

# 增城丝苗米米饭理化性质与质构特性的相关性分析

钟国才<sup>1</sup>, 陈威<sup>1</sup>, 陈嘉东<sup>1</sup>, 曾伶<sup>1</sup>, 温玉可<sup>2</sup>, 黄志良<sup>3</sup>, 万娟<sup>1</sup>, 劳传忠<sup>1</sup>

(1.广东省粮食科学研究所, 广东广州 510050) (2.增城市泰稷发展有限公司, 广州增城 511370)

(3.增城市粮食局新塘粮食管理所, 广州新塘 511340)

**摘要:** 选用7份增城丝苗米的原料大米, 研究米饭的质构特性, 并分析其与大米的热特性、糊化特性和理化指标之间的相关性。结果表明, 增城丝苗米原料大米的硬度、粘性的差别较大, 而凝聚性、胶粘性、咀嚼性和回复性均较接近。大米直链淀粉含量与米饭质构特性呈显著相关, 米饭硬度、粘性与大米淀粉的糊化起始温度呈正相关, 与热焓值呈负相关。米饭的硬度、粘性、凝聚性、胶粘性、咀嚼性和回复性与大米淀粉糊化的最终粘度、崩解值呈负相关, 与消减值呈正相关, 粘性与回生值呈负相关。因此, 开发大米配方时, 将直链淀粉含量检测与大米的糊化特性、米饭硬度和粘性测试分析相结合, 对于提高大米配方的品质稳定具有重要意义。

**关键词:** 米饭; 质构特性; 热特性; 糊化特性; 理化指标; 相关性

文章编号: 1673-9078(2013)11-2607-2611

## Correlation Analysis between Textural and Physicochemical Properties of Simiao Rice

ZHONG Guo-cai<sup>1</sup>, CHEN Wei<sup>1</sup>, CHEN Jia-dong<sup>1</sup>, ZENG Lin<sup>1</sup>, WEN Yu-ke<sup>2</sup>, HUANG Zhi-liang<sup>3</sup>, WAN Juan<sup>1</sup>, LAO Chuan-zhong<sup>1</sup>

(1.Guangdong Institute of Cereal Science Research, Guangzhou 510050, China) (2.Zengcheng Tai-Ji Development Corporation Limited, Zengcheng 511370, China) (3.Xintang Grain Administration of Zengcheng Grain Bureau, Xintang 511340, China)

**Abstract:** Seven kinds of raw Simiao rice samples from Zengcheng were selected to investigate the correlations among textural properties of cooked rice, thermal characteristics of rice flour, gelatinization, and physicochemical properties of rice. The results showed that, hardness and adhesiveness of these samples varied greatly, but their cohesiveness, gumminess, chewiness and resilience were similar to each other. There were significant relationships between amylose content of rice and textural characteristics of cooked rice. Hardness and adhesiveness of cooked rice, showed negative correlation with the enthalpy, but positive correlation with onset temperature of rice starch gelatinization. Furthermore, hardness, adhesiveness, cohesiveness, gumminess, chewiness and resilience of cooked rice possessed negative correlation with final viscosity of gelatinization and breakdown value of rice starch, but positively correlated with the setback value. Meanwhile, viscosity had negative correlation with consistence value of rice starch. This reaserch will be useful for development and control of the quality and stability of rice formulations.

**Key words:** cooked rice; textural properties; gelatinization properties; chemical composition; correlation

大米是我国的主要粮食作物之一, 消费量大。随着生活水平的提高, 人们对米饭的口感、滋味等食味品质的要求也越来越高。目前, 多数企业已开始采取大米混配技术, 调制出系列大米产品, 但是普遍存在产品单一、品质不稳定等问题, 难以形成和保持品牌, 直接制约大米产业的健康发展。其中的主要技术原因

收稿日期: 2013-07-23

基金项目: 广州市重大科技专项计划项目(201001-E00771)

作者简介: 钟国才(1963-), 男, 高级工程师, 研究方向: 粮油加工与质量安全

通讯作者: 陈嘉东(1957-), 男, 教授级高工, 研究方向: 粮食加工、储藏与质量安全

是对影响米质的因素及其调制机理的研究尚不够深入, 配制的共性关键技术仍未彻底解决。因此, 研究米饭品质指标的评价和控制显得十分重要。近年来, 国内外对影响米饭品质的理化因子, 如直链淀粉、蛋白质、脂肪、粒型、厚度等因子<sup>[1-5]</sup>, 以及大米淀粉的糊化过程进行了大量研究<sup>[6]</sup>, 认为上述因子参与了大米淀粉的糊化过程, 影响米饭的食味品质, 并根据相关性分析, 以此预测食味品质。但是, 仅仅依据理化指标准确反映大米的蒸煮食味品质是十分困难的, 如不同品种大米的微结构差异也影响了米饭的品质<sup>[7]</sup>。在大米的食味品质的感官评价中, 米饭的适口性占较大比重, 米饭的质构特性则代表了米饭的适口性, 研

究其与大米的理化指标、大米淀粉热特性以及糊化特性之间的关系,显然对阐明影响米饭品质稳定性机理和开发控制技术有益。目前,国内外对粳稻品种和早籼稻品种(直链淀粉含量普遍高于24%)米饭品质指标评价已有一定研究,然而,对直链淀粉含量在15~24%之间(国家标准中优质籼米的直链淀粉范围)大米的质构特性评价及与其他指标之间的相关性研究未见系统报道。本文筛选出增城丝苗米的原料大米为材料,研究米饭的质构特性,并分析其与大米粉的糊化特性、糊化特性和理化指标之间的相关性,旨在为配制籼米配方和控制品质提供理论依据和技术参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 大米原料

本研究采用的大米原料均为增城丝苗米加工常用的稻谷品种。小丝苗米、美香占米、软粘米、象牙占米和银占米稻谷由增城市粮食局新塘粮食管理所提供,油粘米、美香占米-2稻谷由增城市泰稷发展有限公司提供。稻谷经LTJM-8型精米机(上海青浦绿洲检测仪器有限公司)碾磨成精米,用密实袋装好备用。精米经3100型样品磨(瑞士波通公司)粉碎至足够的细度( $\leq 40$ 目),供热特性、糊化特性和理化指标测试用。

### 1.2 质构测试试验

米饭的蒸煮方法:称取10.0 g大米样品于蒸煮皿中,快速用30 mL水洗两次,并滤干,按照米水比例1:1.3进行加水,浸泡30 min,在蒸锅中蒸煮40 min,焖制20 min,待测。采用TA.XT plus质构仪(英国SMSTA公司)测定蒸制米饭的质构特性,测定条件如下:运行模式:TPA;测前速度:5.0 mm/s;测试速度:0.5 mm/s;测后速度:5.0 mm/s;两次压缩间隔为3 s;触发力:100 g;压缩率65%;探头:P/36R。测试时,每次在蒸制米饭样品的中间部分随机取3粒完整的米饭,放置在质构仪的载物台中心环内测试,每个样品测定6次,去掉硬度最大和最小的两个测定结果,取4个测定结果,然后计算平均值。每个样品做3个平行。

### 1.3 大米热特性分析

采用DSC7型差示量热扫描仪(美国Perkin Elmer Diamond公司)测定米粉热力学特性。先将米粉配成浓度(质量分数)30%的溶液,置于密闭小管中,静置24 h,然后取出少许,放入DSC高压盘中。以10 °C/min的速率从30 °C升温至100 °C<sup>[8]</sup>。

### 1.4 大米糊化特性分析

大米粉糊黏度性质的测定参照李佳佳等人的方法<sup>[9]</sup>,准确称取一定量的样品于803201型Brabender黏度仪(德国Brabender公司)的回转杯中,然后加入100 mL蒸馏水,配成6% (m/m)的淀粉乳,设置扭矩为350 cmg,回转杯的转速为250 r/min。淀粉乳从30 °C开始升温,以7.5 °C/min速度升温至95 °C后保温5 min,然后以0.5 °C/min的速度降温至50 °C并保温5 min,在整个过程中连续记录淀粉糊黏度的变化,得到Brabender黏度曲线。

### 1.5 大米理化组成分析

参照王玉珠等人的方法测定大米的理化组成<sup>[1]</sup>。水分按105 °C恒质法测定;直链淀粉含量按碘比色法测定;粗蛋白质含量采用凯氏定氮法测定,蛋白系数取5.95;粗脂肪测定采用索氏抽提法测定。所有结果均以干基计。

### 1.6 数据分析

采用SPSS 13.0软件进行Pearson相关性分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 米饭的质构特性分析

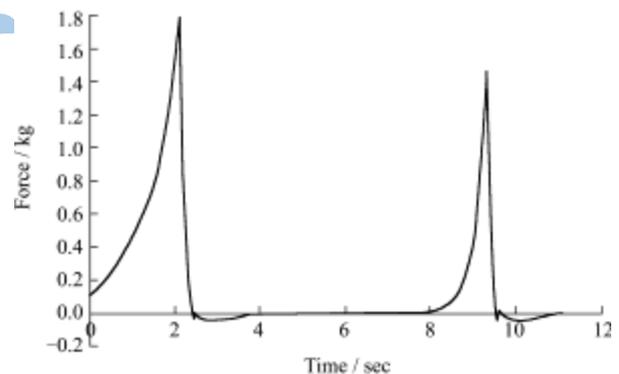


图1 米饭质构图

Fig.1 The graph of cooked rice textural property

注:品种:美香占2。

本文选用不同品种的增城丝苗米原料,分别测定了米饭质构特性(图1,美香占-2米饭质构图),结果表明,常见的增城丝苗米原料大米的硬度、粘性的差别较大,而凝聚性、胶粘性、咀嚼性和回复性均较接近,并且不同来源的美香占大米的质构特性指标相对稳定(表1)。上述品种米饭的适口性(黏性、弹性、软硬度等)评价分值分布在21~26之间,与硬度和粘性指标值呈显著相关(数据未提供)。米饭质构特性代表

了米饭的适口性, 在食味评价中占有相当大的比重, 但是, 测定米饭质构指标的影响因素较多, 硬度和粘度指标相对稳定表征品种质构的差异, 而凝聚性、胶粘性、咀嚼性和回复性品种之间变化不明显<sup>[10]</sup>, 本研

究结果也证实米饭质构指标中, 硬度和粘性指标最为稳健, 因此, 在调制籼米配方时侧重测定米饭的硬度和粘性等质构指标。

表 1 米饭质构特性

Table 1 The cooked rice textural property

品种	硬度	粘性	凝聚性	胶粘性	咀嚼性	回复性
小丝苗米	2075.61±259.30	-75.20±25.62	0.35±0.03	740.92±148.11	623.93±113.22	0.17±0.01
美香占米	1595.22±192.13	-93.10±34.10	0.33±0.02	524.32±70.15	439.72±63.61	0.13±0.02
软粘米	1808.80±294.84	-90.14±21.56	0.37±0.02	672.25±127.70	609.63±116.75	0.16±0.02
象牙占米	1786.73±239.16	-43.42 ±20.72	0.35±0.05	639.03±164.32	534.48±179.58	0.14±0.02
银占米	1658.46±84.85	-87.03 ±19.67	0.31±0.01	518.91±21.37	414.83±35.98	0.12±0.01
油粘米	1625.02±235.10	-109.36±25.28	0.36±0.03	586.73±108.92	518.64±108.66	0.15±0.02
美香占米-2	1573.06±246.72	-85.82 ±12.41	0.33±0.02	525.12±94.03	448.49±67.80	0.13±0.03

## 2.2 大米的理化组成与米饭质构的相关性分析

大米中的直链淀粉含量和蛋白质含量通常是影响米饭的食用品质的重要因素<sup>[2,5,11]</sup>, 因此本研究中分别测定了供试大米的直链淀粉、粗蛋白和粗脂肪含量。结果表明, 增城丝苗米的原料大米直链淀粉含量为16~24%, 蛋白含量为6~8%, 粗脂肪为0.2~0.4%。上述理化指标与米饭质构特性的相关性分析结果显示(表 2), 直链淀粉含量与米饭硬度显著正相关, 与米饭粘性正相关, 该结果与王玉珠等<sup>[1,12]</sup>结果相一致, 说明大米直链淀粉较高, 则米饭质地指标硬度较高。蛋白质与硬度、粘性和咀嚼性成正相关, 但不显著。脂肪含量与硬度、粘性与咀嚼性成负相关, 不显著。可能是本研究中大米原料本身蛋白质含量均较低, 对米饭质构影响不明显, 或者是大米中谷蛋白和醇溶蛋白含量的比例十分接近而造成食味品质差异不太明显。而前人研究则认为蛋白质主要影响大米糊化过程<sup>[5,13]</sup>, 蛋白质含量越高, 蛋白体紧密包裹淀粉体阻止了水分的进入, 需要更多的初始能量来破坏这一结合体,

这一结果和推断也通过扫描电镜技术证实, 在高蛋白含量的大米样品中大量蛋白体包围在复合淀粉粒周围, 限制了淀粉的吸水糊化, 导致蒸煮食味品质的降低<sup>[5]</sup>, 并表现为糊化熔点和峰值升高, 大米蒸煮性越差、能耗越高、蒸煮时间越长。一般地, 大米中的脂肪含量较低, 主要与米饭的滋味口味相关, 同时也参与了大米淀粉的糊化过程, 脂类物质组成、游离脂肪酸的含量均可能影响米饭的品质和质构<sup>[3,5,12]</sup>, 其中的机理较为复杂有待进一步研究。本研究结果进一步证实了直链淀粉、蛋白质和脂肪含量影响了米饭的质构特性, 控制大米配方应测定上述指标。

表 2 大米理化组成与米饭质构的相关性

Table 2 The correlation between physicochemical composition and cooked rice textural property

相关系数	硬度	粘性	凝聚性	胶粘性	咀嚼性	回复性
直链淀粉	0.89**	0.66	-0.01	-0.05	-0.13	-0.08
粗蛋白	0.15	0.42	-0.22	0.36	0.19	-0.04
粗脂肪	-0.23	-0.40	-0.72	-0.57	-0.65	-0.69

注: \*\*在 0.01 水平上(双侧)显著相关。

## 2.3 大米的热特性与米饭质构的相关性分析

表 3 大米的热特性

Table 3 The thermodynamic parameters of rice gelatinization

名称	起始温度/°C	峰值温度/°C	终结温度/°C	峰面积/mJ	热焓值/(J/g)	峰高度/mW
小丝苗米	63.01±1.20	71.75±0.95	81.95 ±1.14	37.99±0.87	9.50±1.12	0.50±0.11
美香占米	64.46±1.16	71.76±1.02	81.85 ±1.06	31.58 ±1.08	8.09±1.36	0.47±0.09
软粘米	64.39±0.86	71.92±0.89	83.20±1.17	35.412 ±1.13	9.31±1.07	0.49±0.14
象牙占米	67.47±1.09	75.10±1.10	85.64±1.23	27.966 ±1.34	6.69±1.29	0.41 ±0.07
银占米	67.60±0.97	74.75±0.98	83.78±1.00	29.369 ±1.24	7.56±1.39	0.49±0.16
油粘米	65.39±1.02	73.09±1.07	82.30±0.87	36.577±1.08	10.48±1.03	0.54 ±0.18
美香占米-2	63.54±1.23	71.09±1.25	79.94±1.08	25.009±1.00	6.41±1.34	0.41±0.05

利用 DSC 测定供试大米的热特性,提供了直观反映淀粉颗粒有序-无序排列的糊化情况。本研究结果显示,大米的糊化起始温度在 63 ℃以上(表 3),直链淀粉含量越高,糊化起始温度也较高,热焓值则较低。分析米饭质构和与大米热特性的相关性,从表 4 可见,米饭硬度、粘性与大米淀粉的糊化起始温度呈正相关,与热焓值呈负相关。DSC 的热焓值受到直链淀粉和脂质结合体、直链淀粉结晶和支链淀粉结晶的影响,在糊化过程中高直链淀粉的大米形成脂类络合物,抑制了淀粉的糊化<sup>[7-8]</sup>,从而表现出较高的糊化起始温度和终结温度。

表 4 大米的热特性与米饭质构相关性分析

Table 4 The correlation between cooked rice textural property and thermodynamic parameters of gelatinization

相关系数	硬度	粘性	凝聚性	胶粘性	咀嚼性	回复性
起始温度	0.41	0.34	-0.30	-0.32	-0.38	-0.59
峰值温度	0.52	0.46	-0.18	-0.09	-0.20	-0.41
终结温度	0.65	0.59	0.16	0.25	0.18	-0.06
峰面积	0.14	-0.38	0.60	0.66	0.69	0.72
热焓值	-0.32	-0.58	0.57	0.47	0.55	0.61
峰高	-0.44	-0.72	0.19	0.16	0.21	0.23

#### 2.4 大米的糊化特性与米饭质构的相关性分析

表5 大米的糊粘特征值

Table 5 The rice viscosity characteristics

名称	峰值粘度/BU	最低粘度/BU	最终粘度/BU	崩解值/BU	消减值/BU	回生值/BU
小丝苗米	84.10±1.22	82.00±1.05	160.00±2.36	2.00±0.74	76.00±1.56	78.00±1.28
美香占米	104.01±1.13	95.13±2.04	186.23±1.53	9.12±1.11	82.25±1.44	91.21±1.36
软粘米	108.23±1.09	101.24±1.45	193.63±1.46	7.00±1.42	85.00±1.72	92.05±1.95
象牙占米	108.39±1.28	106.35±1.74	184.43±1.33	2.00±0.82	76.21±1.65	78.36±2.00
银占米	118.23±2.00	105.63±1.65	207.69±2.01	13.00±1.63	9.00±1.00	102.47±1.44
油粘米	144.63±1.68	123.89±2.16	213.78±1.84	21.00±2.31	69.01±2.01	90.36±1.57
美香占米-2	110.24±1.32	100.00±1.75	191.46±2.11	10.21±1.52	81.23±1.25	91.36±1.48

表6 米饭质构与大米的糊粘特征值的相关性

Table 6 The correlation of between rice textural property and cooked rice viscosity characteristics

相关系数	硬度	粘性	凝聚性	胶粘性	咀嚼性	回复性
峰值粘度	-0.34	-0.52	0.02	-0.49	-0.37	-0.36
最低粘度	-0.17	-0.32	0.12	-0.40	-0.29	-0.32
最终粘度	-0.45	-0.54	-0.19	-0.64	-0.52	-0.58
崩解值	-0.60	-0.80*	-0.16	-0.57	-0.46	-0.38
消减值	0.14	0.09	0.65	0.39	0.50	0.67
回生值	0.20	-0.13	0.09	0.18	0.15	0.02

注: \*在 0.05 水平上(双侧)显著相关。

#### 析

大米的峰值粘度、最终粘度除了受淀粉性质的变化影响外,还受到其他物质如蛋白结构、脂肪酸值大小、脂肪含量和脂肪种类在总脂肪中的比例以及淀粉酶活性等的影响<sup>[9]</sup>。本研究测定了不同品种大米的糊化曲线特征值(表 5),结果表明,供试大米的最终粘度均超过 160 BU,崩解值 2~20 BU 不等,直链淀粉含量越高,则崩解值相对较低,各品种大米的回生值相对接近,超过 70 BU(除了美香占 2 外)。米饭的硬度、粘性、凝聚性、胶粘性、咀嚼性和回复性与大米淀粉糊化的最终粘度、崩解值呈负相关(其中,崩解值与粘度呈显著负相关),与消减值呈正相关,粘性与回生值呈负相关(表 6)。由此可见,利用大米的糊化特征值崩解值可初步预测米饭的质构特征。影响米粉的糊化和热特性及米饭品质的因素很多,研究证实的主要因素是直链淀粉和蛋白质及脂类<sup>[5,13]</sup>,但是米粉颗粒内部结构、淀粉分子结构等对米粉热特性和米饭品质的影响则有待进一步研究<sup>[6]</sup>。因此,筛选大米配方时,不仅要测定直链淀粉等理化指标,更要通过米粉热特性参数测试,并据此预测大米物化性质,从而验证控制大米质量和米饭品质稳定。

### 3 结论

- 3.1 增城丝苗米原料大米的硬度、粘性的差别较大,而凝聚性、胶粘性、咀嚼性和回复性均较接近。
- 3.2 大米直链淀粉含量与米饭质构特性显著相关,米饭硬度、粘性与大米淀粉的糊化起始温度呈正相关,与热焓值呈负相关。米饭的硬度、粘性、凝聚性、胶粘性、咀嚼性和回复性与大米淀粉糊化的最终粘度、崩解值呈负相关,与消减值呈正相关,粘性与回生值呈负相关。
- 3.3 开发大米配方中,将直链淀粉含量检测与大米的

糊化特性分析相结合,以及结合米饭硬度和粘性测试,对于提高大米配方的品质稳定具有重要意义。

致谢:本研究的样品测试得到梁兰兰博士的帮助,特此致谢。

### 参考文献

- [1] 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. 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
- [2] Martin M, Fitzgerald M A. Proteins in rice grains influence cooking properties [J]. Journal of Cereal Science, 2002, 36: 285-294
- [3] 刘奕,徐海明,程方民,等.稻米脱脂与未脱脂米粉的 DSC 热力学曲线和 RVA 特征值比较[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2005, 31(5):518-523  
LIU Yi, XU Hai-ming, CHENG Fang-min, et al. Comparison of DSC thermal curves and RVA properties between lipidfree and non-lipidfree in milled rice flours [J]. Journal of Zhejiang University (Agric. & Life Sci.), 2005, 31(5): 518-523
- [4] 贾良,丁雪云,王平荣,等.稻米淀粉 RVA 谱特征及其与理化品质性状相关性的研究[J].作物学报,2008,34(5):790-794  
JIA Liang, DING Xue-Yun, WANG Ping-Rong, et al. Rice RVA Profile Characteristics and Correlation with the Physical / Chemical Quality [J]. Acta Agronomica Sinica, 2008, 34(5): 790-794
- [5] 余世锋,杨秀春,Menager Lucile,等.直链淀粉、蛋白质及脂类对大米粉热特性的影响[J].食品与发酵工业,2009,35(4): 38-42  
YU Shi-feng, YANG Xiu-chun, Menager Lucile, et al. Effects of Amylose, Protein and Lipid on the Thermal Properties of Rice Flour [J]. Food and Fermentation Industries, 2009, 35(4): 38-42
- [6] Vidal V, Pons B, Brunnschweiler J, et al. Cooking Behavior of Rice in Relation to Kernel Physicochemical and Structural Properties [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55, 336-346
- [7] Kang H J, Hwang I K, Kim K S, et al. Comparison of the Physicochemical Properties and Ultrastructure of Japonica and Indica Rice Grains [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54, 4833-4838
- [8] 梁兰兰,赵志敏,吴军辉,等.稻谷陈化时间对米粉制品品质特性的影响率[J].华南理工大学学报(自然科学版), 2010, 38(4):65-70,96  
LIANG Lan-lan, ZHAO Zhi-min, WU Jun-hui, et al. Effect of Ageing Time of Paddy on Quality Characteristics of Rice Noodles [J]. Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition), 2010, 38(4): 65-70,96
- [9] 李佳佳,高群玉.酸预处理对蜡质玉米乙酰化淀粉性质的影响[J].食品工业科技,2012,33(23):97-100  
LI Jia-jia, GAO Qun-yu. Influence of prior acid treatment on acetylation of waxy maize starch [J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(23):97-100
- [10] 毛根武,董德良,杨瑞征,等.米饭质构特性测定方法的研究(I)-米饭样品制作与质构测试方法探讨[J].中国粮油学报,2012,27(3):1-5  
MAO Gen-wu, DONG De-lian, YANG Rui-zhen, et al. A Study on Determination of Texture Characteristics of the Cooked Rice(I)-Production and Determination of the Cooked Rice [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2012, 27(3): 1-5
- [11] Singh V, Okadome H, Toyoshima H, et al. Thermal and Physicochemical Properties of Rice Grain, Flour and Starch [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 48: 2639-2647
- [12] Suwannapom P, Pitiphunpong S, Champangern S. Classification of Rice Amylose Content by Discriminant Analysis of Physicochemical Properties [J]. Starch, 2007, 59: 171-177
- [13] XIE L.H, CHEN N, DUAN B W, et al. Impact of proteins on pasting and cooking properties of waxy and non-waxy rice [J]. Journal of Cereal Science, 2008, 47: 372-379
- [14] Fitzgerald M A, Martin M, Ward R M, et al. Viscosity of Rice Flour: A Rheological and Biological Study [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51: 2295-2299