

曾生元,杜灿灿,胡庆峰,等. 镇糯系列糯稻品种的主要品质特性[J]. 江苏农业科学,2022,50(18):215-220.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.18.033

# 镇糯系列糯稻品种的主要品质特性

曾生元,杜灿灿,胡庆峰,李 闯,景德道,林添资,余 波,钱华飞,孙立亭,周义文,

费云燕,韩华新,杨 军,巫章平,龚红兵

(江苏丘陵地区镇江农业科学研究所,江苏句容 212400)

**摘要:**为明确镇糯品种的主要品质特征及其与优质糯稻品种苏御糯之间的差异,探究差异形成的原因,以 6 个镇糯系列品种及苏御糯为试验材料,调查它们之间粒型及外观品质、碾磨品质、化学成分、蒸煮食味等品质性状的差异,分析其化学成分与蒸煮食味品质间的相关性。结果表明,苏御糯具有优异的稻米外观品质,直链淀粉含量及糊化温度较低,但其蛋白质含量高,米粉的黏滞性特征值较低,消减值较高;5 个新近育成镇糯品种的加工品质、蒸煮品质较早期镇糯品种镇糯 2 号有了显著改良,其中镇糯 29 号及镇糯 20 号的综合品质优于苏御糯。相关分析表明:在糯稻背景下,蛋白质含量与米粉黏度存在显著负相关关系,直链淀粉含量则主要影响糯米的糊化特性,总淀粉含量、脂肪含量与糯米蒸煮食味品质的相关性不显著。降低表观直链淀粉及蛋白质含量是进一步提升江苏省糯米理化品质的 2 个关键举措。

**关键词:**糯稻;化学成分;品质;相关性

**中图分类号:** S511.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2022)18-0215-06

糯米广泛用于制作传统小吃、加工食品、酿酒、制醋等产业,也是稻谷工业用粮的主要原料<sup>[1]</sup>。江苏省糯稻种植历史悠久,粳糯稻种质资源丰富,其中包括知名优质糯稻品种苏御糯等<sup>[2]</sup>。江苏丘陵地区镇江农业科学研究所所在粳糯品种选育方面有深厚的积淀,20 世纪 70 年代及 90 年代育成的桂花糯、镇糯 2 号曾长期作为江苏省糯稻的主栽品种,在生产上发挥重要作用。进入 21 世纪后,又成功培育出了广适型高产糯稻品种镇糯 19 号<sup>[3]</sup>。镇糯 19 号一面世,就快速成为苏皖晚粳稻区糯稻主栽品种,是 2017 年至今全国唯一在 1 年内推广面积超过 6.67 万  $\text{hm}^2$  的糯稻品种。此后,以镇糯 19 号为亲本,又培育出了镇糯 20 号<sup>[4]</sup>、镇糯 22 号、镇糯 762、镇糯 29 号等一系列糯稻品种,当前镇糯系列品种种植面积占苏皖晚粳稻区糯稻总面积的 3/4 左右。

随着我国人民生活水平的提高,消费结构与市

场的变化,对优质糯稻谷的需求量持续增加,优良的品质是糯稻品种获得市场认可的关键。稻米品质主要从碾磨品质、外观品质、营养品质、蒸煮食味品质等 4 个方面来进行评价。碾磨品质与外观品质是糯米能否进入市场的第 1 道关口,闵捷等综合分析 20 世纪 80 年代以来育成的 570 份糯稻品种品质后认为,提高加工品质特别是整精米率是改良糯稻品质的重点<sup>[5]</sup>。蒸煮食味品质则是稻米品质的最重要指标,直链淀粉含量(amylose content, AC)、胶稠度(gel consistency, GC)、糊化温度(gelatinization temperature, GT)是最早被认为衡量稻米蒸煮食味品质的三大理化指标,RVA 谱与稻米的食味品质、淀粉合成关键酶活性等高度相关,已成为评价稻米食味品质优劣的重要指标<sup>[6-8]</sup>。影响稻米蒸煮食味品质的内在因素是稻米中各化学成分的含量及其结构,淀粉是稻米中最主要的成分,在很大程度上决定着稻米品质,而糯稻作为栽培稻的黏性变种,其最主要的特点是胚乳淀粉以支链淀粉为主( $\geq 98\%$ ),直链淀粉含量很低。蛋白质在稻米中的含量仅次于淀粉,对稻米的蒸煮食味品质影响很大,一般认为蛋白质含量超过 9.0% 的品种,其风味往往较差<sup>[9]</sup>。与淀粉及蛋白质相比,虽然稻米中脂肪含量很少,但据报道它对稻米品质也有重要影响<sup>[10]</sup>。本研究通过综合分析 6 个镇糯品种与太湖

收稿日期:2022-03-31

基金项目:江苏省重点研发计划(编号:BE2021372);江苏省种业振兴“揭榜挂帅”项目[编号:JBGS(2021)037];江苏省作物基因组学和分子育种重点实验室开放课题(编号:PL202006)。

作者简介:曾生元(1984—),男,江西于都人,硕士,副研究员,从事水稻遗传育种研究。E-mail:13914590415@126.com。

通信作者:龚红兵,研究员,从事水稻遗传育种工作。E-mail:1179809265@qq.com。

地区优质糯稻代表品种苏御糯主要品质性状的特征、差异性及其与化学成分的相关性,以期为糯稻品质改良提供借鉴。

## 1 材料与方法

### 1.1 水稻材料与田间管理

供试糯稻品种 7 个,其中镇糯 6 个品种,包括镇糯 19 号、镇糯 20 号、镇糯 762、镇糯 29 号、镇糯 2 号和镇糯 22 号,以太湖地区优质糯稻品种苏御糯为对照。

所有材料于 2020 年正季种植于江苏省句容市江苏丘陵地区镇江农业科学研究所试验基地,每份材料种植 100 株,行株距为 17 cm × 17 cm,田间管理按常规方法进行,适时收获后风干保存 30 d 以上,使含水量保持在 14% 左右。

### 1.2 粒型观测

采用万深 SC-G 型自动考种分析及千粒质量仪测定稻谷籽粒的粒长、粒宽、千粒质量等粒型指标。

### 1.3 稻米碾磨品质

从每份材料的收获样品中随机称取净稻谷 450 g,先用 FC2R 型砬谷机(日本 OTAKE 公司)碾成糙米,然后称质量,计算糙米率,糙米率 = 糙米质量/净稻谷质量 × 100%,重复 2 次,取平均值,即为该品种的糙米率;再用 VP-32 型精米机(日本 Yamamoto 公司)将糙米碾成精米,完全去除种皮、果皮、糊粉层和胚后,称质量,计算精米率,精米率 = 精米质量/净稻谷质量 × 100%,重复 2 次,取平均值,即为该品种的精米率;最后从精米中筛选出整精米粒,称质量,计算整精米率,整精米率 = 整精米质量/净稻谷质量 × 100%,重复 2 次,取平均值,即为该品种的整精米率。

### 1.4 精米中各主要成分的测定

1.4.1 直链淀粉及总淀粉含量的测定 参照中华人民共和国农业行业标准 NY/T 83—2017<sup>[11]</sup>测定稻米直链淀粉含量,4 个标准样品(AC 含量:1.5%、10.6%、16.4% 和 25.6%)购自中国水稻研究所。米粉总淀粉含量(total starch content, TSC)按照试剂盒(爱尔兰 Megazyme 公司)说明进行测定。

1.4.2 蛋白质及组分含量的测定 参照 Yang 等的方法<sup>[9]</sup>,采用凯氏定氮法测定米粉中的全氮含量,再乘以换算系数 6.25,计算得到蛋白质含量(protein content, PC);采用聚丙烯酰胺凝胶电泳

(SDS-PAGE)法观测蛋白质及组分。

1.4.3 脂肪含量的测定 本研究参照 Welti 等提示的方法<sup>[12]</sup>测定精米中的脂肪含量(lipid content, LC)。

### 1.5 蒸煮食味品质测定

1.5.1 胶稠度与碱消值 参照中华人民共和国农业行业标准 NY/T 83—2017<sup>[11]</sup>测定稻米胶稠度及碱消值(alkali spreading value, ASV),采用碱消值评估糊化温度。

1.5.2 RVA 谱 采用澳大利亚 Newport Scientific 仪器公司生产的 RVA-4 型 RVA 快速测定仪测定淀粉黏滞性,用 TCW(thermal cycle for windows)配套软件进行分析。RVA 谱特征值用峰值黏度(peak viscosity, PKV)、热浆黏度(hot paste viscosity, HPV)、冷胶黏度(cool paste viscosity, CPV)、崩解值(breakdown value, BDV)、消减值(setback value, SBV)、回复值(consistence value, CSV)、峰值时间(peak time, PeT)和起糊温度(pasting temperature, PaT)表示。黏滞性值以 centiPoise(cP)为单位。

### 1.6 数据分析

利用 Microsoft Excel 和 SPSS 17.0 数据处理系统对数据进行分析,采用 Duncan's 新复极差法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同糯稻品种粒型与外观品质、碾磨品质及相关分析

比较 7 份糯稻材料的粒型及外观品质可知,对照苏御糯稻谷千粒质量达到 36 g 左右,稻谷长宽比为 2.7 左右,偏长粒,糯米纯白,籽粒显著大于 6 个镇糯品种,外观品质优异;6 个镇糯品种千粒质量在 25.58 ~ 26.80 g 之间,稻谷长宽比 ≤ 2.3,呈椭圆形,其中镇糯 20 号、镇糯 29 号白度与苏御糯相当(表 1、图 1)。在碾磨品质方面,参照中华人民共和国农业行业标准 NY/T 593—2021《食用稻品种品质标准》<sup>[13]</sup>,对照苏御糯整精米率达农业农村部二级标准,6 个镇糯品种整精米率除镇糯 2 号不达标外,其他 5 个整精米率在 69.38% ~ 73.23% 之间,均达农业农村部一级标准,其中镇糯 29 号高达 73.23%。进一步分析主要碾磨品质与粒型的相关性,粒长与出糙率达显著负相关(相关系数  $r = -0.769$ ),粒宽和长宽比与碾磨品质的相关性不显著。

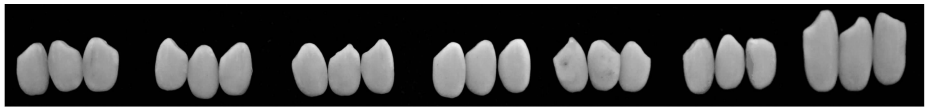
### 2.2 不同糯稻品种主要化学成分及其关联

7 个品种糯米干基的直链淀粉含量在 1.45% ~

表 1 供试材料的粒型及主要碾磨品质

品种名称	千粒质量 (g)	粒长 (mm)	粒宽 (mm)	长宽比	出糙率 (%)	整精米率 (%)
镇糯 19 号	26.36 ± 0.16bc	7.52 ± 0.73a	3.69 ± 0.32c	2.05 ± 0.01a	81.64 ± 0.35c	70.43 ± 0.39de
镇糯 20 号	26.80 ± 0.36c	7.66 ± 0.64a	3.67 ± 0.28c	2.09 ± 0.01ab	81.73 ± 0.22c	69.72 ± 0.20cd
镇糯 762	26.06 ± 0.29ab	7.66 ± 0.61a	3.67 ± 0.30c	2.10 ± 0.02b	82.07 ± 0.16c	71.23 ± 0.05e
镇糯 29 号	26.11 ± 0.21b	7.55 ± 0.78a	3.50 ± 0.35a	2.17 ± 0.02c	82.72 ± 0.08d	73.23 ± 0.08f
镇稻 2 号	25.58 ± 0.32a	7.58 ± 0.59a	3.69 ± 0.31c	2.07 ± 0.02ab	79.91 ± 0.16b	59.84 ± 0.31a
镇糯 22 号	26.34 ± 0.40bc	8.08 ± 0.78b	3.56 ± 0.39b	2.30 ± 0.04d	80.33 ± 0.16b	69.38 ± 0.16c
苏御糯	36.38 ± 0.14d	10.16 ± 0.85c	3.82 ± 0.33d	2.68 ± 0.03e	78.72 ± 0.27a	68.56 ± 0.69b

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著,下同。



1~7 分别为镇糯 19 号、镇糯 20 号、镇糯 762、镇糯 29 号、镇稻 2 号、镇糯 22 号、苏御糯

图1 7 份材料糯米的外观

2.57% 之间,镇糯 20 号、29 号与对照苏御糯同处最低水平,镇糯 19 号、镇糯 762 居中,镇稻 2 号、镇糯 22 号最高;总淀粉含量在 83.30% ~ 86.28% 之间,变异系数仅 1.3%,镇糯品种总淀粉含量均高于对照苏御糯,以镇糯 20 号最高;脂肪含量在 0.53% ~ 0.73% 之间,变异系数为 12.9%,以镇糯 19 号最高,苏御糯和镇糯 762 次之,镇糯 29 号最低;总蛋白质含量在 7.06% ~ 10.50% 之间,变异系数为 14.5%,镇糯 29 号总蛋白质含量最低,为 7.06%。

对照苏御糯总蛋白质含量最高,达 10.50%,显著高于其他 6 个镇糯品种(表 2)。进一步分析蛋白质组分,镇稻 2 号谷蛋白含量与对照苏御糯相当,高于其他 4 个镇糯品种,6 个镇糯品种醇溶蛋白含量均低于对照苏御糯(图 2)。相关分析显示,总淀粉含量与总蛋白含量的相关性达极显著负相关( $r = -0.908$ ),而其他指标间(包括直链淀粉含量与总淀粉含量之间)的相关性不显著。

表 2 供试材料的主要化学组成

品种名称	直链淀粉含量	总淀粉含量	总蛋白含量	脂肪含量
镇糯 19 号	2.08 ± 0.03b	85.56 ± 0.25c	7.37 ± 0.01b	0.73 ± 0.00e
镇糯 20 号	1.50 ± 0.06a	86.28 ± 0.11e	7.44 ± 0.01c	0.69 ± 0.01c
镇糯 762	2.00 ± 0.05b	85.72 ± 0.05cd	7.71 ± 0.01d	0.71 ± 0.01cd
镇糯 29 号	1.45 ± 0.04a	86.09 ± 0.02de	7.06 ± 0.01a	0.53 ± 0.01a
镇稻 2 号	2.46 ± 0.06c	83.95 ± 0.48b	9.18 ± 0.00f	0.63 ± 0.01b
镇糯 22 号	2.57 ± 0.18c	84.32 ± 0.05b	7.97 ± 0.01e	0.54 ± 0.01a
苏御糯	1.45 ± 0.08a	83.30 ± 0.00a	10.50 ± 0.01g	0.71 ± 0.01d

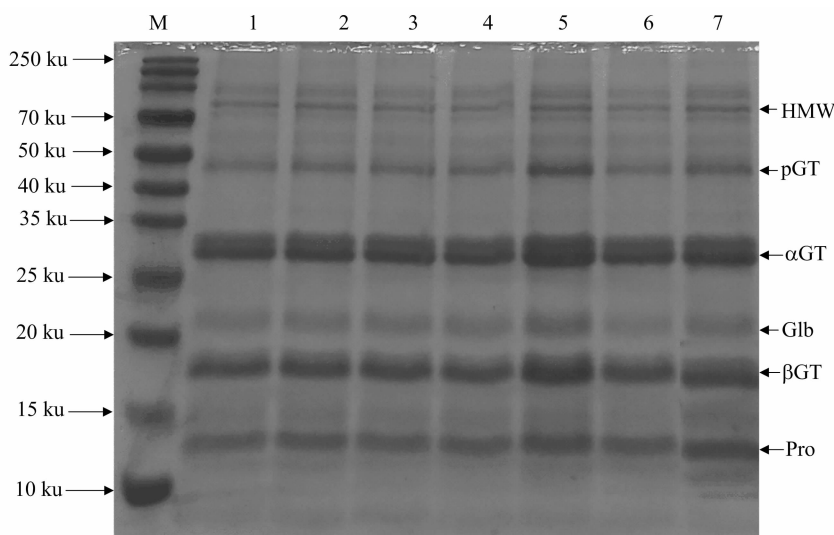
2.3 蒸煮食味品质

众所周知糯稻的胶稠度大多要高于非糯品种。本研究显示,所有糯稻品种 GC 均大于 94 mm,变异系数为 1.9%,除镇糯 29 号显著高于其他品种外(100 mm),苏御糯与其他 4 个镇糯品种间的差异未达到显著水平。

碱消值是碱液对完整米粒的侵蚀程度,通常数值越高则表示越容易被侵蚀,其糊化温度越低。本研究显示所有糯稻品种 ASV 均大于 6.0,处于较高

水平,变异系数为 4.0%,其中镇稻 2 号、镇糯 22 号的 ASV 值处于最低水平,说明其糊化温度较高,镇糯 19 号、镇糯 20 号、镇糯 29 号与苏御糯处于最高水平,表明这 4 个品种的糊化温度较低。

7 个品种的 RVA 谱黏度特征值差异性较大,其中 PKV 在 799.5 ~ 2 150.5 cP 间,极差为 1 351 cP,变幅最大;HPV、BDV、CPV、SBV、CSV 的变异系数亦达到 20% 以上,经单向分组资料方差分析(ANOVA),所有指标检验差异均达显著水平。对照



M 为蛋白质分子量标准; 1~7 号泳道分别为镇糯 19 号、镇糯 20 号、镇糯 762、镇糯 29 号、镇糯 2 号、镇糯 22 号及苏御糯; HMW—高分子量蛋白; pGT—谷蛋白前体; αGT—谷蛋白 α 亚基; Glb—球蛋白; βGT—谷蛋白 β 亚基; Pro—醇溶蛋白

图2 供试材料蛋白质组分的 SDS-PAGE 电泳结果

苏御糯具有与 6 个镇糯品种显著不同的 RVA 特征值,其峰值黏度、热浆黏度、崩解值、冷胶黏度、回复值和峰值时间最低,消减值最高,说明其稻米回生特性及黏度较镇糯品种差;而代表糊化特性的 2 个特征值(峰值时间与起糊温度)的变异系数较小,分别只有 3.8%、1.8%,除镇糯 2 号的起糊温度显著较高外(这与 ASV 测定的结果也是一致的),其他品种间的起糊温度差异不显著,表明糯稻品种间这 2 个特征值差异较小(表 3)。

#### 2.4 糯稻各化学成分与其蒸煮食味品质间的相关性

由表 4 可知,直链淀粉含量与碱消值达到极显著负相关,与峰值时间呈显著正相关,其次与起糊温度的相关系数也接近 0.7;而蛋白质含量与各黏度指标大多呈负相关关系,与回生性主要指标(消减值)呈正相关,其中与热浆黏度、冷胶黏度达到显著负相关水平;而总淀粉含量及脂肪含量与 RVA 谱各特征值均未达到显著相关水平。说明在糯稻背景下,直链淀粉含量主要影响稻米的糊化特性,糯米中直链淀粉含量增加,其糊化温度也随之升高;而蛋白质含量则显著影响其黏滞性特征,蛋白质含量增加,糯米粉的黏滞性降低,回生性变差。

### 3 讨论与结论

糯米的品质在很大程度上决定了其商品价值。从我国各地直接食用,糕点、麻团、粽子等传统小吃制作,酿酒饮料等领域反映,糯米直链淀粉含量越

低,其糯性越好,而蛋白质对糯米衍生产品的风味和品质往往具有不利影响<sup>[14-17]</sup>。苏御糯曾是太湖地区著名的优质糯稻代表品种,但也有研究认为其蛋白含量较高<sup>[18-19]</sup>。本研究显示,苏御糯糯米籽粒大而白,具有突出的外观品质。5 个新近育成的镇糯品种整精米率、糯米外观等方面显著好于早期的镇糯品种——镇糯 2 号,其中镇糯 20 号、镇糯 29 号白度高,糯米外观与苏御糯相当,且整精米率显著高于其他糯稻品种。化学成分方面,苏御糯的直链淀粉含量和总淀粉含量低,蛋白质含量高,镇糯品种中镇糯 2 号和镇糯 22 号直链淀粉含量远高于苏御糯,总淀粉含量略高(或相当)于苏御糯,蛋白质含量低于苏御糯,其化学组成总体上比苏御糯差;镇糯 19 号、镇糯 762 直链淀粉含量、总淀粉含量较苏御糯高,但是蛋白质含量较苏御糯显著降低,其化学组成总体上与苏御糯互有优劣;镇糯 20 号、镇糯 29 号直链淀粉含量与苏御糯接近,蛋白质含量显著降低,总淀粉含量显著增加,因此化学组成显著优于苏御糯。蒸煮食味品质方面:除镇糯 29 号外,其他镇糯品种与苏御糯的胶稠度处于同一水平,而镇糯 19 号、镇糯 20 号、镇糯 29 号与苏御糯的糊化温度较其他 3 个镇糯品种低。本研究 RVA 谱特征值中的峰值时间与起糊温度在 7 份供试材料中变异不大,峰值黏度、热浆黏度、崩解值、冷胶黏度、消减值和回复值在苏御糯与 6 个镇糯品种中呈现显著差异,苏御糯的峰值黏度、崩解值、回复值最低,消减值最高,反映出苏御糯的糯米回生性及黏滞性一

表 3 供试材料的蒸煮食味品质特征

品种名称	胶稠度 (mm)	碱消值	峰值黏度 (cP)	热浆黏度 (cP)	崩解值 (cP)	冷胶黏度 (cP)	消减值 (cP)	回复值 (cP)	峰值时间 (min)	起糊温度 (℃)
镇糯 19 号	96.00±0.00a	6.67±.23c	1 869.00±8.49c	762.00±2.83c	1 107.00±5.66cd	922.00±8.49bc	-947.00±0.00c	160.00±5.66b	3.80±0.00c	74.83±0.11a
镇糯 20 号	95.50±2.12a	6.75±0.11c	1 915.00±4.24d	791.00±7.07d	1 124.00±2.83d	960.50±14.85d	-954.50±10.61c	169.50±7.78b	3.77±0.05bc	74.43±0.60a
镇糯 762	96.00±1.41a	6.59±0.12bc	1 819.00±8.49b	736.00±5.66b	1 083.00±2.83c	896.00±7.07b	-923.00±15.56c	160.00±12.73b	3.74±0.09bc	73.90±1.13a
镇糯 29 号	100.00±0.00b	6.75±0.11c	1 960.50±30.41e	718.00±7.07b	1 242.50±37.48e	893.00±9.90b	-1 067.50±40.31b	175.00±2.83b	3.64±0.05ab	73.68±0.60a
镇糯 2 号	96.00±1.41a	6.09±0.12a	2 150.50±31.82f	778.50±17.68cd	1 372.00±14.14f	948.50±31.82cd	-1 202.00±0.00a	170.00±14.14b	4.00±0.10d	77.55±1.77b
镇糯 22 号	94.50±0.71a	6.30±0.00ab	1 876.00±7.07cd	830.00±2.83e	1 046.00±4.24b	1 033.00±4.24e	-843.00±11.31d	203.00±7.07c	3.84±0.05c	75.20±0.49a
苏御糯	95.00±1.41a	6.75±0.11c	799.50±3.54a	213.50±0.71a	586.00±2.83a	290.50±0.71a	-509.00±4.24e	77.00±1.41a	3.57±0.05a	74.38±0.53a

般,相关分析表明糯米的黏滞性特征值与蛋白质含量呈显著负相关,苏御糯稻米中较高的蛋白质含量会增加米饭的硬度和粗糙感,从而降低稻米食味品质<sup>[20-22]</sup>,这与前人的研究结果是一致的。

总体上看,7 份糯稻品种中苏御糯具有最佳的外观品质、较优良的加工品质,但是蒸煮品质一般;而 5 个新近育成的镇糯品种具有优于苏御糯的加工品质,其中镇糯 20 号、镇糯 29 号在镇糯 19 号的基础上进一步提升了糯米外观品质,降低了直链淀粉及蛋白质含量,提高了总淀粉含量及蒸煮食味品质(提高黏滞性、降低糊化温度),品质性状较镇糯 19 号有了显著提升,品质综合表现优于苏御糯。

本研究还分析了影响糯稻品质的关键因素,结果表明:糯稻总淀粉含量与蛋白质含量存在显著负相关关系,糯米粉的黏滞性指标与直链淀粉含量的相关性未达显著水平,而与蛋白质含量呈显著负相关,峰值时间及糊化温度与直链淀粉含量紧密正相关。直链淀粉含量是决定非糯品种稻米蒸煮食味品质的重要性状,对米饭的胶稠度、硬度、糊化特性等均有重要作用,但本研究结果显示蛋白含量同样对糯米粉 RVA 谱具有重要影响,这与杨博文等认为糯稻的品质评价不能借助非糯稻的评价体系<sup>[23]</sup>是一致的。分析其原因可能是糯米携带的是无功能的 *wx* 基因,其胚乳中直链淀粉含量极低,而在测定稻米直链淀粉时,未消化的长链支链淀粉(B3 链,DP≥37)也会计入其中,称为表观直链淀粉含量(AAC)<sup>[8]</sup>。由于这些糯稻品种具有较为接近的 AAC(变幅相差 1% 左右),因而蛋白质含量的差异就成为了影响其黏滞性及硬度指标的主要因素;另一方面,已有研究表明,*ALK(SSⅡ-3)* 基因对稻米的糊化温度有显著影响<sup>[6,24-25]</sup>,而本研究 7 份供试材料 *ALK* 基因关键 SNP 的基因型是一致的(未发表数据),但是 AAC 较高的 2 份品种具有较高的起糊温度,从侧面可以反映它们应该具有较多的长链支链淀粉。但是由于支链淀粉链长的测定较为复杂,在育种实践中不易定量检测,因而本研究结果也给育种家一定的提示,即可通过测定糯米的 AAC 来判断其链长分布的大致情况,从而增加了在实际应用中的可操作性。

本研究以 6 个镇糯系列品种及苏御糯为试验材料,调查了它们之间粒型及外观品质、碾磨品质、化学成分、蒸煮食味等品质性状的差异,分析其化学成分与蒸煮食味品质间的相关性。结果表明苏御糯

表 4 各化学成分与蒸煮食味品质各特征值之间的相关性

稻米化学组成	相关系数									
	胶稠度	碱消值	峰值黏度	热浆黏度	崩解值	冷胶黏度	消减值	回复值	峰值时间	起糊温度
直链淀粉含量	-0.427	-0.884 **	0.474	0.529	0.394	0.535	-0.348	0.551	0.820 *	0.687
总淀粉含量	0.511	0.482	0.540	0.575	0.473	0.563	-0.451	0.477	-0.097	-0.528
蛋白质含量	-0.459	-0.221	-0.711	-0.782 *	-0.599	-0.781 *	0.546	-0.747	-0.111	0.378
脂肪含量	-0.438	0.326	-0.383	-0.348	-0.387	-0.387	0.334	-0.584	-0.111	-0.071

注：\*、\*\* 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上显著相关。

具有优异的稻米外观品质、较低的直链淀粉含量及糊化温度,但其蛋白质含量高,米粉的黏滞性特征值较低,消减值较高;5 个新近育成镇糯品种的加工品质、蒸煮品质较早期镇糯品种镇稻 2 号有了显著改良,其中镇糯 29 号、镇糯 20 号的综合品质优于苏御糯。相关分析进一步表明在糯稻背景下,蛋白质含量与米粉黏度存在显著负相关关系,直链淀粉含量则主要影响糯米的糊化特性,总淀粉含量、脂肪含量与糯米蒸煮食味品质的相关性不显著。降低表观直链淀粉含量及蛋白质含量是进一步提升糯米理化品质与蒸煮食味品质的 2 个关键举措,应在糯稻育种过程中加以重视。

致谢:本试验得到扬州大学农学院严长杰课题组杨宜豪老师在品质测试方面提供的无私帮助,在此深表感谢。

参考文献:

[1]朱 军,朱自忠,李 平. 中国糯稻遗传育种研究进展[J]. 杂交水稻,2021,36(1):1-8.

[2]孙统庆,李 杰,杨洪建,等. 江苏省糯稻发展现状及对策探讨[J]. 江苏农业科学,2014,42(11):13-16.

[3]景德道,钱华飞,周义文,等. 高产广适抗病粳糯新品种镇糯 19 号的选育与特征特性[J]. 江苏农业科学,2014,42(9):64-66.

[4]林添资,孙立亭,景德道,等. 优质高产宜迟播晚粳镇糯 20 号的选育[J]. 江苏农业科学,2017,45(23):64-68.

[5]闵 捷,汤圣祥,施建华,等. 中国 20 世纪 80 年代以来育成糯稻品种的品质及其优质达标率分析[J]. 中国农业科学,2010,43(1):12-19.

[6]Tian Z X,Qian Q,Liu Q Q,et al. Allelic diversities in rice starch biosynthesis lead to a diverse array of rice eating and cooking qualities[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,2009,106(51):21760-21765.

[7]严长杰,房玉伟,李 敏,等. 水稻淀粉脱分支酶基因 *PUL* 对稻米理化品质的影响[J]. 作物学报,2010,36(5):728-735.

[8]赵春芳,岳红亮,黄双杰,等. 南粳系列水稻品种的食味品质与稻米理化特性[J]. 中国农业科学,2019,52(5):909-920.

[9]Yang Y H,Guo M,Sun S Y,et al. Natural variation of *OsGluA2* is

involved in grain protein content regulation in rice [J]. Nature Communications,2019,10:1949.

[10]Zhou H,Xia D,Li P B,et al. Genetic architecture and key genes controlling the diversity of oil composition in rice grains [J]. Molecular Plant,2021,14(3):456-469.

[11]中华人民共和国农业部. 米质测定方法:NY/T 83—2017[S]. 北京:中国农业出版社,2017.

[12]Welti R,Li W Q,Li M Y,et al. Profiling membrane lipids in plant stress responses [J]. Journal of Biological Chemistry,2002,277(35):31994-32002.

[13]中华人民共和国农业农村部. 食用稻品种品质:NY/T 593—2021[S]. 北京:中国农业出版社,2021.

[14]孙 健,梅淑芳,赵 华,等. 糯稻加工利用与遗传育种研究进展[J]. 中国稻米,2013,19(1):36-40.

[15]赵鹏珂,谢 迪,王志祥,等. 水稻绍糯系列品种品质分析及育种方向探讨[J]. 浙江农业科学,2013,54(12):1567-1568.

[16]黄忠民,陈 瑾,宋会玲,等. 糯米粉特性与速冻汤圆品质相关性分析[J]. 食品工业科技,2019,40(4):93-99.

[17]马鹏阔,周显青,张玉荣,等. 糯米粉理化特性及与麻球品质的相关性[J]. 粮油食品科技,2018,26(3):1-6.

[18]周丽慧,刘巧泉,顾铭洪. 不同粒型稻米碾磨特性及蛋白质分布的比较[J]. 作物学报,2009,35(2):317-323.

[19]朱正斌,杨 勇,冯琳皓,等. 太湖地区地方特色糯稻品种鸭血糯和苏御糯稻米理化特性研究[J]. 作物杂志,2020(4):91-98.

[20]李先喆,徐庆国,刘红梅. 不同地域水稻的 RVA 谱特征值及其与蛋白质含量的关系[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2016,42(1):1-5.

[21]石 吕,张新月,孙惠艳,等. 不同类型水稻品种稻米蛋白质含量与蒸煮食味品质的关系及后期氮肥的效应[J]. 中国水稻科学,2019,33(6):541-552.

[22]王才林,张亚东,朱 镇,等. 优良食味半糯粳稻品质标准的研制与应用[J]. 江苏农业学报,2022,38(1):1-8.

[23]杨博文,向珣朝,许顺菊,等. 不同糯稻品种的稻米品质特性和遗传差异[J]. 分子植物育种,2016,14(3):712-717.

[24]Chen Z Z,Lu Y,Feng L H,et al. Genetic dissection and functional differentiation of *ALK<sup>a</sup>* and *ALK<sup>b</sup>*, two natural alleles of the *ALK/SS II a* gene, responding to low gelatinization temperature in rice [J]. Rice,2020,13(1):39.

[25]陈专专,杨 勇,冯琳皓,等. *Wx* 与 *ALK* 主要等位基因不同组合对稻米品质的影响[J]. 中国水稻科学,2020,34(3):228-236.