

# 不同品种糙米粉糊化特性比较研究

李莎莎<sup>1,2</sup>, 吴娜娜<sup>2</sup>, 李兴峰<sup>1</sup>, 谭斌<sup>2</sup>

(1. 河北科技大学 生物科学与工程学院, 河北 石家庄 050018; 2. 国家粮食局科学研究院, 北京 100037)

**摘要:**以5种直链淀粉含量差异较大的糙米粉为原料,以水合特性、糊化黏度特性和热特性为分析指标,研究比较它们糊化性质的差异性,为加工糙米制品选取原料提供基础。结果表明,不同直链淀粉含量的糙米粉糊化性质差异较大,直链淀粉含量越高,其糙米粉吸水指数、水溶性及膨胀势越低,糙米粉糊化所需能量越多,粘度和回生值越低,衰减值越小,糊化所需时间差异不大。

**关键词:**糙米粉;水合特性;糊化粘度;热特性

**中图分类号:**TS 210.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7561(2016)04-0015-04

## Compare of the paste properties of different varieties of brown rice flour

LI Sha-sha<sup>1,2</sup>, WU Na-na<sup>2</sup>, LI Xing-feng<sup>1</sup>, TAN Bin<sup>2</sup>

(1. College of Bioscience and Engineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang Hebei 050018; 2. Academy of State Administration of Grain, Beijing 100037)

**Abstract:** Taking five kinds of non-glutinous brown rice flour with quite different amylose contents as raw materials, and hydration characteristics, pasting viscosity and thermal characteristics were determined to compare the differences of their pasting properties to provide a foundation for selecting raw materials to process brown rice products. The results showed that pasting properties of brown rice flour with different amylose contents were quite different. The water absorption index, water solubility, swelling power, viscosity, regenerative value and attenuation value of brown rice flour decreased with the increasing of amylose content, because brown rice flour required more energy to paste. But the pasting time has no significantly difference.

**Key words:** brown rice flour; hydration property; paste viscosity; thermal property

糙米富含谷胱甘肽、米糠脂多糖、谷维素以及 $\gamma$ -氨基丁酸(GABA)等功能性成分,越来越受到人们的重视。糙米经过粉碎处理之后,粒度减小,再进行加工,产品更易成型且口感更加细腻<sup>[1]</sup>,可以制成多元化、高附加值的产品,例如糙米卷、糙米面包、糙米饮品、糙米豆腐等<sup>[2-5]</sup>。我国稻谷资源丰富,品种众多,不同品种糙米粉的糊化性质不同,其产品品质也有差异。糊化性质是糙米粉性质的重要指标,糙米粉的糊化特性与蒸煮品质和食用品质等密切相关<sup>[6]</sup>。

目前,众多学者研究了不同品种大米粉糊化性质的差异性,研究结果证明直链淀粉含量、蛋白质、脂肪等对大米糊化性质有一定的影响<sup>[6-8]</sup>,但是很少有学者研究不同品种糙米粉糊化性质的区别。糙

米在碾磨之后,其蛋白质、脂肪、粗纤维等逐渐减少,蛋白质和脂质主要分布在皮层中,而淀粉则集中分布在胚乳,碾米时除去皮层使米粒中淀粉含量增高而蛋白质和脂质含量降低,因而糙米与白米的组成成分及相应的糊化性质也不同<sup>[9]</sup>。本实验采用快速粘度仪(RVA)和差示扫描量热仪(DSC)测定不同品种糙米粉的糊化粘度特性和热特性,并结合水合特性,对其糊化性质进行比较,为制作品质良好的糙米制品提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

表1 5种不同品种糙米来源及类型

品种	类型	产地
黑龙江圆粒	粳米	黑龙江
黑龙江长粒	粳米	黑龙江
江西2014晚	晚籼米	江西
湖南早	早籼米	湖南
江西2014早	早籼米	江西

收稿日期:2016-01-04

基金项目:国家自然科学基金青年基金项目(31501524);中央级公益性科研院所基本科研业务费(ZX1511)

作者简介:李莎莎,1991年出生,女,硕士研究生。

通讯作者:谭斌,1972年出生,男,博士,研究员。

马铃薯直链淀粉及马铃薯支链淀粉:Sigma 公司;总淀粉试剂盒:Megazyme 公司;其余试剂均分析纯。

1.2 主要仪器与设备

电子分析天平:瑞士梅特勒托利多公司;快速定氮仪:德国 Elementar Analysensysteme GmbH 公司; Soxtec 2055 型自动索氏抽提系统:福斯中国有限公司;T6-紫外可见分光光度计:北京普析通用仪器有限责任公司;200FC 型差示扫描量热仪(DSC):德国 Netzsch 公司;电热恒温鼓风干燥箱:上海森信实验仪器有限公司;Super-3 快速黏度仪(RVA):澳大利亚 Newport 科学分析仪器有限公司;FW-100 高速万能粉碎机:北京中兴伟业仪器有限公司;SC-3610 低速离心机:安徽中佳科学仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 糙米粉的制备

糙米去除霉粒、石子等异物之后进万能磨粉机进行粉碎,过 60 目筛,4℃保存备用。

1.3.2 水分测定

参照 AACC 44-19 方法测定不同品种糙米粉水分含量<sup>[10]</sup>。

1.3.3 总淀粉测定

采用 Megazyme 试剂盒法进行测定。

1.3.4 直链淀粉测定

采用碘蓝比色法,根据 Mcgrance 等人<sup>[11]</sup>的方法进行测定。

1.3.5 粗蛋白测定

参照 GB/T 24318—2009 杜马斯燃烧法<sup>[12]</sup>进行测定。

1.3.6 粗脂肪测定

参照 GB/T 5512—2008<sup>[13]</sup>进行测定。

1.3.7 水合特性的测定

参照 Heo<sup>[14]</sup>方法,稍加修改,称取 0.5 g 样品,加入 20 mL 去离子水,分别在 30℃和 100℃下搅拌 30 min,置于离心管中以 4 000 r/min 离心 15 min,将上清液置于烘箱中于 105℃烘干至恒重,每个样品做 3 个平行。质量为  $m_1$ ;离心管中膨胀淀粉质量

为  $m_2$ ;样品干重为  $m$ 。

吸水指数(WAI) =  $m_2/m$

水溶性(WS)/% =  $100m_1/m$

膨胀势(SP) =  $m_2/(m \times (1 - WS\%/100))$

1.3.8 糊化黏度特性的测定

参照 GB/T 24852—2010 的方法,以湿基 12% 为基准,称取(25±0.1) g 水,加入(3.00±0.01) g 糙米粉,将样品搅拌均匀,然后放入快速粘度分析仪(RVA)中进行测定。采用升温/降温循环,糊化程序为:50℃开始升温,3.75 min 内加热至 95℃,保温 2.5 min,3.85 min 内冷却至 50℃,保温 1.4 min,旋转浆在起始 10 s 内旋转速度为 960 r/min,以后保持 160 r/min 至结束,测定其粘度及回升值等指标<sup>[15]</sup>。

1.3.9 糙米粉热特性的测定

参照田晓红<sup>[16]</sup>的方法并加以改动,称取 5 mg 样品于铝盒中,使用微量注射器加入 10 μL 水,将铝盒密封,置于室温下过夜平衡,测定温度从 25℃升至 120℃,升温速度为 10℃/min。

1.4 数据处理

数据统计采用 SPSS17.0 进行数据分析,显著性分析采用 Duncan's 多重检验, $P < 0.05$  判断为显著。

2 结果与分析

2.1 糙米的基本组分

不同品种糙米的基本理化指标如表 2 所示。由表 2 可看出不同品种糙米的总淀粉含量在 77%~82% 之间,最高为黑龙江长粒,总淀粉含量为 81.44%,最低为江西 2014 晚,总淀粉含量为 77.97%,品种之间没有太大差异性;粗蛋白含量 8%~11%,江西 2014 晚糙米最高,粗蛋白含量为 11.22%,黑龙江长粒糙米最低,粗蛋白含量为 8.74%;粗脂肪含量 2.38%~3.00%,江西 2014 晚最高,粗脂肪含量为 3.00%,湖南早最低,粗脂肪含量为 2.38%;而直链淀粉含量 15%~22%,直支比 19%~28%,江西 2014 年早糙米的直链淀粉含量最高,达到 21.88%,直支比为 28.01%,黑龙江圆粒的直链淀粉含量最低为 15.96%,直支比为 19.01%,样品间存在显著性差异,说明所选样品具有代表性。

表 2 不同品种糙米的基本组成

品种	总淀粉/%	直链淀粉/%	直支比	粗蛋白/%	粗脂肪/%
黑龙江圆粒	78.50±1.88b	15.96±1.56c	19.01±2.20c	9.36±0.20c	2.78±0.10b
黑龙江长粒	81.44±0.29a	16.82±0.15c	20.22±0.22c	8.74±0.07d	2.81±0.08ab
江西 2014 年晚	77.97±0.11b	19.07±0.02b	23.56±0.04b	11.22±0.22a	3.00±0.22a
湖南早	78.71±0.80b	20.45±0.25ab	25.70±0.40ab	11.04±0.17a	2.38±0.03c
江西 2014 年早	80.34±0.57ab	21.88±0.38a	28.01±0.62a	10.57±0.08b	2.63±0.03b

注:所有数据结果均以干基计算,以标准值±标准偏差表示,同一列不同字母代表样品间存在显著差异性( $P < 0.05$ )。

2.2 水合特性

水合特性是研究糙米理化性质的一个重要指标,可体现糙米粉中淀粉的糊化特性等<sup>[17]</sup>。水合特性除受淀粉的来源、直链淀粉与支链淀粉的比例、直链淀粉和支链淀粉的细微结构、淀粉粒的结构(晶区与无定型区的比例)等内因的影响以外,还受温度、加热速率等外因的影响<sup>[18]</sup>。

5种不同品种的糙米粉在30℃与100℃时的水合特性如表3所示,从表中可以看出,在30℃时,吸水指数、水溶性及膨胀势均较小。随着直链淀粉含量的增高,其吸水指数、水溶性及膨胀势均呈逐渐下降的趋势,存在显著性差异( $P<0.05$ );但是江西2014早糙米的水溶性较高(5.73%),大于湖南早(5.09%)以及江西2014晚(5.23%),可能由于蛋

白质含量较低,阻止水分子进入的能力较弱<sup>[7]</sup>,除此之外,淀粉颗粒结构等也会影响淀粉的吸水膨胀<sup>[18]</sup>。而当温度升为100℃时,由于淀粉糊化,淀粉颗粒溶胀破裂,其结合水的能力提高,吸水指数、水溶性及膨胀势均显著增长,增长近5~10倍<sup>[19]</sup>。不同品种糙米粉之间存在显著差异性( $P<0.05$ ),且随直链淀粉含量的升高,吸水指数和膨胀势呈下降趋势,江西2014早例外,吸水指数与膨胀势较高;水溶性呈显著下降趋势,尤其江西2014晚相较于黑龙江长粒下降明显,而江西2014晚、湖南早和江西2014早之间虽然也呈下降趋势,但是没有显著性差异,可能由于除淀粉和蛋白质外,脂肪可以和淀粉形成淀粉—脂质复合体,可阻止淀粉颗粒的吸水膨胀<sup>[20]</sup>。

表3 不同品种糙米在30℃以及100℃下水合特性

糙米品种	吸水指数(WAI)		水溶性(WS, %)		膨胀势(SP)	
	30℃	100℃	30℃	100℃	30℃	100℃
黑龙江圆粒	2.84±0.07a	13.74±0.40a	6.50±0.21a	34.75±2.82a	2.90±0.18a	21.06±0.51a
黑龙江长粒	2.75±0.08ab	12.78±0.25b	5.93±0.16b	33.56±2.18a	2.81±0.07ab	19.25±0.52b
江西2014晚	2.71±0.10ab	11.85±0.29c	5.23±0.04c	21.21±0.08b	2.76±0.04ab	15.04±0.36d
湖南早	2.70±0.03b	11.69±0.42c	5.09±0.15c	21.22±1.06b	2.75±0.08ab	14.84±0.72d
江西2014早	2.58±0.01c	13.24±0.52ab	5.73±0.08b	19.19±1.81b	2.63±0.09b	16.38±0.30c

注:同一列不同字母代表样品间存在显著差异性( $P<0.05$ )。

2.3 糊化黏度特性

糙米粉在过量水分下加热时,淀粉颗粒吸水溶胀、糊化、回生的过程会形成溶胶<sup>[20]</sup>。采用快速黏度分析仪可以得到不同品种糙米的快速黏度分析曲线。不同品种糙米粉RVA曲线如图1所示,从图中可以分析出其淀粉溶胶形成过程的差异,不同品种糙米粉RVA曲线相似,但糊化特性差异较大,不同品种糙米粉的糊化特性指标如表4所示。

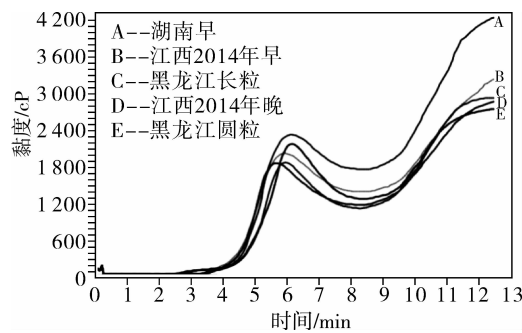


图1 不同品种糙米粉糊化黏度曲线

从表4中可以看出,不同品种糙米粉的糊化特性存在显著差异( $P<0.05$ )。随温度升高并到达某一临界点,淀粉颗粒开始吸水膨胀,粘度显著增加至峰值粘度<sup>[21]</sup>,湖南早糙米峰值粘度最高,江西2014晚最小;由于持续受到高温及剪切力作用,粘度开始下降至最低粘度<sup>[22]</sup>,最低粘度湖南早糙米最大,黑龙江圆粒最小,由于脂肪含量高,会与淀粉形成淀粉—脂质复合体,阻止淀粉颗粒的膨胀,导致粘度较小<sup>[23]</sup>。衰减值随直链淀粉含量的升高,呈下降趋势,但江西2014早较例外;随直链淀粉含量的升高,回生值逐渐升高,最终粘度呈增长趋势,糊化温度在87.70~90.90℃,其中,江西2014晚糙米到达峰值粘度的时间最短,为5.7min,黑龙江圆粒和湖南早糙米时间最长,均为6.09min。

2.4 糙米粉热特性

差示扫描量热仪(DSC)可用来测量糙米粉的糊化起始温度、糊化峰值温度、糊化终止温度以及糊化焓变<sup>[24]</sup>。5种品种糙米粉的热特性参数如表5所

表4 不同品种糙米糊化特性

糙米品种	峰值粘度/cp	最低粘度/cp	衰减值/cp	最终粘度/cp	回生值/cp	峰值时间/min	糊化温度/℃
黑龙江圆粒	2157.00±1.41b	1212.50±51.62c	944.50±53.03a	2681.50±54.45d	524.50±55.86d	6.07±0.09a	90.90±0.49a
黑龙江长粒	1852.50±0.71d	1101.00±4.24c	751.50±3.54b	2913.50±6.36c	1061.00±5.66c	5.93±0.00a	90.50±0.00a
江西2014晚	1846.00±9.90d	1174.00±25.46c	672.00±15.56bc	2860.00±26.87c	1014.00±16.97c	5.70±0.04b	88.03±0.04bc
湖南早	2283.00±26.87a	1697.50±55.86a	585.50±28.99d	4240.50±37.48a	1957.50±64.35a	6.07±0.09a	88.90±0.00b
江西2014早	2036.50±53.03c	1423.50±78.49b	613.00±25.46cd	3251.50±71.42b	1215.00±18.38b	5.93±0.00a	87.70±0.64c

注:数据以平均值±标准偏差表示,同一列不同字母代表样品间存在显著差异性( $P<0.05$ )。

示,从表中可看出不同品种的糙米粉热特性各参数间是存在差异性的。黑龙江长粒糊化焓变最小,为  $6.47 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$ ,江西 2014 早最大,为  $7.35 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$ ,说明随直链淀粉含量的升高,糙米粉糊化焓变越大,但黑龙江圆粒稍高于黑龙江长粒;从糊化起始温度、糊化峰值温度及糊化终止温度可以看出江西 2014 晚、湖南早和江西 2014 早明显高于黑龙江圆粒与黑龙江长粒,高的糊化温度说明糊化所需能量越多,而前三种糙米粉直链淀粉含量较高,越难糊化<sup>[25]</sup>,直链淀粉含量与糊化起始温度、糊化峰值温度以及糊化终止温度并不呈严格的线性关系,因为除直链淀粉外,蛋白质含量较高,阻止了水分进入,同样导致了糊化温度的升高<sup>[7]</sup>,其次稻米中直链淀粉可以与脂类结合,从而影响米粉的糊化<sup>[26]</sup>。

表 5 不同品种糙米粉热特性

糙米品种	糊化焓变 $\Delta H/\text{J} \cdot \text{g}^{-1}$	糊化起 始温度 $T_0/^\circ\text{C}$	糊化峰值 温度 $T_p/^\circ\text{C}$	糊化终止 温度 $T_e/^\circ\text{C}$
黑龙江 圆粒	$6.47 \pm 0.22\text{b}$	$64.50 \pm 0.14\text{c}$	$70.25 \pm 0.35\text{c}$	$76.65 \pm 0.07\text{c}$
黑龙江长粒	$6.40 \pm 0.26\text{b}$	$61.55 \pm 0.35\text{d}$	$68.00 \pm 0.00\text{d}$	$74.70 \pm 0.42\text{d}$
江西 2014 晚	$6.46 \pm 0.21\text{b}$	$72.00 \pm 0.42\text{b}$	$77.55 \pm 0.07\text{b}$	$82.95 \pm 0.07\text{b}$
湖南早	$7.32 \pm 0.15\text{a}$	$73.85 \pm 0.07\text{a}$	$78.15 \pm 0.07\text{a}$	$83.25 \pm 0.07\text{b}$
江西 2014 早	$7.35 \pm 0.01\text{a}$	$71.70 \pm 0.00\text{b}$	$77.50 \pm 0.28\text{b}$	$84.80 \pm 0.00\text{a}$

注:数据以平均值  $\pm$  标准偏差表示,同一列不同字母代表样品间存在显著差异性( $P < 0.05$ )。

3 结论

比较了 5 种直链淀粉含量差异较大的非糯糙米粉的水合特性、糊化黏度特性和热特性,分析 5 种不同品种糙米粉糊化性质的差异性。结果表明,样品中直链淀粉含量越高,其吸水指数、水溶性以及膨胀势越低,且由于加热使淀粉颗粒溶胀破裂,100℃比 30℃水合特性变化更加显著;高直链淀粉含量糙米粉比低直链淀粉含量糙米粉具有更高的粘度和回生值以及较低的衰减值。直链淀粉含量和蛋白质含量越高,其糊化所需能量越多,焓变越大,糊化温度越高,越难糊化。糙米由于其含有粗纤维等成分,其糊化性质与精白米的糊化性质不同,但是目前关于这些成分的影响研究缺乏,还有待进一步深入研究。

参考文献:

[1] Marshall W E. Effect of degree of milling of brown rice and particle size of milled rice on starch gelatinization[J]. Cereal Chemistry , 1992 , 69(6) :632 - 636.

[2] 王赫男,王静. 糙米的综合利用[J]. 北京工商大学学报,2012, 30(3) :49 - 52.

[3] 熊兰,李百顺,袁美兰. 糙米面包的研制[J]. 农业机械,2012 (27) :92 ~ 95.

[4] 王仲礼,赵晓红. 糙米的营养价值及其新型食品开发应用[J]. 中国稻米,2005(5) :47 - 48.

[5] 包永华,周晓红,陈林. 糙米豆腐的制作工艺优化[J]. 安徽农业

科学,2010,38( 21) :11474 - 11475.

[6] 杨晓蓉,李歆,凌家煜. 不同类别大米糊化特性和直链淀粉含量的差异研究[J]. 中国粮油学报,2001,16(6) :37 - 42.

[7] 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.

[8] Matveev Y I, Van Soest J J G, Nieman C, Wasserman L A, Protserov V A, Ezernitskaja M, et al. The relationship between thermodynamic and structural properties of low and high amylose maize starches[J]. Carbohydrate Polymers, 2001(44) : 151 - 160.

[9] 洪庆慈,刘长鹏. 大米碾白度对大米理化性质和米饭感官品质的影响[J]. 粮食与饲料工业,2004(3) :14 - 16.

[10] AACC 44 - 19, Moisture - Air - Over Method, Drying at 135℃ [S].

[11] McGrance S J, Cornell H J, Rix, C J. A simple and rapid colorimetric method for the determination of amylose in starch products [J]. Starch/Stärke, 1998(50) :158 ~ 163.

[12] GB/T 24318—2009, 杜马斯燃烧法测定饲料原料中总氮含量及粗蛋白质的计算[S].

[13] GB/T 5512—2008, 粮油检验粮食中粗脂肪含量测定[S].

[14] Soojung Heo, Soyoung Jeon, Suyong Lee . Utilization of Lentinus edodes mushroom b - glucan to enhance the functional properties of gluten - free rice noodles . LWT - Food Science and Technology , 2014(55) :627 - 631.

[15] GB/T 24852—2010 大米及米粉糊化特性测定. 快速粘度仪法[S].

[16] 田晓红, 谭斌, 谭洪卓, 等. 20 种高粱淀粉特性[J]. 食品科学, 2010,31(15) : 13 - 20.

[17] 成明华,李里特,辰巳英三. 大米品种和制粉工艺对大米粉性质的影响[J]. 粮食与饲料工业,2000(8) :16 - 19.

[18] Frazier P J , Donald A M , Richmond P. Starch : Structure and function[M]. Royal Society of Chem , 1997.

[19] Kim D N, Bae I Y, Inglett G E, Lee S. Effect of hydrothermal treatment on the physicochemical, rheological and oil - resistant properties of rice flour[J]. Journal of Texture Studies, 2009(40) : 192 - 207.

[20] 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.

[21] 程科,陈季旺,许永亮,等. 大米淀粉物化特性与糊化曲线的相关性研究[J]. 中国粮油学报,2006,21(6) : 4 - 8.

[22] 宋伟,刘璐,支永海等. 储藏温度对糙米糊化特性的影响[J], 安徽农业科学,2011,39(1) :221 - 223.

[23] Biliaderis C G, and Tonogai J R. Influence of lipids on the thermal and mechanical properties of concentrated starch gels[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1991(39) : 833 - 840.

[24] Wang L, Xie B J, Shi J, et al. Physicochemical properties and structure of starches from Chinese rice cultivars[J]. Food Hydrocolloids, 2010(24) : 208 - 216.

[25] Noda T, Takahata Y, Sato T, et al. Relationships between chain length distribution of amylopectin and gelatinization properties within the same botanical origin for sweet potato and Buckwheat[J]. Carbohydrate Polymers,1998(37) :153 - 158.

[26] 金丽晨,耿志明,李金州,等. 稻米淀粉组成及分子结构与食味品质的关系[J]. 江苏农业学报,2001,27(1) :11 - 18. 完