

大豆分离蛋白辅助干热改性玉米淀粉的流变特性研究

邱超, 李晓静, 赵梅, 熊柳, 姬娜, 王亚宏, 孙庆杰
(青岛农业大学食品科学与工程学院, 山东青岛 266109)

摘要: 本文采用快速黏度分析仪(RVA)、流变仪、扫描电镜(SEM)对干热处理前后的普通玉米淀粉(CS)和蜡质玉米淀粉(WCS)与大豆分离蛋白(SPI)共混物的糊化特性、流变特性以及微观结构进行了研究。实验结果表明, 与 SPI 干热处理后, 淀粉的黏度明显增加, 而 WCS 黏度的增加相比于 CS 更加明显。与未经干热处理的样品相比, 干热混合物的 G' 、 G'' 值显著增加, $\tan\delta$ 值明显降低。表明干热处理后, 糊化后的淀粉凝胶网络结构增强, 更加偏向于类固体的性质。SEM 结果显示, 与 SPI 干热使淀粉产生了聚集, CS/SPI 产生了较小的聚集, 而 WCS/SPI 形成了更大的块状聚集体。淀粉颗粒之间的聚集表明淀粉与 SPI 经干热处理后发生了相互作用, 并且 WCS 与 SPI 的交互作用更加明显。SPI 辅助干热改性可以作为蜡质玉米淀粉改性的新方法。

关键词: 流变; 干热; 玉米淀粉; 大豆分离蛋白

文章编号: 1673-9078(2015)4-77-82

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.4.013

Rheological Properties of Cornstarch after Modification by Dry Heating with Soy Protein Isolate

QIU Chao, LI Xiao-jing, ZHAO Mei, XIONG Liu, JI Na, WANG Ya-hong, SUN Qing-jie

(College of Food Science and Engineering, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China)

Abstract: The pasting and rheological properties and the microstructure of normal cornstarch (CS) and waxy cornstarch (WCS) mixed with soy protein isolate (SPI) were characterized before and after dry heating using a rapid visco analyser (RVA), a rheometer, and by scanning electron microscopy (SEM). Dry heating with SPI led to a significant increase in starch viscosity; the increase in viscosity of WCS was observed to be more pronounced than that of CS. There was a significant increase in the G' and G'' values and a corresponding decrease in the $\tan\delta$ value of the dry heated mixtures, compared to those of untreated starch. This indicated an increase in gel network structure formation in pasted starch after dry heating; in fact, the gel network of heated pasted starch became more solid-like compared to that observed in untreated starch. The SEM images revealed the occurrence of starch accumulation after dry heating of starch with SPI; in addition, compared to CS/SPI, WCS/SPI was observed to form a larger lump. The accumulation of starch molecules suggested the occurrence of interactions between starch and SPI after dry heating; the interactions of WCS and SPI were more pronounced than those of CS and SPI. This simple heating process (with SPI) could be used as a promising method for the modification of WCS.

Key words: rheology; dry heating; corn starch; soy protein isolate

淀粉因其独特的性质而被广泛用作黏着剂、胶凝剂、稳定剂、增稠剂等, 大大促进了食品、造纸和纺织等工业的发展^[1]。但是原淀粉糊化后黏度低、易老化, 使淀粉的应用受到很大限制。通过物理法、化学法、生物法等对淀粉进行改性, 可改善其原有的性质或者增加新的功能^[2-3]。化学改性需加入化学试剂, 易造成环境污染。再者, 化学物质在食品加工过

收稿日期: 2014-08-01

基金项目: 山东省科技发展计划项目 (2012GNC11306)

作者简介: 邱超 (1989-), 男, 硕士, 研究方向为粮食、油脂及植物蛋白工程

通讯作者: 孙庆杰 (1970-), 男, 博士, 教授, 研究方向为粮食、油脂及植物蛋白工程

程中可能迁移到食品中, 存在潜在的毒性。淀粉的物理改性包括湿热处理和干热处理等^[4]。

湿热处理是指在少量的水 (一般 20~35%) 存在情况下, 一定的温度范围 (低于糊化温度) 热处理的一种物理方法。干热处理是指干燥后的淀粉在较高的温度下热处理一段时间至无水或相对无水的状态^[5]。物理改性不同于化学改性, 相对于化学方法, 最突出的优点就是不添加化学试剂, 因而具有操作流程简单, 无环境污染, 成本低, 收益高等优点, 因此, 应用物理方法进行淀粉改性前景广阔。干热处理是一种物理改性淀粉的新方法, 结合了热处理和干法工艺的优越性, 是一种很有发展前途的物理改性方法, 在食品工业中, 常用于预处理、物理改性淀粉等^[6]。

国内外对淀粉和离子胶干热的研究已有相关的报道, Sun et al., 2013、Li et al., 200、Lim et al., 2002 等^[7-10]对离子胶辅助干热改性淀粉的糊化特性和热特性进行了报道。Lim et al. (2002)^[7]报道了离子胶和淀粉干热对淀粉糊化特性影响, 认为糊化特性的变化是由于淀粉的羟基和离子胶的羧基发生酯化反应引起的。像离子胶一样, SPI 含有大量亲水性基团, 如羧基、羟基、氨基等, 可以与淀粉的羟基发生相互作用, 从而生产出具有优质功能特性的改性淀粉。但对于淀粉和蛋白干热的研究较少, 对于淀粉和蛋白干热共混物流变特性的研究国内外还没有报道。因此, 本研究对玉米淀粉和大豆分离蛋白干热共混物的流变特性进行探讨, 对于变性淀粉的生产具有一定的指导意义。

1 材料与方法

1.1 原料

玉米淀粉 (CS, 直链淀粉含量 28.55%) 和蜡质玉米淀粉 (WCS, 直链淀粉含量 0.54%), 国民淀粉有限公司(上海); 大豆分离蛋白 (SPI), 杜邦中国集团有限公司 (上海)。

1.2 仪器与设备

快速黏度分析仪 (RVA), Model 4D, 澳大利亚; 流变仪, MCR102, 安东帕有限公司, 奥地利; 扫描电镜(SEM), JEOL, 7500F, 日本。

1.3 试验方法

1.3.1 SPI 辅助干热处理改性淀粉的制备

样品的处理参照 Lim et al. (2002)^[7]的方法。在 SPI (3 g, db) 中慢慢加入蒸馏水(170 mL), 剧烈搅拌。待 SPI 完全溶解后, 将 CS 或 WCS (97 g, db) 分散到 SPI 的溶液中。在 35 °C 下分散搅拌 2 h。将分散液转移到玻璃皿中, 在干燥箱中进行干燥, 干燥箱要保持恒温 45 °C, 直到水分含量小于 10%。将干燥的淀粉 SPI 混合物研磨成粉末, 并通过 100 目筛。CS/SPI 和 WCS/SPI 的混合物在 130 °C 下加热 2 h 或 4 h, 得到干热改性样品。

1.3.2 WCS/SPI 与 CS/SPI 糊化特性的测定

将 3 g 淀粉或淀粉与 SPI 的混合物 (10% 水分) 与 25 g 精确称重的蒸馏水混合, 在 50 °C 恒温保存 1 min。然后以 12.0 °C/min 的速度加热到 95 °C, 保持在 95 °C 2.5 min。之后, 在 2.5 min 内冷却到 50 °C, 然后保持 50 °C 2 min。在整个分析过程, 除了前 10 s 需要在 960 r/min 快速 搅拌以分散淀粉样品之外, 都要

保持恒桨转速 (160 r/min), 样品参数包括峰值黏度 PV、谷值黏度 TV、最终黏度 FV、衰减值 BD (BD = PV - HV)、回生值 FB (FB = FV - TV)。

1.3.3 WCS/SPI 与 CS/SPI 流变测试

从 RVA 上获得 6% 糊化的 CS/SPI 和 WCS/SPI 混合物的样品, 将其滴到珀尔帖板的中央, 然后将上平行板下移至 1mm 的测量位置, 去除被挤压出来的多余的样品, 在平板四周添加硅油以防止样品中的水分蒸发。

1.3.3.1 静态流变特性的测试

在 25 °C 对样品进行连续的剪切测试, 剪切速率范围为 0.01~300 s⁻¹, 以测其表观粘度随剪切速率的变化。

1.3.3.2 动态黏弹性的测试

25 °C 下, 固定应变 0.5% (线性黏弹区内), 在角频率范围 0.1~100 rad/s 内进行频率扫描。得到存储模量(G'), 损耗模量(G''), 和损耗角正切 ($\tan\delta = G''/G'$) 作为角频率的函数。

1.3.3.3 温度扫描

温度先从 20 °C 到 80 °C, 再从 80 °C 降到 20 °C。其他参数与动态黏弹性的测试一致。

1.3.3.4 触变性测试

在 25 °C 在下, 在 0~120 s 内, 设置角频率为 10 rad/s, 固定应变为 1%; 在 120~160 s 内, 保持角频率 10 rad/s 不变, 固定应变为 100%; 在 160~270 s 内, 保持角频率 10 rad/s 不变, 固定应变为 1%。

1.3.4 WCS/SPI 与 CS/SPI 扫描电镜(SEM)

取适量样品涂在导电胶上, 将样品冻干, 喷金后进行观察样品的形态变化。

1.3.5 数据处理

所有样品至少平行测试三次, 取平均值。使用 SPSSv17.0 软件分析实验数据, 并表示为平均值 ± 标准差。在 95% 的显著水平 (P<0.05) 范围内分析显著性。

2 结果与分析

2.1 WCS/SPI 与 CS/SPI 糊化特性分析

CS/SPI 和 WCS/SPI 在干热前后的糊化参数如表 1 所示。加入 SPI 后显著地改变了 CS 和 WCS 的糊化性质。淀粉添加 SPI 干热后, 糊化温度明显降低。可能由于 SPI 辅助干热导致淀粉分子间或者分子内的氢键断裂, 水分子更容易进入淀粉颗粒, 使得淀粉颗粒在较低的温度下就能开始吸水膨胀, 糊化温度降低。据 Sun et al.(2013)报道, 马铃薯淀粉经热干处理后也表现出了相同的趋势, 即糊化温度下降^[8]。

表 1 CS、WCS 以及与 SPI 的混合物在干热前后的糊化特性

Table 1 The pasting properties of CS/SPI and WCS/SPI mixtures before and after dry heating

样品	糊化温度 (PTP)/°C	峰值黏度 (PV)/(mPa s)	谷值黏度 (TV)/(mPa s)	末值黏度 (FV)/(mPa s)	衰减值 (BD)/(mPa s)	回生值 (SB)/(mPa s)
CS	75.51±0.14 ^a	2659.00±68.99 ^h	1955.00±58.18 ^c	2927.00±84.45 ^c	704.00±60.18 ^g	972.00±66.26 ^d
CS/SPI-0h	74.53±0.49 ^b	2880.00±41.31 ^g	1948.00±33.63 ^d	3495.00±3.53 ^b	932.00±17.67 ^f	1547.00±47.17 ^c
CS/SPI-2h	73.00±0.70 ^d	3512.00±90.31 ^d	2141.00±77.78 ^b	3752.00±78.25 ^a	1371.00±57.86 ^e	1611.00±45.15 ^b
CS/SPI-4h	72.50±0.14 ^e	3703.00±89.50 ^c	2185.00±44.85 ^a	3869.00±101.23 ^a	1518.00±54.65 ^d	1684.00±57.37 ^a
WCS	74.00±0.35 ^c	3065.00±35.15 ^f	1203.00±35.35 ^h	1536.00±38.48 ^f	1862.00±19.79 ^c	333.00±23.13 ^f
WCS/SPI-0h	73.10±0.28 ^d	3247.00±28.99 ^e	1219.00±43.84 ^g	1520.00±43.84 ^g	2028.00±14.84 ^b	301.00±0.00 ^f
WCS/SPI-2h	72.70±0.63 ^e	4016.00±64.65 ^b	1474.00±57.27 ^f	1968.00±42.42 ^e	2542.00±47.37 ^a	494.00±39.07 ^e
WCS/SPI-4h	72.80±0.35 ^f	4399.00±71.82 ^a	1871.00±16.26 ^e	2347.00±17.67 ^d	2528.00±55.68 ^a	476.00±10.41 ^e

注: CS 代表玉米淀粉, CS/SPI-0h 代表干热前混合样品, CS/SPI-2h 代表干热 2 h 的样品, CS/SPI-4h 代表干热 4 h 样品。WCS 代表蜡质玉米淀粉, WCS/SPI-0h 代表干热前混合样品, WCS/SPI-2h 代表干热 2 h 的样品, WCS/SPI-4h 代表干热 4 h 样品。同一列不同字母代表差异显著 (P<0.05)。

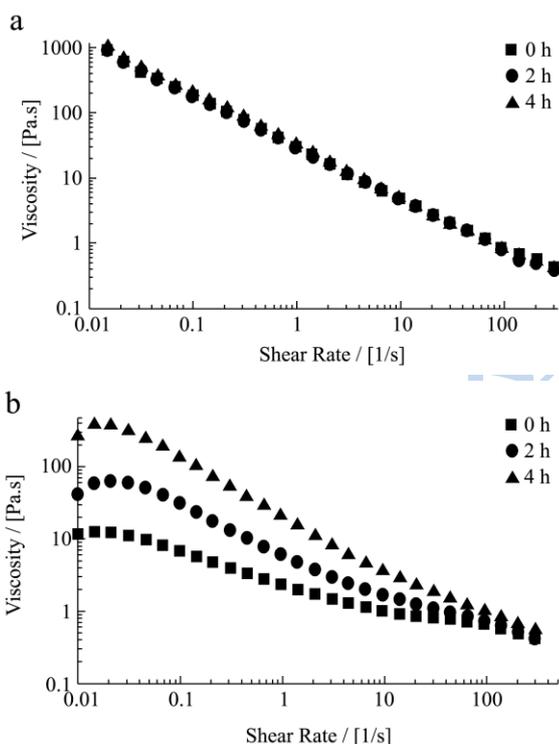


图 1 CS、WCS 和 SPI 在干热前后的静态剪切曲线

Fig.1 The steady shear flow curves of CS/SPI and WCS/SPI before and after dry heating

注: 0h 表示淀粉与大豆分离蛋白混合, 未干热处理, 2h 表示干热处理 2h, 4h 表示干热处理 4h。

与未干热处理的淀粉与 SPI 混合物相比, 干热处理后 CS 和 WCS 的 PV 显著增加。130 °C 加热 4 h 后, CS 的 PV 值增加了 823 mPa s, 而 WCS/SPI 干热处理比 CS/SPI 更明显, PV 值增加了 1152 mPa s, WCS 的 TV、FV、BD 和 SB 经干热处理后, 也均得到提高。这可能由于蜡质玉米淀粉以支链淀粉为主, 有更疏松的结构, 更容易与 SPI 发生干热改性。Lee et al. (2004)

也同样发现, CS/SPI 经干热处理后黏度增加^[11]。

2.2 WCS/SPI 与 CS/SPI 流变特性分析

2.2.1 静态流变

CS/SPI 和 WCS/SPI 混合糊液的稳定剪切流变曲线如图 2 所示。其中图 2a 为普通玉米淀粉静态流变图, 图 2b 为蜡质玉米淀粉的静态流变图。

从图 2 可以观察到所有的混合糊液在剪切速率范围内 (0.01~300 s⁻¹) 均表现出剪切变稀行为。在干热之后, CS/SPI 混合糊液的表观粘度没有显著差异。然而, 干热后的 WCS/SPI 混合糊液表观黏度显著增加。WCS/SPI 混合糊表观黏度的变化相比于 CS/SPI 混合糊表观黏度的变化是更加明显, 表明蜡质玉米淀粉更易与 SPI 发生相互作用。Li et al. (2013) 也发现蜡质大米淀粉和黄原胶干热后表观黏度增加^[12]。

2.2.2 动态粘弹性测试

图 2 给出了储能模量 (G') 和损耗角正切 (tanδ = G''/G') 随角频率的变化曲线。其中图 3 (A, C) 为普通玉米淀粉的动态流变曲线。图 3 (B, D) 为蜡质玉米淀粉的动态流变曲线。

由图 3 (a, b) 可知, 所有样品的 G' 随角频率的增加而增加。干热导致混合物的 G' 增加, 且随着干热时间延长, G' 增加更明显。由图 3(c, d) 所示, 在整个频率范围 (0.1~25 rad/s) 内, tanδ 均小于 1, 表明 CS/SPI 和 WCS/SPI 混合糊的 G' 值均高于相应的 G'' 值, 表现了一种凝胶的特性。在 130 °C 干热处理 4 h 后 tanδ 值达到最低, 表明干热后淀粉与 SPI 混合糊剂的凝胶性增强, 且干热时间越长, 凝胶性增强越明显。Li et al. (2013) 报道蜡质大米淀粉和黄原胶干热后 tanδ 也同样降低^[12]。Li & Huang (2012) 认为干热后凝胶性增加

是由于淀粉和离子胶发生了相互作用^[13]。

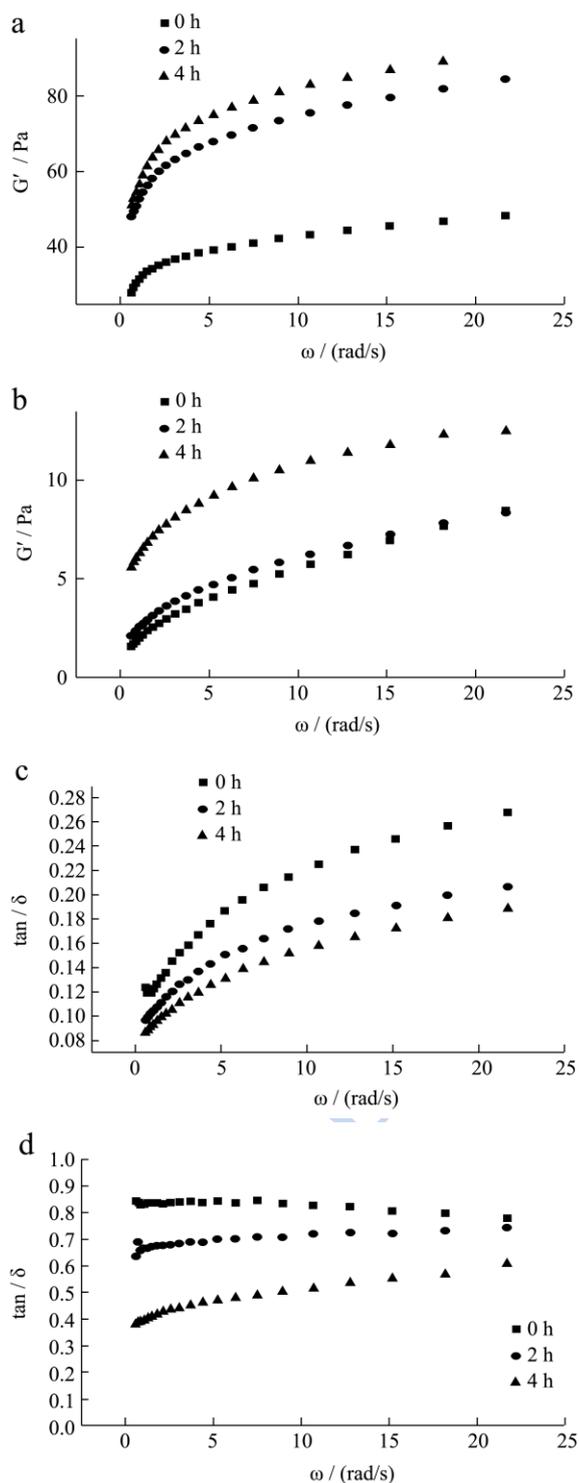


图2 CS、WCS和SPI在干热前后的动态流变曲线

Fig.2 Dynamic flow curves of CS/SPI and WCS/SPI before and after dry heating

注：0 h表示淀粉与大豆分离蛋白混合，未干热处理，2 h表示干热2 h的样品，4 h表示干热4 h的样品。

2.2.3 温度扫描

温度扫描测试分为两个阶段，20~60 °C的升温过程以及60~20 °C的降温过程，扫描结果如图4所示。

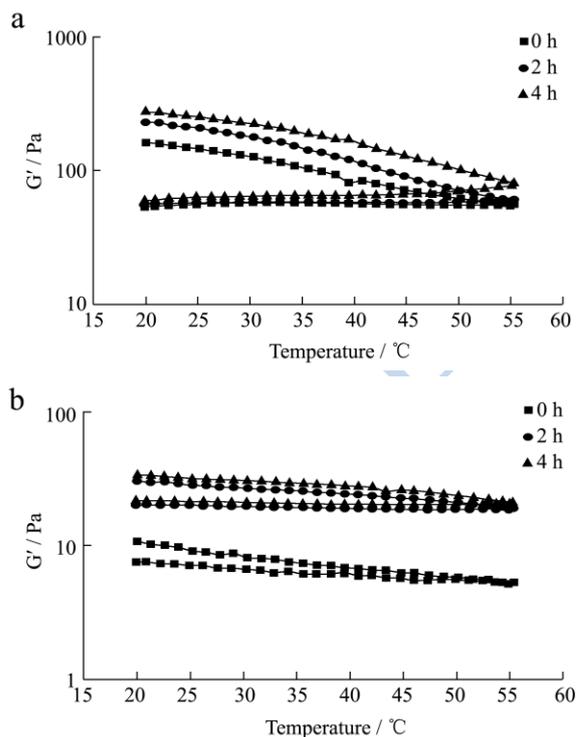


图3 WCS和SPI在干热前后的温度扫描曲线

Fig.3 Temperature scanning curves of the WCS/SPI mixture before and after dry heating

注：0 h表示蜡质玉米淀粉与大豆分离蛋白混合，未干热处理，2 h表示干热2 h的样品，4 h表示干热4 h的样品。

升温过程，干热之前，CS/SPI 混合物凝胶的 G' 基本保持不变，说明 CS/SPI 混合物凝胶对温度具有一定的稳定性。WCS/SPI 混合凝胶的 G' 随温度的升高有所降低，与 CS/SPI 混合凝胶相比，温度对 WCS/SPI 混合凝胶的影响更明显。干热以后，CS/SPI 和 WCS/SPI 混合物凝胶的 G' 随温度的升高没有显著变化，说明干热处理后样品的温度稳定性提高。与 CS/SPI 混合凝胶相比，WCS/SPI 混合凝胶在干热之后 G' 明显高于未干热的样品。表明 WCS 与 SPI 的交互作用更加显著，与 SPI 干热后凝胶性显著增加。

降温过程，干热之后， G' 明显升高。干热 4 h 的样品 G' 最大，其次是干热 2 h 的样品，最低的是干热 0 h 的样品，这主要是降温过程，分子再次聚集，交联成一个网络，分子间距离缩小，发生凝胶化， G' 增大。且干热 4 h 的样品 G' 最大，凝胶化程度最高。

2.2.4 触变性测试

前 120 s，应变为 1%，保持其稳定的凝胶结构，而在 120~160s，应变为 100%，使其结构发生急剧的破坏，未经干热的样品和干热处理 2 h、4 h 的样品的 G' 均明显降低，在 160~270s，重新固定应变为 1%，使其结构逐渐恢复。由图 4 (A, B) 观察到样品的 G' 均有较好的恢复性。到 270 s 时，干热 0 h 的 CS/ SPI

混合糊恢复了 96.8%，干热 2 h 的 CS/ SPI 混合糊恢复了 97.5%，干热 4 h 的 CS/ SPI 混合糊恢复了 98.6%，而干热 0 h 的 WCS/ SPI 混合糊恢复了 95.89%，干热 2 h 的 WCS/ SPI 混合糊恢复了 99.2%，干热 4 h 的 WCS/ SPI 混合糊恢复达到了 100%。

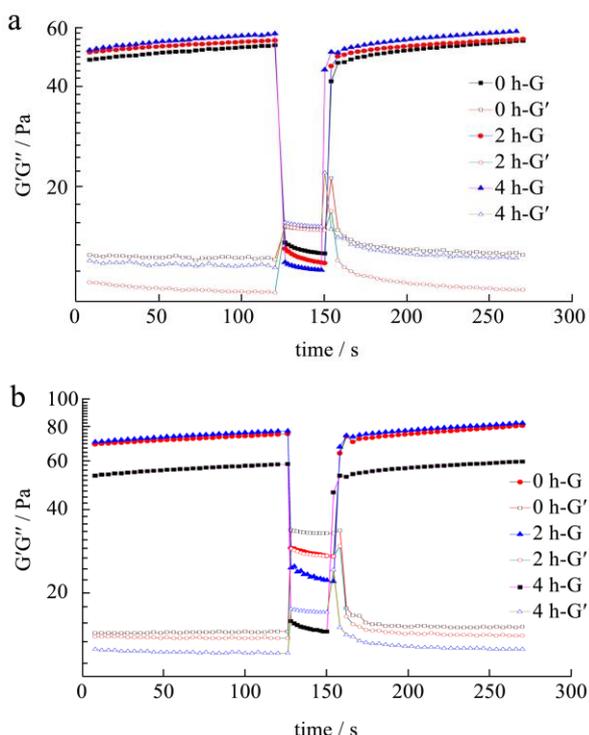


图 4 CS 和 WCS 与 SPI 混合糊在干热前后的动态触变性曲线
Fig.4 Dynamic thixotropic curves of CS/SPI and WCS/SPI before and after dry heating

注：a 为 CS/SPI 混合样品；ba 为 WCS/SPI 混合样品；0 h 表示淀粉与大豆分离蛋白混合，未干热处理的样品，2 h 表示干热处理 2 h 的样品，4 h 表示干热处理 4 h 的样品。

通过对比可以发现，干热之前，普通玉米淀粉恢复性较蜡质玉米淀粉好些，而干热以后，WCS/SPI 混合糊的触变恢复性明显增加，干热处理 2 h 和 4 h 的样品的触变恢复性明显比 CS/SPI 混合糊的高。干热以后恢复比例显著升高，说明干热以后的样品凝胶性能显著增强。原因可能是，干热处理后，混合物中的淀粉和 SPI 结合的更致密，形成了更为稳定的结构，不易被轻易破坏。蜡质玉米淀粉与 SPI 结合的更加紧密，因此，变化也更加明显。

2.3 扫描电子显微形态分析

CS 和 WCS 与 SPI 混合后显示出类似原淀粉的椭圆形颗粒形状，但是颗粒表面不光滑，有小的粘连发生。可能是因为 SPI 粘附在淀粉颗粒的表面，导致了淀粉颗粒表面不光滑。通过扫描电镜(B, D)观察发现，干热处理后的 CS/SPI 和 WCS/SPI 混合颗粒发生了团

聚，可能 SPI 与 CS 或者 WCS 分子之间发生相互作用，导致颗粒表面形态发生了变化。WCS/SPI 颗粒比 CS/SPI 颗粒形成了更大的团聚。这一现象说明了干热处理后，与 CS/SPI 混合颗粒相比，WCS/SPI 混合颗粒的交互作用更为明显。可能是蜡质玉米淀粉几乎全部是由支链淀粉组成^[14]，颗粒结构比较疏松，易与 SPI 发生相互作用，从而产生更大的聚集。Sun et al. (2013) 发现马铃薯淀粉和离子胶干热后也产生类似的颗粒聚集现象，表明了干热后淀粉和离子胶发生了相互作用^[9]。

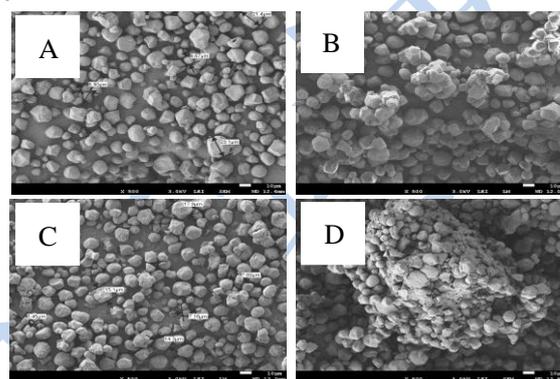


图 5 CS 和 WCS 与 SPI 混合颗粒干燥加热前后的扫描电镜图
Fig.5 Scanning electron micrographs of CS/SPI and WCS/SPI before and after dry heating

注：A 为 CS/SPI 干热前混合样品；B 为 CS/SPI 干热处理 4 h 的样品；C 为 WCS/SPI 干热前混合样品；D 为 WCS/SPI 干热处理 4 h 的样品。

3 结论

经大豆分离蛋白辅助干热处理后，淀粉的黏度显著增加，且蜡质玉米淀粉比普通玉米淀粉黏度增加的更明显。干热后混合物的储能模量和损耗模量显著增加，损耗角的正切值明显降低，表明淀粉的凝胶性能显著增强。扫描电镜结果显示，与玉米淀粉与大豆分离蛋白混合颗粒相比，干热处理后的蜡质玉米淀粉与大豆分离蛋白混合颗粒产生了更大的聚集。本研究可以作为一种蜡质玉米淀粉物理改性的新方法，为蜡质玉米淀粉改性提供理论依据。

参考文献

[1] Owen R.Fennema 著,王璋,许时婴,江波等译.食品化学[M].中国轻工业出版社,2003
WAN zhang, XU shi-ying, JIANG bo. Food chemistry [M]. Chinese Light Industry Press, 2003
[2] Singh J, Kaur L, McCarthy, O J. Factors influencing the physicchemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food

- applications-a review [J]. Food Hydrocolloids, 2007, 21: 1-22
- [3] Eliasson A-C, Mundungus M. (. Starch: Physicochemical and functional aspects. In A.-C. Eliasson (Ed.) [J]. Carbohydrates in Food, Boca Raton, FL: CRC Press, 2006, 2: 391-469
- [4] Stute R. Hydrothermal modification of starches: the difference between annealing and moisture treatment [J]. Starch/Stacker, 1992 44: 205-214
- [5] 陈平生,黄智君,王娟.不同热处理方式对大蕉抗性淀粉理化性质的影响[J].现代食品科技,2012,28(1): 9-14
CHEN Ping-sheng, HUANG zhi-jun, WANG Juan. Effects of different heat treatments on the physicochemical properties of plantain resistant starch [J]. Modern Food Science and Technology, 2012, 28(1): 9-14
- [6] 张帆,林鸳鸯,郑宝东.干热变性淀粉的研究进展[J].福建轻纺,2011,5:33-37
ZHANG Fan, LIN Yuan-yuan, ZHENG Bao-dong. The research of dry-heating modified starch [J]. Fujian Qing Fang, 2011, 5: 33-37
- [7] Lim S-T, Han J-A, Lim H S, BeMiller J N. Modification of starch by dry heating with ionic gums [J]. Cereal Chemistry, 2002, 79: 601-606
- [8] Sun Q J, Xu Y C, Xiong L. Effect of microwave-assisted dry heating with xanthan on normal and waxy corn starches [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2014, 68: 86-91
- [9] Sun Q J, Si F M, Liu X, et al. Effect of dry heating with ionic gums on physico-chemical properties of starch [J]. Food Chemistry, 2013, 136: 1421-1425.
- [10] Li Y, Shoemaker C F, Ma J G, et al. Paste viscosity of rice starches of different amylose content and carboxymethylcellulose formed by dry heating and the physical properties of their films [J]. Carbohydrate Polymers, 2008, 92: 1647-1652
- [11] Lee k j, Lee S Y, Kim Y R, et al. Effect of dry heating on the pasting/retrogradation and textural properties of starch-soy protein mixture [J]. Korean J. Food Sci. Technol., 2004, 36(4): 568-573
- [12] Li Y, Zhang H, Shoemaker C F, Xu Z T, Zhu S, Zhong F. Effect of dry heat treatment with xanthan on waxy rice starch [J]. Carbohydrate Polymers, 2013, 92: 1647-1652
- [13] Li J, Huang Q. Rheological properties of chitosan-dextraphosphate complexes: from suspensions to micro gels [J]. Carbohydrate Polymers, 2012, 87(2): 1670-1677
- [14] 林华山,黄伟,罗志刚.无水有机醇介质中盐酸对蜡质玉米淀粉性质的影响[J].现代食品科技,2013,29(5):945-947
LIN Hua-shan, HUANG Wei, LUO Zhi-gang. Properties of waxy corn starch treated in different anhydrous alcohols with hydrochloric acid [J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 29(5): 945-947