

文章编号:1000-8551(2009)01-0114-04

# 蛋白质中二硫键对稻米淀粉黏滞性的影响

谢新华<sup>1,2</sup> 李晓方<sup>2</sup> 肖昕<sup>2</sup>

(1. 河南农业大学食品科学技术学院,河南 郑州 450002;

2. 广东省农业科学院水稻研究所,广东 广州 510640)

**摘要:**在6个不同品种的稻米粉中添加二硫苏糖醇(DTT)以打破米粉中蛋白质的二硫键,用快速粘度分析仪测定淀粉的黏滞谱,研究稻米中蛋白质二硫键对稻米黏滞性的影响。结果显示,样品中添加DTT后,糊化温度降低;糯稻的峰值粘度下降,其他样品的峰值粘度上升而消减值极显著降低。蛋白质影响米饭的蒸煮食味品质,可能是二硫键结合形成的蛋白质网络的变化引起稻米吸水性改变而起作用。

**关键词:**精米;蛋白质;二硫键;淀粉;黏滞性

## EFFECT OF DISULFIDE BOND IN PROTEIN ON VISCOSITY OF RICE STARCH

XIE Xin-hua<sup>1,2</sup> LI Xiao-fang<sup>2</sup> XIAO Xin<sup>2</sup>

(1. College of Food Science Technology, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002;

2. Rice Research Institute of Guangdong Academy of Agriculture Science, Guangzhou, Guangdong 510640)

**Abstract:** The effect of disulfide bond in protein on viscosity properties of rice starch was studied by using 6 rice varieties of different amylase contents after the rice flour was treated by reagent dithiothreity(DTT) to disrupt the protein disulfide bonds. The viscosity profile was determined by rapid visco analyzer. Dithiothreity could decrease the pasting temperature in all samples; and the peak viscosity only in waxy rice samples, and increase the peak viscosity and decrease the setback in other four rice samples. The change of protein structure influenced viscosity due to change of binding water ability, which will influence the eating quality of the cooked rice.

**Key words:** milled rice; protein; disulfide bond; starch; viscosity

稻米中的直链淀粉和蛋白质是评价稻米蒸煮食味品质的重要因素,这其中包括直链淀粉含量、直链淀粉的溶解性、支链淀粉中A和B的长度和淀粉无定型区和结晶区的溶解温度<sup>[1,2]</sup>。有研究显示直链淀粉含量相似的稻米样品在蒸煮食味品质上差别比较大,这表明除了直链淀粉外,稻米中的其他成分对其食味品质也有较大影响<sup>[3~5]</sup>。有学者指出稻米中的蛋白质在稻米的黏滞性和质构性上起重要作用<sup>[6]</sup>。Lyon等研究显示蛋白质含量与稻米蒸煮食味品质的粘度成负相关<sup>[7]</sup>。Juliano等证实蛋白质含量影响米饭的色泽和光泽,高蛋白米饭较低蛋白米饭呈轻微的奶油色<sup>[8]</sup>。蛋

白质影响米饭的粘度和硬度,蛋白质含量越高,米饭越硬<sup>[9]</sup>。稻米中含有4种蛋白质,包括清蛋白、球蛋白、醇溶蛋白和谷蛋白,其中谷蛋白含量最高。谷蛋白主要由蛋白亚基通过分子内外二硫键连接构成。在稻米贮藏过程中,由于二硫键增多的缘故致使谷蛋白分子量增加,从而影响稻米的蒸煮食味品质<sup>[10]</sup>。由此可见,尽管稻米胚乳中的蛋白质含量不高,但会影响稻米的蒸煮食味品质,因此深入研究蛋白质对稻米蒸煮食味品质的影响很有意义。本试验用二硫苏糖醇打破蛋白质的二硫键,改变蛋白质在淀粉周围形成的网状结构,而后用快速粘度分析仪测定稻米淀粉的黏滞谱的

收稿日期:2008-04-18 收稿日期:2008-08-28

基金项目:广东省自然科学基金重点资助项目(06200585),河南农业大学博士基金(30300111)

作者简介:谢新华(1976-),男,河南漯河人,博士,讲师,从事谷物化学的研究。E-mail: xxh9922@tom.com

通讯作者:李晓方(1962-),女,甘肃临洮人,博士,研究员,博士生导师,从事生物技术方面的研究。Tel: 020-85266185; E-mail: lixiaofang@163.com

差异,以期为蛋白质对稻米蒸煮品质的影响提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料与设备

6个稻米样品(三五糯和南丰糯为糯稻,银运香米、丰华占、粤香占和粤丰占为常规稻)由广东省农业科学院水稻研究所提供。稻米收割完后在4℃下贮存3个月出糙,精白磨粉。稻米磨粉后采用四分法取样备用。

所用设备包括:BUCHF-309 凯氏定氮仪、CBS-30 型糙米出白机、FQS13X20 型碎米分离器、NKC-55 型糙米机、JLG45 型检验砵谷机、GB-204 型电子分析天平、G-560E 型振荡器、HH-4 电热恒温水浴锅、1093 型旋风磨、GB204 分析天平、SUPER-3 型快速粘度测定仪。所用二硫苏糖醇、硫酸和氢氧化钠均为分析纯。

### 1.2 样品蛋白的二硫键打破方法

样品含水量在 14.0% 时,用天平称取样品 3.00g;称取 0.7713g 二硫苏糖醇,用 pH 值为 7.5 的蒸馏水溶解,并在 1000ml 容量瓶中定溶即为 5mmol/L 的 DTT 溶液。分别添加 25.00ml 的 DTT 溶液和蒸馏水于 3.00g 米粉中,搅均,37℃ 水浴 30min<sup>[11]</sup>。

### 1.3 测定

精米蛋白质含量的测定用半微量凯氏定氮法<sup>[12]</sup>;直链淀粉测定用碘比色法<sup>[13]</sup>;淀粉黏滞性测定用澳大利亚 Newport Scientific 公司生产的 RVA (Rapid Visco Analyzer, Model 3D) 快速测定仪,并用 TCW (Thermal Cycle for Window) 配套软件分析。淀粉黏滞性测定按 AACC 规程(1995 61-02) 要求<sup>[14,15]</sup>。RVA 特征值主要用峰值黏度(peak viscosity)、热浆黏度(hot viscosity)、崩解值(breakdown, 峰值黏度 - 热浆黏度)、最终黏度(final viscosity)和消减值(setback, 最终黏度 - 峰值黏度)等表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 样品中直链淀粉和蛋白质的含量

从表 1 可以看出,6 个水稻样品直链淀粉含量差别非常大,2 个糯稻样品,2 个中等直链淀粉含量样品银运香米和丰华占,2 个高直链淀粉含量样品粤香占和粤丰占。之所以选择这 6 个样品,是由于直链淀粉含量对稻米淀粉黏滞性影响比较大,这 6 个样品有一定的代表性。但 6 个样品的精米蛋白质含量差别不是很大,均在 5.7%~7.2% 范围内。

表 1 6 个品种精米的直链淀粉和蛋白质含量

Table 1 Amylose content and protein content of milled rice of 6 cultivars

品种 cultivar	直链淀粉含量 amylose content (%)	蛋白质含量 protein content (%)
南丰糯 Nanfengnuo	1.7	5.8
三五糯 Sanwunuo	1.9	7.2
银运香米 Yinyunxiangmi	15.9	5.9
丰华占 Fenghuazhan	17.5	7.1
粤香占 Yuexiangzhan	25.4	5.7
粤丰占 Yuefengzhan	25.3	6.0

### 2.2 DTT 对精米中淀粉黏滞性的影响

由图 1 可知,糯稻达到完全糊化的时间短,达到峰值粘度后谱线迅速下降,冷却过程中谱线平缓,这主要是由于直链淀粉含量少使得淀粉糊在冷却过程中很难形成三维网络结构。用 DTT 打破二硫键桥后,淀粉黏滞曲线在糊化后整体下降;中等直链淀粉含量的丰华占稻米打破二硫键后,开始糊化时间缩短,峰值粘度增加,热浆粘度下降,而银运香稻米谱线糊化上升段的斜率增大;两个高直链淀粉含量的样品开始糊化时间缩短,谱线上升段的斜率降低。

DTT 的加入破坏了蛋白质二硫键桥,使二硫键数量减少。由表 2、表 3 可见,米粉添加 DTT 后,两糯稻峰值粘度下降比率最高,平均达 26.6%,这可能是由于 DTT 打破糯稻中蛋白质二硫键后使糊化体系的刚性降低,影响蛋白质的水合作用,即降低蛋白质的吸水性,从而使其峰值粘度降低;而其他 4 个样品的峰值粘度均上升,只有银运香米增幅显著,可能是由于样品在贮存过程中蛋白质中二硫键的变化引起的,蛋白质在贮存过程中,米谷蛋白的二硫键数量和分子量增加,从而溶解性降低。DTT 打破二硫键后,蛋白质可溶性增加,分子量降低,这样蛋白质的吸水性增强,使得整个体系浓度增大,这种作用可能大于 DTT 打破二硫键后使糊化体系刚性降低的作用,从而使峰值粘度升高<sup>[9]</sup>。而 DTT 使糯稻中峰值粘度降低,可能是后者作用强于前者。

在崩解值上,2 个糯稻均出现极显著下降,相反,中、高直链淀粉含量的 4 个样品的崩解值均极显著的上升,银运香米的上升达到 168%;崩解值是峰值粘度与热浆粘度的差值,表示在淀粉糊化达到最大粘度后,随着温度增加,支链淀粉粒膨胀达最大限度后碰撞加剧,在一定剪切力作用下淀粉粒破裂程度增大,这可能是打破二硫键形成的蛋白质网络屏障削弱了谷蛋白作用,即减弱谷蛋白对淀粉糊化的抑制作用,使淀粉颗

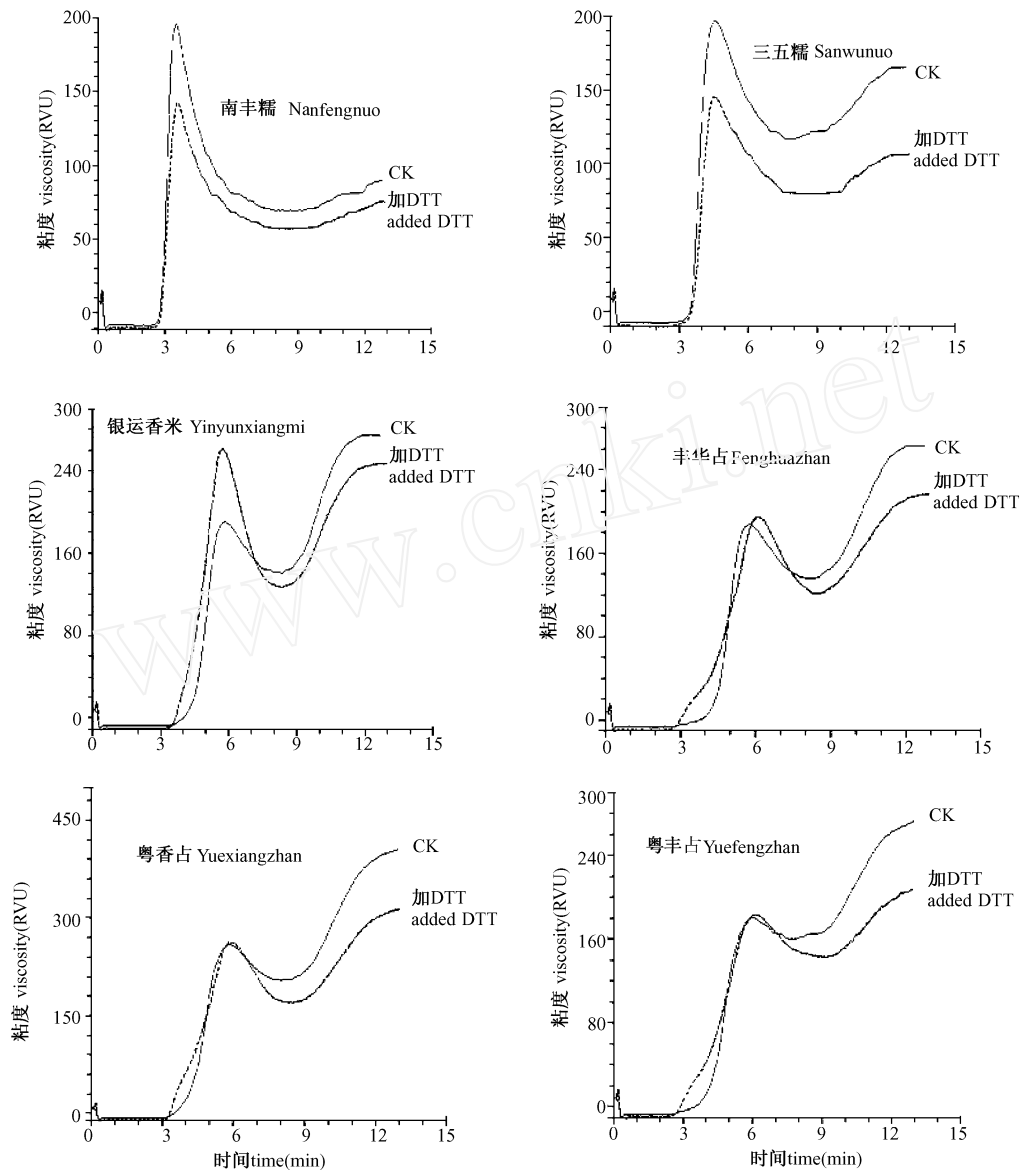


图1 添加 DTT 对精米粉淀粉的黏滞谱的影响

Fig. 1 Viscosity curves of milled rice starch

表 2 精米样品中峰值粘度和崩解值

Table 2 Peak viscosity and breakdown value of milled rice samples

value

品种 variety	峰值粘度 peak viscosity (RVU)			崩解值 breakdown (RVU)		
	米粉 rice flour	加 DTT added DTT	变化 difference	米粉 rice flour	加 DTT added DTT	变化 difference
南丰糯 Nanfengnuo	195	142	53** (27.2 %)	126	85	41** (32.5 %)
三五糯 Sanwunuo	196	145	51** (26.0 %)	80	65	15** (18.8 %)
丰华占 Fenghuazhan	187	195	- 8 (- 4.3 %)	52	73	- 21** (- 40.4 %)
银运香米 Yinyunxiangmi	190	261	- 71** (- 37.4 %)	50	134	- 84** (- 168 %)
粤香占 Yuexiangzhan	257	262	- 5 (- 1.9 %)	54	91	- 37** (- 68.5 %)
粤丰占 Yuefengzhan	179	182	- 3 (- 1.7 %)	20	39	- 19** (- 95 %)

注：\*，\*\*分别表示对照及处理差异显著 ( $P < 0.05$ ) 和极显著 ( $P < 0.01$ )，表中的数据都是 3 次重复的平均值，括号内数据为处理后特征值下降的比例，RVU 为粘度单位，下同。

Note: \*, \*\* indicate differences of viscosity between the control and the treated rice samples were significant at  $P < 0.05$  and  $P < 0.01$ , respectively. The data in table are the mean of 3 repeats. The data in brackets are the decreased percent compared with control. RVU is viscosity unit. The same as following table.

表3 精米最终粘度和消减值

Table 3 Final viscosity and setback of milled rice samples

品种 variety	最终粘度 final viscosity (RVU)			消减值 setback (RVU)		
	米粉 rice flour	加 DTT added DTT	变化 difference	米粉 rice flour	加 DTT added DTT	变化 difference
南丰糯 Nan feng nuo	90	75	15** (16.7%)	- 105	- 67	- 38** (- 36.1%)
三五糯 Sanwunuo	165	106	59** (35.8%)	- 31	- 39	8** (25.8%)
丰华占 Fenghuazhan	262	216	46** (17.6%)	75	21	54** (72.0%)
银运香米 Yinyunxiangmi	269	246	23* (8.6%)	79	- 15	94** (118.9%)
粤香占 Yuexiangzhan	403	314	89** (22.1%)	146	52	94** (64.3%)
粤丰占 Yuefengzhan	271	207	64** (23.6%)	92	25	67** (72.8%)

粒膨胀增大,耐剪切力减弱,淀粉颗粒破裂增大。

加入 DTT 后,6 个样品的最终粘度均极显著下降,三五糯下降比例最大为 35.8%,2 个中直链淀粉含量的样品的最终粘度下降的比率比 2 个高直链淀粉含量的低,这或许是二硫键的破裂,使得淀粉分子在重新排列时,由于蛋白质与淀粉分子的结合,降低了淀粉分子之间的作用力。

在消减值上,除了南丰糯外,其他样品的消减值都降低。消减值与米饭冷后的质地相关,一般消减值为负值且绝对值大米饭软,如糯稻其米饭过软;消减值为负值且绝对值小的,米饭软而不黏;消减值为正值且过大时,米饭硬而糙。

### 3 结论

用还原剂二硫苏糖醇处理打破稻米中蛋白质的二硫键后,稻米淀粉开始糊化时间缩短,糊化温度降低,谱线上升段的斜率下降;糯稻样品的黏滞谱线整体下降,中高直链淀粉含量样品的达到完全糊化时粘度增大;崩解值与米饭的口感相关,其大小可以直接反映出米饭的软硬,即米饭较软的品种的崩解值大,米饭较硬的崩解值小,除了糯稻外,其他样品的崩解值增大,这有利于降低米饭的硬度;消减值降低,改善了稻米品质。

### 参考文献:

[ 1 ] Hanashiro I, Abe J, Hizukuri S. A periodic distribution of the chain length of amylopectin as revealed by high performance anion exchange chromatography[J]. Carbohydrate Polymers, 1996, 283 :151 ~ 159  
[ 2 ] Tsai ML, Li C F, Li C Y. Effects of granular structures on the pasting behaviours of starches[J]. Cereal Chemistry, 1997, 74 :750 ~ 757  
[ 3 ] Vandeputte G E, Derycke V, Geeroms J Delcour J A. Rice starches II.

Structural aspects provide insight into swelling and pasting properties[J]. Journal of Cereal Science, 2003, 37:1 ~ 7  
[ 4 ] Champagne E T, Bett K L, Vinyard B T. Correlation between cooked rice texture and rapid visco analyzer measurements [ J ]. Cereal Chemistry, 1999, 76:764 ~ 771  
[ 5 ] 吴伟,刘鑫,杨朝柱. 抗性淀粉及预防糖尿病和肥胖症功能稻米研究进展[J]. 核农学报, 2006, 20(1) :60 ~ 63  
[ 6 ] Lim H S, Lee J H, Shin D H, Lim H S. Comparison of protein extraction solutions for rice starch isolation and effects of residual protein content on starch pasting properties[J]. Starch/Stark, 1999, 51:120 ~ 125  
[ 7 ] Lyon B G, Champagne E T, Vinyard B T, Windham W R. Sensory and instrumental relationships of texture of cooked rice from selected cultivars and postharvest handling practices[J]. Cereal Chemistry, 2000, 77:64 ~ 69  
[ 8 ] Juliano B O, Onate L U, Mundo A M. Relation of starch composition protein content and gelatinization temperature to cooking and eating quality of milled rice[J]. Food Technology, 1965, 19:1006 ~ 1011  
[ 9 ] Chrastil J. Stickiness of Oryzenin and starch mixtures of preharvest and postharvest rice grains[J]. Journal of Agriculture Food Chemistry, 1994, 42:2147 ~ 2151  
[ 10 ] Chrastil J, Zarins Z. Influence of storage on peptides subunits composition of rice oryzenin[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 1992, 40:927 ~ 930  
[ 11 ] Hamker B R, Griffin V K. Changing the viscoelastic properties of cooked rice through protein disruption[J]. Cereal Chem, 1990, 67(3) :261 ~ 264  
[ 12 ] 中华人民共和国国家标准. 谷类豆类作物种子粗蛋白测定法(半微量凯氏法)[M]. 北京:技术标准出版社, 1983:177 ~ 179  
[ 13 ] Xiao Xin, XIE Xinhua, CHEN Yi. Application of Near Infrared Transmittance Spectroscopy in Determining Amylose Content of Rice Grain [J]. Agricultural Sciences in China, 2004, 3(2) :156 ~ 159  
[ 14 ] American Association of Cereal Chemistry(AACC) [P]. Methods 61 - 02 for RVA -9thed. St Paul, MN:AACC, 1995  
[ 15 ] Gavois K A, Webb B D. Inheritance of long grain rice amylograph viscosity characteristic[J]. Euphytica, 1997, 97:25 ~ 29  
[ 16 ] Hamaker B R, Griffin V K. Effect of disulfide bond-containing protein on rice starch gelatinization and pasting[J]. Cereal Chemistry, 1993, 70(4) :377 ~ 380