

# 大米垩白度与米饭蒸煮品质的相关性研究

涂晓丽<sup>1</sup>, 李骥<sup>1</sup>, 潘思轶<sup>1,2</sup>, 王鲁峰<sup>1,2</sup>

(1. 华中农业大学食品科学技术学院, 湖北武汉 430070)

(2. 华中农业大学环境食品学教育部重点实验室, 湖北武汉 430070)

**摘要:** 本文研究了五种垩白度不同的原料米饭在高压蒸煮工艺条件下的蒸煮品质, 并对垩白度与多种蒸煮品质指标进行了相关性分析; 同时为了满足少量米饭品质测定需要设计了微波蒸煮米饭的工艺条件, 研究微波蒸煮工艺条件下不同垩白面积对米饭糊化度的影响。研究发现: 大米蒸煮后米饭的膨胀率和吸水率与原料米的垩白度呈负相关, 但是均未达到显著性水平; 质构特性与垩白度的相关性分析表明垩白度主要影响米饭的硬度, 对米饭粘度、粘聚性、回复性、弹性、胶粘性和咀嚼性有一定影响, 但影响并不显著; 原料米的垩白度与米饭形态呈极显著负相关; 与口感呈显著负相关; 与色泽、滋味、香气均有一定相关性, 但均未达到显著水平; 微波蒸煮试验显示全垩白米样糊化速度较无垩白米样在 3~15 min 阶段都要快, 且最终糊化度值全垩白米样比无垩白米样大。

**关键词:** 大米; 垩白度; 蒸煮品质; 糊化度

文章编号: 1673-9078(2017)12-210-215

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.12.031

## Correlation Study on Rice Chalkiness Degree and Steamed Rice Cooking Quality

TU Xiao-li<sup>1</sup>, LI Ji<sup>1</sup>, PAN Si-yi<sup>1,2</sup>, WANG Lu-feng<sup>1,2</sup>

(1.College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

(2.Key Laboratory of Environment Correlative Dietology, Ministry of Education, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** The cooking quality of five different chalkiness degrees of raw material rice under high-pressure cooking conditions was studied in this paper, and the correlation between chalkiness degree and various indexes of cooking quality was analyzed. The technological conditions of microwave cooking rice were designed for the quality analysis of small amount of rice and the effect of different chalkiness area on gelatinization degree of steamed rice with the microwave cooking technology was investigated. The results showed that the expansion and water absorption of steamed rice were negatively correlated with the chalkiness degree of raw material rice, but not significant. Correlation analysis of texture characteristics and chalkiness degree showed that chalkiness degree mainly affected the hardness of steamed rice but had insignificant effects on the viscosity, cohesiveness, resilience, elasticity, cohesiveness and chewiness. The chalkiness degree of raw material rice had a highly significant negative correlation with the rice pattern and a negative correlation with the taste. Certain correlation also existed in color, relish and aroma, but not significant. The results of microwave cooking showed that the gelatinization speed of chalk rice samples was faster than that of the non-chalk in 3~15 minutes, and the final gelatinization degree of chalk rice samples was higher than that of the non-chalk.

**Key words:** rice; chalkiness degree; cooking quality; gelatinization degree

大米的外观品质是衡量大米品质的重要指标之一, 消费者倾向于选购外观美观优质的大米品种<sup>[1]</sup>。大米的外观品质主要指整精米率、垩白粒率、垩白度、粒型(长宽比)、不完善粒和黄粒米等指标。其中垩白是衡量稻米品质的重要性状之一, 直接影响稻米的外

收稿日期: 2017-06-29

基金项目: 国家自然科学基金项目(31601504)

作者简介: 涂晓丽(1992-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 农产品加工工程  
通讯作者: 王鲁峰(1983-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 淀粉及淀粉制品

观品质和商品流通, 影响其加工品质<sup>[2,3]</sup>。垩白指稻米胚乳中发生部位的不同分为腹白、心白和背白等类型。一般使用垩白粒率、垩白大小与垩白度来描述大米的垩白性状。垩白度表示样品垩白面积占样品总面积的百分比值, 即垩白米率与垩白大小的面积之比<sup>[2]</sup>。晶莹剔透、垩白度低的大米更受消费者的欢迎; 高垩白的稻米在精碾时易碎而使整精米率降低。垩白同样影响米饭的品质, 比如在蒸煮后使饭粒断裂或蓬松中空而影响食味<sup>[4]</sup>。除此之外, 米饭的膨胀率与吸水率;

米饭的糊化特性,包括糊化起始温度,热焓变,糊化终结温度;米饭的质构特性;米饭的糊化度即水解程度等也会受影响<sup>[5]</sup>。从微观来讲,由于大米的垩白度影响到淀粉分子的排列方式,因此对大米的糊化特性、米饭品质的影响是不可避免的。

大米垩白的形成机理与检测方法国内已经成熟,但是垩白度与米饭蒸煮品质关系的研究较少,国内外尚没有统一的结论。本文研究分析了大米在高压工艺条件过程中垩白度与米饭的蒸煮品质的相关性,并测定了微波蒸煮条件下垩白面积对米饭糊化度的影响,探讨了垩白度影响大米蒸煮品质的原因及机理,为稻米烹饪加工提供一定理论支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料和试剂

东北大米,黑龙江省北大荒米业有限公司;国宝桥米,产自湖北荆门;嘉禾香米,产自湖北武汉;水晶银针米,产自湖北武汉;莲河源米,产自湖北浠水; $\alpha$ -淀粉酶、葡萄糖淀粉酶、葡萄糖氧化酶, Sigma 公司。

### 1.2 主要仪器

CYSB40FC3-90 苏泊尔电饭煲,浙江苏泊尔家电制造有限公司;G80D23CN2P-T7 格兰仕微波炉,格兰仕集团;奥豪斯-AR-22CN 电子天平,奥豪斯仪器上海有限公司;BSA124S 分析天平,赛多利斯科学仪器北京有限公司;TA.XT plus 物性测试仪,英国 SMS 公司;SHA-BA 水浴振荡器,金坛市杰瑞尔电器有限公司。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 米饭的高压蒸煮工艺条件

根据电饭煲已有设定工艺,确定米饭高压蒸煮的最终工艺为:米水质量比为 1:1.3,即 400 g 大米、520 mL 水、淘洗三次,保温时间为 10 min。

#### 1.3.2 米饭的微波蒸煮工艺条件

微波蒸煮工艺能够满足少量米饭品质测定的需要,用 100 mL 小烧杯称取 2.3 g 的大米,三次淘洗后加入  $V_1$  (mL) 的水,将小烧杯置于 250 mL 的大烧杯中,大烧杯内加入 180 mL 的水,在 800 W 功率下处理  $t$  (min)。采取正交实验筛选微波蒸煮工艺中的因素(小烧杯水量  $V_1$ 、处理时间  $t$ )。

#### 1.3.3 米饭吸水率的测定

分别称取蒸煮前后大米的质量,按下式计算:

$$\text{加热吸水率(\%)} = \frac{\text{米饭质量}}{\text{大米质量}} \times 100\% \quad (1)$$

#### 1.3.4 米饭膨胀率的测定

膨胀率的测定参考文献方法<sup>[6]</sup>。总重量为  $W$  的大米做成米饭,取出 50 g 米饭装入 100 mL 量筒内,加 50 mL 重蒸水立即读取测定体积  $V_1$ ,则米饭的总体积:

$$V_2 = (V_1 - 50 \text{ mL}) \times \frac{W}{50 \text{ g}} \quad (2)$$

按照同样的方法测定总重量为  $W$  的大米总体积  $V_0$ :

$$\text{米饭膨胀率(\%)} = \frac{V_2 - V_0}{V_0} \times 100\% \quad (3)$$

#### 1.3.5 米饭质构特性的测定

米饭的质构品质被认为是大米食用品质中最重要的因素<sup>[7]</sup>。米饭质构特性的测定参考文献<sup>[8]</sup>的方法并加以改进,称取 400 g 大米,520 mL 水,淘洗三次,用电饭煲蒸煮 25 min,保温时间为 10 min。采用 TA-XT 型质构仪测定米饭的质构特性,本文采用授权专利的金属米饭取样器<sup>[12]</sup>, (高 10 cm、底面直径 4 cm,见图 1) 对称地置于电饭煲内,在蒸煮完毕后迅速取出,测定金属米饭取样器内米饭的质构特性。测定条件为:TPA 模式,探头 P6,压缩比为 50%,测前速度为 10 mm/s,测试速度为 2 mm/s,测后速度为 5 mm/s。



图 1 米饭取样器

Fig.1 Thehomemade rice sampler

#### 1.3.6 米饭感官品质评价

米饭的感官品质评价采用十人评分法,评分标准参考文献<sup>[9]</sup>。趁热取出米饭样品,品评米饭的气味,观察米饭的整体结构与外观色泽,最后咀嚼品尝滋味,按照表 1 的米饭感官品质评价表来打分。将评分误差超过平均值 10 分以上予以舍弃,舍弃之后重新计算平均值。最后评分以舍弃之后的平均值为标准。

#### 1.3.7 微波蒸煮过程中垩白面积对米饭糊化度的影响

样品制备:大米样品取垩白度较高的白莲米,挑选出全垩白与无垩白的米样品,用微波蒸煮工艺蒸煮。蒸煮过程中,间隔一定时间分别取样品,用一定量无水乙醇和丙酮脱水,减压干燥,用研钵粉碎,得待测样品。

表 1 感官评价标准 (满分为 10 分)

Table 1 Criteria of sensory evaluation (10 points)

类别	评分标准	评分
色泽(SZ)	呈白色或正常色, 颜色均一, 光泽好	8~10
	颜色不均一, 光泽不足	5~7
	有异色或颜色发暗	0~4
形态(XT)	均匀完整无异物, 形状规整	8~10
	较均匀, 形状较规整	5~7
	不均匀, 不完整, 形状不规整	0~4
滋味(ZW)	滋味丰厚悠长	8~10
	滋味一般	5~7
	滋味较差	0~4
香气(XQ)	天然米饭香气浓郁	8~10
	天然香气不浓, 但无不良气味	5~7
	无米饭香气, 有明显不良气味	0~4
口感(KG)	滑爽, 有嚼劲, 粘弹性好, 柔韧性好	8~10
	较滑爽, 粘弹性不足, 较硬或较软烂	5~7
	不滑爽, 粘弹性差, 或有夹生, 或软烂	0~4
总分(ZF)	ZF=SZ+XT+XQ+KG+ZW	

糊化度测定: 准确取待测样品 0.2 g, 加入适量磷酸盐缓冲溶液, 于 37 °C 水浴平衡一定时间, 加入 10 mL α-淀粉酶 37 °C 水浴 2 h, 调 pH 值到 4.5, 定容至 25 mL, 过滤。取 1 mL 滤液, 加入 1 mL 葡萄糖淀粉酶溶液, 57 °C 水浴 40 min, 定容至 10 mL, 取定容后的溶液 0.2 mL, 加入 3 mL 葡萄糖氧化酶溶液, 于 37 °C 水浴 20 min, 定容至 10 mL, 于 505 nm 处测定吸光值<sup>[10]</sup>。待测样品糊化度按以下公式计算:

$$\text{糊化度}(\%) = \frac{\text{待测样品吸光值}}{\text{全糊化样品吸光值}} \times 100\% \quad (4)$$

### 1.3.8 据统计与分析

采用 SPSS 17.0 软件对数据进行相关性分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 米饭吸水率和膨胀率的测定及相关性分析

#### 2.1.1 米饭吸水率和膨胀率的测定结果

高压蒸煮工艺下米饭的吸水率表示米饭糊化过程中结合水分的能力, 吸水率会影响到米饭的柔软性和粘性等; 膨胀率表示米饭蒸煮前后体积的变化率, 主要影响米饭的形态。

图 2 表明五种大米的膨胀率与吸水率有较大差异, 其中东北大米的吸水率最高, 国宝桥米的膨胀率最高。

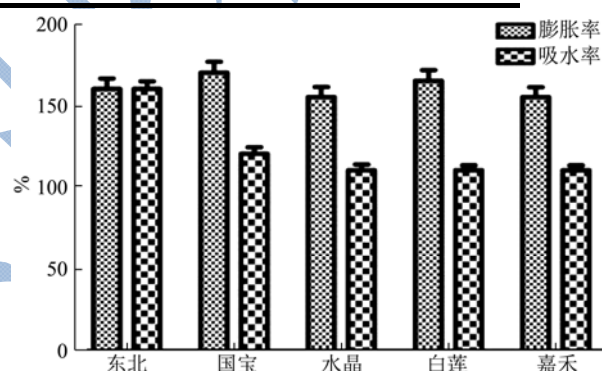


图 2 高压蒸煮工艺下米饭的吸水率与膨胀率

Fig.2 Expansion and water absorption rate of steamed rice under high-pressure cooking process

#### 2.1.2 米饭膨胀率、吸水率与垩白度的相关性分析

表 2 高压蒸煮工艺下米饭膨胀率、吸水率与垩白度的相关性分析

Table 2 Correlation analysis of expansion rate, water absorption rate and chalkness degree of steamed rice under high-pressure cooking process

项目	相关性	
	膨胀率/%	吸水率/%
垩白度/%	-0.46	-0.62

注: \*在 0.05 水平 (双侧) 上显著相关; \*\*在 0.01 水平 (双侧) 上显著相关。

由表 2 可知, 大米蒸煮后米饭的膨胀率与吸水率与原料米的垩白度呈负相关, 但是均未达到显著性水

平。由图 2 可知, 垩白度最低的国宝桥米的膨胀率最高, 膨胀率在其他垩白度水平的品种中差异表现不明显; 同样, 垩白度较低的东北大米的吸水率较其他品种高, 吸水率在其他垩白度水平的品种间差异不明显。

造成这种现象的原因可能是由于淀粉糊化是淀粉分子由有序到无序排列的过程, 体积增大, 膨胀率变大。而高垩白度的大米在糊化吸水过程中由于淀粉分子空隙的存在, 会削弱这一变化对米饭体积增大的影响, 所以整体膨胀率会变化不明显, 至于具体变化过程如何有待进一步研究。因此, 低垩白度的米饭膨胀率和吸水率均较高水平, 煮出的米饭颗粒饱满, 形态、柔软性和粘性均较好。高垩白度的米饭则吸水膨胀性较差, 且变化不明显。

## 2.2 米饭的质构特性及相关性分析

### 2.2.1 米饭质构特性的测定结果

其中粘聚性反映食品内部结合力的大小; 粘附性反映食品表面和其它物体附着时, 脱离它们所需的力; 弹性反映物体在外力作用下形变后恢复原来状态的能力; 硬度表示使物体形变所需要的力; 咀嚼度反映将固体食品咀嚼呈能够吞咽状态所需的能量, 和硬度、弹性、粘聚性有关。

由表 3 可知五种原料米在高压蒸煮工艺下米饭的

质构特性指标之间有明显差异。其中, 白莲河源米的硬度与胶粘性最大; 水晶银针米的弹性、胶粘性、咀嚼性最小, 其凝聚性、回复性最大; 垩白度最大的嘉禾香米的粘度最小, 回复性最小; 而垩白度最小的国宝桥米的硬度、粘度、弹性、胶粘性、咀嚼性均为最大。

### 2.2.2 米饭质构特性与垩白度的相关性分析

由表 4 可知, 原料米垩白度与高压工艺蒸煮米饭硬度呈显著负相关, 与米饭粘度、凝聚性、回复性呈正相关; 与米饭弹性、胶粘性、咀嚼性呈负相关, 但均未达到显著性水平。说明, 垩白度主要影响米饭的硬度, 这可能由于原料米垩白部分淀粉粒的疏松结构在加水加热糊化之后, 米饭在一定压力条件下更容易变形, 应力性较差, 硬度较低。而米饭的硬度又是影响米饭外观与口感的重要质构特性之一, 由此可以解释, 垩白度高的大米蒸煮出的米饭, 外观与口感均比较差的原因。而垩白度与米饭的粘度、凝聚性、回复性和弹性、胶粘性、咀嚼性等指标未成显著相关性, 由王玉珠<sup>[11]</sup>等的研究结果可以推测这些指标受到大米水分、蛋白质、脂肪和直链淀粉含量的影响较大。

## 2.3 米饭的感官特性及相关性分析

### 2.3.1 高压蒸煮工艺下米饭的感官特性

表 3 五种原料米高压蒸煮工艺米饭质构特性

Table 3 Textural properties of steamed rice under high-pressure cooking process

品种	垩白度/%	硬度/g	粘度/(g·s)	弹性	凝聚性	胶粘性	咀嚼性	回复性
水晶银针米	10.70	873.50±8.73	73.80±2.20	0.27±0.01	0.54±0.02	218.38±6.54	62.86±1.57	0.18±0.09
嘉禾香米	16.10	598.20±5.84	10.00±0.20	0.30±0.01	0.31±0.01	269.90±7.83	80.67±1.69	0.11±0.08
东北大米	3.20	1018.10±11.53	53.00±1.10	0.33±0.01	0.30±0.02	250.30±6.25	83.85±1.59	0.11±0.08
国宝桥米	2.60	1047.10±9.46	104.90±1.30	0.39±0.02	0.34±0.02	346.84±10.75	135.39±2.98	0.13±0.86
白莲河源米	9.80	838.00±8.38	35.20±0.50	0.34±0.02	0.32±0.02	336.41±10.77	114.68±2.75	0.12±0.85

表 4 高压蒸煮工艺米饭质构特性与垩白度的相关性

Table 4 The correlation between chalkiness degree and textural properties of steamed rice under high-pressure cooking process

	硬度/g	粘度/(g·s)	弹性	凝聚性	胶粘性	咀嚼性	回复性
垩白度	-0.91*	0.75	-0.67	0.18	-0.30	-0.51	0.16

注: \*在 0.05 水平 (双侧) 上显著相关; \*\*在 0.01 水平 (双侧) 上显著相关。

表 5 五种原料米高压蒸煮工艺米饭感官特性

Table 5 Sensory characteristics of steamed rice under high-pressure cooking process

品种	垩白度/%	色泽	形态	滋味	香气	口感	总分
水晶银针米	10.70	8.20±0.04	7.10±0.01	8.90±0.03	9.00±0.11	8.50±0.07	41.70±0.04
嘉禾香米	16.10	7.20±0.01	6.80±0.01	8.50±0.05	8.10±0.02	7.80±0.05	38.40±0.05
东北大米	3.20	7.50±0.05	9.00±0.07	7.40±0.04	8.30±0.06	8.90±0.05	41.10±0.01
国宝桥米	2.60	8.20±0.11	9.00±0.06	7.20±0.05	7.20±0.09	9.00±0.04	40.60±0.05
白莲河源米	9.80	8.50±0.10	7.60±0.03	7.40±0.01	7.50±0.07	8.80±0.08	39.80±0.07

由表 5 可知: 五种原料米在高压蒸煮工艺下煮出的米饭色泽、形态、滋味、香气、口感以及感官总分均差异较大。其中, 水晶银针米的滋味、香气与感官总分评分最高, 而由图 2 可知水晶银针米的膨胀率和吸水率是最低的, 这与熊善柏<sup>[10]</sup>等研究得出米饭的口感、香气、滋味与膨胀率和吸水率均呈负相关的结论相一致; 东北大米与国宝桥米的形态与口感评分较其他品种高; 在综合评分方面, 嘉禾香米的感官总分最低; 这是由于不同品种大米的理化指标的差异性所决定的。其中直链淀粉与蛋白质含量对米饭的形态、滋味、口感影响较大, 脂肪含量与种类可能与米饭香气有关。

### 2.3.2 原料米垩白度与米饭感官特性的相关性分析

表 6 为原料米垩白度与米饭感官指标的相关性, 可以看出原料米的垩白度与米饭形态呈极显著负相关; 与口感呈显著负相关; 与色泽、滋味、香气均有一定相关性, 但均未达到显著水平, 这与王鲁峰<sup>[7]</sup>等在大米特性与米饭感官品质相关性的研究中得出的结果相一致。造成该现象的原因可能是垩白度高的大米淀粉分子之间排列疏松, 在加工过程中容易破碎产生碎米, 整精米率下降, 影响米饭的完整性, 所以蒸煮出来米饭整体形态较差; 垩白部位较其他部位更容易糊化, 蒸煮过程更容易煮烂, 影响米饭的口感。

### 2.4 微波蒸煮条件下垩白面积对米饭糊化度的影响

为了进一步讨论垩白部分对米饭理化指标的影响, 需要从原料米中人工挑选出不同垩白面积的米粒, 导致可用样品量较少, 而微波蒸煮工艺能够满足测量少量米饭样品理化指标的需求。预实验显示嘉禾香米

在在输出功率为 800 W 微波蒸煮工艺条件下, 称取 2.3 g 米粒样品, 当小烧杯加水量为 65 mL, 大烧杯加水量为 180 mL, 微波处理时间为 15 min 时, 煮出的米饭感官总分最高, 工艺条件可行。

以垩白度较高的嘉禾香米为原料米, 分别挑选出垩白面积 100% 与 0% 的米样, 称取 2.3 g 米粒样品在微波蒸煮工艺条件下蒸煮, 取出蒸煮时间为 0 min、3 min、6 min、12 min 和 15 min 的米饭, 按照 1.3.7 介绍的方法处理米饭样品, 测定其糊化度, 所得到的结果如表 7 所示。

淀粉糊化过程实质是淀粉分子发生水合, 微晶束溶融过程。在水合过程中, 淀粉微粒迅速吸水膨胀至可逆点, 水分子进入链中间, 破坏化学键, 在分子周围形成水合层, 分子链塑化后分离并溶剂化。淀粉颗粒因水分子的大量进入吸水膨胀至原颗粒几倍, 在加热过程中高能量热和水破坏淀粉分子内部彼此间氢键结合, 使分子混乱度增加, 糊化后形成的淀粉-水体系行为结果表现使得体系的粘度增加。

由表 7 可知, 微波蒸煮工艺条件下, 两种不同垩白面积淀粉分子在 0~3 min 内吸水糊化速度均较慢, 3~6 min 全垩白米样糊化速度较无垩白米样更快, 6~9 min 内两种米样糊化速度均急剧增加, 且全垩白米样糊化度与速度均较无垩白大, 9~12 min 内两种米样糊化度增加速度变慢, 无垩白米样糊化速度变化较全垩白米样平缓, 糊化度更大, 12~15 min 内两种米样糊化度变化均趋于平缓, 值较稳定, 最终糊化度值全垩白米样较无垩白米样大。这可能是由于垩白部分淀粉分子结晶化程度较低, 排列疏松, 分子间隙较大, 这种疏松的结构更有利于淀粉分子与水分子的结合, 微波蒸煮过程中更容易糊化。所以全垩白的米粒样品的糊化度曲线变化速度较无垩白米粒的大, 蒸煮过程中糊化度值也维持在较高水平, 因而形态口感较差。

表 6 原料米垩白度与米饭感官特性的相关性分析

Table 6 Correlation analysis of chalkiness degree and sensory characteristics of steamed rice

	色泽	形态	滋味	香气	口感	总分
垩白度	-0.29	-0.97**	0.75	0.34	-0.91*	-0.62

注: \*在 0.05 水平 (双侧) 上显著相关; \*\*在 0.01 水平 (双侧) 上显著相关。

表 7 微波蒸煮条件下不同垩白面积米饭糊化度变化

Table 7 Changes of gelatinization degree of steamed rice under microwave cooking process

时间/min	0	3	6	9	12	15	
糊化度/%	无垩白	0.00	10.00±0.60	21.50±1.30	67.50±3.10	89.00±4.30	91.00±4.60
	全垩白	0.00	10.00±0.60	29.20±1.80	77.00±3.90	92.80±4.50	93.50±4.90

注: 测试品种为嘉禾香米, 微波处理功率为 800 W。

### 3 结论

3.1 通过高压蒸煮五种垩白度不同的原料大米,并对其垩白度进行相关性分析,发现蒸煮后米饭的膨胀率和吸水率与原料大米的垩白度呈负相关。原料大米垩白度主要影响米饭的硬度,这可能由于原料米垩白部分淀粉粒的疏松结构在加水加热糊化之后,米饭在一定压力条件下更容易变形,应力性较差,因而硬度较低。大米的垩白度与米饭形态呈极显著负相关,与口感呈显著负相关,与色泽、滋味、香气均有一定相关性,推测可能是因为垩白度高的大米淀粉分子之间排列疏松,在加工过程中容易破碎产生碎米,整精米率下降,影响米饭的完整性,所以蒸煮后整体形态较差,同时垩白部位较其他部位更容易糊化,影响米饭的口感。

3.2 微波蒸煮试验显示全垩白米样糊化速度较无垩白米样在 3~15 min 阶段都要快,且最终糊化度值全垩白米样较无垩白米样大。这可能是由于垩白部分淀粉分子结晶化程度较低,排列疏松,分子间隙较大,更有利于淀粉分子与水分子的结合,更容易糊化。

### 参考文献

- [1] 目崎孝昌,佐竹利子,福森武,等.米粒への水吸収と移動に関する基礎的研究[J].日本農業機械学会誌,2006,68:35-45
- [2] CHEN Chang, HUANG Jian-liang, ZHU Li-yang, et al. Varietal difference in the response of rice chalkiness to temperature during ripening phase across different sowing dates [J]. Field Crops Research, 2013, 151(9): 85-91
- [3] ZHOU Li-jun, JIANG Ling, ZHAI Hu-qu. Current status and strategies for improvement of rice grain chalkiness [J]. Hereditas, 2009, 31(6): 563-572
- [4] 萧浪涛,李东晖,蔺万煌,等.一种测定稻米垩白性状的客观方法[J].中国水稻科学,2001,15(3):206-208  
XIAO Lang-tao, LI Dong-hui, LIN Wan-huang, et al. An objective method to measure chalkiness of rice grain [J]. Chinese J Rice Sci., 2001, 15(3): 206-208
- [5] Davidson V J, Ryks J, Chu T. Fuzzy models to predict consumer ratings for biscuits based on digital features [J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2001, 9(1): 62-67
- [6] 王肇慈.粮油食品品质分析[M].北京:中国轻工业出版社,2006  
WANG Zhao-ci. Analysis of quality of grain and oil food [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2006
- [7] 王鲁峰,王伟,张韵,等.原料大米特性与米饭品质的相关性研究[J].食品工业科技,2009,8:113-116  
WANG Lu-feng, WANG Wei, ZHANG Yun, et al. Study on the relativity between characteristics of rice and quality of cooked rice [J]. Science and Technology of Food Industry, 2009, 8: 113-116
- [8] Mohammed Saleh, J F Meullenet. Broken rice kernels and the kinetics of rice hydration and texture during cooking [J]. J. Sci. Food Agric., 2012, 93(7): 1673-1679
- [9] 江苏新医学院.中药大辞典[M].上海:上海科学技术出版社,1979  
Jiangsu new medical college. Chinese Dictionary of Chinese Medicine[M].Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1979
- [10] 熊善柏,赵思明,李建林,等.米饭理化指标与感官品质的相关性研究[J].华中农业大学学报,2002,21(1):83-87  
XIONG Shan-bai, ZHAO Si-ming, LI Jian-lin, et al. Study on the correlations between physicochemical properties and sensory qualities of cooked rice [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2002, 21(1): 83-87
- [11] 王玉珠,林伟锋,陈中.大米理化指标与米饭品质相关性的研究[J].现代食品科技,2011,27(11):1312-1315  
WANG Yu-zhu, LIN Wei-feng, CHEN Zhong, et al. Study on the correlation between characteristics of rice and the quality of cooked rice [J]. Modern Food Science and Technology, 2011, 27(11): 1312-1315
- [12] 王鲁峰,范传会,潘思义,等.一种食品检验用取米饭器:中国专利,ZL201520686379.6[P]2015.12.23,http://www2. soopat.com/Patent/201520686379