

不同小米品种主要营养成分及氨基酸组分分析

黄伟¹, 王德权^{1,2}, 裴晶晶^{1,2}, 张雅莉^{1,2}, 冯小磊^{1,2}, 张晓磊^{1,2*}

(1. 张家口市农业科学院, 河北 张家口 075000; 2. 国家谷子改良中心张家口杂交谷子分中心, 河北 张家口 075000)

摘要:通过检测9个小米品种主要营养成分及氨基酸组成,参照全鸡蛋蛋白模式和FAO/WHO模式,利用氨基酸比值系数法对不同小米品种进行分析评价。结果表明:不同小米品种主要营养成分存在差异,小米蛋白质、脂肪、膳食纤维及灰分分别为9.48%~11.7%、3.2%~4.7%、1.95%~2.15%和0.93%~1.3%。从小米中共检测到18种氨基酸,其中谷氨酸和亮氨酸含量最高。SRC值较高的3个品种依次为:清香谷子、中谷5号和张杂谷13,具有较高的营养价值。晋谷21和张杂谷10风味氨基酸配比合适,适口性好,更易受到消费者欢迎。

关键词:小米;氨基酸;营养成分;品种

中图分类号:S515

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2023)01-0091-06

Evaluation of Main Nutrients and Amino Acid of Different Millet Varieties

HUANG Wei¹, WANG Dequan^{1,2}, PEI Jingjing^{1,2}, ZHANG Yali^{1,2}, FENG Xiaolei^{1,2}, ZHANG Xiaolei^{1,2*}

(1. Zhangjiakou Academy of Agricultural Science, Zhangjiakou 075000; 2. National Foxtail Millet Improvement Center, Zhangjiakou Hybrid Millet Sub-Center, Zhangjiakou 075000, China)

Abstract: By measuring main nutritional components and amino acid contents in 9 millet varieties, amino acid ratio coefficient method was used to analyze and evaluate according to the whole egg protein model and FAO/WHO model. The results showed that the main nutritional components had differences between 9 millet varieties. The content of millet protein, fatty acids, dietary fiber and ash was 9.48%–11.7%, 3.2%–4.7%, 1.95%–2.15% and 0.93%–1.3%, respectively. 18 kinds of amino acids were detected, and glutamate and leucine had higher levels. The SRC value of Qingxianggu, ZZG5 and ZZG13 were higher than others, which had high nutritive value. Jingu21 and ZZG10 had suitable ratio of flavor amino, which were easier to be loved by people.

Key words: Millet; Amino Acid; Nutrients; Variety

谷子是起源于我国的一年生禾本科植物,在我国北方地区有着较大的种植面积^[1-4]。谷子脱壳加工而成的小米营养价值高,富含多种氨基酸、脂肪酸、维生素、矿物质等。随着人们生活水平的日益提高,小米食品将对膳食结构调整有着较为重要的作用^[5-6]。小米中蛋白质过敏性极低且消化率远高于小麦和大米^[7]。其含有人体必需氨基酸含量比玉米、大米和小麦粉分别高出42.6%、56.4%和80.6%。除赖氨酸偏低外,其他氨基酸比例均接近或符合WHO标准模式^[8]。不饱和脂肪酸是较好的降脂降压产品,小米中不饱和

脂肪酸含量占总脂肪含量的84%以上^[9]。但是,与其他主粮作物相比,小米营养的相关研究较少。本研究选用9个小米品种,试验材料均种植于新疆维吾尔自治区和硕县,对主要营养成分和氨基酸含量进行分析评价,以期为小米品质育种及膳食产品开发提供参考。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

所用小米品种为张杂谷10、张杂谷13、张杂谷19、张杂谷21、吨谷1号、晋谷21、清香小米、豫谷18和中谷5号,均来自张家口市农业科学院。分析纯:苯酚、石油醚(30~60℃)、三氟化硼甲醇溶液(15%)、无水硫酸钠、硫酸铜、硫酸钾、硫酸、硼酸、乙酸镁等;优级纯:盐酸、柠檬酸钠、氢氧化钠等。高纯氮气、热稳定 α -淀粉酶、蛋白酶、淀粉葡萄糖苷酶。

收稿日期:2020-07-14

基金项目:河北省重点研发计划项目(19226328D);河北省杂粮杂豆产业体系(HBCT2018070403)

作者简介:黄伟(1980-),男,高级农艺师,研究方向为谷子杂种优势利用。

通讯作者:张晓磊,女,硕士,副研究员,E-mail: f_xlei@163.com

1.2 仪器与设备

日立L-8900全自动氨基酸分析仪(日立高新技术公司)、岛津GC-2010气相色谱仪(日本岛津公司)、福斯KJ-2300全自动凯式定氮仪(丹麦FOSS公司)、索氏提取器(北京康达顺业科技有限公司)、马弗炉(郑州晶誉仪科技有限公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 样品前处理

供试材料于2019年5月10日种植在张家口市农业科学院新疆分院和硕试验站,前茬作物为玉米,3次重复,每小区4行,行长2 m,行距33 cm,株距12 cm。试验田常规管理。谷子收获后充分晾晒,脱壳、碾米、分级后制成精米,人工挑选去除未成熟、不饱满或破损米粒及杂质等,所有小米样品的米质均达到GB/T 11766-2008《小米》。

1.3.2 营养成分检测

小米中氨基酸含量测定采用GB/T 5009.124-2003《食品中氨基酸的测定》,蛋白质含量测定采用GB 5009.5-2010《食品中蛋白质的测定》(第一法),脂肪含量测定采用GB/T 5009.6-2003《食品中脂肪的测定》(第二法),灰分含量测定采用GB 5009.4-2010《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》,膳食纤维含量测定采用GB/T 5009.88-2008《食品中膳食纤维的测定》。碳水化合物通过蛋白质、脂肪和水分进行计算^[10]。

1.3.3 营养评价

参照全鸡蛋蛋白标准模式和FAO/WHO模式,按照氨基酸比值系数法分别计算氨基酸比值系数

(RC)、氨基酸比值(RAA)和谷子蛋白质的比值系数分(SRC)。

1.3.4 数据分析

采用Excel 2017对数据进行统计与整理,采用SPSS 22.0数据分析软件进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 小米品种主要营养成分分析

对9个小米品种精加工后的主要营养成分进行测定(表1)。精米是糙小米经过碾压去掉皮层和胚芽后剩余的部分^[2]。精米主要以淀粉为主,还有蛋白质、脂肪、纤维、维生素及矿物质等。本研究中水分、蛋白质、脂肪、膳食纤维及碳水化合物在品种间存在差异。水分含量变幅为10.10%~10.70%,品种间差异较小,这将保证其具有良好的储藏特性。蛋白质含量差异较大,其中含量最高的品种为张杂谷10和张杂谷19,都达到11.70%,比最低的品种豫谷18高出2.22%。前人研究表明小米蛋白是一种优质蛋白,氨基酸比例适中,可作为优良植物蛋白资源进行开发利用^[11]。而脂肪酸含量变化范围在3.60%~4.70%,尽管不饱和脂肪酸氧化会对小米储存有一定影响,但其对小米粥的口感有着重要的影响^[12]。膳食纤维是一类不能被人体消化分解的多糖类物质和木质素的统称,具有降血脂、调节血糖等多种生理功能^[13],本研究中膳食纤维变化范围为1.95%~2.33%,含量最高的3个品种依次为张杂谷13、吨谷1号和张杂谷21。

表1 不同小米品种主要营养成分分析

品种	水分	蛋白质	脂肪	膳食纤维	灰分	碳水化合物
张杂谷10	10.50	11.70	4.30	1.99	1.10	70.41
张杂谷13	10.30	10.60	4.70	2.33	1.20	70.87
张杂谷19	10.30	11.70	4.50	2.11	1.30	70.09
张杂谷21	10.20	11.30	3.90	2.15	1.20	71.25
吨谷1号	10.10	9.73	3.60	2.28	1.10	73.19
晋谷21	10.70	11.40	3.50	1.97	0.93	71.50
清香谷子	10.20	10.20	3.80	1.95	1.30	72.55
豫谷18	10.30	9.48	3.20	2.07	0.97	73.98
中谷5号	10.60	10.90	3.20	2.09	1.30	71.91

为了探究小米主要营养成分间的关系,对其进行相关性分析(表2)。结果表明,小米中主要营养成分间存在不同程度的相关性。小米中含量最高的碳水化合物与水分、脂肪、蛋白质及灰分呈现负相关,其中与蛋白质达到显著负相关(-0.766),

与脂肪含量达到极显著负相关(-0.917);除脂肪之外,水分与蛋白质、膳食纤维、灰分及碳水化合物呈负相关,相关系数分别为-0.226、-0.495、-0.292和-0.308;蛋白质与脂肪、膳食纤维、灰分呈正相关,相关系数分别达到0.476、0.327、0.361。

表2 小米主要营养成分相关性分析

	水分	脂肪	蛋白质	膳食纤维	灰分	碳水化合物
水分	1					
脂肪	0.513	1				
蛋白质	-0.226	0.476	1			
膳食纤维	-0.495	-0.287	0.327	1		
灰分	-0.292	0.204	0.361	0.146	1	
碳水化合物	-0.308	-0.917**	-0.766*	0.005	-0.362	1

注:“*”表示显著相关($P<0.05$),“**”表示极显著相关($P<0.01$)

2.2 小米品种氨基酸含量分析

由表3可知,在被检测到的18种氨基酸中,蛋白质含量超过6.00 g/100 g的氨基酸有5种,从高到低依次为:谷氨酸、亮氨酸、丙氨酸、脯氨酸和天门冬氨酸,变幅分别为19.02~21.07、11.99~13.32、8.04~8.90、6.06~7.06、6.07~6.60 g/100 g,这

与冯耐红等^[12]测定的氨基酸顺序结果一致,可能因加工工艺或参试材料差异导致数据略有不同。胱氨酸和赖氨酸含量最低,分别只有1.07~1.28 g/100 g和1.42~1.76 g/100 g。不同小米品种间氨基酸组分存在差异,通过品种定向选育可以适当提升小米氨基酸组分的合理性。

表3 小米氨基酸含量分析

g/100 g 蛋白质

氨基酸	张杂谷10	张杂谷13	张杂谷19	张杂谷21	吨谷1号	晋谷21	清香谷子	豫谷18	中谷5号
天门冬氨酸	6.34	6.18	6.22	6.60	6.51	6.45	6.07	6.32	6.49
苏氨酸	3.47	3.35	3.31	3.52	3.48	3.60	3.44	3.42	3.47
丝氨酸	4.32	4.25	4.26	4.44	4.39	4.45	4.33	4.40	4.41
谷氨酸	19.51	19.40	19.18	20.09	20.17	21.07	19.02	20.30	20.11
甘氨酸	2.32	2.24	2.14	2.33	2.35	2.21	2.35	2.20	2.33
丙氨酸	8.33	8.32	8.26	8.68	8.64	8.90	8.04	8.59	8.55
缬氨酸	4.53	4.50	4.52	4.87	5.00	4.72	4.40	4.89	4.88
蛋氨酸	2.82	3.06	2.77	2.82	2.65	3.35	3.25	2.81	3.05
异亮氨酸	3.51	3.40	3.36	3.67	3.77	3.85	3.18	3.61	3.70
亮氨酸	12.79	12.36	12.14	13.05	12.97	13.58	11.99	13.32	12.62
酪氨酸	1.98	1.98	2.25	2.36	1.89	2.37	2.13	2.18	2.32
苯丙氨酸	4.86	4.85	4.44	4.95	5.11	5.40	4.94	4.84	5.22
赖氨酸	1.57	1.53	1.48	1.65	1.66	1.42	1.76	1.50	1.62
组氨酸	1.85	1.84	1.77	1.89	1.88	1.94	1.83	1.84	1.89
精氨酸	2.81	2.88	2.78	3.02	2.69	2.65	3.01	2.67	2.97
脯氨酸	6.60	6.50	6.06	6.38	6.57	7.06	6.50	6.56	6.80
色氨酸	1.91	1.96	1.86	2.04	1.97	1.93	1.92	1.93	1.96
胱氨酸	1.18	1.14	1.07	1.16	1.23	1.15	1.28	1.17	1.14

外源食物提供人体不能合成或合成量小的人体必需氨基酸。由表4可知,不同小米品种间必需氨基酸占总氨基酸含量比例差异较小,变化区间为39.01%~39.84%,低于鸡蛋高于FAO/WHO模式蛋白。其中,含量最高的为亮氨酸,占总氨基酸13.41%以上,是鸡蛋模式蛋白的1.52倍以上,是FAO/WHO模式蛋白的1.92倍以上。除了赖氨酸含量偏低之外,其他必需氨基酸含量接近或超过模式标准。小米中必需氨基酸比例较为均衡,在食用过程中适当配比赖氨酸含量高的食物可以达到更好的氨基酸营养均衡效果。

食物中的风味是多种多样的,比如鲜味、甜味、苦味、酸味等。其中,鲜味、苦味及甜味与食品能否被消费者接受有着极其紧密的相关性。鲜味可以提升食品口味,与其他风味共存,鲜味氨基酸主要包括天冬氨酸和谷氨酸;食物中有有限的苦味才能被人们所接受,苦味氨基酸主要包括亮氨酸、苯丙氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、赖氨酸、酪氨酸、蛋氨酸、组氨酸和精氨酸;而甜味通常可以提升口感,甜味氨基酸主要包括丙氨酸、脯氨酸、苏氨酸、甘氨酸、丝氨酸^[14-15]。在小米中,风味氨基酸含量最高的为苦味氨基酸(表5)。9种小米中风味

表4 必需氨基酸占总氨基酸含量百分比

必需氨基酸	张杂谷 10	张杂谷 13	张杂谷 19	张杂谷 21	吨谷1 号	晋谷21	清香谷 子	豫谷18	中谷5 号	鸡蛋模 式蛋白	FAO/WHO 模式蛋白
苏氨酸	3.83	3.73	3.77	3.76	3.74	3.75	3.85	3.70	3.71	5.10	4.00
缬氨酸	5.00	5.02	5.15	5.21	5.38	4.91	4.92	5.28	5.22	7.30	5.00
蛋氨酸	3.11	3.41	3.15	3.02	2.85	3.49	3.63	3.04	3.26	5.50	3.50
异亮氨酸	3.87	3.79	3.82	3.92	4.06	4.01	3.56	3.90	3.96	6.60	4.00
亮氨酸	14.10	13.77	13.82	13.95	13.96	14.13	13.41	14.39	13.49	8.80	7.00
酪氨酸+苯丙氨酸	7.54	7.61	7.62	7.82	7.53	8.09	7.91	7.59	8.06	10.00	6.00
赖氨酸	1.73	1.71	1.68	1.76	1.79	1.48	1.97	1.62	1.73	6.40	5.50
总量	39.18	39.04	39.01	39.44	39.31	39.84	39.24	39.51	39.43	49.70	35.00

表5 小米风味氨基酸含量分析 g/100 g蛋白质

品种	总氨基酸	鲜味 氨基酸	甜味 氨基酸	苦味 氨基酸	鲜味甜味 与苦味差
张杂谷10	10.61	3.02	2.93	4.30	1.65
张杂谷13	9.51	2.71	2.61	3.87	1.45
张杂谷19	10.28	2.97	2.81	4.16	1.62
张杂谷21	10.57	3.02	2.86	4.34	1.54
吨谷1号	9.04	2.60	2.47	3.67	1.40
晋谷21	10.96	3.14	2.99	4.49	1.64
清香谷子	9.12	2.56	2.51	3.73	1.34
豫谷18	8.77	2.52	2.39	3.58	1.33
中谷5号	10.19	2.90	2.79	4.18	1.51

氨基酸含量从高到低为:苦味氨基酸>鲜味氨基酸>甜味氨基酸。冯耐红等^[12]认为在小米中鲜味和甜味氨基酸含量总和与苦味氨基酸差值越高,小米食品鲜味越浓。本研究结果显示,小米中鲜味甜味与苦味之差变化范围为1.33~1.65。其中,差值最高的品种为张杂谷10和晋谷21,结果与实际较为相符,张杂谷10和晋谷21都是国内市场公认的优质米,而清香谷子和豫谷18号分别只有1.34和1.33。

2.3 小米品种必需氨基酸营养评价

采用全鸡蛋标准蛋白模式和FAO/WHO标准蛋白模式对小米品质进行评价(表6、表7)。参考全鸡蛋蛋白模式发现,小米品种中亮氨酸RC值普遍超过1.50,最高可以达到2.12;苏氨酸和酪氨酸+苯丙氨酸RC值接近或超过1.00;而赖氨酸RC值相对较低,变化范围为0.26~0.36。RC值越接近1,说明其氨基酸组成越接近于全鸡蛋蛋白模式。除赖氨酸和蛋氨酸含量相对较低外,其他氨基酸值基本符合全鸡蛋蛋白模式。SRC值越大,说明其蛋白质营养价值越高。在所有小米品种中,SRC值最高的5个品种从高到低依次为:清香谷子、中谷5号、张杂谷13、张杂谷19和张杂谷21。对于小米品种,第1限制氨基酸为赖氨酸,第2限制氨基酸为蛋氨酸。因此,通过合理食物搭配,提高限制氨基酸含量,提升膳食的营养价值。

参照FAO/WHO模式对9个小米品种进行评价。按照SRC值对其进行排序:清香谷子>中谷5号>张杂谷13>吨谷1号>张杂谷19>张杂谷21>张杂谷10>晋谷21>豫谷18。与参照全鸡蛋蛋白质标准

表6 9种小米必需氨基酸的RAA、RC、SRC的比较(全鸡蛋标准蛋白模式)

必需氨基酸	鸡蛋模式	苏氨酸	缬氨酸	蛋氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	酪氨酸+苯丙氨酸	赖氨酸	SRC
张杂谷10	RAA	0.81	0.76	0.55	0.72	1.64	0.81	0.25	46.21
	RC	1.03	0.96	0.69	0.91	2.08	1.03	0.31	
张杂谷13	RAA	0.79	0.76	0.60	0.70	1.60	0.82	0.24	48.27
	RC	1.00	0.96	0.76	0.89	2.03	1.04	0.31	
张杂谷19	RAA	0.80	0.78	0.55	0.71	1.61	0.82	0.24	47.45
	RC	1.02	0.99	0.70	0.90	2.03	1.04	0.30	
张杂谷21	RAA	0.80	0.79	0.53	0.73	1.62	0.84	0.25	46.87
	RC	1.01	1.00	0.67	0.92	2.05	1.06	0.32	
吨谷1号	RAA	0.80	0.82	0.50	0.75	1.62	0.81	0.26	46.64
	RC	1.01	1.03	0.63	0.95	2.05	1.02	0.32	

续表 6

必需氨基酸	鸡蛋模式	苏氨酸	缬氨酸	蛋氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	酪氨酸+苯丙氨酸	赖氨酸	SRC
晋谷 21	RAA	0.80	0.74	0.61	0.74	1.64	0.87	0.21	46.39
	RC	1.00	0.93	0.77	0.93	2.05	1.09	0.26	
清香谷子	RAA	0.82	0.75	0.64	0.66	1.56	0.85	0.28	51.04
	RC	1.04	0.94	0.81	0.83	1.97	1.08	0.36	
豫谷 18	RAA	0.79	0.80	0.53	0.72	1.67	0.82	0.23	44.26
	RC	1.00	1.01	0.68	0.91	2.12	1.03	0.29	
中谷 5 号	RAA	0.79	0.79	0.57	0.73	1.57	0.87	0.25	50.07
	RC	0.99	0.99	0.71	0.92	1.96	1.08	0.31	

表 7 9 种小米必需氨基酸的 RAA、RC、SRC 的比较 (FAO/WHO 标准蛋白模式)

必需氨基酸	FAO 模式	苏氨酸	缬氨酸	蛋氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	酪氨酸+苯丙氨酸	赖氨酸	SRC
张杂谷 10	RAA	0.96	1.00	0.89	0.97	2.01	1.26	0.31	51.94
	RC	0.90	0.94	0.84	0.91	1.90	1.19	0.30	
张杂谷 13	RAA	0.93	1.00	0.97	0.95	1.97	1.27	0.31	53.35
	RC	0.88	0.95	0.92	0.89	1.86	1.20	0.29	
张杂谷 19	RAA	0.94	1.03	0.90	0.96	1.97	1.27	0.31	52.37
	RC	0.90	0.98	0.86	0.91	1.88	1.21	0.29	
张杂谷 21	RAA	0.94	1.04	0.86	0.98	1.99	1.30	0.32	52.25
	RC	0.89	0.98	0.81	0.92	1.88	1.23	0.30	
吨谷 1 号	RAA	0.94	1.08	0.81	1.02	1.99	1.26	0.33	52.38
	RC	0.88	1.02	0.77	0.96	1.88	1.18	0.31	
晋谷 21	RAA	0.94	0.98	1.00	1.00	2.02	1.35	0.27	51.40
	RC	0.87	0.91	0.92	0.93	1.87	1.25	0.25	
清香谷子	RAA	0.96	0.98	1.04	0.89	1.92	1.32	0.36	55.90
	RC	0.90	0.92	0.97	0.83	1.79	1.23	0.33	
豫谷 18	RAA	0.93	1.06	0.87	0.98	2.06	1.27	0.29	50.06
	RC	0.87	1.00	0.82	0.92	1.94	1.19	0.28	
中谷 5 号	RAA	0.93	1.04	0.93	0.99	1.93	1.34	0.31	54.43
	RC	0.87	0.98	0.87	0.93	1.80	1.26	0.29	

模式结果相同,赖氨酸和蛋氨酸仍是限制小米营养均衡的主要氨基酸。

2.4 不同小米品种聚类分析

依据小米中必需氨基酸含量特征,对 9 个小米品种进行聚类分析和各类型特征分析,具体结

果见图 1、表 8。当欧式距离为 15 时,9 个不同来源的小米品种被分为 3 类^[6]。第 1 类包括张杂谷 10、张杂谷 13、张杂谷 19 和清香谷子等 4 个品种,该类型以杂交谷子为主,氨基酸含量最低,而赖氨酸的含量高,这正好填补了常规小米中赖氨酸

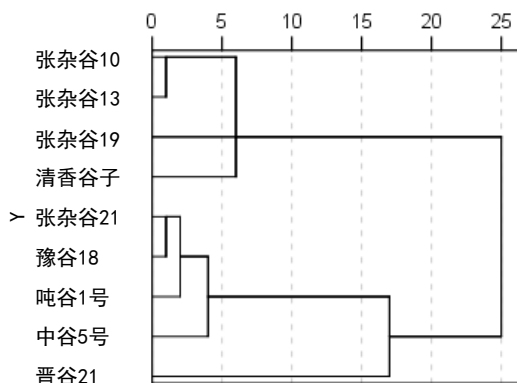


图 1 不同小米品种必需氨基酸特征聚类分析

表 8 不同小米品种必需氨基酸各类型特征

必需氨基酸	项目	I	II	III
苏氨酸	均值 X	3.80	3.73	3.75
缬氨酸	均值 X	5.02	5.27	4.91
蛋氨酸	均值 X	3.33	3.04	3.49
异亮氨酸	均值 X	3.76	3.96	4.01
亮氨酸	均值 X	13.78	13.95	14.13
酪氨酸+苯丙氨酸	均值 X	7.67	7.75	8.09
赖氨酸	均值 X	1.77	1.73	1.48
总量	均值 X	39.12	39.42	39.84

含量较低的优势,赖氨酸可以改善营养不良,增强人体的免疫力,帮助钙的吸收;第2类包括张杂谷21、豫谷18、吨谷1号和中谷5号,属于中间类型;第3类为晋谷21,晋谷21的氨基酸总量最多,其中缬氨酸、亮氨酸、酪氨酸和苯丙氨酸含量最高,风味氨基酸配比合适,适口性好。

3 结 论

本研究通过对9个小米品种蛋白质、脂肪、膳食纤维和碳水化合物等主要营养成分进行测定,发现精加工小米主要由碳水化合物、蛋白质、脂肪和膳食纤维组成,它们在不同品种间存在差异。碳水化合物变化范围为70.09%~73.98%,相关性分析表明其与脂肪含量达到极显著负相关,相关系数达到-0.917。脂肪含量变幅为3.2%~4.7%,研究表明小米不饱和脂肪酸含量占到总脂肪含量84%以上^[9],脂肪酸的性质决定脂肪的性质和营养功能,而谷子脂肪酸主要由亚油酸和油酸组成,亚油酸是人体不能合成的必需脂肪酸,具有降脂降压等保健作用^[17-18]。小米蛋白质变化范围为9.48%~11.7%,总共检测到18种氨基酸,其中谷氨酸和亮氨酸含量最高。参照全鸡蛋蛋白模式和FAO/WHO模式对小米品种进行分析评价,清香谷子、中谷5号和张杂谷13具有较高SRC值,具有较高的营养价值。而晋谷21和张杂谷10中鲜味甜味与苦味差值最大,具有较好的适口性,容易受到市场青睐。不同小米品种营养成分存在差异,今后优质谷子育种应更加注重营养组成配比,提高适口性,这将对人们调整膳食结构起到更加重要的作用。

参考文献:

- [1] 刘晓辉,杨明,宋桂芹,等. 21世纪特用谷子育种思考[J]. 吉林农业科学, 2004, 29(6): 9-10, 22.
- [2] 张竹青,杨雅俊,李万红. 糙小米与小米营养价值及食味品质的比较研究[J]. 粮食与食品工业, 2014, 21(2): 22-23, 26.
- [3] 李淑杰,高鸣,胡喜连,等. 优质、抗除草剂谷子新品种公谷80的创制与应用[J]. 东北农业科学, 2017, 42(6): 8-9.
- [4] 柳青,刘洋,郭嘉,等. 新型高抗玉米螟虫、耐除草剂转基因玉米和非转基因玉米营养成分的比较分析[J]. 东北农业科学, 2018, 43(4): 27-31.
- [5] 李庆春,黎裕,曹永生,等. 小米蛋白质含量和氨基酸组成及其蛋白质品质的评价[J]. 中国粮油学报, 1994, 9(4): 6-13.
- [6] 辛卓霖,李鸿萱,韩宛君,等. 制作工艺及干燥方法对速食小米粥品质的影响探究[J]. 食品工业科技, 2017, 38(4): 283-287.
- [7] 张卓敏,张洪微,左豫虎,等. 黑龙江主栽小米营养成分分析[J]. 农产品加工, 2017, 10(41): 48-51.
- [8] 于天颖,郭东升. 荞麦、燕麦、小米的营养及几种食品开发[J]. 杂粮作物, 2005, 25(1): 58-59.
- [9] 崔素萍,张卓敏,贾鹏宇,等. 超声波处理对小米脂肪提取率及脂肪酸组成的影响[J]. 粮食与油脂, 2018, 43(5): 181-185.
- [10] 张莹莹,毛向红,张建英,等. 石门核桃品种‘魁香’坚果品质比较分析[J]. 河北林业科技, 2019(2): 6-8.
- [11] 张爱霞,张佳丽,赵巍,等. 小米蛋白提取及营养评价[J]. 食品科技, 2019, 44(8): 222-227.
- [12] 冯耐红,侯东辉,杨成元,等. 不同品种小米主要营养成分及氨基酸组分评价[J]. 食品工业科技, 2019, 41(8): 224-229.
- [13] 孙海燕,杨梦凡,郝丹青,等. 膳食纤维的研究现状[J]. 保鲜与加工, 2019, 19(6): 238-242.
- [14] Charve J, Manganiello S, Glabasnia A. Analysis of umami taste compounds in a fermented corn sauce by means of sensory-guided fractionation[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2018, 66(8): 1863-1871.
- [15] Lioe H N, Apriyantono A, Takara K, et al. Umami taste enhancement of MSG/NaCl mixtures by subthreshold L- α -aromatic amino acids[J]. Journal of Food Science, 2005, 70(7): 401-405.
- [16] 沈琰,王颖,张东杰,等. 黑龙江省和吉林省谷子品种遗传多样性分析[J]. 东北农业科学, 2016, 41(3): 8-13.
- [17] 肖靖,李斌,石晓华,等. 普通菜豆蛋白质组学研究进展[J]. 东北农业科学, 2016, 41(4): 90-93.
- [18] 刘晓亮,侯立刚,齐春艳,等. 吉林西部稻区分期收获对稻米品质的影响[J]. 东北农业科学, 2019, 44(3): 5-8.

(责任编辑:王丝语)