

# 脱脂脱蛋白处理对小麦 A、B 淀粉理化性质的影响

吴桂玲, 李文浩, 郭洪梅, 高金梅, 黄倩, 张国权

(西北农林科技大学食品科学与工程学院, 陕西杨凌 712100)

**摘要:** 为阐明脂类和颗粒结合蛋白对小麦 A、B 淀粉理化和结构性质的影响, 以豫麦 49-198 为试验材料, 采用面团法制备小麦淀粉, 沉降法分离小麦 A、B 淀粉, 并对其进行了脱脂脱蛋白处理, 研究了处理前后小麦 A、B 淀粉组成、颗粒结构、溶解度与膨胀度、糊特性、热特性等性质的差异。结果表明: 与未处理的小麦 A、B 淀粉相比, 脱脂脱蛋白处理后小麦 A、B 淀粉颗粒表面较光滑, 分散程度较均匀, 偏光十字的位置和形状无显著性差异, 清晰度显著增加; 溶解度和膨胀度随温度的增长趋势显著增加; 起始温度、峰值温度、终值温度、透明度、峰值黏度、衰减值、回生值显著增加; 冻融稳定性、峰值时间显著降低; 热焓值无显著变化。这为小麦 A、B 淀粉更好的应用提供理论参考。

**关键词:** A 淀粉; B 淀粉; 脱脂脱蛋白处理; 理化特性

文章编号: 1673-9078(2015)10-227-233

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.10.038

## Effects of Defatting Coupled with Deproteinization on the Physiochemical Properties of A- and B-type Wheat Starch

WU Gui-ling, LI Wen-hao, GUO Hong-mei, GAO Jin-mei, HUANG Qian, ZHANG Guo-quan

(College of Food Science and Engineering, Northwest A&F University, Yangling 712100, China)

**Abstract:** Using the Yumai 49-198 variety, wheat starch was prepared by the dough-washing method, and A- and B-type wheat starches were separated by sedimentation. Subsequently, A- and B-type starch were defatted and deproteinized. The effect of lipids and particle-bound proteins on physiochemical and structural properties of A- and B-type wheat starch were studied in terms of changes in starch composition, particle structure, solubility, swelling power, pasting properties, and thermal properties before and after treatment. The results indicated that compared with untreated wheat starches, the particles of defatted and deproteinized wheat starches were smoother and had more uniform dispersion. The position and shape of birefringence were not significantly changed, but the clarity was markedly higher. The solubility and swelling degree was dramatically increased with increasing temperature. The onset temperature, peak temperature, final temperature, transparency, peak viscosity, breakdown value, and setback value were also significantly increased. However, the freeze-thaw stability and peak-time value were markedly decreased, and no significant changes were observed in gelatinization enthalpy. These results may have theoretical reference for industrial use of A- and B-type wheat starches.

**Key words:** A-starch; B-starch; defatting coupled with deproteinization treatment; physiochemical properties

小麦是人类食物的主要来源, 是我国三大主要粮食作物之一。淀粉是小麦籽粒的主要贮藏物质, 以颗粒形式存在于胚乳细胞中, 约占籽粒干重的 65%~70%<sup>[1]</sup>。根据淀粉粒径大小, 小麦淀粉可分为 A 型和 B 型两种。A 淀粉颗粒较大 ( $\geq 10 \mu\text{m}$ ), 呈扁圆型, 重量占胚乳总淀粉粒的 70%~80%, 但数量还不到总淀粉粒

的 10%; 而 B 淀粉颗粒较小 ( $< 10 \mu\text{m}$ ), 呈球形或不规则的多面体, 重量占胚乳总淀粉粒的 30% 以下, 而数量占总淀粉粒的 90% 以上<sup>[2]</sup>。A 淀粉在小麦授粉 3 d 后开始在造粉体发育形成, 花后 14 d, B 淀粉开始形成于 A 淀粉体内, 成熟后被释放到细胞质中。由于 A、B 淀粉的不同形成机理使其理化性质有一定的差异, A 淀粉具有较高的峰值黏度、谷黏度、崩解值、最终黏度和回生值; 而 B 淀粉体积小、数量多, 使其面团吸水率高、膨胀势较高<sup>[3]</sup>。研究小麦 A、B 淀粉的形态、大小等理化特性将有助于拓宽对淀粉特性的认识和淀粉用途上的研究, 为淀粉工业的发展奠定理论基础。

淀粉颗粒通常含有少量的脂类和颗粒结合蛋白,

收稿日期: 2015-01-20

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31301557); 国家现代小麦产业技术体系建设专项 (MATS)

作者简介: 吴桂玲 (1988-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 粮食、油脂及植物蛋白工程

通信作者: 张国权 (1968-), 男, 教授, 研究方向: 谷物品质评价及淀粉工程技术

二者的单一或协同作用,对于淀粉的理化特性、颗粒结构特性、加工特性和实际应用等有很大的影响<sup>[4]</sup>。淀粉与脂类可形成淀粉-脂质复合物,影响淀粉的流变学特性、热学特性、酶解特性及老化特性等;颗粒结合蛋白参与淀粉的合成,影响胚乳的质地及淀粉颗粒的糊化特性、热特性和消化特性等。目前国内外对脂类和颗粒结合蛋白对淀粉理化特性的影响研究主要集中在青稞、玉米、豆类和薯类等作物,其对小麦 A、B 淀粉理化性质的影响研究还鲜见报道。本文对小麦 A、B 淀粉进行脱脂脱蛋白处理,研究处理前后小麦 A、B 淀粉组成、颗粒特性、溶解度与膨胀度、糊特性、热特性等性质的差异,为系统分析脂类和颗粒结合蛋白对小麦 A、B 淀粉理化特性的影响机制提供理论参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

小麦样品(豫麦 49-198:中筋半冬性,河南主导小麦品种)购于陕西咸阳种子公司;氢氧化钠、浓硫酸、硼酸、五水硫酸铜、无水乙醚等均为分析纯,四川西陇化工有限公司。

### 1.2 仪器与设备

S-3400N 扫描电子显微镜,日本日立高新技术公司;DMBA400 数码显微镜,麦克奥迪实业集团中国有限公司;UV-1700 紫外可见分光光度计,日本岛津公司;Foss 凯氏定氮仪,瑞典富斯-特卡脱公司;SHA-C 水浴恒温振荡器,常州国华电器有限公司;Q2000 型差式扫描量热分析仪,美国 TA 仪器公司;SHB-III 型循环水式真空泵,郑州长城科工贸有限公司;SUPER3 RVA 快速粘度分析仪,澳大利亚 Newport 公司。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 小麦淀粉的制备与 A、B 淀粉的分离

小麦籽粒用实验磨粉机磨制成面粉,淀粉提取采用面团法。向面粉中加入 60% 的蒸馏水调制面团,静置 20 min,水洗面团,将所有淀粉浆过 100 目筛后 3000 r/min 离心 10 min,倒掉上清液,小心刮去最上层淡黄色物质,收集下层淀粉,置于 45 °C 烘箱烘干,粉碎过 100 目筛,即得小麦全淀粉样品。

A、B 淀粉的分离采用沉降法。称取 50 g 小麦淀粉悬浮于 400 mL 去离子水中,静置 1 h,吸取上层悬浮液 250 mL,加水至原刻度,重复 9 次,收集全部上层悬浮液。将收集的悬浮液于 G<sub>4A</sub> 的砂芯漏斗中抽虑,

滤液 4000 r/min 离心 20 min 烘干得 B 淀粉。将砂芯漏斗中残余的淀粉与烧杯中的剩余沉淀部分合并 3500 r/min 离心 10 min 烘干得 A 淀粉。

#### 1.3.2 小麦 A、B 淀粉的脱脂脱蛋白处理

称取 3 g 小麦淀粉,放入索氏抽提器中,用无水乙醚抽提 12 h 进行脱脂处理,然后加入 25 mL 0.2% NaOH 溶液,30 °C 下水浴振荡 30 min 后 4000 r/min 离心 10 min,弃去上清液,重复 3 次。沉淀用 25 mL 蒸馏水洗 5 次,离心弃上清液,将沉淀烘干后即得脱脂脱蛋白样品。

#### 1.3.3 淀粉化学组成

水分:参照 GB 5497-1985 105 °C 恒重法测定;总淀粉: Megazyme 淀粉总量检测试剂盒(K-TSTA);粗蛋白:半微量凯氏定氮法,参照 GB 5009.5-2010 食品中蛋白质的测定;粗脂肪:参照 GB/T 5512-2008 粮油检验 粮食中粗脂肪含量测定;灰分:参照 GB 5009.4-2010 食品中灰分的测定。

#### 1.3.4 扫描电子显微镜观察

将待测样品均匀分布在有导电双面胶的样品台上,放在 HVS-SGB 喷金机上,真空条件下喷上一层铂金,然后固定在载物台上,扫描电子显微镜下观察。

#### 1.3.5 偏光十字观察

参考 Zhang 等<sup>[5]</sup>方法。将 10 mg 待测样品均匀分散在 1 mL 容量瓶,取一滴淀粉悬浮液转移到载玻片上,盖上盖玻片,偏光显微镜下观察。

#### 1.3.6 溶解度与膨胀度

参考缪铭等<sup>[6]</sup>方法。将质量分数 2.0% 的淀粉乳,分别在 50、60、70、80、90 °C 的水浴加热并搅拌 30 min,冷却后 3000 r/min 离心 20 min,分离上层清液,烘干称重为水溶淀粉量,计算溶解度,下层为膨胀淀粉部分,由膨胀淀粉质量计算膨胀度。溶解度和膨胀度计算公式如下:

$$\text{溶解度}(\%) = \frac{\text{水溶淀粉重}}{\text{淀粉样品重(干)}} \times 100$$

$$\text{膨胀度}(\%) = \frac{\text{膨胀淀粉重}}{\text{淀粉样品重} \times (100 - \text{溶解度})} \times 100$$

#### 1.3.7 热力学特性

称取 3~5 mg 淀粉于铝制干锅中,加入一定量去离子水混合均匀(样品:水=1:2),密封加盖后置于 4 °C 冰箱放置 24 h 后取出,用 Q2000 型差示扫描量热仪进行测定,以空干锅为对照,升温速率为 10 °C/min,温度范围为 30~120 °C,氮气流速 50 mL/min,得到 DSC 热效应曲线,计算出起始温度(T<sub>0</sub>)、峰值温度(T<sub>p</sub>)、终值温度(T<sub>c</sub>)、热焓值(ΔH) 4 个特征参数。

#### 1.3.8 透明度

参考缪铭等<sup>[6]</sup>方法。

### 1.3.9 冻融稳定性

参考 Wu and Seib<sup>[7]</sup>方法: 将质量分数 6% 的淀粉乳在沸水浴中加热 30min, 然后冷却到 25 °C。取 10 mL 倒入塑料离心管中, 置于 -18 °C 冰箱内冷冻, 24 h 后取出室温下自然解冻, 然后在 3000 r/min 条件下离心 15 min, 弃去上清液 (若无水析出则反复冻融, 至有水析出), 称取沉淀物质量, 析水率计算公式如下:

$$\text{析水率}(\%) = \frac{\text{糊重} - \text{沉淀物重}}{\text{糊重}} \times 100$$

### 1.3.10 黏度特性

采用 SUPER3 RVA 快速粘度分析仪进行测定, 用 TCW (Thermal cline for windows) 配套软件记录和分析数据。根据 AACC76-21 方法: 称取 3 g 淀粉, 加入 25 mL 蒸馏水, 混匀于 RVA 专用盒内, 采用升温-降温循环: 保持 50 °C 1 min; 3.75 min 内加热到 95 °C; 在 95 °C 保持 2.5 min, 在 3.75 min 内降到 50 °C, 然后在 50 °C 保持 2 min。测得糊粘度曲线, 分析峰值粘度 (Peak viscosity)、谷值 (Trough viscosity)、衰减值 (Breakdown)、最终粘度 (Final viscosity)、回生值 (Setback)、峰值时间 (Peaking time) 及成糊温度 (Pasting temperature)。

## 1.4 数据处理与分析

采用 Excel2003 和 Origin7.5 进行数据处理与图形绘制。

## 2 结果与分析

### 2.1 淀粉基本组成分析

由表 1 可知小麦淀粉的总淀粉含量均较高 (>97%); 未处理淀粉样品中粗蛋白含量高低依次为 B 淀粉、全淀粉和 A 淀粉, 这是因为 B 淀粉粒体积小、数量多, 比表面积相对较大, 可结合较多的蛋白质<sup>[8]</sup>。脱脂脱蛋白处理后, 淀粉中粗蛋白含量显著降低 (<0.2%), 且在全淀粉、A 淀粉、B 淀粉间无显著差异, 本研究脱蛋白方法可能较好的去除淀粉颗粒表面结合蛋白, 而未能去除淀粉颗粒内部的内镶蛋白<sup>[9]</sup>; 未处理小麦淀粉中粗脂肪含量在全淀粉、A 淀粉和 B 淀粉间无显著性差异, 脱脂脱蛋白处理后, 淀粉中未能检测出粗脂肪, 表明本研究脱脂效果良好; 灰分含量均很低 (<0.3%)。由此可知小麦淀粉纯度较高, 符合淀粉进一步分析要求。

表 1 小麦淀粉的基本组成 (干基)

Table 1 Compositions of wheat starch (dry basis)

样品名称	处理方式	总淀粉/%	粗蛋白/%	粗脂肪/%	灰分/%
全淀粉	未处理	97.39±0.28 <sup>ab</sup>	0.26±0.01 <sup>b</sup>	0.30±0.03 <sup>a</sup>	0.27±0.01 <sup>a</sup>
	脱脂脱蛋白	97.59±0.88 <sup>ab</sup>	0.16±0.01 <sup>d</sup>	-	0.20±0.01 <sup>b</sup>
A 淀粉	未处理	97.87±0.39 <sup>ab</sup>	0.23±0.02 <sup>c</sup>	0.28±0.00 <sup>a</sup>	0.14±0.02 <sup>c</sup>
	脱脂脱蛋白	98.41±0.54 <sup>a</sup>	0.15±0.00 <sup>d</sup>	-	0.15±0.02 <sup>c</sup>
B 淀粉	未处理	97.24±0.30 <sup>b</sup>	0.33±0.00 <sup>a</sup>	0.29±0.00 <sup>a</sup>	0.28±0.01 <sup>a</sup>
	脱脂脱蛋白	97.64±0.15 <sup>ab</sup>	0.16±0.01 <sup>d</sup>	-	0.19±0.01 <sup>b</sup>

注: 同一列中不同字母表示差异达显著水平 (p<0.05), -表示未检出, 下同。

### 2.2 颗粒形态

由图 1 (A~F) 可以看出, 小麦全淀粉由颗粒较大的 A 淀粉和颗粒较小的 B 淀粉组成。A 淀粉主要为圆盘状或椭圆形, 表面较光滑, 且呈现直径越大其形状越圆扁的特征。B 淀粉主要为球形或不规则多边形, 有团聚的现象, 且数量上显著多于 A 淀粉<sup>[10]</sup>。脱脂脱蛋白处理后小麦淀粉颗粒表面更加光滑, 且分散程度较均匀, 可能是因为未处理小麦淀粉颗粒表面结合了少量脂质和蛋白质, 未能使淀粉颗粒完全暴露出来。

由图 1 (a~f) 可以看出, 小麦淀粉的偏光十字较明显, 脐点均位于淀粉颗粒的中心位置, A 淀粉颗粒的偏光十字明显程度高于 B 淀粉。脱脂脱蛋白处理后

淀粉颗粒的偏光十字的位置和形状无显著性差异, 但淀粉颗粒的偏光十字更加明显。说明脂类和蛋白质的存在影响淀粉颗粒内部微晶结构的双折射性<sup>[5]</sup>。

### 2.3 溶解度与膨胀度

由图 2 可知, 小麦淀粉的溶解度和膨胀度均随着温度的升高而增大, 尤其 60 °C 之后, 增长趋势显著增加。这是因为随着温度的升高, 水分进入到淀粉颗粒内部, 开始吸水膨胀, 同时无定形区直链淀粉因受热作用而逐渐溶于水中, 且淀粉的溶解和膨胀存在初期阶段和快速阶段, 当温度升高到接近淀粉的糊化温度, 淀粉的微晶束结构开始松动, 使暴露出来的极性基团与水结合, 急剧吸收周围的水分, 造成其溶解度



和膨胀度快速增加<sup>[11]</sup>。

脱脂脱蛋白处理后的小麦淀粉溶解度和膨胀度随温度的增长趋势显著增大，70 °C之前，脱脂脱蛋白处理的小麦淀粉溶解度和膨胀度低于未处理的小麦淀粉，70 °C之后，脱脂脱蛋白处理的小麦淀粉溶解度和膨胀度显著高于未处理的小麦淀粉，说明脂类和蛋白质的存在会阻碍水分子进入淀粉颗粒内部，对其有抑制作用，且蛋白质填充在淀粉颗粒之间并在淀粉表面形成矩阵，固定住一定数量的水分子，使其不易溶解，当温度高于糊化温度后，矩阵形态遭到破坏<sup>[12]</sup>。

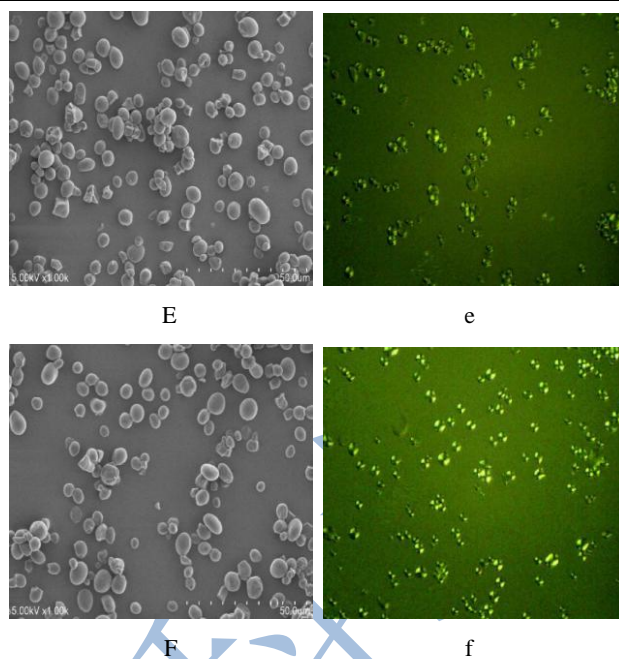
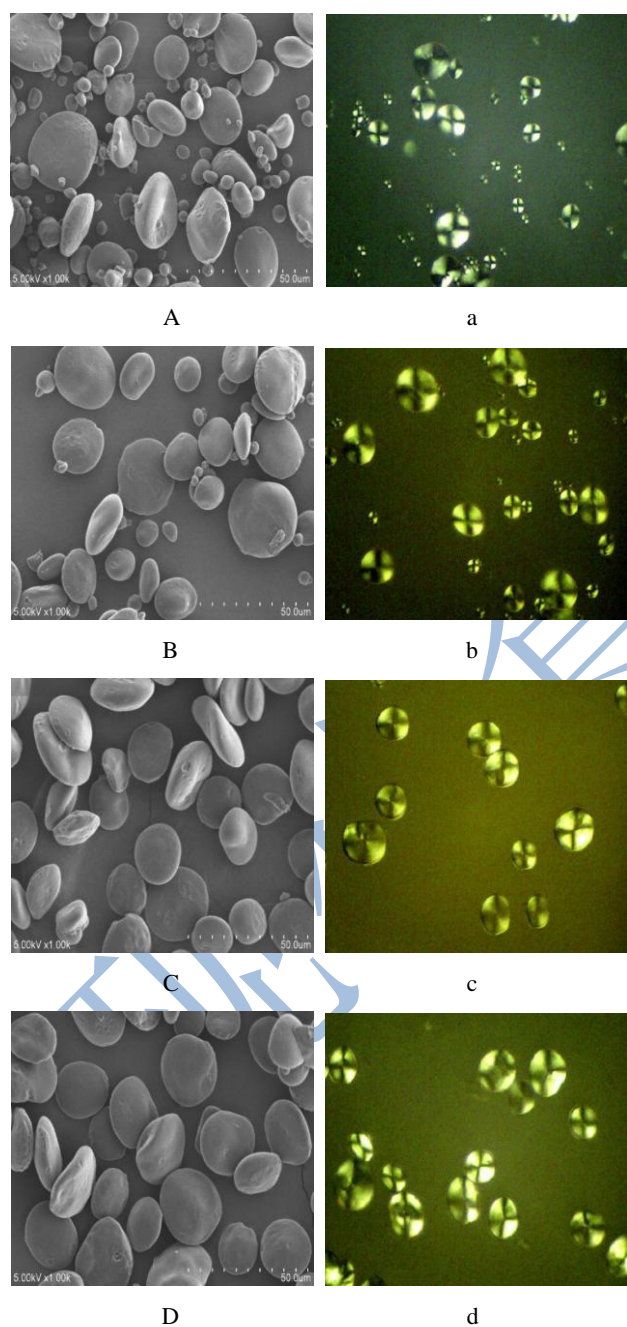


图1 小麦淀粉的扫描电镜图(1000X)(A-F)和偏光十字(400X)(a-f)

Fig.1 Scanning electron micrographs (1000X) (A-F) and polarized light micrographs (400X) (a-f) of wheat starch

注：A-F、a-f 分别为全淀粉、脱脂脱蛋白全淀粉、A 淀粉、脱脂脱蛋白 A 淀粉、B 淀粉、脱脂脱蛋白 B 淀粉。

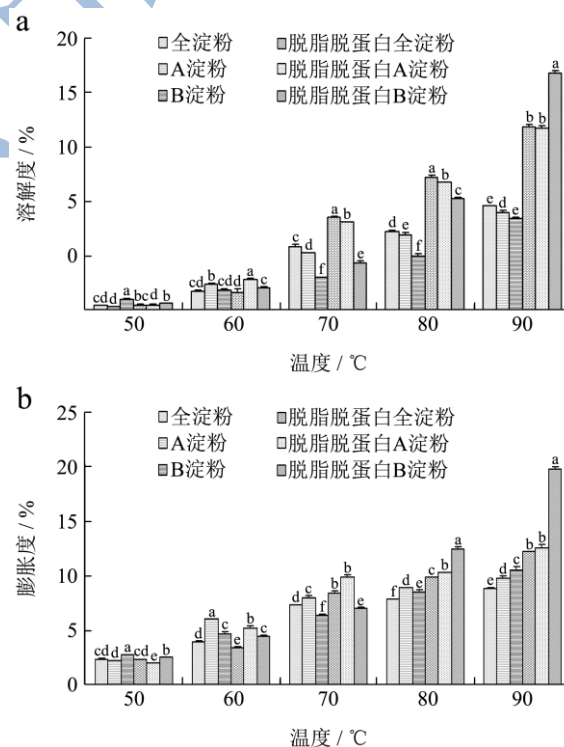


图2 小麦淀粉的溶解度(A)和膨胀度(B)

Fig.2 Solubility (a) and swelling degree (b) of wheat starch

## 2.4 淀粉热特性

由表 2 和图 3 可知, A 淀粉的起始温度、峰值温度、热焓值高于全淀粉和 B 淀粉, 这与直链淀粉含量及淀粉颗粒内部结晶区域有关<sup>[5]</sup>。脱脂脱蛋白处理使

小麦淀粉的起始糊化温度、峰值温度、终值温度显著增大, 热焓值无显著变化, 这可能是因为脱脂脱蛋白处理使淀粉颗粒内部直链淀粉和支链淀粉的排列作用加强, 有利于结晶结构的形成, 使淀粉颗粒结构变得更加紧密<sup>[13]</sup>。

表 2 小麦淀粉的热特征值参数

Table 2 Thermal characteristics of wheat starch

样品名称	处理方式	起始温度/°C	峰值温度/°C	终值温度/°C	热焓值/J/g
全淀粉	未处理	58.90±0.30 <sup>d</sup>	62.18±0.21 <sup>d</sup>	66.52±0.14 <sup>d</sup>	5.88±0.01 <sup>bc</sup>
	脱脂脱蛋白	61.08±0.18 <sup>b</sup>	64.06±0.08 <sup>b</sup>	68.95±0.14 <sup>b</sup>	6.34±0.37 <sup>b</sup>
A 淀粉	未处理	59.90±0.26 <sup>c</sup>	62.24±0.04 <sup>d</sup>	66.88±0.22 <sup>d</sup>	7.13±0.15 <sup>a</sup>
	脱脂脱蛋白	61.62±0.25 <sup>a</sup>	64.44±0.23 <sup>a</sup>	69.00±0.35 <sup>ab</sup>	7.39±0.02 <sup>a</sup>
B 淀粉	未处理	57.16±0.18 <sup>e</sup>	61.32±0.06 <sup>e</sup>	67.08±0.21 <sup>d</sup>	5.64±0.26 <sup>c</sup>
	脱脂脱蛋白	59.79±0.29 <sup>c</sup>	63.13±0.01 <sup>c</sup>	68.34±0.28 <sup>c</sup>	5.66±0.37 <sup>c</sup>

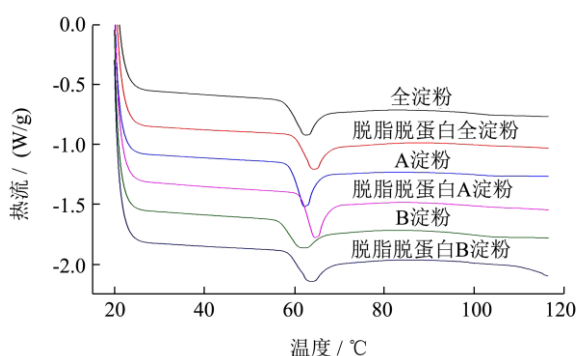


图 3 小麦淀粉的 DSC 曲线图

Fig.3 Differential scanning calorimetry thermograms of wheat starch

由表 3 可知, 小麦淀粉的透明度随着时间的延长而减小, 在放置前 48 h, 淀粉透光率随时间的增加而迅速下降, 之后透光率下降趋势减缓。这是因为淀粉在储藏的过程中发生老化, 淀粉分子重新排列、直链淀粉重新缔合, 形成结晶影响其透明度, 在静置初期淀粉糊的老化度迅速增加, 但随时间的延长, 老化度增加速度减慢并逐渐趋于饱和<sup>[12]</sup>。小麦淀粉糊透明度由高到低依次为 A 淀粉、全淀粉、B 淀粉, 因为透明度与直链淀粉含量呈正相关, 直链淀粉含量越高, 在溶液中的空间阻力越小, 淀粉分子越容易发生相互缔合。脱脂脱蛋白处理后小麦淀粉的透明度显著增大, 说明脂类和蛋白质的存在会影响淀粉缔合度, 使其透明度降低。

## 2.5 透明度

表 3 小麦淀粉的透明度

Table 3 Transparency values of wheat starch

样品名称	处理方式	T <sub>0</sub> /%	T <sub>12</sub> /%	T <sub>24</sub> /%	T <sub>36</sub> /%	T <sub>48</sub> /%	T <sub>60</sub> /%	T <sub>72</sub> /%
全淀粉	未处理	2.72±0.09 <sup>e</sup>	2.63±0.08 <sup>e</sup>	2.50±0.01 <sup>d</sup>	2.34±0.03 <sup>e</sup>	2.29±0.01 <sup>d</sup>	2.23±0.02 <sup>e</sup>	2.13±0.01 <sup>e</sup>
	脱脂脱蛋白	7.90±0.13 <sup>b</sup>	7.34±0.10 <sup>b</sup>	6.74±0.16 <sup>a</sup>	6.47±0.13 <sup>b</sup>	6.24±0.03 <sup>b</sup>	5.49±0.02 <sup>b</sup>	5.10±0.02 <sup>b</sup>
A 淀粉	未处理	3.97±0.16 <sup>d</sup>	3.84±0.16 <sup>d</sup>	3.75±0.24 <sup>c</sup>	3.79±0.04 <sup>d</sup>	3.67±0.03 <sup>c</sup>	3.18±0.08 <sup>d</sup>	3.09±0.02 <sup>d</sup>
	脱脂脱蛋白	8.95±0.17 <sup>a</sup>	7.97±0.07 <sup>a</sup>	6.79±0.02 <sup>a</sup>	7.06±0.12 <sup>a</sup>	6.55±0.09 <sup>a</sup>	5.96±0.00 <sup>a</sup>	5.37±0.01 <sup>a</sup>
B 淀粉	未处理	1.45±0.03 <sup>f</sup>	1.42±0.03 <sup>f</sup>	1.35±0.04 <sup>e</sup>	1.23±0.03 <sup>f</sup>	1.17±0.01 <sup>e</sup>	1.15±0.00 <sup>f</sup>	1.10±0.01 <sup>f</sup>
	脱脂脱蛋白	5.03±0.07 <sup>c</sup>	4.63±0.07 <sup>c</sup>	4.35±0.03 <sup>b</sup>	4.04±0.05 <sup>c</sup>	3.73±0.02 <sup>c</sup>	3.50±0.01 <sup>c</sup>	3.34±0.01 <sup>c</sup>

## 2.6 冻融稳定性

冻融稳定性通常用析水率表示, 反映淀粉糊耐受冷冻、融解等剧烈物理变化的能力, 析水率越大, 冻融稳定性越差。由图 5 可知, A 淀粉析水率显著高于全淀粉和 B 淀粉, 说明 A 淀粉的冻融稳定性较差。脱脂脱蛋白处理后, 小麦淀粉的析水率均显著增大, 显著降低了小麦淀粉的冻融稳定性。这是因为脱脂脱蛋

白处理导致淀粉分子与水分子之间的化学键结合能力下降, 水分更容易析出, 使淀粉在低温条件下老化速度加快<sup>[14]</sup>。

## 2.7 淀粉黏度特性

由表 4 可知, A 淀粉的峰值黏度、谷黏度、最终黏度、回生值显著高于 B 淀粉和全淀粉, 峰值时间和成糊温度显著低于 B 淀粉和全淀粉, 说明 A 淀粉比 B

淀粉容易糊化,因为B淀粉颗粒较小,小颗粒淀粉之间堆积紧密造成糊化比较困难,从而使B淀粉的成糊温度较高<sup>[1]</sup>。

由图5可知,脱脂脱蛋白处理使小麦淀粉RVA曲线发生变化,说明脂类和蛋白质的存在对RVA特征值存在显著影响。其峰值黏度、衰减值、回生值显著增大,峰值时间显著降低,说明脱脂脱蛋白使小麦淀粉在较短时间内达到峰值、使其粘滞性增加、更容易老化且热稳定性降低<sup>[12]</sup>。脱脂脱蛋白处理使全淀粉和B淀粉的最终黏度显著增大,成糊温度显著降低,使A淀粉的最终黏度显著降低,成糊温度无显著性差异。这主要是因为脂类和蛋白质在淀粉受热时阻止淀粉颗粒的肿胀,淀粉颗粒更加稳定,从而影响淀粉的黏度

特性<sup>[8]</sup>。

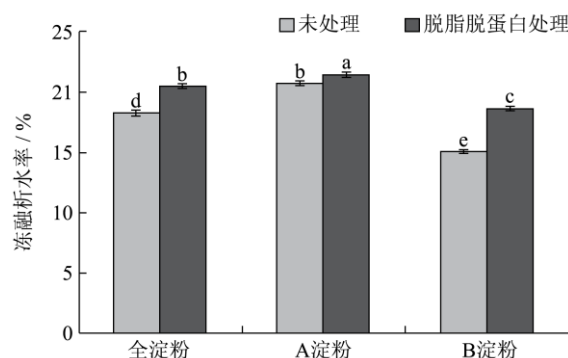


图4 小麦淀粉的冻融稳定性

Fig.4 Freeze-thaw stability of wheat starch

表4 小麦淀粉的黏度特性

Table 4 Viscosity characteristics of wheat starch

样品名称	处理方式	PV/cp	TV/cp	BD/cp	FV/cp	SB/cp	PT/min	GT/°C
全淀粉	未处理	1783±15 <sup>d</sup>	1278±4 <sup>e</sup>	504±11 <sup>e</sup>	1741±3 <sup>e</sup>	462±6 <sup>f</sup>	6.20±0.00 <sup>a</sup>	83.53±0.74 <sup>a</sup>
	脱脂脱蛋白	2927±59 <sup>b</sup>	1372±16 <sup>d</sup>	1555±74 <sup>c</sup>	2883±13 <sup>bc</sup>	1511±2 <sup>b</sup>	4.90±0.04 <sup>c</sup>	59.18±12.27 <sup>b</sup>
A淀粉	未处理	2896±25 <sup>b</sup>	2164±37 <sup>a</sup>	732±11 <sup>d</sup>	3338±70 <sup>a</sup>	1175±33 <sup>d</sup>	5.93±0.00 <sup>b</sup>	62.78±10.57 <sup>b</sup>
	脱脂脱蛋白	3405±11 <sup>a</sup>	1499±34 <sup>c</sup>	1906±45 <sup>a</sup>	2791±93 <sup>cd</sup>	1292±59 <sup>c</sup>	4.64±0.05 <sup>d</sup>	68.70±0.07 <sup>b</sup>
B淀粉	未处理	2635±62 <sup>c</sup>	1856±79 <sup>b</sup>	778±18 <sup>d</sup>	2649±86 <sup>d</sup>	793±7 <sup>e</sup>	6.13±0.00 <sup>a</sup>	84.35±0.57 <sup>a</sup>
	脱脂脱蛋白	2897±36 <sup>b</sup>	1221±33 <sup>ef</sup>	1677±69 <sup>b</sup>	2952±4 <sup>b</sup>	1731±37 <sup>a</sup>	4.74±0.09 <sup>d</sup>	67.75±1.13 <sup>b</sup>

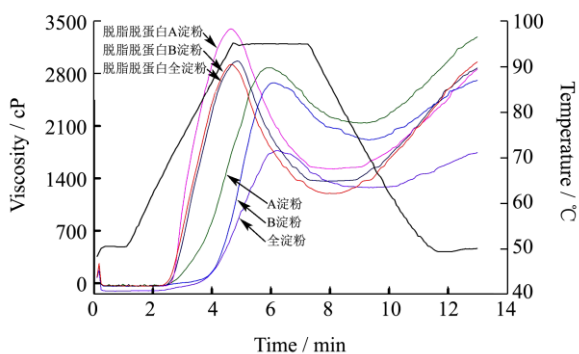


图5 小麦淀粉的黏度曲线图

Fig.5 Viscosity curves of wheat starch

### 3 结论

3.1 小麦淀粉由颗粒较大的A淀粉和颗粒较小的B淀粉组成,偏光十字明显;溶解度和膨胀度随着温度的升高而增大,透明度随着时间的延长而减小;A淀粉的起始温度、峰值温度、热焓值、峰值黏度、谷粘度、最终黏度、回生值、透明度高于B淀粉,而冻融稳定性、峰值时间和成糊温度显著低于B淀粉。

3.2 脱脂脱蛋白处理后小麦淀粉颗粒表面较光滑,分散程度均匀,偏光十字更加明显;溶解度和膨胀度随温度的增长趋势显著增加;起始温度、峰值温度、终值温度、透明度、峰值黏度、衰减值、回生值显著增

加;冻融稳定性、峰值时间显著降低;热焓值无显著变化。

### 参考文献

[1] Li W H, Shan Y L, Xiao X L, et al. Physicochemical properties of A- and B- starch granules isolated from hard red and soft red winter wheat [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2013, 61(26): 6477-6484

[2] Kim H S, Huber K C. Channels within soft wheat starch A- and B-type granules [J]. Journal of Cereal Science, 2008, 48: 159-172

[3] 银永安,李卫华,齐军仓,等.小麦胚乳A、B型淀粉粒发育特征及黏度特性[J].作物研究,2012,26(4):337-343

YIN Yong-an, LI Wei-hua, QI Jun-cang, et al. Development and viscosity characteristics of A,B-type starch granule in wheat endosperm[J]. Crop Research, 2012, 26(4): 337-343

[4] Kaur M, Sandhu K S, Singh N. Comparative study of the functional, thermal and pasting properties of flours from different field pea (*Pisum sativum* L.)and pigeon pea (*Cajanus cajan* L.) cultivars [J]. Food Chemistry, 2007, 104(1): 259-267

[5] Zhang B J, Li X X, Liu J, et al. Supramolecular structure of A- and B-type granules of wheat starch [J]. Food



- Hydrocolloids, 2013, 31(1): 68-73
- [6] 缪铭,江波,张涛,等.不同品种鹰嘴豆淀粉的理化性质研究[J].食品科学,2008,29(6):79-82  
MIAO Ming, JIANG Bo, ZHANG Tao, et al. Physico-chemical properties of starch from kabuli and desi chickpea cultivars [J]. Food Science, 2008, 29(6): 79-82
- [7] Wu Y, Seib P L. Acetylated and hydroxypropylated distarch phosphates from waxy barley:paste properties and freeze-thaw stability [J]. Cereal Chemistry, 1990, 67(2), 202-208
- [8] Kim H S, Huber K C. Physicochemical properties and amylopectin fine structures of A- and B-type granules of waxy and normal soft wheat starch [J]. Journal of Cereal Science, 2010, 51(3): 256-264
- [9] 朱帆,徐广文,姚历,等.小麦淀粉颗粒的微观结构研究[J].食品科学,2008,29(5):93-96  
ZHU Fan, XU Guang-wen, YAO Li, et al. Study on micro-structural properties of wheat starch granule [J]. Food Science, 2008, 29(5): 93-96
- [10] Li W H, Shu C, Zhang P L, et al. Properties of starch separated from ten mung bean varieties and seeds processing characteristics [J]. Food Bioprocess Technology. 2011, 4(5), 814-821
- [11] 郑学玲,张玉玉,张杰.青稞淀粉和小麦淀粉的理化性质比较研究[J].中国粮油学报,2010,25(10):52-56  
ZHENG Xue-ling, ZHANG Yu-yu, ZHANG Jie. Comparison of physicochemical properties of hull-less barley starch and wheat starch [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2010, 25(10): 52-56
- [12] 张杰,何义萍,韩小贤,等.脱脂对燕麦淀粉理化性质影响研究[J].中国粮油学报,2013,28(3):17-22  
ZHANG Jie, HE Yi-ping, HAN Xiao-xian, et al. Study on effect of defatted oat starch on physical-chemical properties [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2013, 28(3): 17-22
- [13] Chung H J, Liu Q, Lee L, et al. Relationship between the structure, physicochemical properties and in vitro digestibility of rice starches with different amylose contents[J]. Food Hydrocolloids, 2011, 25(5): 968-975
- [14] Arunyanart T, Charoenrein S. Effect of sucrose on the freeze-thaw stability of rice starch gels: correlation with microstructure and freezable water [J]. Carbohydrate Polymers, 2008, 74(3): 514-518