_0\times 100$$

式中: V_0 为蒸煮前样品总体积,mL; V_1 为蒸煮后样品总体积,mL。

1.3.6 薏米蒸煮后质构特性的测定

薏米的蒸煮方法与吸水率和膨胀率的测定预处理方法一致,在蒸煮45 min 时每个产地的样品取4粒颗粒饱满、大小一致的薏米进行测定。质构仪选择全质构分析(texture profile analysis,TPA)模式,对蒸煮后薏米的硬度和弹性进行测定,探头选用P/36 R 圆柱形平底探头,触发力为5 g,探头的测定速度为0.50 mm/s,压缩比为70%,进行两次压缩,平行测定6次,选择硬度、弹性作为检测指标^[6]。

1.3.7 感官评价

试验设计了薏米蒸煮后品质的感官评价指标,即对气味、色泽、软硬度、黏性、弹性、滋味进行评分,其评分规则见表1。薏米经过淘洗浸泡后,放入蒸锅中蒸汽蒸煮45 min,蒸熟后将薏米分装入无色无味的一次性

纸杯中,对纸杯进行随机编号,参照GB/T 15682—2008《粮油检验 稻谷、大米蒸煮食用品质感官评价方法》,邀请10位感官评价员对蒸煮后的薏米进行感官评价。

表1 蒸煮后薏米的感官评分规则

Table 1 Sensory scoring rules of coix seed after steaming

指标	8分~10分	4分~7分	0分~3分
气味	典型薏米香,香气浓郁	香气较弱,无异味	无香气或有异味
色泽	颜色洁白,有光泽	颜色正常,稍有光泽	米粒发黄或发黑,无光泽
软硬度	软硬适宜	较软或较硬	很软或很硬
黏性	滑爽,有黏性,不粘牙	有黏性,基本不粘牙	粘牙或无黏性
弹性	米粒有嚼劲	米粒稍有嚼劲	米粒无嚼劲
滋味	滋味丰厚,回味悠长	滋味一般,饭香较弱	滋味较差

1.4 数据统计与分析

用SPSS 25.0 软件进行单因素ANOVA 检验,采用Duncan 法进行多重比较, $p<0.05$ 为具有显著差异,试验结果以均值 $\pm$ SD 表示。

2 结果与分析

2.1 不同产地薏米基本营养成分分析

不同产地薏米的基本营养成分如表2所示。

由表2可知,4个产地薏米水分含量在10.55 g/

表2 不同产地薏米基本营养成分含量

Table 2 The basic nutrient content of coix seed from different producing areas

薏米产地	g/100 g						
	水分	蛋白质	脂肪	碳水化合物	淀粉	膳食纤维	灰分
贵州兴仁	11.71 $\pm$ 0.08 ^b	15.43 $\pm$ 0.32 ^a	5.94 $\pm$ 0.18	65.09 $\pm$ 0.36 ^b	59.17 $\pm$ 0.45 ^b	2.60 $\pm$ 0.41	1.83 $\pm$ 0.21
福建浦城	10.60 $\pm$ 0.76 ^c	14.91 $\pm$ 0.56 ^{ab}	5.89 $\pm$ 0.37	66.81 $\pm$ 0.73 ^a	59.38 $\pm$ 0.41 ^b	2.99 $\pm$ 0.04	1.83 $\pm$ 0.12
云南师宗	10.55 $\pm$ 0.46 ^c	14.93 $\pm$ 0.57 ^{ab}	6.10 $\pm$ 0.71	66.65 $\pm$ 0.36 ^a	61.25 $\pm$ 0.47 ^a	2.99 $\pm$ 0.19	1.77 $\pm$ 0.15
老挝万象	13.47 $\pm$ 0.14 ^a	13.78 $\pm$ 0.9 ^b	6.07 $\pm$ 0.31	64.85 $\pm$ 0.83 ^b	59.85 $\pm$ 0.73 ^b	2.66 $\pm$ 0.12	1.80 $\pm$ 0.10

注:同列标有不同字母表示数值之间差异显著($p<0.05$)。

100 g~13.47 g/100 g 之间,其中老挝万象薏米含量最高,云南师宗薏米含量最低;蛋白质含量在13.78 g/100 g~15.43 g/100 g 之间,其中贵州兴仁薏米含量最高,老挝万象薏米含量最低;碳水化合物含量在64.85 g/100 g~66.81 g/100 g 之间,其中老挝万象薏米含量最低,福建浦城薏米含量最高;淀粉含量在59.17 g/100 g~61.25 g/100 g 之间,其中贵州兴仁薏米含量最低,云南师宗薏米含量最高。Liu 等^[7]对薏米基本营养成分的

研究结果中蛋白质和脂肪含量分别为12.18 g/100 g~16.65 g/100 g 和5.14 g/100 g~9.40 g/100 g,与本研究结果一致。相较于其它谷物如大米、小麦,薏米具有更高的蛋白质和脂肪含量。

2.2 不同产地薏米氨基酸组成及含量分析

不同产地薏米氨基酸组成和含量如表3所示。

由表3可知,4个产地薏米的谷氨酸和丙氨酸含量都较高,两种氨基酸含量分别在2.89 g/100~3.22 g/

表3 不同产地薏米氨基酸组成及含量

Table 3 Amino acid composition and contents of coix seed from different producing areas

	g/100 g																		
薏米产地	天冬氨酸	苏氨酸	丝氨酸	谷氨酸	甘氨酸	丙氨酸	缬氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	酪氨酸	苯基丙氨酸	赖氨酸	组氨酸	精氨酸	脯氨酸	色氨酸	磺基丙氨酸	蛋氨酸砷	总量
贵州	0.86 ±	0.37±	0.56±	3.22±	0.34±	1.41±	0.74±	0.56±	1.99±	0.30±	0.77±	0.25±	0.30±	0.51±	1.08±	0.06±	0.26±	0.35±	13.96
兴仁	0.00 ^a	0.00 ^{ab}	0.01 ^{ab}	0.10 ^a	0.00	0.00 ^a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 ^a	0.00	0.01	0.00	0.02 ^{ab}	0.00	0.02	0.01 ^b	±0.00

续表3 不同产地薏米氨基酸组成含量

Continue table 3 Amino acid composition and contents of coix seed from different producing areas

g/100 g

薏米产地	天冬氨酸	苏氨酸	丝氨酸	谷氨酸	甘氨酸	丙氨酸	缬氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	酪氨酸	苯基丙氨酸	赖氨酸	组氨酸	精氨酸	脯氨酸	色氨酸	磺基丙氨酸	蛋氨酸	总量
福建浦城	0.86±0.04 ^{ab}	0.39±0.02 ^a	0.58±0.02 ^a	3.15±0.20 ^a	0.35±0.01	1.38±0.08 ^{ab}	0.73±0.05	0.54±0.04	1.92±0.01	0.29±0.03	0.77±0.04 ^a	0.27±0.01	0.29±0.02	0.51±0.04	1.09±0.07 ^a	0.06±0.01	0.28±0.03	0.38±0.04 ^{ab}	13.85±0.03
云南师宗	0.83±0.03 ^{ab}	0.36±0.00 ^{bc}	0.53±0.03 ^{ab}	3.04±0.09 ^{ab}	0.34±0.01	1.34±0.03 ^{ab}	0.73±0.02	0.55±0.01	1.85±0.04	0.28±0.01	0.73±0.00 ^{ab}	0.25±0.01	0.29±0.02	0.49±0.02	1.03±0.02 ^{ab}	0.06±0.01	0.29±0.01	0.43±0.05 ^a	13.43±0.04
老挝万象	0.81±0.01 ^b	0.34±0.00 ^c	0.51±0.02 ^b	2.89±0.10 ^b	0.34±0.00	1.28±0.04 ^b	0.70±0.02	0.53±0.02	1.76±0.08	0.28±0.00	0.70±0.02 ^b	0.25±0.01	0.29±0.01	0.50±0.02	0.98±0.06 ^b	0.06±0.01	0.27±0.01	0.38±0.01 ^{ab}	12.86±0.05

注:同列标有不同字母表示数值之间差异显著($p<0.05$)。

100 g 和 1.28 g/100~1.41 g/100 g,都为贵州兴仁薏米含量最高,老挝万象薏米含量最低。谷氨酸和丙氨酸是呈鲜味的氨基酸,此外,谷氨酸还参与脑组织生化代谢等多种生理活动^[8]。

2.3 不同产地薏米脂肪酸组成及含量分析

相较于其它谷物产品,薏米的脂肪含量十分丰富且种类繁多。不同产地薏米脂肪酸组成及含量如表4所示。

表4 不同产地薏米脂肪酸组成及含量

Table 4 Fatty acid composition and contents of coix seed from different producing areas

%

薏米产地	饱和脂肪酸					单不饱和脂肪酸			多不饱和脂肪酸	
	棕榈酸	硬脂酸	花生酸	山嵛酸	木蜡酸	棕榈油酸	油酸	花生一烯酸	亚油酸	亚麻酸
贵州兴仁	14.43±0.12 ^{ab}	2.50±0.00 ^a	0.40±0.00 ^b	0.10±0.00 ^b	0.10±0.00	0.20±0.00 ^a	47.03±0.32 ^b	0.20±0.00	34.20±0.20 ^b	0.50±0.00 ^a
福建浦城	14.13±0.15 ^b	2.20±0.02 ^b	0.43±0.05 ^b	0.17±0.05 ^a	0.10±0.00	0.13±0.05 ^b	45.07±0.99 ^c	0.20±0.00	36.50±0.96 ^a	0.50±0.00 ^a
云南师宗	14.67±0.21 ^a	2.13±0.12 ^b	0.50±0.00 ^a	0.20±0.00 ^a	0.10±0.00	0.20±0.00 ^a	48.80±0.87 ^a	0.20±0.00	32.37±1.03 ^c	0.43±0.05 ^b
老挝万象	14.80±0.26 ^a	2.27±0.05 ^b	0.50±0.00 ^a	0.20±0.00 ^a	0.13±0.05	0.20±0.00 ^a	47.87±0.57 ^{ab}	0.20±0.00	33.00±0.17 ^{bc}	0.40±0.00 ^b

注:同列标有不同字母表示数值之间差异显著($p<0.05$)。

由表4可知,4个产地薏米共检测出10种脂肪酸,其中油酸含量最高,为45.07%~48.80%,亚油酸含量其次,为32.37%~36.50%。薏米的脂肪酸组成要优于其它谷物,单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸占比较高,分别占总脂肪酸的45.40%~49.20%和32.80%~37.00%。不同产地之间,云南师宗和老挝万象薏米的单不饱和脂肪酸含量较高,福建浦城薏米的多不饱和

脂肪酸含量较高。结果表明,薏米能够提供大量的不饱和脂肪酸,可有效降低心血管疾病的发生风险。不过薏米丰富的不饱和脂肪酸含量也决定了其需要较为严格的储藏条件,否则容易产生哈喇味,影响其食用和加工品质^[9]。

2.4 不同产地薏米矿物质含量分析

不同产地薏米矿物质含量见表5。

表5 不同产地薏米矿物质含量

Table 5 The mineral element contents of coix seed from different producing areas

mg/kg

薏米产地	钙	铁	镁	硒
贵州兴仁	113.00 ± 14.10	35.10 ± 4.76	1 870.00 ± 52.92	ND
福建浦城	112.67 ± 9.50	36.30 ± 1.18	1 976.67 ± 51.32	ND
云南师宗	104.27 ± 22.36	39.50 ± 6.80	1 900.00 ± 147.31	ND
老挝万象	108.23 ± 10.19	32.77 ± 3.36	1 863.33 ± 55.08	ND

注:ND表示含量未达到检出限。

由表5可知,薏米中钙和镁含量较高,尤其是镁,含量为1 863.33 mg/kg~1 976.67 mg/kg,比稻米高出2倍~3倍^[10]。镁是人体必需且需要量较大的元素,对细胞代谢中的酶可以起到活化作用,对心肌细胞的线粒体的氧化磷酸化具有促进作用。微量矿物元素中铁的

含量达到了35.10 mg/kg~39.50 mg/kg。4个产地薏米硒的含量均未达到检出限,可能和种植的土壤有关。不同产地薏米的矿物质含量不具有显著性差异。

2.5 不同产地薏米维生素含量分析

不同产地薏米维生素含量见表6。

表6 不同产地薏米维生素含量

Table 6 The vitamin contents of coix seed from different producing areas

薏米产地	维生素 B ₁	维生素 B ₂	α -生育酚	β -生育酚	γ -生育酚	δ -生育酚	生育酚总量
贵州兴仁	0.26±0.03	ND	ND	ND	2.11±0.34 ^b	0.21±0.02	2.32±0.36 ^{bc}
福建浦城	0.28±0.05	0.05±0.00	ND	ND	1.70±0.22 ^c	0.21±0.05	1.91±0.26 ^c
云南师宗	0.24±0.05	0.05±0.00	ND	ND	2.22±0.15 ^b	0.19±0.02	2.40±0.15 ^{ab}
老挝万象	0.28±0.00	0.05±0.00	ND	ND	2.63±0.07 ^a	0.22±0.02	2.85±0.10 ^a

注:同列标有不同字母表示数值之间差异显著($p<0.05$);ND表示含量未达到检出限。

由表6可知,薏米中生育酚(维生素E)的含量较高,生育酚有助于人体生殖机能的提升和改善,同时还可降低血脂,具有一定的抗老化功效。不同产地薏米生育酚总量在1.91 mg/100 g~2.85 mg/100 g之间,老挝万象薏米生育酚含量最高,福建浦城薏米含量最低。CHOI等^[1]报道了韩国薏米中生育酚的含量,结果表明 γ -生育酚含量占生育酚总量绝大多数, δ -生育酚含量其次, α -生育酚和 β -生育酚含量最少,与本研究结果一致。

2.6 不同产地薏米总多糖、总多酚、总黄酮的含量分析

不同产地薏米总多糖、总多酚、总黄酮的含量见表7。

表7 不同产地薏米总多糖、总多酚、总黄酮的含量

Table 7 The content of total polysaccharides, total polyphenols, and total flavonoids of coix seed from different producing areas

薏米产地	总多糖/(g/100 g)	总多酚/(mg/g)	总黄酮/(mg/g)
贵州兴仁	6.28±0.06 ^a	0.48±0.02 ^a	0.16±0.02 ^a
福建浦城	3.51±0.35 ^b	0.49±0.01 ^a	0.10±0.01 ^b
云南师宗	1.48±0.04 ^c	0.41±0.03 ^b	0.15±0.01 ^a
老挝万象	1.64±0.12 ^c	0.47±0.01 ^a	0.11±0.01 ^b

注:同列中标有不同字母表示数值之间差异显著($p<0.05$)。

薏米多糖可降低人体的血糖含量^[12]。由表7可知,薏米总多糖含量在1.48 g/100 g~6.28 g/100 g,贵州兴仁薏米含量最高,云南师宗薏米含量最低。

薏米中多酚类化合物是其主要的抗氧化活性物质之一,在薏米中可以发现丁香酸、阿魏酸、绿原酸等多种酚酸^[13]。由表7可知在4个产地的薏米中,云南师宗薏米的总多酚含量较低,其它3个产地的薏米总多酚含量差异不显著。

薏米中的黄酮类物质能够抑制组胺的释放,从而起到抑菌消炎的作用^[14]。Huang等^[15]对薏米中黄酮类物质进行了分离纯化,检测到槲皮素、芹菜素、木犀草素、橘皮素、柚皮苷和芦丁等。由表7可得,4个产地薏米总黄酮含量在0.10 mg/g~0.16 mg/g,贵州兴仁和云南师宗薏米总黄酮含量较高,福建浦城和老挝万象薏米总黄酮含量较低。

2.7 不同产地薏米蒸煮特性分析

2.7.1 吸水率

不同产地薏米蒸煮过程中吸水率的变化见图1。

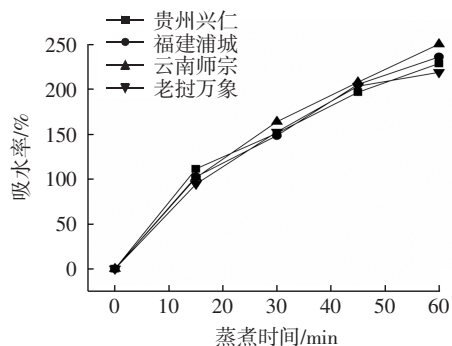


图1 不同产地薏米蒸煮过程中吸水率的变化

Fig.1 Changes of water absorption rate of coix seed from different producing areas during steaming

如图1所示,随着蒸煮时间的延长,薏米的吸水率在不断增大,这是由于在蒸煮过程中,水分子随着温度的上升不断向薏米内部转移^[16]。不同产地的薏米其吸水率的变化也有所差异,云南师宗薏米其吸水率随着时间的增加较快。这主要因为不同产地薏米营养物质含量不同,有研究表明,淀粉含量和水分含量越大,谷物吸水越快^[17],而云南师宗薏米的淀粉含量要明显高于其它3个产地。

2.7.2 膨胀率

不同产地薏米在蒸煮过程中膨胀率的变化如图2所示。

由图2可知,薏米膨胀率随着蒸煮时间的延长而不断增大,这可能是由于薏米在蒸煮过程中吸水量不断上升,导致薏米膨胀,体积不断增大。张玉荣等^[18]的研究发现高温高压可以加速水由表向里的扩散,加快谷物的吸水速率,因此膨胀率的提升也随之加快。不同产地薏米蒸煮后的膨胀率排序与吸水率大致相同,均为云南师宗>福建浦城>贵州兴仁>老挝万象。

2.7.3 不同产地薏米蒸煮后的质构分析

图3展示了不同产地薏米经过蒸煮后的硬度和弹性。

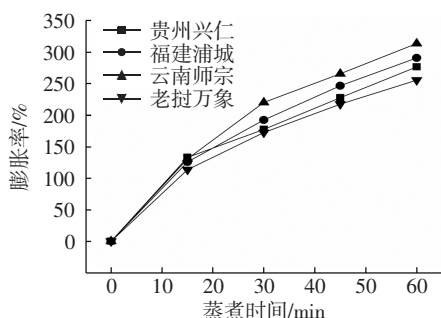


图2 不同产地薏米蒸煮过程中膨胀率的变化

Fig.2 Changes in expansion rate of coix seed from different producing areas during steaming

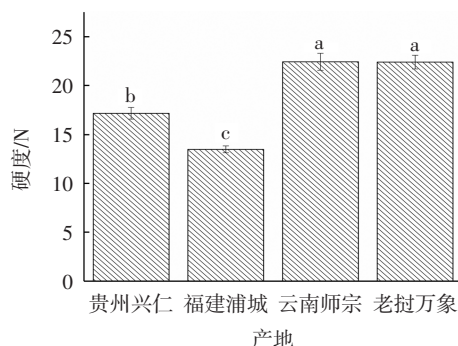
不同字母表示差异显著($p < 0.05$)。

图3 不同产地薏米蒸煮后的硬度和弹性

Fig.3 Texture hardness and elasticity of coix seed from different producing areas after cooking

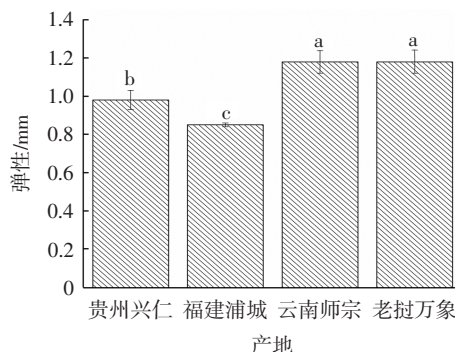
表8所示。

从综合评分来看,贵州兴仁薏米蒸煮后的感官品质要优于其它3个产地的薏米。相关研究表明口感与

相关研究显示薏米的硬度与糊化度呈显著负相关^[19],米饭的硬度和弹性与淀粉含量和水分含量呈显著正相关^[20]。刘晓娟等^[16]发现薏米糊化困难的主要由其淀粉含量低、水分和蛋白质含量高等综合原因引起的。本研究中,云南师宗薏米水分含量较低,但其淀粉含量较高,老挝万象薏米的水分和淀粉含量都较高,因此经过蒸煮后的云南师宗薏米和老挝万象薏米硬度和弹性要高于贵州兴仁薏米和福建浦城薏米。

2.8 不同产地薏米蒸煮后品质的感官评价

4种不同产地薏米经过蒸煮后的感官评分结果如



吸水率和膨胀率呈显著负相关^[20],因此吸水率和膨胀率高的云南师宗薏米和福建浦城薏米软硬度和弹性评分较低。

表8 不同产地薏米气蒸后的感官评分

Table 8 Sensory evaluation of coix seed from different producing areas after cooking

薏米产地	气味	色泽	软硬度	黏性	弹性	滋味	综合评分
贵州兴仁	8.60±0.89 ^a	7.80±0.84 ^a	7.80±0.84 ^a	7.00±1.00	7.60±0.89 ^a	8.60±1.14 ^a	47.40±1.95 ^a
福建浦城	7.60±0.55 ^a	7.00±1.00 ^{ab}	5.40±1.14 ^b	7.80±0.84	4.40±0.89 ^b	4.20±0.84 ^b	36.40±3.21 ^b
云南师宗	5.20±0.84 ^b	4.00±1.00 ^c	5.40±1.14 ^b	6.60±1.14	4.60±1.14 ^b	3.20±0.84 ^b	29.00±2.74 ^c
老挝万象	7.60±0.89 ^a	6.00±1.00 ^b	5.80±0.84 ^b	6.60±0.55	6.40±1.14 ^a	4.40±0.89 ^b	36.80±2.86 ^b

注:同列中标有不同字母表示数值之间差异显著($p < 0.05$)。

3 结论

本文对比分析了贵州兴仁、福建浦城、云南师宗、老挝万象4个不同产地薏米的基本营养成分、矿物质、维生素、功能性成分(总多糖、总多酚和总黄酮),并且对薏米的蒸煮特性以及蒸煮后的质构特性进行了测定,最后进行了感官评价。结果表明,贵州兴仁薏米的蛋白质含量较高;云南师宗薏米的油酸含量较高;老挝万象薏米的维生素E含量要高于其它产地薏米;薏米中功能活性成分含量较高,4个产地薏米中,贵州兴仁薏米总多糖含量最高;蒸煮后不同产地薏米的吸水率和膨胀率排序为:云南师宗薏米>福建浦城薏米>贵州兴仁薏米>老挝万象薏米;蒸煮后云南师宗和老挝

万象薏米较硬,弹性较大;贵州兴仁薏米蒸煮后感官评价的综合得分结果要明显优于其它3个产地薏米。

参考文献:

- [1] 唐正军,刘垠孜,潘俊丽,等.庄河产薏米的成分分析[J].大连民族学院学报,2011,13(1):16-18,23.
TANG Zhengjun, LIU Yinzi, PAN Junli, et al. Component analysis of Coix seed produced in Zhuanghe[J]. Journal of Dalian Nationalities University, 2011, 13(1): 16-18, 23.
- [2] 张聿梅,杨峻山,赵杨景,等.薏苡化学成分及药理活性研究进展[J].中国药学杂志,2002,37(1):8-11.
ZHANG Yumei, YANG Junshan, ZHAO Yangjing, et al. Review on advances of adlay chemical constituents and its pharmacological ac-

- tivity effects[J]. Chinese Pharmaceutical Journal, 2002, 37(1): 8-11.
- [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(22): 1-5.
- XIAO Xiaonian, ZENG Hailong, YI Xing, et al. Isolation and purification of polysaccharides from *Coix lachryma-jobi* L. var. *ma-yuen* Stapf[J]. Food Science, 2010, 31(22): 1-5.
- [4] ZHAO M M, ZHU D S, SUN-WATERHOUSE D, et al. *In vitro* and *in vivo* studies on adlay-derived seed extracts: phenolic profiles, antioxidant activities, serum uric acid suppression, and xanthine oxidase inhibitory effects[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2014, 62(31): 7771-7778.
- [5] DEWANTO V, WU X Z, ADOM K K, et al. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(10): 3010-3014.
- [6] 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.
- HU Yin, YE Yayu, TAO Xia, et al. Effect of soaking time on moisture distribution of adlay during cooking[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2018, 33(12): 21-27.
- [7] LIU X, ZHANG X, RONG Y Z, et al. Rapid determination of fat, protein and amino acid content in *Coix* seed using near-infrared spectroscopy technique[J]. Food Analytical Methods, 2015, 8(2): 334-342.
- [8] 王颖, 赵兴娥, 王微, 等. 薏苡不同部位营养成分分析及评价[J]. 食品科学, 2013, 34(5): 255-259.
- WANG Ying, ZHAO Xing'e, WANG Wei, et al. Analysis and evaluation of nutritional components in different tissues of *Coix lacryma-jobi*[J]. Food Science, 2013, 34(5): 255-259.
- [9] 代来鑫, 卢红梅, 陈莉, 等. 不同储藏条件下薏仁米脂肪酸值及过氧化值的变化[J]. 贵州农业科学, 2014, 42(8): 198-201.
- DAI Laixin, LU Hongmei, CHEN Li, et al. Changes of fat acidity value and peroxide value of *Coix* seed in different storage conditions[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2014, 42(8): 198-201.
- [10] 李加林, 吴素珍, 李银保, 等. 火焰原子吸收光谱法测定薏苡仁中的微量元素[J]. 食品研究与开发, 2008, 29(1): 126-128.
- LI Jialin, WU Suzhen, LI Yinbao, et al. Determination of trace elements in semen oicis by atomic absorption spectrometry[J]. Food Research and Development, 2008, 29(1): 126-128.
- [11] CHOI Y, JEONG H S, LEE J. Antioxidant activity of methanolic extracts from some grains consumed in Korea[J]. Food Chemistry, 2007, 103(1): 130-138.
- [12] 李欢欢, 肖志刚. 薏米营养及活性成分研究现状[J]. 农产品加工, 2018(20): 54-56.
- LI Huanhuan, XIAO Zhigang. Study on the status of nutrition and active ingredients of *Coix*[J]. Farm Products Processing, 2018(20): 54-56.
- [13] 王辰, 刘虹, 陈雁, 等. 薏苡仁的营养成分和生物活性研究进展[J]. 农产品加工, 2019(6): 62-65.
- WANG Chen, LIU Hong, CHEN Yan, et al. Research advances on nutrient composition and bioactivity of *Coix* seed[J]. Farm Products Processing, 2019(6): 62-65.
- [14] HUANG D W, CHUNG C P, KUO Y H, et al. Identification of compounds in adlay(*Coix lachryma-jobi* L. var. *ma-yuen* Stapf) seed hull extracts that inhibit lipopolysaccharide-induced inflammation in RAW 264.7 macrophages[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009, 57(22): 1-7.
- [15] HUANG D W, WU C H, SHIH C K, et al. Application of the solvent extraction technique to investigation of the anti-inflammatory activity of adlay bran[J]. Food Chemistry, 2014, 145: 445-453.
- [16] 刘晓娟, 杨磊, 毛新, 等. 薏米难糊化的机理研究[J]. 中国食品学报, 2012, 12(7): 55-60.
- LIU Xiaojuan, YANG Lei, MAO Xin, et al. Study on mechanism of gelatinization of adlay[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2012, 12(7): 55-60.
- [17] AHROMRIT A, LEDWARD D A, NIRANJAN K. High pressure induced water uptake characteristics of Thai glutinous rice[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 72(3): 225-233.
- [18] 张玉荣, 周显青, 张秀华, 等. 大米蒸煮条件及蒸煮过程中米粒形态结构变化的研究[J]. 粮食与饲料工业, 2008(10): 1-4.
- ZHANG Yurong, ZHOU Xianqing, ZHANG Xiuhua, et al. Studies on rice cooking conditions as well as its form and structure changes during cooking process[J]. Cereal & Feed Industry, 2008(10): 1-4.
- [19] 夏凡, 董月, 朱蕾, 等. 大米理化性质与其食用品质相关性研究[J]. 粮食科技与经济, 2018, 43(5): 100-107.
- XIA Fan, DONG Yue, ZHU Lei, et al. Study on the relationship between physicochemical properties and edible quality of rice[J]. Grain Science and Technology and Economy, 2018, 43(5): 100-107.
- [20] 熊善柏, 赵思明, 李建林, 等. 米饭理化指标与感官品质的相关性研究[J]. 华中农业大学学报, 2002, 21(1): 83-87.
- XIONG Shanbai, ZHAO Siming, LI Jianlin, et al. Study on the correlations between physicochemical properties and sensory qualities of cooked rice[J]. Journal of Huazhong Agricultural, 2002, 21(1): 83-87.

加工编辑:王艳

收稿日期:2021-03-29