温度对支链淀粉脱支重结晶特性的影响

王志伟， 郭媚下， 周中凯*
（天津科技大学 食品科学与工程学院，天津 300457）

摘要： 利用普鲁兰酶对完全糊化的支链淀粉酶解脱支 12 h 再经过湿热处理(101 kPa，121 ℃)2 h，分别在 4、25（常温）、30、40 ℃重结晶 2 d。通过将重结晶液离心分离的上清和沉淀两组分进行多方面表征和综合分析，从而认识温度对支链淀粉脱支后在水溶液自组装过程的影响。采用扫描电镜(SEM)、动态光散射、高效液相色谱法、X-射线衍射法、傅立叶红外光谱仪、热重分析仪，分析不同温度对重结晶上清和沉淀的形貌、相对分子质量分布、结晶结构、热性质等方面的影响。结果显示：重结晶沉淀得率随着温度升高呈降低趋势；扫描电镜照片显示上清存在淀粉分子且颗粒比沉淀的大，低温上清液形态为特殊片状和少量圆棒状；X-射线衍射表明所有的样品显示相似的强衍射峰，在经过脱支、凝沉处理之后显示 B 型结晶，40 ℃则转化为 B+V 型混合结晶结构。热重分析可知，沉淀和上清的失重最快温度比原淀粉降低，热稳定性降低；从相对分子质量分布图谱可以看出，重结晶完成后上清和沉淀中淀粉分子相对分子相对分子质量均变大，且随温度升高不同组分含量升高。

关键词： 支链淀粉；普鲁兰酶；重结晶；相对分子质量分布
中图分类号： TS 235　**文章编号：** 1673-1689(2020)01-0024-07　**DOI：** 10.3969/j.issn. 1673-1689.2020.01.004

Effect of Temperature on the Recrystallization Characteristics of Branched Amylopectin

WANG Zhiwei， *GUO Meixia*， *ZHOU Zhongkai**
（College of Food Science and Engineering，Tianjin University of Science and Technology，Tianjin 300457）

Abstract： In this paper，the pullulanase was applied to hydrolyze and debranch the amylopectin samples that fully gelatinized for 12 hours，then，the resulting samples underwent heat-moisture treatment （101 kPa，121 ℃） for 2 hours. After these procedures the products were kept static for recrystallization for 2 days at 4，25(room temperature)，30，40 ℃，respectively. For each sample，two parts of the supernatant and the precipitate were obtained by centrifugation，and then characterized and comprehensively analysed for the effect of the temperatures on the self-assembly processes of debranched amylopectin in aqueous solution. The effects of the temperatures on the morphologies，molecular weight distributions，crystalline structures，thermal properties of supernatant and

收稿日期： 2018-03-10
基金项目： 国家自然科学基金项目(31471701)。
作者简介： 王志伟(1979—)，男，博士，副研究员，硕士研究生导师，主要从事粮油科学研究。E-mail：wangzw@tust.edu.cn
* **通信作者：** 周中凯(1964—)，男，博士，教授，博士研究生导师，主要从事谷物科学研究。E-mail：zkzhou@tust.edu.cn

precipitation samples with different temperature treatments were studied using Scanning electron microscopy(SEM), dynamic light scattering(DLS), high performance liquid chromatography(HPLC), X-ray diffraction, Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and thermogravimetric analyzer (TGA), respectively. Results showed that the yield of recrystallization precipitation decreased as the temperature increased. SEM indicated that the starch molecules in the supernatant were larger than that in the precipitates. The morphology of the particle in the low temperature supernatant was flaky and a part of them were in a state of round bars. X-ray diffraction results demostrated that all the crystals of the precipitate had similar and strong diffraction peak. After debranching and recrystallization treatments, the B-type crystal was transformed into the B-V-type one at 40 ℃. TGA analysis suggested that the fastest temperature of weightlessness from precipitation and supernatant were lower than that from the native starch, and the thermal stability decreased accordingly. As displayed in distribution curves, the molecular weight of the starch molecules in both the supernatant and the precipitate increased after recrystallization, and the content of different components increased with the increase of temperature.

Keywords: amylopectin, pullulanase, recrystallization, molecular weight distribution

近年来，可生物降解纳米晶和纳米粒子的制备和应用引起了人们越来越多的研究兴趣。淀粉作为一种典型的绿色可生物降解天然高分子，是制备纳米晶和纳米粒子的理想选择。目前制备方法主要有酸水解和酶解法，但是酸水解对环境有一定负面影响。Majian 等人[1]醇沉煮沸的土豆淀粉，得到 50~100 nm 的纳米淀粉颗粒；Kim 等人[2]通过正丁醇和酶水解的结合的方法，得到的是 10~20 nm 的粒子；但是现在越来越多学者为了避免使用化学试剂，采用普鲁兰酶酶解的方法。普鲁兰酶又称支链淀粉 6-葡聚糖水解酶，可以裂解 α-葡聚糖多糖，是一种广泛存在的酶。Shi等人[3]将糯玉米淀粉经酶解后，在室温下干燥，在 45 ℃下干燥 12 h，制得抗性淀粉，但粒径约为 0.8~2.0μm。研究发现，分枝短线性葡聚糖在低温下通过冷冻干燥容易形成纳米淀粉颗粒[3]。目前通过酶解和再结晶制备纳米淀粉颗粒的研究日渐深入，但重结晶自组装机制的研究还较少。

作者以支链质量分数 99%的淀粉为原料，经过糊化断开其结晶区的氢键，打开分子中双螺旋结构，分子结构从有序状态变得无序。普鲁兰酶对支链淀粉的 α-1,6 糖苷键专一水解从而进行脱支，产生更多较为均一的短直葡聚糖链，从而易于老化重结晶。采用分离重结晶淀粉水溶液的上清和沉淀，以 SEM、FTIR 和 XRD 等技术手段研究不同温度不同部分所获得的淀粉结晶体的形态和物化性质，进行多方面表征和综合分析，进一步了解支链淀粉脱支后在水溶液自组装过程。

1 材料与方法

1.1 原料

支链淀粉（来自蜡质玉米）：美国 C&M Biolabs 公司产品；普鲁兰酶（1000 ASPU/mL）：丹麦 Danisco 公司产品；其他试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

水浴恒温振荡器、数显恒温水浴锅：天津市欧诺仪器仪表有限公司产品；立式蒸汽灭菌器：上海华线区用核子仪器有限公司产品；台式离心机：北京白洋医疗器械有限公司产品；糖量计：上海米青科实业有限公司产品；冷冻干燥仪：赛默飞事尔科技有限公司产品；BT-9300H 激光粒径分布仪：丹东百特仪器有限公司产品；X 射线衍射仪（XRD）：日本岛津公司产品；丹东通达仪器有限公司；傅里叶变换红外光谱仪（FTIR）：德国布鲁克光谱仪公司产品；SU-1510 扫描式电子显微镜：日本日立公司产品；Q-50 热重分析仪：沃特斯中国有限公司产品。

1.3 试验方法

1.3.1 样品制备 样品制备在 Sun[4]等基础上改进。称取 2.5 g 支链淀粉，加入 25 g 蒸馏水，先将淀粉沸水煮沸 30 min 再经过高温高压锅处理 30~40 min 使其完全糊化，将糊化液放置水浴锅恒温至 58 ℃，

加入普鲁兰酶 80 μL(参照文献[5],同样实验条件下此添加量时脱支效果佳),在 58 ℃恒温水浴摇床完成 12 h 脱支过程。脱支完成后再将反应液之于高压蒸汽灭菌锅中灭酶 30~40 min,分别置于 4、25(常温)、30、40 ℃的恒温培养箱中重结晶 48 h。结晶完成后,离心分离,首先小心用吸管取得上清置于冻干平皿中,避免掺入沉淀;沉淀再用蒸馏水清洗 3~4 次,同样移入冻干平皿中。预冻 12~24 h 后经冷冻干燥得到重结晶后上清和沉淀的冻干粉末样品备用。

1.3.2 高效液相色谱分析重结晶前后清液分子分布　分别取脱支完成后和重结晶完成后的清液用于 HPLC 测定[6]重结晶前后清液淀粉分子分布。色谱柱为 TSK-GEL-SW 凝胶柱,检测器为示差折光检测器。

1.3.3 重结晶上清液可溶性糖参于重结晶絮凝速率　在脱支淀粉溶液于 4、25(常温)、30、40 ℃的恒温培养箱中重结晶的过程中,每隔 12 h 取样品液 1 mL,10 000 r/min 离心 10 min,用糖量计测量上清中可溶性糖的含量,每个时间点点测 3 次求平均值,共测量 5 个时间点。

1.3.4 重结晶沉淀的粒径分布　取适量沉淀冻干物溶于蒸馏水中,超声波震荡 30 min 后用于粒度分布测试。添加溶液于激光粒径分布仪中,缓慢滴加调整质量分数为 12%后开始测定,经计算机软件处理得到粒径分布数据。

1.3.5 重结晶上清和沉淀的形态观察　采用扫描电子显微镜进行样品形态观察。用棉签轻轻蘸取各个样品均匀且薄薄地涂抹在圆形托盘上的导电胶表面上,喷进镀膜,置于电子显微镜下观察。采取不同放大倍数进行观察拍照。

1.3.6 FTIR 分析重结晶上清和沉淀物理结构　取样品 1 mg 加入适量溴化钾充分研磨、压片。光谱范围 4 000~400 cm^{-1},分辨率为 4 cm^{-1},扫描次数:16。用 OMNIC 软件对所得图谱进行傅里叶去卷积处理分析。

1.3.7 X 射线射 XRD 分析重结晶上清和沉淀的结晶结构　取适量样品置于扫描圆盘凹槽中,铺平压实待测。测定条件:衍射角(2 θ)范围,扫描范围为 5~35°,扫描速度为 1.2°/min,检测步宽 0.02°,管压 30 KV,管流 20 mA。所得数据用 Jade6.0 进行分析处理。参照文献中[2]方法计算结晶度。

1.3.8 重结晶上清和沉淀的热分析　称取不同样品均 3 mg 左右装入热重天平篮中,通入 90 mL/min 流量的高纯氮气吹扫,从常温开始,以 10 ℃/min 的升温速度升至 600 ℃,得到微分热重曲线。

2 结果与分析

2.1 温度对重结晶沉淀得率的影响

结晶体沉淀的得率是衡量淀粉分子重结晶难易程度的主要指标之一。温度是影响淀粉自组装过程的重要因素,因为淀粉分子重排过程涉及了晶核生成、晶核增长和完美晶体结构 3 个过程,温度影响淀粉分子的运动,进而影响到淀粉分子晶核的形成,以及晶核的增长速度和增长过程中分子的重排方式。图 1 中可明显看到随着结晶温度的升高越难絮凝,且得率也越低,40 ℃下只有不到 10% 的得率,这可能由于在较高温度下淀粉分子运动较为剧烈,分子重排需要更高的能量来完成,最终降低淀粉的结晶率,甚至当升高到一定温度几乎不会絮凝产生重结晶体。

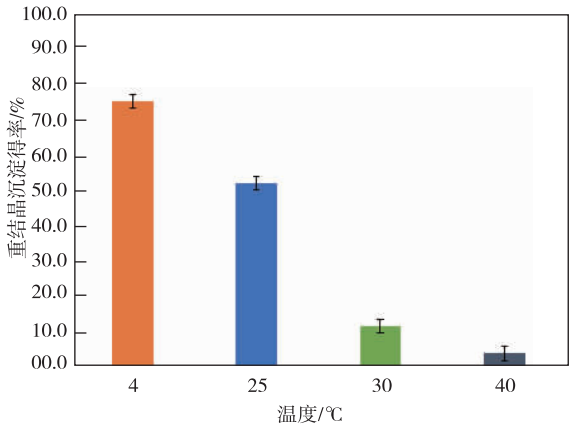


图 1　不同温度重结晶沉淀得率

Fig. 1　Recrystallization precipitation yield at different temperature

2.2 温度对重结晶上清液可溶性糖质量分数变化

支链淀粉经过酶解脱支后,因可溶性糖溶于水因此使用糖度计可测出上清液中可溶性糖的质量分数。图 2 中看到,不同温度下重结晶的淀粉溶液上清中的可溶性糖质量分数会随着重结晶的进行而发生不同趋势的降低变化,说明支链淀粉脱支后溶液有可溶性糖且会逐步参与到重结晶沉淀的絮凝中,变化快慢也与可溶性糖参于重结晶沉淀结晶的速率一致。4 ℃环境下,前 12 小时降低幅度很大,随温度升高,降低趋势减缓。这里的讨论不包括不

可溶性糖参于结晶的情况,以后还需继续全面深刻地研究。

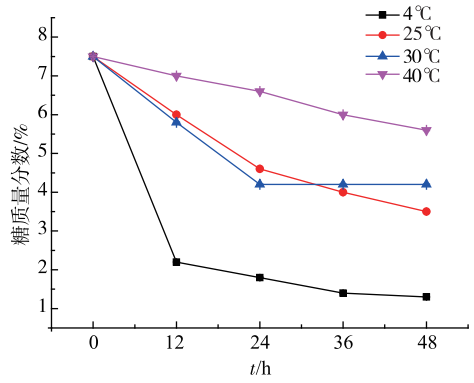


图 2 不同温度重结晶上清液可溶性糖质量分数变化

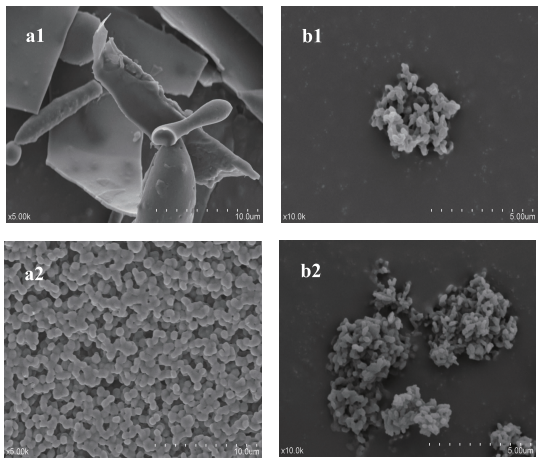
Fig. 2 Changes of soluble sugar content in supernatant of recrystallization from different temperature

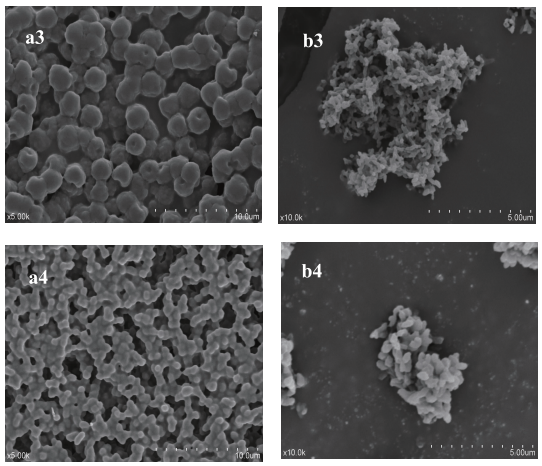
2.3 温度对重结晶沉淀粒径分布的影响

*d*50 为颗粒中位径,数值越大表示颗粒群颗粒大;(*d*90–*d*10)/*d*50 用来表征大小颗粒差异程度,即离散程度离散程度越小,粒度分布范围越窄,粒径越集中,颗粒均一性越好[7]。原淀粉粒径 13.5 μm 左右,离散程度 1.47,原淀粉颗粒均一性较好。脱支后,粒径均减小,但是均一性变差。低温 4 ℃下重结晶得到的沉淀粒径最小,离散程度最小,颗粒均一性最好。

2.4 温度对重结晶沉淀和上清液形态的影响

图 3 可见,上清液颗粒较沉淀颗粒大。低温 4 ℃下,上清液为表面光滑片状和少量圆棒状,温度升高仍为片状但是放大倍数下显示为大小均匀的圆形颗粒联结状,在 30 ℃下颗粒较大;不同温度下得到的沉淀颗粒则均为为微小米粒状,大小差异不大,随温度升高到 40 ℃,颗粒接近微球状。





上清(a)×10 k;沉淀(b)×10 k;1、2、3、4 依次为 4、25、30、40

图 3 不同温度上清液的电镜对比图

Fig. 3 Comparison of different temperature and electronmicroscope supernatant and precipitation

2.5 XRD 衍射图谱分析

2.5.1 温度对重结晶沉淀结晶度及晶型的影响 原支链淀粉(native strach,NS)衍射峰 15°、17°、18°、23°,表现出典型的 A 型结构。如图 4 所示,不同温度重结晶淀粉沉淀 X–射线衍射峰减少,4 ℃、常温、30 ℃均为 B 型,温度到 40 ℃则为 B+V,相对结晶度达到 69 %。那么确认脱支重结晶淀粉沉淀物含有部分有序的晶体结构,而且较原淀粉结晶度随温度的升高而增大。分子间的作用力被更多的氢键强化,因此需要更多的能量来破坏结构[8]。

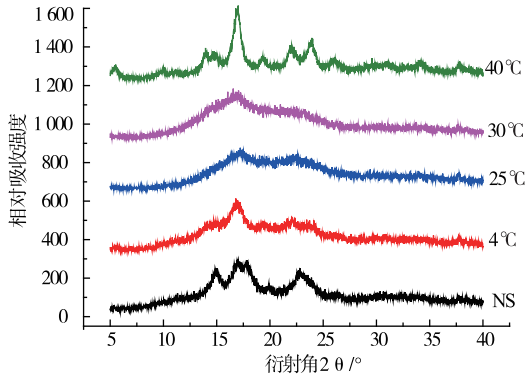


图 4 不同温度重结晶淀粉沉淀衍射图谱

Fig. 4 Diffraction pattern of recrystallization starch precipitation at different temperature

2.5.2 温度对重结晶上清液结晶度及晶型的影响 图 5 显示,温度对上清物影响较大,低温下淀粉溶液絮凝速度快,上清物质图谱为馒头峰,成为非晶物质。而结晶温度升高,不易絮凝,有着几乎类似的 X–射

线衍射图案,在 17°和 22°有衍射峰,表明上清液淀粉分子也存在重结晶行为,显示为 B 型结晶。

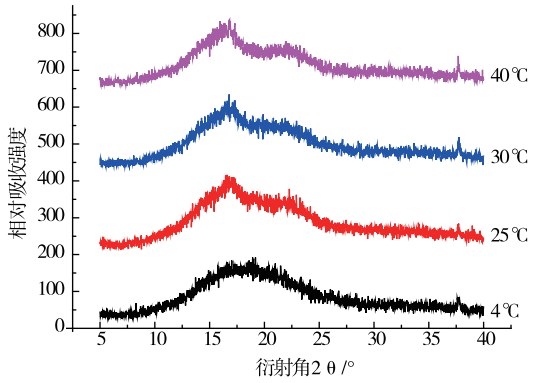


图 5　不同温度重结晶淀粉上清液衍射图谱

Fig. 5　Diffraction pattern of recrystallization starch supernatant at different temperature

重结晶是个复杂的过程，包括构象的变化,链排列、晶体堆积、相位传播[9]。另一方面,脱支释放短线性聚合物,有利于晶体重结晶,较长的直链淀粉链更快形成网络,阻碍晶粒有序生长。随着淀粉浓度的增加,短链直链淀粉往往形成更好的双螺旋结构存在,但随着温度的降低,直链淀粉分子链的运动剧烈程度增加受到抑制,这可能导致了淀粉沉淀的相对结晶度降低。上清液也表现出这样的趋势,而且相对于原淀粉和重结晶沉淀结晶度明显降低了，可能与上清液是较长的直链淀粉形成网络,内部结构不够有序有关。

2.6　红外分析

将不同温度的上清和沉淀冻干样进行红外测定，利用 OMNIC 软件对红处的外图谱进行傅里叶去卷积处理,可以有效分析淀粉分子链构象和双螺旋结构的改变。在红外图谱中 1 047 cm^{-1} 处的吸收峰是结晶区的特征吸收峰,代表了分子内的有序结构；在 1 022 cm^{-1} 处的吸收峰是非结晶区的特征吸收峰;996~1 000 cm^{-1} 处的吸收峰是 C-OH 的弯曲震动。1 047cm^{-1}/1 022cm^{-1},1 022cm^{-1}/998cm^{-1} 被称作淀粉结构因子指数[10],这是综合考虑 3 个特征峰得到的。图中用 c 表示,是描述淀粉结晶结构的综合指标。从图中可以看出,重结晶沉淀 a 值和 c 值均随着温度升高呈现增大趋势，这说明随着温度变大,重结晶体沉淀相对结晶程度升高,分子排列的有序性升高,即温度越低,絮凝越快速,分子重排所用时间越短,短时间的快速重排就导致了分子链之间双螺旋结构和相互交联的无序性,反之,温度温度越高,高分子链之间形成双螺旋的交联所需时间越长,这样由短链的直链淀粉重新组装成的重结晶沉淀显得有序和完美;而不同温度分别对应的上清液 a、c 值在 30 ℃以下,呈现相同趋势,40 ℃发生下降,同样可以看到上清中也形成了与沉淀空间结构不同的重结晶,因此悬浮在上清液中,较高温度(40 ℃)下,可能由于温度高,空间结构松散,分子活动性高,导致上清的有序性降低。

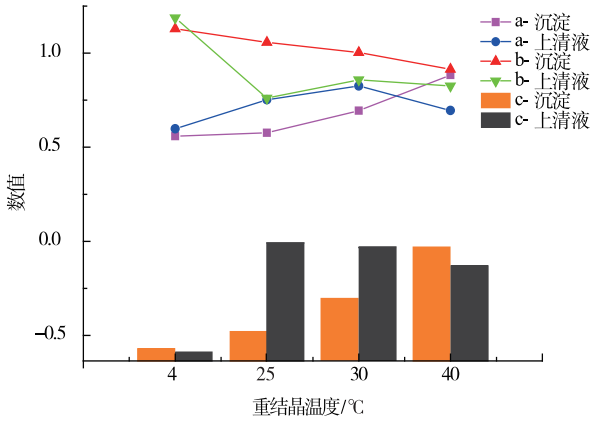


图 6　上清液和沉淀的相关红外指标

Fig. 6　FTIR indicators of supernatant and precipitation

2.7　热稳定性分析

如图 7、8 分别为重结晶不同温度沉淀和上清液的 TGA、DTG 曲线。图 7 中可以看到有 2 个质量损失。第 1 个在 50 ℃到 110 ℃,在样品的起始温度下降之前，与水的蒸发有关。第 2 个在 170 ℃到 310 ℃，这个分解过程主要与颗粒大小和分子间作用力影响有关[11]。图 8 显示的是不同条件下最大降解速率的温度,较高的温度通常代表更大的稳定性[12]。原淀粉分解温度在 344 ℃,经过脱支和重结晶,最大降解速率的温度降低。上清液降低幅度大于沉淀,

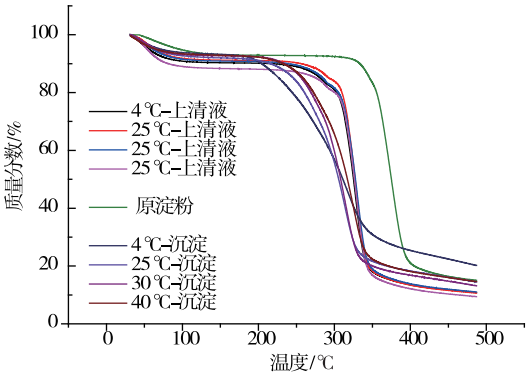


图 7　不同温度重结晶淀粉沉淀和上清的 TGA 曲线

Fig. 7　TGA curves of starch precipitation and supernatant after recrystallization at different temperature

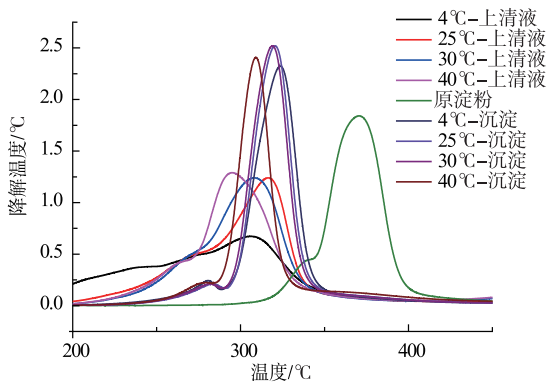


图 8　不同温度重结晶淀粉沉淀和上清液的 DTG 曲线

Fig. 8　DTG curves of starch precipitation and supernatant after recrystallization at different temperature

表明重结晶后热稳定性降低。所有重结晶样品在一个更宽范围内进行。天然样品的降解温度较高,但温度范围窄。一个可能的解释是,天然淀粉颗粒表面致密,紧凑的内部结构由直链淀粉和淀粉果胶,因此需要更多的热量来完成相变。沉淀的最大速率降解温度随着结晶温度的升高呈下降趋势,而上清则是随着结晶温度升高而升高。这与 2.1 中叙述温度越高重结晶淀粉愈难于絮凝是有很大关系的,温度愈高,沉淀难以絮凝,所含淀粉物质少,稳定性越差;上清则所含淀粉多,稳定性就相对越强。

2.8　温度对重结晶前后清液分子分布影响

淀粉经过脱支后,淀粉溶液为澄清状,采用高效液相色谱法测得脱支后上清液相对分子质量分布如图 9 所示,48 h 重结晶完成后离心清液相对分子质量分布如图 9(b)所示。出峰时间可以代表某一种相对分子质量的组分,峰面积大小可以反映组分含量多少。图中所示,从结晶前有出峰时间为 21.0 min(组分 A)、23.5 min(组分 B)到结晶后的 16.9 min(组分Ⅰ)和 19.4 min(组分Ⅱ),出峰时间提前,重结晶完成后清液组分发生变化,清液中变成相对分子质量更大的组分,且重结晶温度对上清中两个主要组分含量有一定影响。

在较高温度 40 ℃下,组分Ⅰ不存在;其他温度下,随温度升高而升高,常温与 30 ℃差别较小;组分Ⅱ也是随温度升高而升高。可知随着温度不同上清中淀粉小分子随着重结晶时间延长参于到重结晶沉淀的凝絮,结晶后清液中则是相对分子质量更大的淀粉分子。

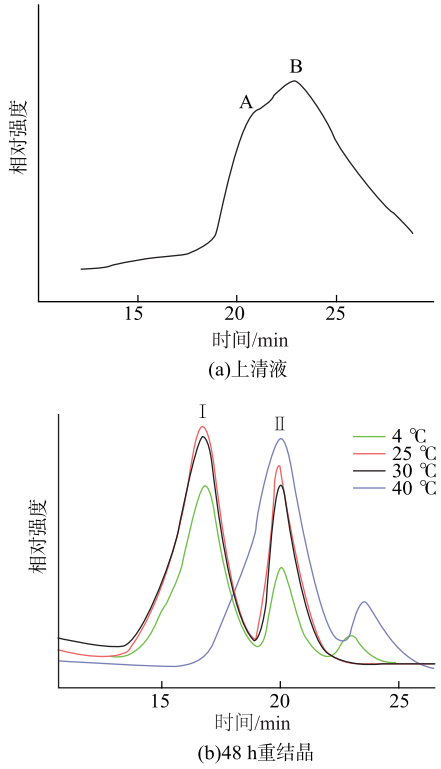


图 9　不同温度重结晶前后清液分子分布

Fig. 9　Molecular distribution of supernatant before and after recrystallization

3　结　语

通过对支链淀粉脱支重结晶后上清和沉淀的多方面表征分析,来认识温度对淀粉分子重结晶特性的影响。主要结论如下:支链淀粉酶解脱支重结晶低温(4 ℃)下絮凝速度快且沉淀得率高,上清中可溶性糖参于沉淀絮凝且随温度升高速度减慢;重结晶完成后清液组分发生变化,清液中变成相对分子质量更大的组分,且重结晶温度对上清中两个主要组分含量有一定影响,随着温度不同上清中淀粉小分子随着重结晶时间延长参于到重结晶沉淀的凝絮,结晶后清液中则是相对分子质量更大的淀粉分子。不同温度下重结晶得到的淀粉沉淀,颗粒则均为为微小米粒状,大小差异不大,40 ℃颗粒接近微球状。与原淀粉相比粒径均减小,均一性变差。低温(4 ℃)重结晶得到的沉淀粒径最小,离散程度最小,颗粒均一性最好。可而上清颗粒要比沉淀颗粒大,低温上清为表面光滑片状和少量圆棒状,温度升高仍为片状但是放大倍数下显示为大小均匀的圆形颗粒联结状。XRD 分析脱支重结晶淀粉沉淀物含有部分有序的晶体结构,而且较原淀粉相对结晶

度随重结晶温度升高而增大,低温 4 ℃上清物质失去淀粉结晶性,常温升高到 40 ℃结晶度也逐渐变大。红外分析显示沉淀和上清结构有序性随温度升高增强,与 XRD 结果呼应。热重分析显示沉淀的最大速率降解温度随着结晶温度的升高呈下降趋势,而上清液则是随着结晶温度升高而升高。

参考文献:

[1] MA X F, JIAN R J, CHANG P R, et al. Fabrication and characterization of citric acid-modified starch nanoparticles/plasticized-starchcomposites[J]. **Biomacromolecules**, 2008, 9(11): 3314-3320.

[2] KIM J Y, LIM S T. Preparation of nano-sized starch particles by complex formation with n-butanol[J]. **Carbohydrate Polymers**, 2009, 76(1): 110-116.

[3] CHEN Fuquan, ZHANG Benshan, WANG Bin. Effects of different drying technology on morphology of non-crystal granular corn starch[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2010, 29(3): 350-353. (in Chinese)

[4] SUN Q, LI G, DAI L, et al. Green preparation and characterisation of waxy maize starch nanoparticles through enzymolysis and recrystallisation[J]. **Food Chemistry**, 2014, 162(11): 223-228.

[5] ZHOU Zhongkai, CHEN Xiaoshan, ZHEN Paiyun. Morphology and properties of porpous networks starch crystals[J]. **Cereal & Feed Industry**, 2014, 12(8): 23-26. (in Chinese)

[6] BULÉON A, COLONNA P, PLANCHOT V, et al. Starch granules: structure and biosynthesis [J]. **International Journal of Biological Macromolecules**, 1998, 23(2): 85-112.

[7] LIU Tianyi, MA Ying, CHEN Lishui, et al. Preparation and structural characterization of non-crystalline maize starch [J]. **Journal of Harbin University of Technology**, 2010(02): 286-291. (in Chinese)

[8] CHEN Fuquan, ZHANG Benshan, LU Haifeng, et al. A review of application of X-ray diffraction in crystal structure determination of starch granules[J]. **Food science**, 2010(03): 285-286. (in Chinese)

[9] LIU Yanqi, YANG Liuzhi, YU Jiugao, et al. The preparation methods and application of microcrystalline starch[J]. **Food and feed industry**, 2006(08): 20-22. (in Chinese)

[10] CHEN Ling, HUANG Yanran, LI Xiaoxi, et al. Infrared spectroscopy study on the crystal structure of modified starch[J]. **Chinese agricultural science**, 2007(12): 2821-2826. (in Chinese)

[11] ELFSTRAND L, FRIG-RD T, ANDERSSON R, et al. Recrystallisation behaviour of native and processed waxy maize starch in relation to the molecular characteristics[J]. **Carbohydrate Polymers**, 2004, 57(4): 389-400.

[12] SINHA I, TIWARY D, SINGH P N. Kinetics and thermodynamics of adsorption of chromium (VI) on Starch functionalized iron oxide nanoparticles in aqueous medium[J]. **Innovations in Corrosion and Materials Science**, 2015, 5(2): 201-212.

会 议 消 息

会议名称:第九届春季材料科学与技术国际大会

会议时间:2020 年 4 月 24–26 日

会方地点:西安古都文化大酒店

会议简介:第九届春季材料科学与技术国际大会(2020 Spring International Conference on Material Sciences and Technology)定于 2020 年 4 月 24–26 日在中国西安隆重举行。会议旨在为从事材料科学与技术研究的专家学者、工程技术人员、技术研发人员提供一个共享科研成果和前沿技术,了解学术发展趋势,拓宽研究思路,加强学术研究和探讨的平台。大会诚邀国内外高校、科研机构专家、学者,企业界人士及其他相关人员参会交流。

大会官网:https://www.scetconf.org/conference/SCET2020/

论文评审及出版:所有的投稿都必须经过组委会专家审稿,经过严格的审稿之后,最终所有录用的论文将发表在瑞士 TTP 出版社旗下的期刊 Materials Science Forum 上并提交 Ei Compendex databases 检索。

联 系 人:张老师

邮箱咨询:scet_service@163.com

手 机:+86 151 7233 0844