

# 重庆糯小米米糠的理化成分分析及营养评价

王小燕<sup>1</sup>, 何运<sup>1</sup>, 梁叶星<sup>1</sup>, 钟耕<sup>1,2\*</sup>

(1. 西南大学食品科学学院, 重庆 400716; 2. 重庆市特色食品研究工程技术中心, 重庆 400716)

**摘要:** **目的** 对重庆糯小米米糠的营养成分进行测定, 并以此来评价该小米米糠的营养品质。 **方法** 以重庆糯小米米糠为研究对象, 应用常规分析、DNS比色法、索氏抽提、气相色谱-质谱法(GC-MS)等方法, 对其粗纤维、水分、淀粉、蛋白质、脂肪、灰分和还原糖成分进行测定, 并且对膳食纤维、脂肪酸及氨基酸营养进行评价。 **结果** 上述指标含量分别为 34.45%±0.31%、10.39%±0.14%、12.36%±0.79%、12.93%±0.57%、24.67%±0.51%、8.71%±0.03%、7.24%±0.05%。饱和脂肪酸与不饱和脂肪酸分别为 28.71%、71.29%, 饱和脂肪酸 11 种, 不饱和脂肪酸 8 种。其中饱和脂肪酸:单不饱和脂肪酸:多不饱和脂肪酸 = 3:2:5, 必需氨基酸指数(EAAI)、氨基酸比值系数(RC)分别为 0.964、1.002。EAA/TAA=34%, EAA/NEAA=54%, 接近 FAO/WHO 标准模式。 **结论** 重庆糯小米米糠是一种优质的膳食纤维源和粮食蛋白资源。

**关键词:** 糯小米米糠; 理化成分; 性质分析; 营养评价

## Physical and chemical composition analysis and nutritional evaluation of Chongqing glutinous millet bran

WANG Xiao-Yan<sup>1</sup>, HE Yun<sup>1</sup>, LIANG Ye-Xing<sup>1</sup>, ZHONG Geng<sup>1,2\*</sup>

(1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400716, China; 2. Chongqing Special Food Engineering Technology Research Center, Chongqing 400716, China)

**ABSTRACT: Objective** The nutritional components of Chongqing glutinous millet bran were detected to evaluate the nutritional quality of millet bran. **Methods** The chemical properties of glutinous millet bran from Chongqing were investigated, including the crude fiber, moisture, starch, protein, fat, ash, and reducing sugar by using routine analysis, DNS colorimetry, and Soxhlet extraction methods. The dietary fiber, amino acids, and fat acids were also tested by enzymatic-gravimetric method, amino acid analyzer, and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), and their nutritional values were evaluated, too. **Results** The contents were 34.45%±0.31%, 10.39%±0.14%, 12.36%±0.79, 12.93%±0.57%, 24.67%±0.51%, 8.71%±0.03%, and 7.24%±0.05%, respectively. Saturated fatty acids and unsaturated fatty acids were 28.71% and 71.29% respectively. There were 11 kinds of saturated fatty acids and 8 kinds of unsaturated fatty acids. The ratio of the contents of the saturated fatty acids, monounsaturated fatty acid and polyunsaturated fatty acid were 3:2:5. The essential amino acid index (EAAI), amino acid ratio coefficient (RC) were 0.964 and 1.002. EAA/TAA=34%, EAA/NEAA=54%. This is close to the FAO/WHO standard mode recommended. **Conclusion** Chongqing glutinous millet bran is an excellent source of dietary fiber and grain protein resources.

基金项目: 重庆市科技攻关计划项目(cstc2012gg-yyjs00002)

**Fund:** Supported by Scientific and Technological Projects in Chongqing(cstc2012gg-yyjs00002)

\*通讯作者: 钟耕, 教授, 主要研究方向为粮食工程, 现代食品加工理论与技术, 生物资源开发与利用。E-mail: zhonggdg@126.com

\*Corresponding author: ZHONG Geng, Professor, Food Science, Southwest University, Engineering Technology Research Center Specialty Foods, Chongqing 400716, China. E-mail: zhonggdg@126.com

**KEY WORDS:** millet bran; physical and chemical composition; property analysis; nutritional evaluation

## 1 引言

小米(*Setaria italica*)又称粟米,为五谷之首,是一年生禾本科狗尾巴草属植物<sup>[1-2]</sup>。小米米糠是小米在碾米过程中产生的副产物,主要是由种皮、糊粉层和米胚芽组成的混合物,占小米质量的 6%~8%<sup>[3-5]</sup>。小米米糠是一种价廉质优的粮食加工副产物,其中含有丰富的营养成分。对糯性小米麸皮、非糯性小米麸皮中膳食纤维的化学成分、膳食纤维的物理特性等进行研究发现,小米膳食纤维中不溶性膳食纤维含量在 90%以上,且表现出良好的持水性和持油性<sup>[6-9]</sup>。

随着人民生活水平和健康生活意识的不断提高,食品的营养价值属性成为人们购买食品时关注的重点<sup>[10]</sup>。中华糯小米是产于重庆北碚静观镇海拔 800~1000 m 的中华山上的一种优质的糯性小米品种,也是重庆糯性小米的代表品种,其种植一直沿用无化肥、无农药的传统方法,已经有 500 多年的栽种历史,其具有口感细腻、爽口化渣等优点,对加速失血性贫血的恢复、提高机体运动能力、提高睡眠质量有明显功效<sup>[11]</sup>。本文对重庆糯小米米糠的营养成分进行了分析测定,并以此来评价该小米米糠的营养品质,挖掘其潜在的营养和经济价值,为糯小米米糠及其产品的开发提供科学依据。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料与试剂

新鲜糯小米米糠由重庆北碚爱心农业开发有限公司提供; $\alpha$ -淀粉酶、碱性蛋白酶、葡萄糖苷酶(生物试剂),购自美国 Sigma 公司;2-(*N*-马啉)乙磺酸(MES)(生物试剂)购自上海恒远生物科技有限公司;三羟甲基氨基甲烷 TRIS(分析纯)购自成都市科龙化工试剂厂。

### 2.2 仪器与设备

DHG-9070A 型鼓风干燥箱,上海齐欣科学仪器有限公司;FA2004A 型电子分析天平,上海恒平科学仪器有限公司;4-10 型马弗炉,北京市永光明仪器厂;SHZ-D(III) 型循环水真空泵,郑州市荥阳华盛仪器

厂;KjelFlex K-360 型全自动凯氏定氮仪,瑞士 Buchi 公司;L-8800 型氨基酸自动分析仪,日本日立公司;Z-5000 型原子吸收光谱仪,日本日立公司;HH-4 型数显恒温水浴锅,金坛市富华仪器有限公司;GC-MS-2010 型气相质谱联用仪,日本岛津公司;SHZ-82 型恒温振荡器,常州国华电器有限公司;PF6-3 型原子荧光分光光度计,北京普析通用公司。

### 2.3 方法

#### 2.3.1 材料准备方法

原料糯小米米糠(简称小米米糠)经手工清选,去除污物杂质,过 60 目筛,筛上部分重新粉碎,重复粉碎和筛分直至全部小米米糠原材料通过 60 目筛孔,混合均匀,4 °C 密封保存待用。

#### 2.3.2 基本成分含量测定方法

水分: 105 °C 恒重法, GB/T5497-1985<sup>[12]</sup>;

灰分: 550 °C 高温灰化法, GB/T5505-2008<sup>[13]</sup>;

还原糖: DNS(3, 5-二硝基水杨酸)比色法<sup>[14]</sup>;

淀粉: 酸水解法, GB/T5009.9-2008<sup>[15]</sup>;

蛋白质: 凯氏测定法,采用自动凯氏定氮仪测定,计算系数参照 GB/T5511-2008<sup>[16]</sup>;

氨基酸: 自动氨基酸分析仪分析测定, GB/T5009.124-2003<sup>[17]</sup>;

粗脂肪: 索氏抽提法, GB/T5512-2008<sup>[18]</sup>;

矿物质: 采用原子吸收分光光度法, GB/T14609-2008<sup>[19]</sup>;

粗纤维: 酸碱及溶剂分别处理后高温灼烧, GB/T5515-2008<sup>[20]</sup>;

纤维素: 采用硝酸乙醇法<sup>[21]</sup>; 半纤维素: 采用 2 mol/L 盐酸水解法;

木质素: 采用 Klason lignin 方法<sup>[22]</sup>;

膳食纤维: 采用 AOAC991.43 的方法测定可溶性膳食纤维,不溶性膳食纤维和总膳食纤维。

VB<sub>1</sub> 测定: 饲料中维生素 B<sub>1</sub> 的测定方法, GB/T14700-2002<sup>[23]</sup>;

VB<sub>2</sub> 测定: 饲料中维生素 B<sub>2</sub> 的测定方法, GB/T14701-2002<sup>[24]</sup>;

谷维素: 称取 1.000 g 重庆糯小米米糠样品置于 50 mL 容量瓶中,加 30 mL 正庚烷后置于水浴中不断振摇使之溶解,冷却至室温,继续添加正庚烷至刻度,定容。在吸光波长为 315 nm 下,测定吸光度值。重

复三次。谷维素含量计算方法<sup>[25]</sup>:

$$C = \frac{A}{W \times 700} \times 100\%$$

$$\text{谷维素含量}\% = \frac{C}{350} \times 100$$

式中:  $C$  为谷维素的吸收系数;  $A$  为样品吸光值;  $W$  为样品质量(g)。

### 2.3.3 小米米糠脂肪酸组成测定

测定方法参考气相色谱-质谱联用技术测定燕麦中脂肪酸的组成<sup>[26]</sup>, 称取重庆糯小米米糠样品 5 g, 用索氏抽提法抽提 10 h, 然后取提取物 0.2 g 放入烧瓶中, 加入 2 mL 正己烷, 2 mL 0.5 mol/L 的氢氧化钾-甲醇溶液在 55 °C 水浴 1 h, 冷却至室温后加入 2 mL 正己烷充分振摇后加水至瓶颈, 待样品分层后取上清液, 置于气相分析瓶中, 备用。

GC 条件: 色谱柱为 DB-FFAP 石英毛细柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm); 载气为氮气(纯度>99.99%), 载气流速 20 mL/min; 进样口温度 230 °C; 分流比 40:1, 进样量 1.0 μL。升温程序: 起始温度 160 °C, 保持 3 min; 升温速度为 4 °C/min, 升温至 175 °C 时, 保持 2 min; 升温至 185 °C 时保持 2 min; 升温至 230 °C 时保持 3 min。

MS 条件: 接口温度 230 °C, 离子源温度 230 °C, 电子轰击离子源(EI), 电子能量 70 eV, 质谱扫描范围  $m/z$  40~450。

### 2.3.4 氨基酸含量测定方法

采用自动氨基酸分析仪分析测定, 参考 GB/T5009.124-2003<sup>[17]</sup>; 准确称取样品 100 mg 于 18 mm×180 mm 试管中, 向盛有样品的试管中加入 10 mL 6 mol/L 盐酸, 振荡混匀。用酒精喷灯把该试管口下 1/3 处拉细到 4~6 mm, 抽真空 10 min 后封管。处理过的试管置 110 °C±1 °C 恒温烘箱中沙浴水解 22 h, 拿出冷至室温, 摇匀过滤, 取 1 mL 滤液于 50 mL 烧杯中, 60 °C 恒温水浴蒸干滤液, 加入 0.02 mol 盐酸稀释 8 倍, 用 0.22 μm 滤膜过滤上机。每个样品分析周期为 53 min。分离柱柱温 70 °C, 泵压 7.678 MPa, 流速 0.4 mL/min, 反应柱柱温 135 °C, 泵压 0.982 MPa, 流速 0.35 mL/min。

### 2.3.5 氨基酸营养价值评价

氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)、必需氨基酸比率(A/E)、氨基酸比值系数(RC)、必需氨基酸指数(EAAI)的计算<sup>[27]</sup>:

$$\text{AAS}(\%) = \frac{\text{被测食物蛋白质每克氮或蛋白质氨基酸含量}(\text{mg})}{\text{参考蛋白质每克氮或蛋白质氨基酸含量}(\text{mg})} \times 100$$

$$\text{CS}(\%) = \frac{\text{试验蛋白质中某一必需氨基酸的含量}(\text{mg})}{\text{鸡蛋蛋白质中相同必需氨基酸的含量}(\text{mg})} \times 100$$

$$\text{A/E}(\%) = \frac{\text{1g八种必需氨基酸之和}(\text{mg})}{\text{1g总氨基酸之和}(\text{mg})} \times 100$$

$$\text{RAA}(\%) = \frac{\text{样品中某必需氨基酸含量}(\text{mg})}{\text{WHO/FAO模式中相应的必需氨基酸含量}(\text{mg})} \times 100$$

$$\text{RC}(\%) = \frac{\text{RAA}(\text{mg})}{\text{RAA平均数}(\text{mg})} \times 100$$

$$\text{EAAI}(\%) = \left( \sum_{i=1}^8 \frac{a_n}{A_i} \right)^{\frac{1}{8}} \times 100$$

$a_n$ : 试验蛋白质中某一 EAA 含量(mg);

$A_i$ : 鸡蛋蛋白质中相同 EAA 含量(mg)。

## 2.4 数据统计与分析

利用 SPSS 11.0、Excel 2007 对试验的数据进行处理。

## 3 结果

### 3.1 重庆糯小米米糠基本成分

经测定, 重庆糯小米米糠基本成分及其所占比例如表 1 所示。重庆糯小米米糠的水分含量较低, 适于长期贮藏; 一般情况下, 认为大米米糠的营养丰富, 其粗脂肪含量为 14%~24%、蛋白质含量为 12%~18%、灰分含量为 7%~12%<sup>[28]</sup>, 而受试重庆糯小米米糠的粗脂肪、蛋白质及灰分含量与大米米糠的相关成分含量相近, 证明重庆糯小米米糠也是一种营养丰富的资源。重庆糯小米米糠的粗纤维含量为 35%左右, 略高于一般的大米米糠粗纤维含量, 由于粗纤维与膳食纤维呈高度正相关<sup>[29]</sup>, 所以重庆糯小米米糠是一种良好的膳食纤维源。碳水化合物是主要供能物质, 提供总能量 60%~70%。经试验测定重庆糯小米米糠的碳水化合物占总成分的 55%左右, 主要构成为粗纤维、淀粉及还原糖, 其中粗纤维占碳水化合物的 64%左右, 对总碳水化合物消化速度起决定性作用。粗纤维可降低碳水化合物消化速率, 较可消化淀粉, 更易产生饱腹感, 利于控制摄食量。另外, 重庆糯小米米糠中 VB<sub>1</sub>、VB<sub>2</sub> 含量略高于大米米糠, 且还含有具有生物活性功能的谷维素。

表 1 重庆糯小米米糠基本成分含量表(n=3)  
Table 1 The main components of the millet bran(n=3)

成分	含量(%)	成分	含量(%)
水分	10.39±0.14	蛋白质	12.93±0.57
灰分	8.71±0.03	淀粉	12.36±0.79
粗脂肪	24.67±0.51	还原糖	7.24±0.05
粗纤维	34.45±0.31	谷维素	0.17±0.01
VB <sub>1</sub>	0.81±0.09	VB <sub>2</sub>	0.29±0.03

### 3.2 重庆糯小米米糠膳食纤维组成

重庆糯小米米糠的膳食纤维组成如表 2 所示, 原料中含有丰富的膳食纤维, 其总膳食纤维的含量约 34%。IDF 占了 TDF 的绝大部分, 约为 TDF 的 86%, SDF 约为 TDF 的 14%, 而大米米糠的 SDF 通常仅为 TDF 的 6%左右; 在 IDF 中, 含量最多的是半纤维素, 约占 IDF 的 53.3%, 纤维素约占 IDF 的 26.3%, 而木质素占 IDF 的 16%, 而大米米糠的半纤维素约占 IDF 的 54.5%, 纤维素约占 33.5%, 木质素约占 5.8%<sup>[30]</sup>, 可知重庆糯小米米糠的 IDF 组成与大米米糠的 IDF 组成存在一定的差异。而许多研究表明已发现 IDF 和 SDF 在人体内所起的作用不同, SDF 的营养价值要高于 IDF<sup>[31]</sup>, 说明重庆糯小米米糠的膳食纤维组成优于大米米糠膳食纤维组成。

表 2 重庆糯小米米糠膳食纤维的组成(n=3)  
Table 2 The components of the millet bran dietary fibre(n=3)

成分	含量(%)	成分	含量(%)
TDF(总膳食纤维)	33.61±0.54	纤维素	7.59±0.79
SDF(可溶性膳食纤维)	4.71±0.63	半纤维素	15.39±0.91
IDF(不溶性膳食纤维)	28.90±0.45	木质素	4.63±0.21

注: TDF 为总膳食纤维; IDF 为不溶性膳食纤维; SDF 为可溶性膳食纤维

### 3.3 重庆糯小米米糠矿质元素分析

大米米糠中矿质元素含量(mg/100 g)的变化范围较大, Ca: 25~131, Fe: 13~53, Mg: 86~1230, Mn: 11~88, K: 1320~2270, Na: 0~29, Zn: 5~16。重庆糯小米米糠的矿质元素含量如表 3 所示, 重庆糯小米米糠中矿质元素含量与大米米糠中各矿质元素含量基本一致, 矿质元素的含量按高低排序为 K>Mg>Ca>Fe>Zn>Mn, 并含有微量的 Se, 我国稻米含硒量普遍

低, 一般为 0.0021~0.0005 mg/100 g<sup>[32]</sup>, 根据湖北省地方标准 DB42/211-2002<sup>[33]</sup>, 谷、黍类制品≥0.01 mg/100 g 即为富硒食品。所以重庆糯小米米糠(硒含量为 0.091 mg/100 g)达到富硒标准。重庆糯小米米糠主要矿质元素含量较高, 其钾镁含量高、而钠含量低, 适宜于高血压病人食用。

表 3 重庆糯小米米糠矿质元素含量表(n=3)  
Table 3 The mineral element contents of the millet bran(n=3)

元素	含量(mg/100 g)	元素	含量(mg/100 g)
Na	1.49±0.33	Zn	8.83±0.91
Mn	3.75±0.57	Fe	13.03±2.14
Cu	3.19±0.33	Ca	74.41±11.69
K	570.71±21.01	Mg	175.46±0.26
Se	0.091±0.011		

### 3.4 重庆糯小米米糠的脂肪酸组成分析

根据重庆糯小米米糠油脂甲酯化后的总离子流色谱图, 通过结合标准质谱图, 检索谱图库, 确认了 19 种脂肪酸, 运用峰面积归一化法, 通过 G1701BA 化学检索站数据处理系统测得各脂肪酸的相对含量<sup>[34]</sup>, 结果见表 4。重庆糯小米米糠中饱和脂肪酸与不饱和脂肪酸的相对含量分别为 28.71%、71.29%, 其中含饱和脂肪酸 11 种, 饱和脂肪酸以棕榈酸、硬脂酸为主; 含不饱和脂肪酸 8 种, 不饱和脂肪以油酸、亚油酸、亚麻酸为主, 占到了脂肪酸总含量的 67.45%。重庆糯小米米糠中亚油酸相对含量高达 47.4%。亚油酸是人体的必需脂肪酸, 具有预防血栓形成、抗癌、抗炎、提高免疫力的作用, 且亚麻酸与亚油酸对淋巴瘤有良好协同抑制作用<sup>[35]</sup>。重庆糯小米米糠中的脂肪酸组成是饱和脂肪酸: 单不饱和脂

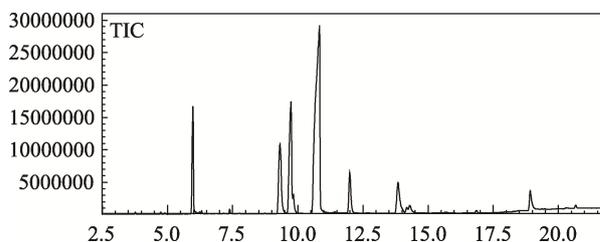


图 1 重庆糯小米米糠中脂肪酸的 GC-MS 分析图谱  
Fig. 1 Analytical pattern of the fatty acid composition of millet bran

表 4 重庆糯小米米糠中脂肪酸的 GC-MS 分析  
Table 4 Determination of fatty acid in millet bran by GC-MS

编号	名称	相对含量%	相似度%
1	肉豆蔻酸	0.06	94
2	十五烷酸	0.08	93
3	棕榈酸	8.4	94
4	(Z)-十六烷酸	0.08	90
5	11-十六碳烯酸	0.13	92
6	15-甲基十六酸	0.25	94
7	9,12-十八碳二烯酸	0.06	88
8	硬脂酸	10.85	96
9	油酸	15.26	94
10	11-十八烯酸	1.66	94
11	亚油酸	47.40	97
12	十九酸	0.07	90
13	亚麻酸	4.79	94
14	花生酸	5.61	93
15	(Z)-11-二十烯酸	1.89	92
16	二十一碳烷酸	0.25	92
17	山萘酸	2.78	92
18	9-缺十八酸	0.10	87
19	二十三烷酸	0.28	92

肪酸: 多不饱和脂肪酸 = 3:2:5, 比较接近世界卫生组织推荐的食用油脂脂肪酸比例模式, 说明重庆糯小

米米糠油脂具有较好的营养品质。

### 3.5 重庆糯小米米糠的氨基酸组成分析

图 2 为氨基酸分析检测结果谱图。检测出的 17 种氨基酸中, 含量最高的是谷氨酸, 其次是精氨酸和亮氨酸。谷氨酸在重庆糯小米米糠蛋白中占 12.47%, 其作用是辅助治疗语言及记忆障碍、小儿智力不全等神经性疾病, 还有增强记忆的功能; 精氨酸具有促进胶原组织合成, 修复伤口以及调节免疫力的功效; 亮氨酸具有修复肌肉, 控制血糖, 并给身体组织提供能量的作用<sup>[36]</sup>。重庆糯小米米糠中必需氨基酸含量较为丰富, 必需氨基酸含量占氨基酸总量的 34%, 必需氨基酸与非必需氨基酸含量的比值为 54%。与 WHO/FAO 规定的 EAA/TAA=40%, EAA/NEAA=60%<sup>[37]</sup>接近。表明重庆糯小米米糠中的蛋白质较接近理想蛋白质的要求。

现代营养学研究表明, 氨基酸不足会影响蛋白质的营养价值, 而氨基酸过剩同样会影响蛋白质的营养价值, 因此提出了氨基酸平衡理论。重庆糯小米米糠的氨基酸分(AAS)、化学分(CS)、必需氨基酸比率(A/E)、氨基酸比值系数(RC)、必需氨基酸指数(EAAI)分析见表 6。分析结果表明, 缬氨酸的氨基酸评分(AAS)最低, 所以缬氨酸为重庆糯小米米糠的第一限制氨基酸, 就氨基酸各项评价看, 缬氨酸和蛋氨酸+胱氨酸的分值较低, 其他氨基酸基本接近甚至超过 FAO/WHO 模式, EAAI 值为 0.964, RC 值为 1.002, 分析结果表明重庆糯小米米糠蛋白可以作为一种良好的植物蛋白资源。

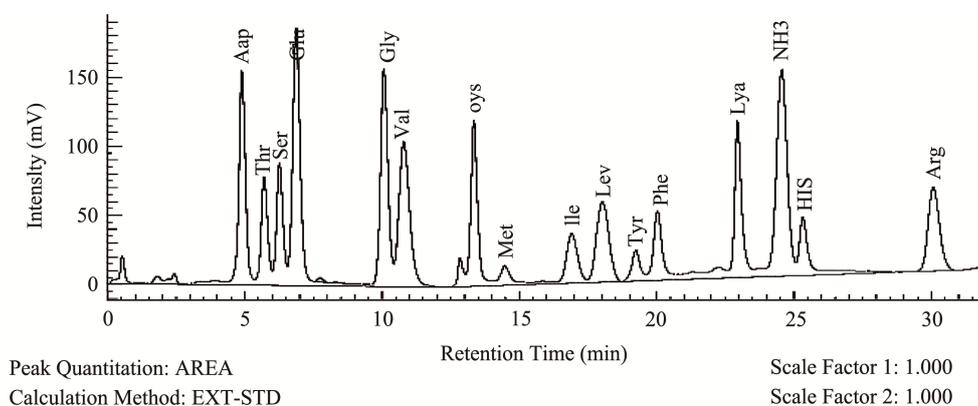


图 2 重庆糯小米米糠氨基酸组成分析图谱

Fig. 2 Analytical pattern of the amino acid composition of millet bran

表 5 重庆糯小米米糠蛋白氨基酸组成分析( $n=3$ )  
Table 5 Amino acid composition of millet bran protein( $n=3$ )

非必需氨基酸	含量(g/100 g)	必需氨基酸	含量(g/100 g)
天门冬氨酸	8.84±0.12	苏氨酸	5.02±0.22
丝氨酸	4.93±0.21	缬氨酸	2.42±0.18
谷氨酸	12.47±0.20	蛋氨酸	1.77±0.17
甘氨酸	7.72±0.13	异亮氨酸	4.74±0.21
丙氨酸	4.09±0.15	亮氨酸	9.77±0.15
胱氨酸	1.95±0.17	苯丙氨酸	5.67 ±0.19
酪氨酸	3.44±0.13	赖氨酸	5.02±0.16
组氨酸	3.63±0.22	色氨酸	1.86±0.09
精氨酸	11.81±0.09		
脯氨酸	4.74±0.14		
总非必需氨基酸	63.63±0.26	总必需氨基酸	34.42±0.17
EAA/TAA	0.34±0.14	EAA/NEAA	0.54±0.12

注: EAA/NEAA: 必需氨基酸/非必需氨基酸, EAA/TAA: 必需氨基酸/总氨基酸量。

表 6 蛋白营养价值分析评价表( $n=3$ )  
Table 6 Protein nutritional value analysis( $n=3$ )

氨基酸	FAO/WHO 模式	全鸡蛋模式	米糠蛋白模式	AAS	CS	A/E(%)	RC
蛋氨酸+胱氨酸	35	55	37	1.06±0.06	0.67±0.07	3.01±0.09	0.95±0.05
赖氨酸	55	64	50	0.91±0.05	0.78±0.09	13.19±0.13	0.82±0.03
异亮氨酸	40	66	47	1.18±0.02	0.71±0.03	13.99±0.15	1.06±0.03
亮氨酸	70	88	98	1.40±0.04	1.11±0.02	22.72±0.16	1.26±0.04
苯丙氨酸+酪氨酸	60	100	91	1.52±0.03	0.91±0.03	24.36±0.17	1.37±0.06
苏氨酸	40	51	50	1.25±0.02	0.98±0.04	8.51±0.12	1.13±0.04
缬氨酸	50	73	24	0.48±0.01	0.33±0.04	14.21±0.09	0.43±0.02

## 4 结论与讨论

4.1 重庆糯小米米糠中含有丰富的粗纤维、脂肪、蛋白质、淀粉以及矿物质。其中粗纤维含量高达 34.45%±0.31%，脂肪含量为 24.67%±0.51%，蛋白质含量为 12.93%±0.57%，淀粉为 12.36%±0.79%，灰分含量为 8.71%±0.03%，还原糖为 7.24%±0.05%，由于重庆糯小米米糠中脂肪含量相对较高，可以考虑脱脂处理或者将其脂肪提取单独利用。而重庆糯小米米糠纤维、蛋白、矿物质、VB<sub>1</sub> 和 VB<sub>2</sub> 含量均较高，且与大米米糠的成分含量接近，是一种良好的营养食品资源。

4.2 通过对重庆糯小米米糠的膳食纤维组成进行分析，发现重庆糯小米米糠的膳食纤维组成与大米米

糠有一定的差异，但重庆糯小米米糠的水溶性膳食纤维含量明显高于大米米糠，说明重庆糯小米米糠是一种较好的膳食纤维源。

4.3 通过重庆糯小米米糠矿物质含量分析，结果表明其钾镁含量较高，而钠含量较低，有利矿质元素含量高，并含有富硒水平的硒元素，含量达 0.091 mg/100 g。

4.4 通过对重庆糯小米米糠脂肪酸组成分析，确认了重庆糯小米米糠中含有 19 种脂肪酸，饱和脂肪酸与不饱和脂肪酸分别为 28.71%、71.29%，其中含饱和脂肪酸 11 种，含不饱和脂肪酸 8 种。重庆糯小米米糠中的脂肪酸组成是饱和脂肪酸:单不饱和脂肪酸:多不饱和脂肪酸 = 3:2:5，比较接近世界卫生组织推荐的食用油脂脂肪酸比例模式，说明重庆糯小米米糠

油脂是一种较好的植物油来源。

**4.5** 通过对重庆糯小米米糠氨基酸组成分析,结果表明其氨基酸种类较全面,在重庆糯小米米糠蛋白的各氨基酸组成中谷氨酸含量最高,缬氨酸为重庆糯小米米糠的第一限制氨基酸。必需氨基酸组成贴近FAO/WHO标准模式即各分值趋向于1, EAA/TAA=34%, EAA/NEAA=54%, 接近FAO/WHO标准模式。必需氨基酸指数(EAAI)、氨基酸比值系数(RC)分别为0.964、1.002。重庆糯小米米糠总体上可以认为是一种优质的粮食蛋白质资源。

#### 参考文献

- [1] 林汝法, 柴岩, 廖琴, 等. 中国小杂粮[M]. 北京: 中国农业科学出版社, 2002, 194-202.  
Lin RF, Chai Y, Liao Q, *et al.* Chinese small grains[M]. Beijing: Chinese Agricultural Science Press, 2002, 194-202.
- [2] Liang SH, Yang GL, Ma YX. Chemical Characteristics and Fatty Acid Profile of Foxtail Millet Bran Oil[J]. J American Oil Chem Soc, 2010, 87(1): 63-67.
- [3] 张超, 张晖, 李冀新. 小米的营养以及应用研究进展[J]. 中国粮油学报, 2007, 22(1): 51-55, 78.  
Zhang C, Zhang H, Li JX. Research Progress on nutrition and application of millet[J]. J Chin Cereals Oils Assoc, 2007, 22(1): 51-55, 78.
- [4] 刘发敏, 叶梅. 我国小米脂肪酸含量研究[J]. 西南大学学报(自然科学版), 1997, 19(4): 371-374.  
Liu FM, Ye M. Study of millet fatty acid content in China[J]. J Southwestern Univ (Nat Sci Edit), 1997, 19(4): 371-374.
- [5] 李玲伊, 韩立宏, 王晓慧, 等. 不同品种小米淀粉理化性质的比较研究[J]. 中国食物与营养, 2013, 19(3): 31-35.  
Li LY, Han LH, Wang XH, *et al.* Comparative study on physical and chemical properties of starches from different varieties of millet[J]. Food Nutr China, 2013, 19(3): 31-35.
- [6] Devittori C, Gumy D, Kusy A, *et al.* Supercritical fluid extraction of oil from millet bran[J]. J American Oil Chem Soc, 2000, 77(6): 573-579.
- [7] 李庆春, 吴舒致. 不同品种小米中粗蛋白质含量的普查与评价[J]. 中国粮油学报, 1993, (A09): 9-13.  
Li QC, Wu SZ. Survey and evaluation of the content of crude protein in different varieties of millet[J]. J Chin Cereals Oils Assoc, 1993, (A09): 9-13.
- [8] 杨春, 栗红瑜, 邓晓燕, 等. 小米蛋白质的氨基酸组成及品质评价分析[J]. 农产品加工. 学刊, 2008, (12): 8-10.  
Yang C, Li HY, Deng XY, *et al.* Analysis of amino acid composition and quality of millet protein[J]. J Agric Prod Proces, 2008, (12): 8-10.
- [9] 刘倍毓, 郑红艳, 钟耕, 等. 小米麸皮膳食纤维成分及物化特性测定[J]. 中国粮油学报, 2011, 26(10): 30-34.  
Liu BY, Zheng HY, Zhong G, *et al.* Determination of millet bran dietary fiber composition and physicochemical properties[J]. J Chin Cereals Oils Assoc, 2011, 26(10): 30-34.
- [10] 王丽霞, 孙海峰, 赵海云, 等. 山西小米资源开发利用的研究-小米营养蛋白粉制备技术[J]. 食品工业科技, 2007, 28(1): 173-175.  
Wang LX, Sun HF, Zhao HY, *et al.* The development and utilization of resources of Shanxi of millet millet nutritional protein powder preparation technology[J]. Sci Technol Food Ind, 2007, 28(1): 173-175.
- [11] Badi S, Pedersen B, Monowar L, *et al.* The nutritive value of new and traditional sorghum and millet foods from Sudan[J]. Plant Foods for Human Nutr(Dordrecht, Netherlands), 1990, 40(1): 5-19.
- [12] GB/T5497-1985 粮食、油料检验水分测定法[S].  
GB/T5497-1985 Inspection of grain, oilseed moisture determination[S].
- [13] GB/T5505-2008 粮油检验灰分测定法[S].  
GB/T5505-2008 Method for determination of ash content inspection of grain and oil seeds[S].
- [14] 章丽华, 张利平, 胡锦涛, 等. 3,5-二硝基水杨酸比色法测定红毛五加中多糖的含量[J]. 中国中医药信息杂志, 2008, 15(5): 49-51.  
Zhang LH, Zhang LP, Hu JH, *et al.* Determination of content of Acanthopanax giraldii polysaccharide 3,5- two nitro salicylic acid colorimetric method[J]. Chin J Med, 2008, 15(5): 49-51.
- [15] GB/T5009.9-2008 食品中淀粉的测定[S].  
GB/T5009.9-2008 Determination of starch in foods[S].
- [16] GB/T5511-2008 谷物和豆类氮含量测定和粗蛋白质含量计算凯氏法[S].  
GB/T5511-2008 Determination of nitrogen content of corn and beans and crude protein content of the Kjeldahl method[S].
- [17] GB/T5009.124-2003 食品中氨基酸的测定[S].  
GB/T5009.124-2003 Determination of amino acids in foods[S].
- [18] GB/T5512-2008 粮油检验粮食中粗脂肪含量测定[S].  
GB/T5512-2008 Determination of the content of crude fat in food inspection[S].
- [19] GB/T14609-2008 粮油检验谷物及其制品中铜、铁、锰、锌、钙、镁的测定火焰原子吸收光谱法[S].  
GB/T14609-2008 Inspection of grain and Oilseeds in cereals and cereal products of copper, iron, manganese, zinc, calcium, and magnesium were determined by Flame Atomic Absorption Spectrometry[S].

- [20] GB/T5515-2008 粮油检验 粮食中粗纤维素含量测定[S].  
GB/T5515-2008 Determination of crude cellulose content inspection of grain in the grain and oil[S].
- [21] 王林风, 程远超. 硝酸乙醇法测定纤维素含量[J]. 化学研究, 2011, 22(4): 52-55, 71.  
Wang LF, Cheng YC. Determination of cellulose nitrate ethanol method[J]. Chem Res, 2011, 22(4): 52-55, 71.
- [22] X H 波钦诺克. 植物生物化学分析方法[M]. 荆家海, 丁钟荣译. 北京: 科学出版社, 1981.  
X H Pochin Nock. Method for analysis of plant biochemistry[M]. Jing JH, Ding ZR. Beijing: Science Press, 1981.
- [23] GB/T14700-2002 饲料中维生素 B<sub>1</sub> 的测定方法[S].  
GB/T14700-2002 Method for the determination of vitamin B<sub>1</sub> in feed[S].
- [24] GB/T14701-2002 饲料中维生素 B<sub>2</sub> 的测定方法[S].  
GB/T14701-2002 Method for the determination of vitamin B<sub>2</sub> in feed[S].
- [25] 范国欣, 孙晓薇, 潘希荣. 米糠油中谷维素含量的测定[J]. 粮油食品科技, 2010, 18(1): 20-21.  
Fan GX, Sun XW, Pan XR. Determination of oryzanol in rice bran oil[J]. Food Sci Technol, 2010, 18(1): 20-21.
- [26] 李金玉. 利用气相色谱-质谱联用技术测定燕麦中脂肪酸的组成[J]. 食品与机械, 2011, 27(3): 82-83.  
Li JY. Using gas chromatography-mass spectrometry for determination of fatty acids in Oats[J]. Food Mach, 2011, 27(3): 82-83.
- [27] 蔡联辉, 曾虹燕, 王亚举, 等. 莲子蛋白质的氨基酸组成及其营养评价[J]. 营养学报, 2010, 32(5): 503-506.  
Cai LH, Zeng HY, Wang YJ, *et al.* The amino acid contents of lotus seed protein and its nutritional evaluation[J]. Acta Nutr Sinica, 2010, 32(5): 503-506.
- [28] 郎春晖, 程懿, 曾果, 等. 酶-重量法测定食品中总膳食纤维含量的验证性研究[J]. 现代预防医学, 2013, 40(21): 3930-3932.  
Lang CH, Cheng Y, Zeng G, *et al.* A confirmatory study on Determination of total dietary fiber in foods enzymatic gravimetric method[J]. Mod Prev Med, 2013, 40(21): 3930-3932.
- [29] 李伦. 脱脂米糠膳食纤维的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2009.  
Li L. Study on defatted rice bran dietary fiber[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2009.
- [30] Galisteo M, Duarte J, Zarzuelo A. Effects of dietary fibers on disturbances clustered in the metabolic syndrome[J]. J Nutr Biochem, 2008, 19(2): 71-84.
- [31] 刘敬科, 赵巍, 刘莹莹, 等. 小米糠膳食纤维制备工艺及通便特性的研究[J]. 食品科技, 2014, 39(2): 177-181.  
Liu JK, Zhao W, Liu YY, *et al.* Preparation of dietary fiber from millet bran and its catharsis function[J]. Food Sci Technol, 2014, 39(2): 177-181.
- [32] 刘勤. 磷肥和硒施用对稻米硒、钙、锌等营养累积的影响[J]. 广东微量元素科学, 2003, 10(6): 20-24.  
Liu Q. Effects of phosphorus and selenium application on selenium, calcium, zinc and other rice nutrition accumulation [J]. Guangdong Sci Trace Elem, 2003, 10(6): 20-24.
- [33] DB42/211-2002 湖北省关于富硒食品地方标准[S].  
DB42/211-2002 Hubei Province, local standards of food rich in selenium[S].
- [34] 刘俊英, 谢国莉, 危晴, 等. 小米中脂肪酸的 GC-MS 法测定及营养价值分析[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(2): 165-168.  
Liu JY, Xie GL, Wei Q, *et al.* Analysis of GC-MS method for the determination of fatty acid and nutritional value of millet[J]. Food Res Dev, 2012, 33(2): 165-168.
- [35] 申瑞玲, 罗双群, 袁博. 燕麦脂肪替代品对脂代谢影响研究进展[J]. 粮食与油脂, 2010, (2): 8-10.  
Shen RL, Luo SQ, Yuan B. Effects of oat fat substitute on lipid metabolism[J]. Cereals Oils, 2010, (2): 8-10.
- [36] Ha ST, Wilkins CL, Abidi SL. Analysis of antimycin A by reversed-phase liquid chromatography/nuclear magnetic resonance spectrometry[J]. Anal Chem, 1989, 61(5): 404-408.
- [37] 黄友如, 华欲飞, 郁达, 等. 脂肪氧合酶催化亚油酸氧化对大豆蛋白氨基酸组成的影响[J]. 食品科技, 2008, 33(4): 19-24.  
Huang YR, Hua YF, Yu D, *et al.* Effects of lipoxygenase catalyzed oxidation of linoleic acid on soybean protein amino acid composition[J]. Food Sci Technol, 2008, 33(4): 19-24.

(责任编辑: 赵静)

## 作者简介



王小燕, 在读硕士, 主要研究方向为现代食品加工理论与技术。  
E-mail: 1028636720@qq.com



钟耕, 教授, 主要研究方向为粮食工程, 现代食品加工理论与技术, 生物资源开发与利用。  
E-mail: zhonggdg@126.com