

doi:10.3969/j.issn.1002-2481.2024.03.02

喀什地区复播小米的品质评价

高强¹, 杨艳^{1,2}, 路子峰¹, 严青青¹, 张龔¹,
徐麟¹, 陈润峰^{1,2}, 郑立鹏^{1,2}, 周伟³

(1. 新疆农业科学院 农作物品种资源研究所, 新疆 乌鲁木齐 830091; 2. 新疆农业大学 农学院, 新疆 乌鲁木齐 830052;
3. 新疆丰谷一路农业科技有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000)

摘要:为探究喀什地区复播的不同品种谷子小米营养品质的差异, 试验以不同来源的4个谷子品种作为分析对象, 对小米中的9种矿质元素Na、Mg、K、Ca、Mn、Fe、Cu、Zn、Se含量进行检测, 并对其4种营养指标脂肪酸、粗蛋白、粗脂肪、淀粉含量进行检测分析, 最后对其生产加工方向进行综合预测。结果表明, 各元素含量在不同品种谷子间差异显著, 其中Na含量为8.24~31.18 μg/g, Mg含量为869.42~1 580.23 μg/g, K含量为2 326.80~5 033.01 μg/g, Ca含量为110.64~395.88 μg/g, Mn含量为11.39~21.11 μg/g, Fe含量为15.94~57.46 μg/g, Cu含量为0~7.51 μg/g, Zn含量为15.10~35.94 μg/g, Se含量为0.070 7~0.176 8 μg/g。小米矿质元素总量范围为3 365.10~6 874.92 μg/g, 变异系数为25.95%; 不饱和脂肪酸含量丰富而且在不同品种间差异显著; 粗蛋白、粗脂肪、淀粉的含量范围分别是12.9%~13.69%、4.54%~6.02%、68.8%~76.76%, 变异系数分别为5.00%、11.42%和4.91%。不同品种谷子小米直链淀粉含量差异不大, 对其糊化温度与胶稠度分析后发现, 陇谷29易蒸煮、适口性更好。不同品种谷子小米的营养品质存在差异性, 陇谷29总体表现优异, 晋谷21次之, 二者均可作为企业生产的储备品种。

关键词:复播; 小米; 营养指标; 生产加工; 喀什地区

中图分类号:S515 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2481(2024)03-0009-06

Quality Evaluation Analysis of Resown Millet in Kashi Area

GAO Qiang¹, YANG Yan^{1,2}, LU Zifeng¹, YAN Qingqing¹, ZHANG Yan¹, XU Lin¹,
CHEN Runfeng^{1,2}, ZHENG Lipeng^{1,2}, ZHOU Wei³

(1. Institute of Crop Germplasm Resources, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China;
2. College of Agriculture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;
3. Xinjiang Fenggu Yi Road Agricultural Technology Co., Ltd., Urumqi 830000, China)

Abstract: In order to explore the difference of nutritional quality of different varieties of resown millet in Kashi area, in this study, four millet varieties from different sources were used as the analysis objects. The contents of nine mineral elements (Na, Mg, K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, and Se) in millet were detected, and the contents of four nutritional indexes (fatty acids, crude protein, crude fat, and starch) were analyzed. A comprehensive prediction was also made for the direction of production and processing. The results showed that the contents of each element significantly differed among different varieties of millet. The content of Na content was 8.24-31.18 μg/g; Mg content was 869.42-1 580.23 μg/g; K content was 2 326.80-5 033.01 μg/g; Ca content was 110.64-395.88 μg/g; Mn content was 11.39-21.11 μg/g; Fe content was 15.94-57.46 μg/g; Cu content was 0.00-7.51 μg/g; Zn content was 15.10-35.94 μg/g; and Se content was 0.070 7-0.176 8 μg/g. The total range of mineral elements in millet was 3 365.10-6 874.92 μg/g, with a coefficient of variation of 25.95%. Unsaturated fatty acid content was rich and significantly different between different varieties; the contents of crude protein, crude fat, and starch were 12.9%-13.69%, 4.54%-6.02%, 68.8%-76.76%, and the coefficients of variation were 5.00%, 11.42%, and 4.91%, respectively. The amylose content of different varieties of millet was not significantly different. After analyzing the gelatinization temperature and gel consistency, it was found that Longgu 29 was easy to cook and had better palatability. The nutritional quality of different varieties of millet was different. Longgu 29 had excellent overall performance, followed by Jingu 21, they could be used as a reserve variety for enterprise production.

Key words: resowing; millet; nutritional indexes; production and processing; Kashi area

收稿日期: 2023-07-13

基金项目: 科创中国(疏勒)项目; 新疆自治区科技特派员项目; “天山英才”计划新疆“三农”骨干人才培养项目(2022SNGGNT080); 新疆科技援疆计划项目(2022E02010, 2021E02007)

作者简介: 高强(1988-), 男, 新疆乌鲁木齐人, 副研究员, 硕士, 主要从事种质资源收集保存和鉴定评价研究工作。

通信作者: 徐麟(1968-), 男, 新疆乌鲁木齐人, 研究员, 主要从事种质资源收集保存和鉴定评价研究工作。

谷子 (*Setaria italica* (L.) P. Beauv) 起源于我国,是禾本科狗尾草属,是一种药食两用的杂粮作物。谷子在我国拥有悠久的种植历史,在水稻、玉米和小麦成为主要农作物以前,曾经是我国古代的主要农作物。小米是谷子加工后的产品,钠含量低,富含碳水化合物、蛋白质、脂肪、维生素及矿物质^[1-2]。小米具有保护胃黏膜,补益脾胃,治疗腹泻^[3],降血压^[4],降血脂,降血糖^[5]等多种保健作用^[6-7]。以小米为原料加工的食品也具有比较高的营养价值,比如小米糊。

小米的品质包括营养品质和食味品质。营养品质是指小米中各营养成分的含量,一般主要以其所含有的蛋白质、脂肪、淀粉、氨基酸、维生素等多种营养成分的含量为指标进行评价^[8]。小米蛋白质含量丰富,有研究表明,小米中蛋白质含量为 7.25%~17.50%,且此类蛋白属于低过敏性蛋白,非常适宜婴幼儿食用^[9]。小米中脂肪含量约 5%,其中 80%~90% 为不饱和脂肪酸^[10]。冯耐红等^[11]测定山西小米品种营养成分时发现,小米碳水化合物含量中最主要的成分是淀粉,占比约为 60%。对于食味品质,主要以直链淀粉含量、糊化温度和胶稠度为指标进行评价。刘雪梅等^[12]研究认为,小米直链淀粉含量与食味品质息息相关,并以直链淀粉含量为指标选出 9 个食味品质佳的品种。刘红等^[13]研究也得出类似结果。另外,刘红等^[13]还对小米的糊化特性进行了分析,认为糊化温度和胶稠度也是反映小米食味品质的重要指标。不同谷子品种生产的小米营养品质也不同。姬荣^[14]对榆林地区不同谷子品种生产的小米进行分析后发现,农家谷子品种生产的小米营养品质欠佳。李涌泉等^[15]分析晋北地区谷子品种后,认为晋谷 59 和晋谷 21 营养品质显著高于对照品种大白谷。张爱琴等^[16]研究表明,除遗传因素外,小米营养品质还受到环境因素的影响,并通过分析陇东地区不同来源的小米品质发现不同地区生产的小米营养品质存在很大差异。

新疆地处中国西北内陆,气候干旱,日照时间充足(年日照时数为 2 500~3 500 h)。特殊的气候地理条件非常适合耐旱耐瘠的谷子生长,而且较大的温差有利于改善小米的营养品质^[17]。目前,喀什地区有大面积的冬小麦(制种小麦)种植,每年 6 月前后小麦采收后土地进入空闲期。由于谷子生育期短,90~130 d 成熟,在土地空闲期种植谷子可以为当地农民再增加一份收入,形成了“制种小麦+复播谷子”的一年两熟的种植模式,经济效益远远

高于当地农民“制种小麦+玉米”的种植模式。谷子已经作为复播作物在南疆地区进行了大面积推广,每年种植面积 0.4 万 hm^2 以上,但是缺乏生育期短且品质优良的谷子品种^[18]。不同谷子品种生产的小米品质有很大的差异,选择具有优良品质的谷子品种进行种植并开展深加工是小米加工企业面临的一项重要任务。

本试验分析了 4 个谷子品种在喀什地区种植的营养品质和加工品质,旨在储备生产上具有优良品质的谷子品种,为加工企业提供优质的谷子原材料,筛选出适合深加工的谷子品种。

1 材料和方法

1.1 试验材料

测试的 4 个谷子品种分别引自山西和甘肃,具体品种信息见表 1。

表 1 不同谷子品种来源
Tab.1 Different sources of millet varieties

序号 Number	品种 Variety	来源 Source
1	晋谷 21	山西省农业科学院经济作物研究所
2	陇谷 23	甘肃省农业科学院作物研究所
3	陇谷 29	甘肃省农业科学院作物研究所
4	陇谷 32	甘肃省农业科学院作物研究所

1.2 试验设计

试验在新疆喀什地区疏勒县库木西力克乡 15 村 ($76^{\circ}22'E$ 、 $39^{\circ}13'N$) 进行。本试验采用随机区组设计,3 个重复。每个小区面积为 18 m^2 ($6 \text{ m} \times 3 \text{ m}$)。小区播种采用覆膜播种,一膜 4 行,行距 35 cm,每个小区种植 8 行。2022 年 6 月中旬人工点播,株距 10 cm,播深 2~3 cm,每穴播种 3~5 粒,每穴留苗 2 株,留苗株数 36 万株/ hm^2 。7 月中旬和下旬分别使用机器中耕 1 次。全生育期滴灌 5~6 次,每次用水量 $3\ 000 \sim 3\ 750 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。10 月上旬适时收获,收获去掉两边行,减少试验误差。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 矿物元素的测定 依据 GB 5009.268—2016,采用电感耦合等离子体质谱法对 4 个品种小米的矿物元素含量进行测定。每份样品重复测定 3 次,取其平均值。

1.3.2 脂肪酸组分的测定 依据 GB 5009.168—2016,采用归一化法测定小米中银杏酸(C15:1)、棕榈酸(C16:0)、硬脂酸(C18:0)、油酸(C18:1)、亚油酸(C18:2)、亚麻酸(C18:3)和花生酸(C20:0)

7种脂肪酸相对含量。根据脂肪酸甲酯标准品的相对保留时间,确定脂肪酸甲酯种类,使用面积归一化法定量测定脂肪酸含量。

1.3.3 常规营养成分的测定 粗蛋白含量测定采用凯氏定氮法。称取样品置于消化管内,加入适量硫酸及催化剂进行消化,待液体呈绿色透明状,冷却后放入自动凯氏定氮仪中,加入盐酸滴定计算粗蛋白含量。粗脂肪含量测定采用索氏提取法,利用相似相溶原理,将样品用无水乙醚从抽提筒内抽提出来,待乙醚挥发后对样品进行烘干。在干燥器中冷却至恒质量,称量计算出粗脂肪含量。采用酸水解法测定淀粉含量,样品去除脂肪及可溶性糖后,淀粉经稀硫酸催化水解生成具有还原性的单糖,测定其含量并折算为淀粉含量。

1.3.4 食味指标的测定 采用碘比色法测定淀粉中直链淀粉含量,直链淀粉与碘液生成深蓝色复合物。糊化温度、胶稠度分别按照 NY/T83—1988、GB/T 17891—1999、NY/T83—1988进行测定。

1.4 数据处理

采用 SPSS 26.0 软件及 Excel 进行数据处理及差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 矿物元素含量分析

本试验对 Na、Mg、K、Ca 这 4 种大量元素和 Mn、Fe、Cu、Zn、Se 等 5 种微量元素含量进行了检测,结果显示(表 2),不同谷子品种所含有的矿物元素含量的差异十分明显。在 4 种大量元素中,平均含量最高的是 K 元素,平均值达到了 4 071.37 $\mu\text{g/g}$,显著高于其他大量元素的含量($P<0.05$)。表明 K 元素是谷子最基础的矿物元素。相对而言,Na 元素含量最低,平均含量只有 21.64 $\mu\text{g/g}$ 。Na 与 K 元素含量的比为 1:188,形成了典型的 K 元素含量高而 Na 元素含量低的分布形态。这种分布规律对预防高血压疾病有很大的作用,这也是小米为何受到高血压患者青睐的原因。

表 2 不同品种矿物元素含量
Tab.2 Mineral element content of different varieties

元素 Element	陇谷 32 Longgu 32	晋谷 21 Jingu 21	陇谷 23 Longgu 23	陇谷 29 Longgu 29	平均值 Mean	最大值 Max	最小值 Min	变异系数/% CV
Na	23.77±1.30b	31.18±2.25a	8.24±0.25c	23.36±3.34b	21.64±8.89	31.18	8.24	41.08
Mg	1 566.97±171.18a	1 580.23±48.44a	869.42±70.85b	1 477.88±98.07a	1 373.62±320.23	1 580.23	869.42	23.31
K	5 033.01±266.80a	4 640.71±359.02ab	2 326.80±170.65c	4 284.98±211.02b	4 071.37±1 110.35	5 033.01	2 326.80	27.27
Ca	143.53±11.49c	395.88±30.63a	110.64±10.48c	230.18±29.65b	220.06±117.03	395.88	110.64	53.18
Mn	18.03±1.31a	21.11±2.76a	11.39±0.31b	18.12±1.17a	17.16±3.97	21.11	11.39	23.14
Fe	48.37±2.82b	15.94±1.03d	23.46±2.95c	57.46±3.75a	36.31±18.05	57.46	15.94	49.71
Cu	5.22±0.18b	7.51±0.31a	0	4.04±0.12c	4.19±2.85	7.51	0	68.02
Zn	35.94±1.51a	29.75±2.39b	15.10±0.73c	30.31±1.55b	27.78±8.17	35.94	15.10	29.41
Se	0.090 1±0.005 4b	0.176 8±0.022 9a	0.070 7±0.023 6b	0.160 1±0.004 2a	0.124 5±0.049 1	0.176 8	0.070 7	39.44
总量 Total content	6 874.92±236.06a	6 722.47±393.84a	3 365.10±218.57c	6 126.50±144.91b	5 772.25±1 497.73	6 874.92	3 365.10	25.95

注:同行数据后面不同小写字母表示不同品种间差异显著($P<0.05$)。下表同。

Note: Different lowercase letters after the same peer data indicated that there were significant differences between different varieties($P<0.05$). The same as below.

另外,5种微量元素的含量整体较低。按照平均含量由高到低的顺序依次为 Fe>Zn>Mn>Cu>Se。其中,Fe 元素的平均含量为 36.31 $\mu\text{g/g}$,Se 的平均含量最低,仅为 0.124 5 $\mu\text{g/g}$ 。通过对不同品种矿物元素进行单因素方差分析可知,同一种矿物元素在不同品种的谷子中存在显著差异($P<0.05$)。

9种矿物元素含量的变异系数范围为 23.14%~68.02%,其中,Cu 元素的变异系数高达 68.02%。

究其原因可能是由于晋谷 21 中 Cu 含量显著高于其他品种($P<0.05$),而陇谷 23 中又未检测到 Cu 元素。品种间相互比较分析发现,晋谷 21 当中的 Na、Ca 和 Cu 含量都显著高其他品种($P<0.05$);陇谷 32 的 K 和 Zn 含量显著高其他品种($P<0.05$);陇谷 29 的 Fe 含量显著高其他品种($P<0.05$);晋谷 21 和陇谷 29 的 Se 含量高于其他 2 个品种;陇谷 23 当中的 Mg 和 Mn 含量显著低于其他品种($P<0.05$)。

2.2 脂肪酸含量分析

4 种谷子品种的脂肪酸类型主要包括:C15:1、C16:0、C18:0、C18:1、C18:2、C18:3、C20:0,其含量如表 3 所示。上述 7 种脂肪酸可以分为 2 类,即饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸。C16:0、C18:0 和 C20:0 这 3 种脂肪酸属于饱和脂肪酸,其余的属于不饱和脂肪酸。比较 4 个谷子品种的 7 种脂肪酸平均含量发现,C18:2 类型的脂肪酸含量最高,占 68.17%。它是一种人体自身不能合成的必需脂肪酸,具有降血脂、降血压和防治心血管疾病的保健效果,对维持人体各项基本生理活动也具有重要作用。C18:1 含量次之,为 17%。C16:0、C18:0、C18:3 的平均

含量都在 1%~10% 而 C15:1 和 C20:0 的含量均小于 1%。通过对这些品种的脂肪酸含量进行分析发现 C15:1、C16:0、C18:3、C20:0 这 4 种脂肪酸在 4 个谷子品种中的含量比较稳定,变幅分别为 0.09%~0.11%、7.28%~8.45%、2.15%~2.92%、0.29%~0.61%。C18:0 的变异系数为 86.5%,显著高于其他几种脂肪酸($P<0.05$),这是由于陇谷 23 中含量远远高于其他品种所致。C18:1 的含量在各品种间差异显著,而且陇谷 29 显著高于其他品种($P<0.05$)。C18:2 含量在各品种间也差异显著($P<0.05$),晋谷 21 中最高。

表 3 不同品种的脂肪酸含量
Tab.3 Fatty acid content of different varieties

脂肪酸 Fatty acid	晋谷 21 Jingu 21	陇谷 23 Longgu 23	陇谷 29 Longgu 29	陇谷 32 Longgu 32	平均值 Mean	最大值 Max	最小值 Min	变异系 数 CV
C15:1	0.088 7±0.002 7c	0.103 6±0.001 0b	0.106 3±0.002 2b	0.112 4±0.003 3a	0.102 8±0.009 4	0.112 4	0.088 7	9.14
C16:0	8.442 9±0.031 5a	7.276 2±0.016 7c	8.366 3±0.022 8b	8.451 2±0.005 6a	8.134 2±0.518 8	8.451 2	7.276 2	6.38
C18:0	1.703 2±0.005 6d	8.966 6±0.010 6a	1.863 2±0.002 0c	2.215 8±0.004 8b	3.687 2±3.189 5	8.966 6	1.703 2	86.50
C18:1	17.834 7±0.063 0c	13.626 8±0.009 8d	18.665 8±0.017 2a	17.901 2±0.014 3b	17.007 1±2.067 0	18.665 8	13.626 8	12.15
C18:2	69.230 3±0.074 8a	66.820 4±0.022 4d	68.080 2±0.025 2c	68.564 1±0.005 3b	68.173 7±0.921 5	69.230 3	66.820 4	1.35
C18:3	2.151 0±0.019 7d	2.916 5±0.001 0a	2.308 8±0.004 0b	2.209 9±0.000 7c	2.396 5±0.319 2	2.916 5	2.151 0	13.32
C20:0	0.549 1±0.126 2a	0.289 9±0.000 8b	0.609 5±0.003 8a	0.545 3±0.002 7a	0.498 5±0.139 4	0.609 5	0.289 9	27.96

2.3 常规营养成分分析

为了对 4 个谷子品种常规营养成分含量进行比较,本试验测定了粗蛋白、粗脂肪和淀粉等指标,结果如表 4 所示,4 个品种小米中粗蛋白、粗脂肪和淀粉平均含量分别为 13.38%、5.21% 和 71.63%,除粗脂肪的变异系数略大于 10% 以外,其

余 2 个指标均小于 10%,这表明 3 个指标在不同品种小米间差异较小。其中,粗蛋白含量在这 4 个谷子品种间差异不显著。粗脂肪含量在这 4 个谷子品种间差异显著($P<0.05$),陇谷 29 的粗脂肪含量显著高于其他品种($P<0.05$);陇谷 32 的淀粉含量显著高于其他品种($P<0.05$)。

表 4 常规营养成分含量
Tab.4 Analysis conventional nutrient content

样品 Sample	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	淀粉 Starch	样品 Sample	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	淀粉 Starch
陇谷 32 Longgu 32	13.692 8± 0.391 8a	4.909 9± 0.118 8c	76.756 7± 1.995 4a	平均值 Mean	13.379 0± 0.668 4	5.211 9± 0.595 0	71.625 0± 3.516 4
陇谷 23 Longgu 23	13.270 2± 0.639 6a	4.544 7± 0.290 0d	70.670 0± 2.475 2b	最大值 Max	13.692 8	6.019 3	76.756 7
陇谷 29 Longgu 29	12.904 0± 1.001 2a	6.019 3± 0.061 9a	70.276 7± 0.976 5b	最小值 Min	12.904 0	4.544 7	68.796 7
晋谷 21 Jingu 21	13.648 9± 0.528 4a	5.373 6± 0.153 9b	68.796 7± 1.162 0b	变异系数 CV	5.00	11.42	4.91

2.4 食味品质分析

小米作为一种食品,其食味品质是影响消费者选择的重要因素。为探究 4 种谷子品种生产的小米食味品质的区别,本试验对其直链淀粉含量、糊

化温度和胶稠度 3 个指标进行测定,结果如表 5 所示,3 个指标的变异系数均小于 5%,表明这 3 个指标在不同谷子品种生产的小米之间差异较小。本研究中,4 个谷子品种的直链淀粉含量变幅均较小,

在19%~20%,且各品种间差异不显著。但对于糊化温度而言,陇谷32和陇谷23的糊化温度显著高于陇谷29与晋谷21($P<0.05$)。根据糊化温度的特性,其温度越低,小米越容易煮烂,口感也更好,说明陇谷29与晋谷21的品质更好。另外,4个谷子品种生产的小米胶稠度分析结果表明,陇谷23和陇谷29的胶稠度显著高于另外2个品种($P<0.05$)。

表5 食味品质指标
Tab.5 Food quality index

样品 Sample	直链淀粉/% Amylose	糊化温度/°C Gelatinization temperature	胶稠度/mm Gum consistency
陇谷32 Longgu 32	19.048 1± 0.543 4a	82.166 7± 0.493 3a	14.700 0± 0.000 0b
陇谷23 Longgu 23	19.356 3± 0.603 1a	82.133 3± 0.568 6a	15.133 3± 0.057 7a
陇谷29 Longgu 29	19.820 1± 0.452 9a	80.666 7± 0.208 2b	14.900 0± 0.100 0a
晋谷21 Jingu 21	19.929 3± 0.589 0a	80.033 3± 0.472 6b	14.366 7± 0.152 7c
平均值 Mean	19.538 4± 0.598 4	81.250 0± 1.044 0	14.775 0± 0.304 9
最大值 Max	19.929 3	82.166 7	15.133 3
最小值 Min	19.048 1	80.033 3	14.366 7
变异系数/%	3.06	1.28	2.06

3 结论与讨论

矿质元素对人体具有非常重要的作用。其中,高K低Na的食物对预防或缓解高血压症状十分有利^[19];缺乏Fe元素可能会导致出现缺铁性贫血;而摄入Se元素有利于抗氧化、抗衰老、提高免疫力等。已有研究表明,小米是典型的高K低Na食物,非常适宜高血压人群食用^[20]。本研究在Fe元素的分析结果中,陇谷29的含量最高,为57.46 μg/g,略高于杨梦涵等^[21]测定的Fe元素平均含量,在Se元素含量分析结果中,晋谷21和陇谷29等2个品种都比较高,分别为0.176 8、0.160 1 μg/g,高于崔纪菡等^[22]测定的小米Se元素含量。综合比较几种矿质元素在不同谷子品种中的分布情况表明,晋谷21和陇谷29的营养品质相对较高。

脂肪酸分为饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸2种类型,小米的不饱和脂肪酸一般占比80%左右,其中C18:2是对人体十分重要的一种必需脂肪酸,对于中老年人可以起到降压降脂、防治心血管疾病等作用,对于婴幼儿可起到促进视网膜和大脑发育等作用^[9]。本试验中,晋谷21的C18:2含量最高,为

69.23%,高于张爱琴等^[16]在陇东地区试种的9个谷子品种的平均含量,但低于冯小磊等^[23]在张家口试种的9个谷子品种的平均含量,这可能与供试材料的遗传背景差异以及不同种植地光照时间和积温等环境条件差异有关。综合来看,晋谷21在脂肪酸含量上具有一定的加工潜力。

根据近年来大众的口味变化,市场上易蒸煮、适口性好的小米显然更受欢迎。有研究表明,糊化温度与小米的蒸煮特性相关,越低则小米越易煮烂;而胶稠度与小米的适口性相关,越高则食味性越好。本试验中,陇谷29的食味品质恰好符合这一要求。任彩霞^[9]研究发现,油脂含量越高,小米的品质越好。本研究中,陇谷29的粗脂肪含量显著高于其他品种,与任彩霞^[9]的研究结果一致。

小米作为一种杂粮,目前在生产上除了要求淀粉、脂肪、蛋白质等基础指标外,对微量元素、不饱和脂肪酸含量等指标也十分重视。另外,为了迎合大众的需求和口味,可能还要考虑香味、口感和是否易蒸煮等因素。本研究表明,陇谷29不仅在基础指标上表现优异,还具有较高的Fe和Se含量,但其不饱和脂肪酸含量略低。与此相反,晋谷21虽然在微量元素含量上略有欠缺,但其不饱和脂肪酸含量较高,尤其是C18:2的含量显著高于其他品种。后期也许可以通过人工杂交或分子杂交的手段,选育出同时具备这2个品种优势的谷子品种。

陇谷29的Fe、Se含量高,可以改善人体内血红蛋白水平、提高免疫力;除此之外,它还易蒸煮,适口性也比较好,适合作为加工婴幼儿米粉的原料。晋谷21 Ca、Se含量相对较为丰富,还拥有大量的不饱和脂肪酸,不仅有利于老年人补充钙质、增强体质,还能起到降压、降脂、防治心血管疾病等作用,适合作为加工中老年米粉的原料。综合分析,陇谷29和晋谷21这2个品种适合加工,可以作为深加工生产的储备品种。

参考文献:

- [1] 李君霞,马小倩,代书桃,等. 谷子品质性状研究进展[J]. 河南农业科学,2023,52(9):14-23.
LI J X, MA X Q, DAI S T, et al. Research progress on quality traits of foxtail millet[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2023, 52(9): 14-23.
- [2] 李涌泉,赵悠悠,孙学良,等. 晋北谷子农艺性状和营养品质的适应性评价[J]. 山西农业科学,2023,51(6):645-652.
LI Y Q, ZHAO Y Y, SUN X L, et al. Adaptability evaluation of agronomic traits and nutrient quality of millet in northern Shanxi province[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2023, 51(6): 645-652.

- [3] 陈树俊,郝民权,张丽珍. 小米制品对番泻叶致小鼠腹泻的缓解作用[J]. 食品工业科技,2023,44(10):362-368.
CHEN S J,HAO M Q,ZHANG L Z. Alleviating effect of millet products on diarrhea induced by *Senna* leaf in mice[J]. Science and Technology of Food Industry,2023,44(10):362-368.
- [4] 刘建奎,常柳,段晓亮,等. 谷子的生产概况及其保健功能与机理研究进展[J]. 食品工业科技,2022,43(5):389-395.
LIU J L,CHANG L,DUAN X L, et al. Foxtail millet: production status, advances in health benefits and its mechanism[J]. Science and Technology of Food Industry,2022,43(5):389-395.
- [5] 尹瑞畅,李星,胡锦涛,等. 小米提取物及其消化液的抗氧化和降糖作用[J]. 中国食品学报,2021,21(11):14-21.
YIN R Y,LI X,HU J R, et al. Antioxidant and hypoglycemic effects of millet extract and its digestive solution[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology,2021,21(11):14-21.
- [6] 刘锐,李松函,聂莹,等. 营养导向的全谷物产业思考[J]. 中国粮油学报,2021,36(7):182-187.
LIU R,LI S H,NIE Y, et al. Thoughts on nutrition-oriented whole grain industry[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association,2021,36(7):182-187.
- [7] 李汉卿,王瑾,史江颖,等. 谷子源可溶性膳食纤维对肝癌细胞 HepG2 的抑制作用[J]. 山西大学学报(自然科学版),2022,45(4):1099-1106.
LI H Q,WANG J,SHI J Y, et al. Inhibitory effect of soluble dietary fiber from foxtail millet on HepG2 of hepatoma cell[J]. Journal of Shanxi University(Natural Science Edition),2022,45(4):1099-1106.
- [8] 张艾英,郭二虎,刁现民,等. 不同气候和土壤对小米品质的影响[J]. 中国农业科学,2019,52(18):3218-3231.
ZHANG A Y,GUO E H,DIAO X M, et al. Effects of different types of climate and soil on foxtail millet quality[J]. Scientia Agricultura Sinica,2019,52(18):3218-3231.
- [9] 任彩霞. 小米的营养及其在婴幼儿食品中应用的研究进展[J]. 保鲜与加工,2022,22(5):101-106.
REN C X. Research progress on nutrition of millet and its application in infant food[J]. Storage and Process,2022,22(5):101-106.
- [10] 何勇林,刘丹,王帅,等. 小米营养成分制备方法研究进展[J]. 食品安全质量检测学报,2017,8(6):2041-2046.
HE Y L,LIU D,WANG S, et al. Research progress on preparation of millet nutritional components[J]. Journal of Food Safety & Quality,2017,8(6):2041-2046.
- [11] 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,2020,41(8):224-229.
FENG N H,HOU D H,YANG C Y, et al. Evaluation of main nutrients and amino acid components of different varieties of foxtail millet[J]. Science and Technology of Food Industry,2020,41(8):224-229.
- [12] 刘雪梅,潘少香,闫新焕,等. 我国小米优势产区特色品种淀粉含量与组成的差异分析[J]. 中国果菜,2021,41(12):43-48.
LIU X M,PAN S X,YAN X H, et al. Analysis of starch content and composition in millet varieties from advantageous areas of China[J]. China Fruit & Vegetable,2021,41(12):43-48.
- [13] 刘红,李会霞,成锴,等. 不同品种(系)小米食味品质评价[J]. 山西农业科学,2022,50(9):1256-1260.
LIU H,LI H X,CHENG K, et al. Eating quality evaluation of different millet varieties (lines) [J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences,2022,50(9):1256-1260.
- [14] 姬荣. 榆林地区 5 个谷子品种营养品质特性的比较分析[J]. 榆林学院学报,2023,33(2):42-46.
JI R. Comparative analysis of nutritional quality characteristics of five millet cultivars in Yulin[J]. Journal of Yulin University,2023,33(2):42-46.
- [15] 李涌泉,金赞,李佳月,等. 晋北谷子农艺和营养品质性状的相关性分析[J]. 中国农学通报,2022,38(29):22-30.
LI Y Q,JIN Y,LI J Y, et al. Correlation analysis of agronomic and nutrient quality characters of millet in northern Shanxi[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2022,38(29):22-30.
- [16] 张爱琴,郭斌,柳利龙,等. 甘肃省陇东地区小米营养成分分析与综合评价[J]. 食品安全质量检测学报,2022,13(23):7788-7797.
ZHANG A Q,GUO B,LIU L L, et al. Analysis and comprehensive evaluation of nutritional components of millets from Longdong area in Gansu province[J]. Journal of Food Safety & Quality,2022,13(23):7788-7797.
- [17] 张庭军,李东方,赵凯,等. 春谷中晚熟品种在北疆地区的推广[J]. 新疆农垦科技,2023,46(1):6-9.
ZHANG T J,LI D F,ZHAO K, et al. Popularization of middle and late maturity varieties in spring valley in northern Xinjiang [J]. Xinjiang Farm Research of Science and Technology,2023,46(1):6-9.
- [18] 赵云,冯国郡,胡相伟,等. 新疆喀什地区适栽抗除草剂复播谷子品种筛选初报[J]. 作物杂志,2023(3):126-133.
ZHAO Y,FENG G J,HU X W, et al. Preliminary report on selection of herbicide-resistant foxtail millet varieties suitable for planting in Kashgar,Xinjiang[J]. Crops,2023(3):126-133.
- [19] 简华君,乔方. 神秘果种子和叶子中营养成分和挥发性物质分析[J]. 保鲜与加工,2018,18(5):149-155.
JIAN H J,QIAO F. Analysis of nutritional and volatile components in seeds and leaves of *Synsepalum dulcificum* [J]. Storage and Process,2018,18(5):149-155.
- [20] 屈凌波,刘金荣,张康逸. 小米营养成分研究进展[J]. 农产品加工,2024(3):89-91.
QU L B,LIU J R,ZHANG K Y. Research progress on nutritional components of different varieties millet[J]. Farm Products Processing,2024(3):89-91.
- [21] 杨梦涵,高慧,姚锐,等. 冀东地区 10 个谷子品种籽粒矿物质和氨基酸主成分及聚类分析[J]. 河北科技师范学院学报,2021,35(2):8-14.
YANG M H,GAO H,YAO R, et al. Principal component and cluster analysis of mineral elements and amino acid contents of ten millet varieties in eastern Hebei province[J]. Journal of Hebei Normal University of Science & Technology,2021,35(2):8-14.
- [22] 崔纪菡,赵宇,刘猛,等. 不同品种小米矿物质含量差异分析[J]. 中国农业科技导报,2017,19(8):84-91.
CUI J H,ZHAO Y,LIU M, et al. Mineral chemical analysis of different foxtail millet (*Setaria italica* L. Beauv) cultivars[J]. Journal of Agricultural Science and Technology,2017,19(8):84-91.
- [23] 冯小磊,史高雷,张晓磊,等. 不同小米品种氨基酸与脂肪酸营养含量分析[J]. 食品工业,2020,41(7):340-344.
FENG X L,SHI G L,ZHANG X L, et al. Analysis of amino acid and fatty acid contents in different varieties of millet[J]. The Food Industry,2020,41(7):340-344.