

# 早籼稻的品质特性及其加工适应性研究进展

## Research progress on quality characteristics and processing adaptability of early indica rice

李亚男<sup>1</sup> 胡培松<sup>2</sup> 王莉<sup>1,3</sup> 陈正行<sup>1,3</sup>

LI Ya-nan<sup>1</sup> HU Pei-song<sup>2</sup> WANG Li<sup>1,3</sup> CHEN Zheng-xing<sup>1,3</sup>

(1. 江南大学粮食发酵工艺与技术国家工程实验室, 江苏 无锡 214122; 2. 中国水稻研究所, 浙江 杭州 310006; 3. 江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122)

(1. National Engineering Laboratory for Cereal Fermentation Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China; 2. China National Rice Research Institute, Hangzhou, Zhejiang 310006, China; 3. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

**摘要:**早籼稻是中国粮食安全的重要支撑。针对早籼稻资源丰富但未有效利用的现状,通过分析对比早籼稻的品质性状,探讨其深加工的方向,并根据米制品的品质特性筛选适宜的早籼稻品种,为优质早籼稻品种的培育和推广提供理论指导。

**关键词:**早籼稻;品质性状;深加工;选育

**Abstract:** Early indica rice is an important support for China's food security. Based on the status of rich early indica rice resource but not used effectively, comparing and analyzing the qualitative character of early indica rice to explore the deep processing direction, and screening the suitable early indica rice varieties according to the quality characteristics of rice products, provided theoretical basis for the cultivation and promotion of good varieties of early indica rice.

**Keywords:** early indica rice; qualitative character; deep processing; breeding

早籼稻是中国储备粮的重要品种,是中国南方、长江流域和西南大面积种植的水稻<sup>[1]</sup>,其中,湖南、广西、江西、广东种植面积最大,约占全国 80%<sup>[2]</sup>。早籼稻具有许多品质优点:质量安全品质高,因生长期雨水充沛、病虫害少、灾害性天气不多,所以化肥、农药的施用量相对较少,营养价值好;早籼稻蛋白质含量一般超过 8%,明显高于粳稻和中晚稻。但早籼稻也具有明显的缺点:腹白大、出米率低;由于生长期短,米粒角质粒少,导致米质疏松,耐压性差,碎米率高;由于

直链淀粉较高,胶稠度不够,导致糊化后粘弹性较差、食味品质较差。近年来早籼稻以米饭方式食用的比例已越来越少。本研究拟通过分析比较现有种植面积大、产量高的早籼稻品种在品质特性和加工适应性等方面的表现,探讨其利用途径,依据不同品种早籼稻的特点,有针对性地科学利用早籼稻资源,以及以市场应用为导向合理地引导早籼稻品种的选育和种植。

### 1 早籼稻的粒食品质

#### 1.1 外观品质

外观品质包括粒长、粒宽、长宽比、粒形、垩白度等。一般而言,籼稻的食味值与长宽比呈极显著正相关,与粒宽呈极显著负相关,但与粒长和垩白度关系不明显。食味品质最佳的早籼稻品种具有粒宽较小,长宽比较大,垩白粒率较低,垩白度较小的特点<sup>[3]</sup>。陈能<sup>[4]</sup>通过对中国各地优质籼稻品种调查所得的结果不尽相同,籼稻食味值除了与长宽比呈极显著正相关外,与粒长、垩白粒率和垩白度也均呈正相关。另外,早籼稻的外观品质性状与其他品质也有相关性,早籼稻的粒宽、垩白粒率、垩白度与直链淀粉含量呈极显著正相关,粒长与蛋白质的含量呈显著负相关,与碱消值呈负相关,早籼稻的长宽比与直链淀粉含量和碱消值呈极显著负相关<sup>[5-6]</sup>。

#### 1.2 理化品质

早籼稻直链淀粉和蛋白质含量被认为是影响食用品质的最重要因素<sup>[7]</sup>。早籼稻的直链淀粉含量高,使米饭的粘性、柔软性、光泽度和口感较差,支链淀粉能增加米饭的粘性和甜味,使米饭柔软有光泽,口感较好,两类淀粉的含量、空

**基金项目:**国家公益性行业科技项目(编号:20090043)

**作者简介:**李亚男(1988—),女,江南大学助理实验师。

E-mail:lyn19881012ph@163.com

**通讯作者:**陈正行

**收稿日期:**2015-08-13

间结构及其相互关系是影响米饭质地的主要因素<sup>[8-9]</sup>。一般来说,20%以上的高直链淀粉早籼稻米饭,硬度高而黏性差,食味较低,直链淀粉含量范围为12%~19%的早籼稻食味良好,而直链淀粉含量也不是越低越好,含量过低,米饭弹性变差,蒸煮食味品质反而下降。蛋白质也是影响早籼稻品质的一个重要因素,一般认为,蛋白质含量高,早籼稻胶稠度变短、理化特性变差,蛋白质含量超过9%的品种食味往往较差,硬度高且黏性差<sup>[10-11]</sup>。

### 1.3 蒸煮品质

蒸煮品质是评价食用品质的一个重要方面,而直链淀粉的含量、碱消值和胶稠度则是影响蒸煮品质的3个重要因素,其中,直链淀粉对早籼稻蒸煮品质影响最大,当直链淀粉长链越多,越不易糊化,而短链越多,越增加淀粉的膨润性,有利于糊化的发生<sup>[12]</sup>,直链淀粉含量与体积膨胀率和吸水率呈

正相关,与碱消度呈负相关;早籼稻米的糊化温度与体积膨胀率和吸水率显著相关,早籼稻品种的糊化温度越高,蒸煮时所需水分越多,蒸煮时间则延长,食味品质较好的品种糊化温度一般居中;碱消值与食味值呈极显著正相关,优质食用稻的碱消值一般在4~5级<sup>[13]</sup>;早籼稻的胶稠度对蒸煮品质的影响也较为显著,胶稠度与米饭黏度和硬度具有相关性,胶稠度大,米饭柔软且粘,反之亦然。

表1是6种南方种植面积广、产量高的优质早籼稻品种的理化性质、外观品质和蒸煮品质。中嘉早17的直链淀粉含量最低为20.7%,蛋白质含量最低为8.8%,其食味值最高为58,说明早籼稻的食味值与直链淀粉和蛋白质含量有极显著的负相关。陈庆川<sup>[14]</sup><sup>31</sup>研究表明,直链淀粉的含量小于20.4%,蛋白质含量小于9.1%,胶稠度在60~85,精米率大于81.8%,垩白粒率低于30%,早籼稻的食味品质较好。

表1 6种早籼稻的理化性质、外观品质和蒸煮品质<sup>[14]</sup><sup>56-59,75-80</sup>

Table 1 Physicochemical property, appearance quality and cooking quality of six kinds of early indica rice

品种	食味值	直链淀粉/%	蛋白质/%	水分/%	糙米率/%	精米率/%	整精米率/%	粒长/mm	长宽比	垩白粒率/%	胶稠度/mm	吸水率/%	体积膨胀率/%
陆两优819	40	24.8	13.6	11.9	80.4	72.5	68.3	6.6	3.10	76	49.5	3.57	4.4
陵两优942	45	22.5	10.9	12.3	80.5	72.3	64.9	6.6	3.00	44	63.0	3.69	5.8
中嘉早17	58	20.7	8.8	13.1	78.3	74.7	68.3	5.7	2.25	88	55.0	4.00	5.2
湘早籼45	47	22.1	10.4	12.8	81.5	74.3	70.8	6.7	3.33	25	77.0	3.69	5.6
金优463	44	22.7	11.1	11.4	82.5	69.8	51.4	7.1	3.10	60	38.0	3.51	4.0
株两优99	44	22.9	10.9	11.7	82.3	71.6	51.6	7.1	3.00	82	56.0	3.43	4.4

### 1.4 淀粉RVA谱

RVA谱能够区分出直链淀粉含量相似的品种的优劣。淀粉RVA谱主要包括峰值黏度、最终黏度值、回生值、崩解值、衰减值、到达峰值黏度时间和糊化温度等多项指标。回生值取决于直链淀粉分子的聚合度以及支链淀粉分子的结构,反映淀粉的冷糊稳定性和淀粉的老化趋势<sup>[15]</sup>,直链淀粉含量和蛋白质含量越高,回生值越高,而食味值反而下降;回生值与胶稠度呈极显著负相关,与吸水率呈现显著正相关,与垩白粒率呈极显著的正相关;直链淀粉含量越低,垩白粒率越小,胶稠度和体积膨胀率越高,糊化温度越低,崩解值越高;而崩解值越高,衰减值越低,籼稻米的食味值越好;最终黏度与食味值呈极显著负相关,与吸水率和体积膨胀率呈现显著正相关;峰值黏度与垩白粒率呈显著负相关,与糊化温度相关性不显著;到达峰值黏度时间与外观品质中的整精米率呈显著负相关。RVA谱特征值在很大程度上反映出不同早籼品种间的食味优劣,食味品质较优的品种具有较低的回生值(<180 RVU)、较低的衰减值(<100 RVU)和较高的崩解值(850~1248 RVU)<sup>[16-17]</sup>。

### 1.5 凝胶特性

早籼稻常被用作加工成米粉等凝胶食品,但目前对凝胶食品原料品种的选择还存在较大的盲目性<sup>[18]</sup>。面条的面粉蛋白质可以形成面筋网络,该结构可以提供抗拉强度,与面条不同,米制凝胶食品依靠淀粉糊化形成凝胶实现抗拉强度。因此,了解早籼稻凝胶特性可以为米制凝胶食品的品质控制提供依据。Fredriksson等<sup>[19]</sup>认为,胶凝过程主要是直链淀粉在糊化过程中渗出,在降温冷却中,直链淀粉分子互相缠绕成双螺旋状,并逐渐有序化,形成淀粉微晶状态,最终形成凝胶。蛋白质以蛋白体的形式,填塞在凝胶网络中,蛋白质具有吸水性,可以有效降低凝胶过程中产生的水量,蛋白质具有二硫键,并通过该键形成蛋白质网络<sup>[20-22]</sup>。因此,凝胶性与早籼稻的直链淀粉含量和淀粉糊化特性等显著相关,形成较好凝胶性能的早籼稻原料标准为:直链淀粉(27%~32%)、最高黏度(180~250 RVU)、保持黏度(150~200 RVU)、最终黏度(300~350 RVU)和回生值(>100 RVU)<sup>[23]</sup>。

## 2 早籼稻的粉食品质

早籼稻的深加工为提高其附加值创造了新途径,深加工

产品不同对早籼稻品质要求也不同<sup>[24]</sup>,基于上述早籼稻的品质特性,探讨早籼稻深加工的适应性,以期为选育优质的早籼稻品种提供指导。

### 2.1 米粉

米粉是中国传统食品,在湖南、江西和广东等南方地区以及东南亚地区有着较为广阔的市场<sup>[25]</sup>,也正在往北方甚至全国乃至全世界发展,生产米粉的早籼稻约占水稻总产量的 8%,占工业用米比重最大;目前早籼稻品种繁多,品种特性差异较大,导致米粉品质质量稳定性较差。

前人<sup>[26-29]</sup>对适合生产米粉的原料研究较多且研究结果不尽相同,早籼稻直链淀粉含量与加工米粉的品质显著正相关,而蛋白质含量则对米粉品质影响较小<sup>[30]</sup>;适宜制作米粉的早籼稻直链淀粉在 24%~27%,但当直链淀粉含量高于 27%,须满足垩白度小于 6.95%或垩白度大于 10.0%,胶稠度 35~55 mm,糊化等级 3.0~4.5,亦可作为制作米粉的原料<sup>[31-33]</sup>。在米粉加工中,除要求直链淀粉含量高外,还要求脂肪含量高、糊化回生值低、凝胶回弹性大,因此应选择早籼稻为原料<sup>[34]</sup>;早籼稻品质对米粉的老化也有一定影响,以具有高直链淀粉含量(>20%)、硬胶稠度、高回生值特性的早籼稻为原料制成的米粉老化速度较快,老化工艺时间短,适合米粉的制作<sup>[35]</sup>。前人对生产优质米粉的原料标准不尽相同,这主要取决于各研究对早籼稻品种选择不同,适宜作干米粉的早籼稻品种特点:中嘉早 17 米粉脆性和嚼劲较好;湘早籼 45 米粉黏度大,回生后质地较黏软;株两优 819 米粉较松散<sup>[14]</sup><sup>39</sup>。适宜作鲜湿米粉的早籼稻品种特点:中嘉早 17、株两优 99 和金优 463 品质均很好,感官评价综合评分在 32 分以上;陵两优 942 和陆两优 819 次之,感官评价综合评分在 29~32;湘早籼 45 品质比较差,感官评价综合评分在 29 分以下<sup>[36]</sup>。

### 2.2 米发糕

米发糕是以早籼稻为原料,经浸泡、磨浆、发酵后蒸制成型,有一定的蜂窝状结构,且具有发酵的特殊风味,在中国南方地区深受消费者欢迎;不同品种的早籼稻因品质特性不同,所生产的发糕品质也参差不齐。

对米发糕品质特性影响显著的早籼稻 3 个指标是:直链淀粉的含量、淀粉 RVA 谱的降落值以及回生值。早籼稻的直链淀粉是构成凝胶网络的主体,其含量的高低对米发糕的品质影响最大,主要表现在与米发糕的比容、回复性以及外观形状、硬度、咀嚼性均呈极显著正相关;另外,直链淀粉和支链淀粉的比例影响米发糕的膨胀体积,当直链淀粉含量为 20%~25%时,米发糕的体积较大,硬度适宜,直链淀粉较低,则米发糕较软,质地黏柔<sup>[37]</sup>;降落值与发糕的黏性正相关,回生值与发糕的弹性呈负相关;早籼稻的蛋白质不能形成面筋网络,对米发糕成品的质量影响不大<sup>[38-39]</sup>;但祁攀等<sup>[40]</sup>研究表明蛋白质和水分含量对米发糕品质也有影响,蛋白质含量与米发糕的外观形状、硬度和咀嚼性呈显著负相

关,水分含量与米发糕的弹性呈显著负相关;祁攀等<sup>[40]</sup>还得到直链淀粉含量与米发糕硬度和感官总分的回归方程分别为: $y_1 = 0.6124x - 19.38x + 154.1, R^2 = 0.9438$ ;  $y_2 = -0.6982x^2 + 23.381x - 107.54, R^2 = 0.835$ ,可为米发糕原料的选择和米发糕品质的预测提供参考依据,根据该回归方程得到中嘉早 17 制备的发糕硬度(-234.4)和感官总分(77.3),均高于其他 5 种代表性的早籼稻品种,由此推断中嘉早 17 较适宜生产米发糕。

## 3 早籼稻的转化利用

早籼稻的价格便宜,蛋白和脂肪含量低,浸出率高和酿造的啤酒风味好,开发利用早籼稻作为酿造辅助原料可以降低啤酒生产成本。因此,筛选出适宜酿造的早籼稻对保证啤酒质量具有重要的意义。

到目前为止,国际上还没有明确的适合酿造啤酒的大米品质指标。通常,酿造要求早籼稻的直链淀粉含量高于 25%,支链淀粉含量适中<sup>[41]</sup>,脂肪含量不超过 0.4%<sup>[42]</sup>,蛋白质含量一般为 8%,水分含量为 11%~12%<sup>[43]</sup>,其浸出率>80%。长粒早籼稻的糊化黏度高于短粒早籼稻,短粒和中粒早籼稻的转糖率和浸出物量均比长粒早籼稻高;另外,胶凝点也可以预测早籼稻品种对酿造效果的影响,一般短粒和中粒早籼稻的胶凝点比长粒的要低,胶凝点高的早籼稻过滤速度更高,且胶凝点在 71℃左右时发酵度最高,胶凝点过高或过低的早籼稻品种发酵度都降低。

对于啤酒风味而言,晚籼稻要好于杂交中稻和早籼稻,但品种间也有差异,宜选育米粒呈短圆粒型,垩白度为 25%~50%,整精米率为 35%~50%,直链淀粉含量为 17%~22%,蛋白质含量为 9%~11%,糊化温度(ASV 值)大于或等于 4 级的品种作为啤酒酿造的辅料,汕优 46、II 明优 86、汕优 63、湘晚籼 13 和湘晚籼 11 是酿造优质啤酒的原料<sup>[44]</sup>。陈延登等<sup>[45]</sup>则以 47%早籼稻作为啤酒酿造辅助原料,发酵得到的啤酒的各项理化指标,达到了传统 30%大米辅料酿造啤酒理化指标的要求,且成酒颜色较浅,口味淡爽纯正,泡沫洁白、细腻,保持了传统方法酿造啤酒的特有风味。

## 4 总结

总体而言,中国米制品深加工总体水平比较低,各领域发展不平衡,早籼稻有效利用率不足 65%,资源的综合利用效率较低<sup>[46]</sup>。目前,对早籼稻原料的选择和加工工艺的确定还存在较大的盲目性,为此应根据米制品特性与早籼稻原料的适应性,筛选出合适的早籼稻原料,为优质杂交早籼稻品种的培育提供指导。

### 参考文献

- 1 刘笑然. 2014 年中国稻谷(大米)产业报告[J]. 粮油市场报, 2014(T17): 1~10.
- 2 古佛章. 我国早籼稻期货价格发现功能的实证研究[D]. 南昌:

- 南昌大学, 2013.
- 3 Sasaki T, Yasui T, Matsuki J. Effect of amylose content on gelatinization, retrogradation and pasting properties of starches from waxy and nonwaxy wheat and their seeds[J]. *Cereal Chemistry*, 2000, 77(1): 58~63.
- 4 陈能. 优质食用稻米品质的理化指标与食味的相关性研究[J]. *中国水稻科学*, 1997, 1(2): 70~76.
- 5 周治宝, 王晓玲, 余传元, 等. 籼稻米饭食味与品质性状的相关性分析[J]. *中国粮油学报*, 2012, 27(1): 1~5.
- 6 夏文, 付炜瑾, 钟业俊, 等. 加工精度对米饭老化进程的影响[J]. *食品与机械*, 2014, 30(1): 37~39.
- 7 杨晓蓉. 不同类别大米糊化特性和直链淀粉含量的差别研究[J]. *中国粮油学报*, 2001, 16(6): 37~42.
- 8 王忠, 顾蕴洁, 陈刚, 等. 稻米的品质和影响因素[J]. *分子植物育种*, 2003, 1(2): 231~241.
- 9 迟明梅. 大米食用品质的研究进展[J]. *粮食加工*, 2005(1): 48~51.
- 10 周显青. 稻谷精深加工技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 78~79.
- 11 银波, 李亦蔚, 汪霞丽, 等. 大米蛋白改性技术的研究进展[J]. *食品与机械*, 2011, 27(3): 147~151.
- 12 焦桂爱, 唐绍清, 罗炬, 等. 高直链淀粉突变体 Goamy2 的淀粉糊化特性及淀粉结构分析[J]. *中国水稻科学*, 2010, 24(1): 81~86.
- 13 高振宇, 曾大力, 崔霞, 等. 水稻稻米糊化温度控制基因 ALK 的图位克隆及其序列分析[J]. *中国科学(C辑)*, 2003, 33(6): 481~487.
- 14 陈庆川. 稻米加工特性研究与品质评价技术[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2012.
- 15 李云波, 许金东, 涂丽华, 等. 不同品种籼米的特性研究[J]. *粮食与饲料工业*, 2007(11): 4~6.
- 16 官斌, 刘伟, 刘成梅, 等. 浸泡处理对早籼米糊化特性及质构特性的影响[J]. *食品与机械*, 2011, 27(5): 13~16.
- 17 易翠平, 孙庆杰. 大米变性淀粉的制备研究[J]. *食品与机械*, 2006, 22(3): 31~33.
- 18 李云波. 籼米的胶体特性研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2006.
- 19 Fredriksson H, Silverio J, Ersson R, et al. The influence of amylose and amylopectin characteristics on gelatinization and retrogradation properties of different starches[J]. *Carbohydrate Polymers*, 1998(35): 119~134.
- 20 谢新华, 李晓方, 肖昕, 等. 糙米中蛋白质对淀粉黏滞性的影响[J]. *粮食与饲料工业*, 2009(11): 20~24.
- 21 Martin M, Fitzgerald M A. Proteins in rice grains influence cooking properties[J]. *Cereal Science*, 2002(36): 285~294.
- 22 袁佰华, 李云波, 赵思明, 等. 籼米溶胶的流变学特性[J]. *食品科学*, 2012, 33(13): 75~78.
- 23 韩文凤. 米粉中淀粉凝胶的研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2007.
- 24 王芳. 我国籼米生产、消费和贸易的研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2004.
- 25 李里特, 成明华. 米粉的生产与研究现状[J]. *食品与机械*, 2000(3): 10~12.
- 26 成明华. 米粉品质评价体系和生产工艺的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2000.
- 27 Yoenyongbuddhagal S, Noomhorm A. Effect of physicochemical properties of high-amylose Thai rice flours on vermicelli quality [J]. *Cereal Chemistry*, 2002(79): 481~485.
- 28 张瑜, 杨泌泉, 吴卫国, 等. 大米淀粉特性与米线品质关系的研究[J]. *食品科学*, 2003, 24(6): 35~38.
- 29 汪霞丽, 沈娜, 李亦蔚, 等. 方便湿米粉的加工工艺及抗老化研究[J]. *食品与机械*, 2012, 28(4): 197~200.
- 30 童一江, 李新华. 大米特性与米线品质的关系分析[J]. *沈阳农业大学学报*, 2010, 41(4): 488~491.
- 31 丁文平, 王月慧, 丁霄霖. 大米淀粉胶凝和回生机理的研究[J]. *粮食与饲料工业*, 2003(3): 11~16.
- 32 丁文平, 王月慧. 米线生产中原粮选择指标的确定[J]. *食品工业*, 2004(10): 24~26.
- 33 王永辉, 张业辉, 张名位, 等. 不同水稻品种大米直链淀粉含量对加工米粉品质的影响[J]. *中国农业科学*, 2013, 46(1): 109~120.
- 34 窦红霞, 杨特武, 赵思明, 等. 不同品种籼米化学成分、凝胶和糊化特性及米粉加工品质比较[J]. *中国粮油学报*, 2014, 29(3): 1~6.
- 35 李刚凤, 陈洁, 吕莹果, 等. 大米原料性质对米粉老化品质的影响[J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2013, 34(2): 39~42.
- 36 罗文波, 林亲录, 黄亮, 等. 不同品种籼米生产的鲜湿米粉理化特性与感官品质[J]. *食品与机械*, 2011, 27(3): 7~13.
- 37 沈伊亮, 陈德文, 李秀娟, 等. 大米品种特性与米发糕质构特性的相关性研究[J]. *食品科学*, 2009, 30(7): 79~82.
- 38 王玉芳, 赵思明, 陈勉, 等. 中国传统米发糕的现代加工技术[J]. *中国粮油学报*, 2013, 28(12): 115~118.
- 39 沈伊亮. 米发糕品质评价与加工工艺的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2009.
- 40 祁攀, 鲁静, 刘英. 大米基本成分与米发糕品质间相关性探讨[J]. *粮食与饲料工业*, 2012(3): 25~29.
- 41 王世崇. 浅谈大米原料的选择及糊化[J]. *辽宁食品与发酵*, 1996(3): 26~28.
- 42 傅小燕, 顾国贤. 大米辅料对啤酒酿造的影响[J]. *工业微生物*, 1999, 29(3): 29~32.
- 43 傅小燕, 钟丽玉, 顾国贤. 啤酒辅料大米贮藏对其品质的影响[J]. *工业微生物*, 1999, 2(3): 25~28.
- 44 李小勇. 优质啤酒专用稻的筛选[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2004.
- 45 陈延登, 何国庆, 胡勤, 等. 稻谷开发利用——早籼稻在啤酒酿造中的应用研究[J]. *食品科技*, 2003(3): 72~74.
- 46 刘强, 张虎, 侯业茂, 等. 稻谷加工产业链构建的必要性分析[J]. *粮食科技与经济*, 2013, 38(3): 17~19.