

# 糯小麦与酿酒谷物黏度特性的比较

潘志芬<sup>1</sup>, 邹弈星<sup>1,2</sup>, 王春萍<sup>1,2</sup>, 邓光兵<sup>1,2</sup>, 龙海<sup>1</sup>, 余懋群<sup>1</sup>

(1. 中国科学院成都生物所, 成都 610041; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘要:** 为明确糯小麦与其他酿酒谷物糊化特性的差异, 为糯小麦在白酒酿造中的应用提供参考依据, 比较分析了 CD 糯麦-2、普通小麦、糯米、高粱和玉米籽粒的淀粉 RVA 黏度特性。结果表明, 不同作物的糊化特性有很大的差异, 高粱的峰值黏度最高, 糯小麦次之, 玉米最低, 普通小麦比糯米高, 但二者差异较小; 到达峰值黏度的时间为 5.2~11.2 min, 其中糯米糊化最快, 糯小麦与糯米接近, 比普通小麦快近 2 min, 普通小麦与高粱相近, 玉米最慢; 到达峰值黏度的温度为 67.2~92.2℃, 其中糯小麦和糯米低, 分别为 70.3℃ 和 67.2℃, 普通小麦和高粱分别为 84.6℃ 和 83.1℃, 玉米则高达 92.2℃, 糯小麦比普通小麦低约 14.3℃。糯小麦配粉能改变谷物的黏度特性, 对糊化温度和糊化时间的影响小于对峰值黏度的影响, 从不同作物考虑, 糯小麦配粉对糯米的黏度特性影响相对较小。结果显示, 糯小麦像糯米一样直链淀粉含量极低, 其淀粉易糊化, 糊化温度低, 耗能少; 向其他谷物中添加糯小麦可改变其淀粉黏度特性; 糯小麦具有代替其他谷物酿造新型风味白酒的潜在优势。

**关键词:** 糯小麦; 淀粉黏度; 酿酒

中图分类号: S512.1; S331

文献标识码: A

文章编号: 1009-1041(2011)05-0870-05

## Comparison on Pasting Properties of Waxy Wheat Flour and other Wine-making Cereals Flour

PAN Zhi-fen<sup>1</sup>, ZOU Yi-xing<sup>1,2</sup>, WANG Chun-ping<sup>1,2</sup>,  
DENG Guang-bing<sup>1,2</sup>, LONG Hai<sup>1</sup>, YU Mao-qun<sup>1</sup>

(1. Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu, Sichuan 610041, China;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

**Abstract:** The total starch content and the ratio of amylose/amylopectin in the cereal grains are closely associated with their productivity, energy and economy of winemaking. In spite of the higher price, waxy rice and waxy sorghum grains with high amylopectin are considered to be favorable to winemaking. Likewise, waxy wheat has high amylopectin similar to waxy rice and waxy sorghum grains and may be used as the substitute for winemaking. Comparison on pasting properties of waxy wheat flour and the wine-making cereals flour can accelerate the application of waxy wheat in wine-making industry. In this study, the difference on starch pasting properties of waxy wheat, common wheat, sorghum, maize and waxy rice was investigated and their starch pasting properties of reconstituted flours through waxy wheat blending with common wheat, sorghum and waxy rice were also analyzed. It was found that: (1) the starch properties of the five crop grains were greatly different; (2) peak viscosity of sorghum was the highest, followed by waxy wheat, that of maize was the lowest, and that of waxy

\* 收稿日期: 2010-12-07 修回日期: 2011-03-05

**基金项目:** 国家科技部基础性研究专项(2006FY110700); 中国科学院知识创新工程方向性项目(KSCXZ-YW-N-02); 四川省小麦育种攻关项目。

**作者简介:** 潘志芬(1971-), 女, 博士, 副研究员, 主要从事麦类作物品质遗传育种研究。E-mail: panzf@cib.ac.cn

**通讯作者:** 余懋群(1957-), 男, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要从事麦类作物遗传育种研究。E-mail: yumq@cib.ac.cn

rice was slightly higher than common wheat; (3) Peak time was in the range of 5.2~11.2 min, the shortest was waxy rice, followed by waxy wheat, waxy sorghum, common wheat and maize, and that of waxy wheat was 2 min shorter than that of common wheat and was near to waxy rice; (4) peak temperature of waxy wheat was 70.2°C, that of waxy rice, common wheat and waxy sorghum was 67.2°C, 84.5°C and 83.1°C, respectively, whereas that of maize was up to 92.2°C; (5) The incorporation of waxy wheat had slight effect on peak time and peak temperature, while it greatly decreased the peak viscosity accompanied with the amount increase of waxy wheat flour. The results indicated that waxy wheat had certain priority to be used to make wine because it had rapid rate of pasting and less energy for pasting.

**Key words:** Waxy wheat; Starch viscosity; Winemaking

淀粉是小麦籽粒的重要组成部分,其结构与组成对小麦的应用有重要的影响。通常,普通小麦籽粒中淀粉约占籽粒组分的 60%~70%,其中直链淀粉为 20%~30%,支链淀粉为 70%~80%。直链淀粉和支链淀粉的加工特性不同,各自适合不同的应用。通过遗传工程,可改变植物淀粉来源的基因型产生各种淀粉突变体,以满足食品及多种工业的需要<sup>[1]</sup>。白酒是我国的传统产业,对国民经济发展具有重大影响。高粱、大米、糯米、玉米和小麦等是酿造白酒的主要原料。对酿酒来说,支链淀粉吸水强、易糖化、利用率高、能耗低,因而支链淀粉含量高的谷物是酿制白酒的优质原料,如糯高粱或糯米即为常用的优质酿酒原料。

糯小麦是小麦中与直链淀粉合成密切相关的 3 个  $W_x$  基因同时缺失或不表达而形成的突变体<sup>[2]</sup>,籽粒淀粉中不含直链淀粉或直链淀粉含量极低( $<2\%$ )。1995 年,日本研究者 Nakamura 和 Yamamori 首次通过人工杂交的方式育成了糯小麦<sup>[3]</sup>,随后澳大利亚、中国、美国等国家的小麦遗传育种工作者也通过遗传工程、基因工程相继育成了糯小麦<sup>[3-7]</sup>。糯小麦的淀粉糊化快、吸水强、持水性和抗冻融能力好,在淀粉加工业、食品工业、造纸以及药物制造业等行业上有着新的用途,比如,可用作农林园艺的保水剂,或与普通小麦粉进行配粉制作面条、面包、馒头等各种面制品,改善品质和延长货架寿命,或替代糯米粉开发新型糯性食品,改善风味和大幅降低生产成本<sup>[8-18]</sup>。目前国内外关于糯小麦的应用研究主要集中于改良食品品质、食品工艺或丰富食品种类等<sup>[19-23]</sup>,还未见糯小麦酿酒的应用研究报道。鉴于糯小麦与糯高粱或糯米有相似的淀粉特性——高含量的支链淀粉,研究糯小麦在酿造白酒中的

应用将具有重要意义,可为我国白酒酿造提供经济、高产及低能耗的重要原料。本试验对糯小麦、普通小麦、糯米、高粱、玉米以及糯小麦与其他麦谷物配粉的淀粉黏度特性进行了比较研究,以期对糯小麦在酿酒中的应用提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

CD 糯麦-2、普通小麦、糯米、高粱、玉米以及 CD 糯麦-2 分别与普通小麦、糯米、高粱的不同比例配粉。CD 糯麦-2 为中国科学院成都生物研究所余懋群研究组选育,其产量与普通小麦品种绵阳 28 相当,其胚乳淀粉全为支链淀粉;籽粒粗蛋白含量为 14.46%,SDS 沉降值 35.6 mL,湿面筋含量 31.3%。其他谷物材料为市售。

### 1.2 方法

粗淀粉和直链淀粉含量分别参照 GB5006-85 和 GB/T15683,采用 PerkinElmer M341 全自动精密旋光仪和 UV755B 型紫外分光光度计进行测定;淀粉黏度性状采用德国 BRABENDER 微型糊化黏度仪(Micrio Visco-Amylo-Graph 803201)测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 五种谷物及其配粉的总淀粉和直链淀粉含量

五种谷物及其配粉的总淀粉和直链淀粉含量见表 1。糯小麦和普通小麦的胚乳总淀粉含量较低,分别为 61.26%和 61.36%,糯米的总淀粉含量最高,达 81.20%。糯小麦和糯米的直链淀粉含量均为零,玉米的直链淀粉较高。糯小麦与其他谷物配粉后,配粉中总淀粉含量与直链淀粉含量的变化因两种原粉的淀粉含量差异所致,与推测的趋势一致。

表1 材料中总淀粉和直链淀粉含量  
Table 1 Total starch and amylose content  
of materials investigated

样品编号 Code of sample	样品名称 Name of Sample	总淀粉 含量/% Total starch content	直链淀粉 含量/% Amylose content
a1	CD糯麦-2	61.26	0.00
a2	普通小麦	61.36	18.38
a3	糯米 Waxy Rice	81.20	0.00
a4	高粱 Sorghum	73.44	27.93
a5	玉米 Maize	77.95	31.31
b1	10%糯小麦+90%普通小麦	60.81	15.78
c1	20%糯小麦+80%普通小麦	61.58	13.88
d1	50%糯小麦+50%普通小麦	59.51	7.12
b2	10%糯小麦+90%糯米	79.51	0.00
c2	20%糯小麦+80%糯米	76.30	0.00
d2	50%糯小麦+50%糯米	69.60	0.00
b3	10%糯小麦+90%高粱	74.40	22.41
c3	20%糯小麦+80%高粱	72.33	19.75
d3	50%糯小麦+50%高粱	67.80	10.88

## 2.2 五种谷物的淀粉黏度特性

淀粉糊化特性与作物种类密切相关,不同作物的糊化特性存在显著差异。糯米、糯小麦、普通

小麦拥有相似形状的糊化曲线,与高粱、玉米的糊化曲线有很大的不同,高粱糊化时峰值黏度和最后黏度都很高,而玉米糊化黏度随着糊化进程的推进不断上升,出现一个小峰后,继续平缓上升,最后急剧上升到达很高的最终黏度;糯米、糯小麦与普通小麦比较,达到低谷黏度后,黏度变化更为平缓,回冷值很小(糊化曲线未列出)。糯小麦、普通小麦、糯米、高粱和玉米五种谷物的具体淀粉黏度特性指标见表2。从表2看出,不同作物的糊化指标有很大的差异,经显著性检验,不同作物间的差异显著,高粱的峰值黏度最高,糯小麦次之,玉米最低;普通小麦比糯米高,但二者差异较小;到达峰值黏度的时间为5.2~11.2 min,其中糯米糊化最快,糯小麦与糯米接近,比普通小麦快近2 min,普通小麦与高粱相近,玉米最慢;到达峰值黏度的温度为67.2~92.2℃,其中糯小麦和糯米低,分别为70.3℃和67.2℃,小麦和高粱分别为84.6℃和83.1℃,玉米则高达92.2℃,糯小麦比普通小麦低约14.3℃。这些结果表明,低含量直链淀粉的谷物淀粉易糊化,糊化温度低,耗能少。

表2 谷物的淀粉黏度特性

Table 2 The pasting properties of cereal samples investigated

黏度指标 Viscosity parameters	普通小麦 Common wheat	糯小麦 Waxy wheat	糯米 Waxy rice	高粱 Sorghum	玉米 Maize
峰值时间 Peak time /min	7.4	5.5	5.2	7.3	11.2
峰值黏度 Peak viscosity /BU	649.0	817.0	629.0	1 099.0	558.0
低谷黏度 Trough viscosity /BU	281.0	415.0	287.0	573.0	548.0
最终黏度 Final viscosity /BU	584.0	620.0	421.0	1 081.0	1 277.0
稀懈值 Breakdown /BU	368.0	402.0	342.0	526.0	10.0
反弹值 Setback value /BU	303.0	205.0	134.0	508.0	729.0
起始糊化温度 Start pasting temperature /℃	66.0	64.1	60.5	69.6	71.8
到达峰值黏度时的糊化温度 Peak temperature /℃	84.6	70.3	67.2	83.1	92.2

## 2.3 糯小麦与普通小麦、糯米和高粱等配粉的黏度特性

本实验中糯小麦与普通小麦、糯米和高粱等三种谷物分别以10%、20%和50%的比例混和。从糊化曲线的形状变化看,在普通小麦中添加糯小麦粉到20%时,淀粉糊化曲线形状没有很大改变,当添加量达到50%时,淀粉糊化曲线形状发生很大的变化,向糯小麦的糊化特征转变;向糯米中添加糯小麦,当添加量达到50%时,糊化曲线

都没有明显的变化;向高粱中添加糯小麦,糊化曲线的变化趋势与向普通小麦中添加糯小麦的变化情形相似(糊化曲线未列出)。配粉后的黏度指数变化见表3。在普通小麦和高粱中添加糯小麦粉到20%时,各黏度参数都明显下降,而在糯米中糯小麦添加量达到50%,各糊化指标都没有明显的变化。结果表明,向其他谷物中添加糯小麦改变了其淀粉黏度特性,说明可根据应用需要添加一定比例的糯小麦。

表3 配粉的淀粉黏度特性

Table 3 Pasting properties of cereal flour blending with waxy wheat flour

黏度指标 Viscosity parameters	样品编号 Code of samples											
	a2	b1	c1	d1	a3	b2	c2	d2	a4	b3	c3	d3
PT / min	7.4	7.4	7.5	7.3	5.2	5.2	5.3	5.3	7.3	7.4	7.5	7.2
PV /BU	649.0	574.0	492.0	463.0	629.0	630.0	600.0	600.0	1 099.0	980.0	848.0	769.0
TV /BU	281.0	273.0	254.0	271.0	287.0	281.0	267.0	265.0	573.0	539.0	490.0	448.0
FV /BU	584.0	547.0	497.0	490.0	421.0	417.0	394.0	399.0	1 081.0	999.0	929.0	803.0
BD /BU	368.0	301.0	238.0	192.0	342.0	349.0	333.0	335.0	526.0	441.0	358.0	321.0
ST /BU	303.0	274.0	243.0	219.0	134.0	136.0	127.0	134.0	508.0	460.0	439.0	355.0
SPT/°C	66.0	65.9	65.5	65.2	60.5	60.3	61.8	63.0	69.6	69.2	68.1	65.9
PKT/°C	84.6	84.5	85.5	84.9	67.0	66.8	67.6	68.4	83.1	84.3	85.0	83.6

PT: 峰值时间; PV: 峰值黏度; TV: 低谷黏度; FV: 最后黏度; BD: Breakdown 稀懈值 STV: 反弹值; SPT: 起始糊化温度; PKT: 到达峰值黏度时的糊化温度。样品编号与表1相同。

PT: peak time; PV: Peak Viscosity; TV: Trough Viscosity; FV: Final Viscosity; BD: Breakdown; STV: Setback Value; SPT: Start Pasting Temperature; PKT: Peak Temperature. Code of samples is the same as in table 1.

### 3 讨论

淀粉是重要的能源物质,也是重要的工业原料<sup>[23]</sup>。淀粉的理化和功能特性及在各种产品中呈现的独特性能随淀粉的生物来源不同而不同。从小麦、玉米、水稻和土豆等各种植物中分离的淀粉的结构和理化特性已受到广泛的关注。随着各种谷物淀粉突变体的出现,通过遗传工程改变淀粉的理化特性及不同突变体的淀粉特性的研究已受到植物育种、谷物化学等研究者的广泛关注。本研究发现,与普通小麦比较,糯小麦的起始糊化温度低,到达峰值黏度的时间短、温度低,表明糯小麦淀粉易糊化、糊化快、糊化所需的能耗低,这与前人的研究结果<sup>[11,15-16,19-21]</sup>一致,但本研究发现普通小麦的峰值黏度、低谷黏度、崩解值都比糯小麦低,这与王晨阳<sup>[15]</sup>、梁荣奇<sup>[16]</sup>、Hayakawa<sup>[10]</sup>的研究结果相反,这可能与不同品种间的差异有关。另外,糊化特性不仅与总淀粉含量、直链淀粉含量及直/支比有关,还与淀粉的颗粒形态、排列紧密度及支链淀粉的链长密切相关。

谷物淀粉黏度特性与谷物种类密切相关<sup>[18,24]</sup>,本研究发现糯小麦、普通小麦、糯米、高粱和玉米的淀粉黏度特性显著不同,低直链淀粉含量的谷物淀粉糊化快,到达峰值黏度的时间短,供试材料中糯小麦与糯米淀粉容易糊化,到达峰值黏度的温度低。针对酿酒加工,糯小麦的糊化温度比普通小麦低 14.3°C,代替普通小麦将在节

约能源上发挥极大的作用,同时糯小麦糊化特性与糯米相近,在糯米中掺入糯小麦后黏度特性改变小,而且糯小麦原料成本远远低于糯米,这些表明,糯小麦代替糯米在白酒工业中可能有很大的应用前景,可能大大节约能源、降低成本。同时,谷物籽粒中的蛋白质、脂肪和单宁等物质及籽粒颜色都对酿酒工艺和酒的品质及风味有很大的影响。糯小麦在蛋白质、矿物质、单宁、糖分等组成上与糯米不同,糯小麦代替糯米可能在产生新型风味白酒及新的酿制工艺方面作出贡献。目前糯小麦在酿酒上的应用还处于理论探索阶段,要加快这种全新的小麦材料在酿酒行业中的研究和应用,需要育种单位与酿酒企业联手,通过对现有糯小麦的酿酒品质进行测试,筛选优质的酿酒糯小麦,通过设计不同的方案将筛选的优质酿酒糯小麦用于白酒酿制中,研究糯小麦的酿酒效应和最适品质参数,指导育种单位进行专用酿酒糯小麦的选育。

#### 参考文献:

- [1] Jobling S. Improving starch for food and industrial applications[J]. Current Opinion in Plant Biology, 2004, 7: 210-218.
- [2] Nakamura T, Yamamori M, Hirano H, *et al.* Production of waxy (amylose free) wheats[J]. Molecular and General Genetics, 1995, 248: 253-259.
- [3] Morris C F, Konzak C F. Registration of hard and soft homozygous waxy wheat germplasm[J]. Crop Science, 2001, 41: 934-935.
- [4] 王子宁, 张艳敏, 郭北海, 等. 利用单倍体育种技术快速培育糯

- 小麦新品系[J]. 华北农学报, 2001, 16(1): 1-6.
- [5] 梁荣奇, 张义荣, 刘守斌, 等. 利用 *Wx* 基因分子标记辅助选择培育糯小麦[J]. 遗传学报, 2001, 28(9): 856-863.
- [6] 姚金保, 杨学明, 姚国才, 等. 中国糯小麦研究进展[J]. 植物遗传资源学报, 2004, 5(2): 201-204.
- [7] 舒守贵, 王涛. 利用回交法与 *Wx* 基因分子标记辅助选择培育糯性小麦[J]. 遗传, 2006, 28(5): 563-570.
- [8] Graybosch R A. Waxy wheats: Origin, properties, and Prospects[J]. Trends in Food Science & Technology, 1998, 10(8): 135-142.
- [9] Hung P V, Maeda T, Morita N. Waxy and high amylose wheat starches and flours - characteristics, functionality and application[J]. Trends in Food Science & Technology, 2006, 17: 448-456.
- [10] Hayakawa K, Tanaka K, Nakamura T, et al. Quality characteristics of waxy hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.): Properties of starch gelatinization and retrogradation[J]. Cereal Chemistry, 1997, 74: 576-580.
- [11] Abdel-Aal E, Hucl P, Chibbar R N, et al. Physicochemical and structural characteristics of flour and starches from waxy and nonwaxy wheats[J]. Cereal Chemistry, 2002, 79: 458-464.
- [12] 游新勇. 糯小麦淀粉高吸水性树脂的制备及性能研究[D]. 西北农林科技大学硕士学位论文, 2008.
- [13] Yamamori M. Amylose content and starch properties generated by five variant *Wx* alleles for granule-bound starch synthase in common wheat (*Triticum aestivum* L.)[J]. Euphytica, 2009, 165: 607-614.
- [14] 姚大年, 司洪芳, 张文明, 等. 糯小麦及部分普通小麦品种主要淀粉性状的研究[J]. 中国农业科学, 2004, 37(6): 902-907.
- [15] 王晨阳, 扶定, 郭天财, 等. 糯小麦与普通小麦配粉黏度参数的比较研究[J]. 河南农业大学学报, 2006, 40(6): 578-583.
- [16] 梁荣奇, 张义荣, 唐朝晖, 等. 糯性普通小麦的籽粒成分和淀粉品质研究[J]. 中国粮油学报, 2002, 17(4): 12-16.
- [17] 秦中庆, 高新楼, 刘钟栋, 等. 糯小麦粉与普通小麦粉配粉糊化特性的研究[J]. 粮食与饲料工业, 2005(5): 14-17.
- [18] 高新楼, 刘钟栋, 史芹, 等. 糯小麦淀粉糊化黏度特性的研究[J]. 粮食与饲料工业, 2008(6): 13-15.
- [19] 覃鹏, 吴荣林, 马传喜, 等. 不同品种糯小麦粉品质特性的差异[J]. 南京农业大学学报, 2009, 32(1): 6-11.
- [20] Guan L, Seib P A, Graybosch R, et al. Dough rheology and wet milling of hard waxy wheat flours[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009, 57: 7030-7038.
- [21] Morita N, Maeda T, Miyazaki M, et al. Dough and baking properties of high-amylose and waxy wheat flours[J]. Cereal Chemistry, 2002, 79: 491-495.
- [22] Morita N, Maeda T, Miyazaki M, et al. Effect of substitution of waxy-wheat flour for Common flour on dough and baking properties[J]. Food Science & Technology Research, 2002, 8: 119-124.
- [23] 张艳, 阎俊, 陈新民, 等. 糯小麦配粉对普通小麦品质性状和鲜切面条品质的影响[J]. 麦类作物学报, 2007, 27(5): 803-808.
- [24] 池晓菲, 吴殿星, 楼向阳, 等. 五种禾谷类作物淀粉糊化特性的比较研究[J]. 作物学报, 2003, 29(2): 300-304.

## 欢迎订阅 2012 年《作物学报》

《作物学报》是中国科学技术协会主管、中国作物学会和中国农业科学院作物科学研究所共同主办、科学出版社出版的有关作物科学的学术期刊。前身可追溯到 1919 年创办的《中华农学会丛刊》。主要刊载农作物遗传育种、耕作栽培、生理生化、种质资源以及与作物生产有关的生物技术、生物数学等学科具基础理论或实践应用性的原始研究论文、专题评述和研究简报等。办刊宗旨是报道本领域最新研究动态和成果,为繁荣我国作物科学研究、促进国内外学术交流、加速中国农业现代化建设服务。读者对象是从事农作物科学研究的科技工作者、大专院校师生和具有同等水平的专业人士。

《作物学报》从 1999 年起连续 12 年获“国家自然科学基金重点学术期刊专项基金”的资助。2006—2011 年连续 6 年获“中国科协精品科技期刊工程项目(B类)”资助。从 2002 年起连续 9 年被中国科技信息研究所授予“百种中国杰出学术期刊”称号。2011 年获“第二届中国出版政府奖期刊奖提名奖”,2005 年获“第三届国家期刊奖提名奖”。2008 年被中国科学技术信息研究所授予“中国精品科技期刊”称号。2009 年被中国期刊协会和中国出版科学研究所授予“新中国 60 年有影响力的期刊”称号。据北京大学图书馆编著的《中文核心期刊要目总览》(2004 和 2008 年版)登载,《作物学报》被列入“农学、农作物类核心期刊表”的首位。

《作物学报》为月刊,2012 年定价 50 元/册,全年 600 元。可通过全国各地邮局订阅,刊号:ISSN 0496-3490, CN 11-1809/S, 邮发代号:82-336。也可向编辑部直接订购。

地址:北京市海淀区中关村南大街 12 号,中国农业科学院作物科学研究所《作物学报》编辑部(邮编 100081)

电话:010-82108548;传真:010-82105793;网址:<http://www.chinacrops.org/zwxw/>

E-mail: zwx301@mail.caas.net.cn; xzbw@chinajournal.net.cn