

酸热处理对马铃薯淀粉理化性质的影响

邱超, 姬娜, 朱晓蕾, 熊柳, 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:以马铃薯淀粉为原料,研究不同 pH 值、水分含量和处理温度对马铃薯淀粉复合改性效果。结果表明,马铃薯淀粉经部分酸解结合湿热处理复合改性后,直链淀粉含量增加,但可溶性直链淀粉含量降低。复合改性后马铃薯淀粉溶胀度和溶解度降低。经部分酸解结合湿热处理改性后马铃薯淀粉的峰值黏度(PKV)、谷值黏度(TV)、终值黏度(FNV)、衰减值(BD)和回生值(SB)都降低。但是复合改性后马铃薯淀粉的凝胶硬度增加,最大的硬度达到了 143.42 g,是原淀粉的 4.2 倍,而黏度、内聚力都降低。复合改性后马铃薯淀粉的 To、Tp、Tc 和 Tc-To 都显著升高,但 ΔH 显著降低。X-衍射测定结果表明马铃薯淀粉结晶为 B 型,复合改性后马铃薯淀粉在 $5.9^\circ(2\theta)$ 产生的 B 型特征峰减小,在 $22\sim 25^\circ(2\theta)$ 出现的双峰减小,甚至有变为单峰的趋势。

关键词:酸水解;湿热处理;理化特性;马铃薯淀粉

中图分类号:TS 231 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7561(2015)02-0017-05

Effect of acid hydrolysis combined with moist heat treatment on physicochemical properties of potato starch

QIU Chao, JI Na, ZHU Xiao-lei, XIONG Liu, SUN Qing-jie

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

Abstract: The effect of pH value, moisture content and temperature on modification of potato starch (PS) was studied. The result showed that after being treated by partial acid hydrolysis (AH) combined with heat moisture treatment (HMT), the amylose content in PS increased, while soluble amylose content decreased; Solubility and swelling power of most modified starches decreased; Peak viscosity (PKV), trough viscosity (TV), final viscosity (FNV), attenuation and setback decreased; But gel hardness of some modified starches was higher than native starch. The biggest hardness of starch gel was 143.42 g, which was about 4.2 times higher than native PS, while gel springiness and cohesiveness of all modified starches decreased. To, Tc, Tp and Tc-To of PS modified starches significantly increased, but ΔH decreased. Crystallized potato starch was B-type, the peak of modified PS at $5.9^\circ(2\theta)$ decreased, double peak at $22\sim 25^\circ(2\theta)$ decreased too, and even became into a single wide peaks.

Key words: acid hydrolysis; moist heat treatment; physicochemical properties; potato starch

随着淀粉工业的发展,对淀粉品质的要求也越来越高,而原淀粉的性质存在许多不足,如不溶于冷水、淀粉糊易老化、成膜性差、抗剪切能力低等,为此,人们根据淀粉的结构及理化性质开发了淀粉的改性技术,以拓宽淀粉的应用范围。目前,国内外制备变性淀粉的方法主要有物理、化学和生物技术等方法,其中化学方法应用最为广泛,但是化学变性淀粉需要使用各种化学试剂,其安全性不容忽视,因此物理和生物技术变性方法在变性淀粉制备中越来越

受到重视。

湿热处理是指在水分含量低于 35% 的条件下,以高于玻璃化转变温度但低于糊化温度的范围内处理淀粉的一种方法,可以提高淀粉功能特性,有利于增加淀粉在现代食品工业中的应用^[1]。湿热处理可以提高淀粉糊化温度,降低淀粉颗粒溶胀度和直链淀粉量溶出,增加淀粉的热稳定性^[2]。Zavareze 等^[3]研究了湿热处理对不同直链淀粉含量的大米淀粉的颗粒形貌、溶胀度、糊化性质等影响。酸处理是淀粉化学改性的一种方法,酸处理条件是在淀粉糊化温度以下,用酸处理淀粉一段时间^[4]。酸变性淀粉生产成本低,产品具有较低的热糊黏度,较高的

收稿日期:2014-11-19

作者简介:邱超,1989 年出生,男,硕士。

通讯作者:孙庆杰,1970 年出生,博士,教授。

凝胶性,可用于果冻、夹心饼以及软糖的生产。

韩忠杰等^[4]对酸结合湿热处理豌豆淀粉的糊化特性、溶解性、溶胀度等指标进行了测定,但其结构及其机理的探讨还较少,对于酸解结合湿热处理对马铃薯淀粉复合改性研究还没有报道。本实验研究酸解结合湿热处理对淀粉理化性质的影响,为改性淀粉在工业上应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

马铃薯淀粉:大庆嵩天淀粉有限公司;直链淀粉、支链淀粉标准品:Sigma公司;其它试剂为分析纯。

TA.XT plus 物性分析仪:英国 SMS 公司;快速黏度分析仪 RVA:波通瑞华(北京)科学仪器有限公司;MA45 型红外水分测定仪:北京赛多利斯仪器系统有限公司;紫外可见分光光度计:北京普析通用仪器有限责任公司;510 型 pH 计:新加坡优特仪器公司。

1.2 实验方法

1.2.1 酸水解结合湿热处理淀粉的制备^[5]

用 pH4 的盐酸溶液调节淀粉的水分含量为 30%,于 4℃ 冰箱中平衡一段时间,待水分平衡后取一定量淀粉于玻璃瓶中,密封,置于 100℃ 烘箱中处理 8 h,取出冷却至室温,用蒸馏水洗涤数次至中性,在 3 000 r/min 下离心 20 min,将沉淀于 40℃ 下干燥,粉碎,过 100 目筛。

用同样方法,制备不同 pH(1、2、3、4、5)、不同水分含量(20%、25%、30%、35%、40%)和不同处理温度(80、90、100、110、120℃)条件下的改性淀粉,做三组平行。

1.2.2 直链淀粉含量的测定

1.2.2.1 直链淀粉标准曲线的绘制

准确称取直链淀粉、支链淀粉各 100 mg,放入 50 mL 锥形瓶中,加入 1 mL 95% 乙醇湿润样品,再加 1 mol/L NaOH 溶液 9 mL,置沸水浴中 10 min,取出冷却至室温后转入 100 mL 容量瓶中,用水定容,即为 1 mg/mL 的标准溶液,再取 6 个 100 mL 容量瓶,加入 1 mg/mL 直链淀粉标准溶液 0、0.25、0.50、1.00、1.50、2.00 mL,再依次加入 1 mg/mL 支链淀粉标准溶液 5、4.75、4.50、4.00、3.50、3.00 mL,总量为 5 mL。另取 1 个 100 mL 容量瓶,加入 5 mL 的 0.09 mol/L NaOH 溶液作空白。然后于各瓶中依次加入约 50 mL 水、1 mol/L 的乙酸 1 mL,碘试剂 2 mL,用水定容后显色 10 min,在 620 nm 处测定吸光度。以直链淀粉含量为横坐标,吸光度为纵坐标,绘制标准曲线。

$$\text{可溶性直链淀粉的含量}/\% = (R/A) \times (a/r) \times 20$$

式中:A 表示标准直链淀粉吸光度;R 表示淀粉样品中直链淀粉吸光度;a 表示标准直链淀粉准确含量;r 表示淀粉样品质量。

1.2.2.2 直链淀粉含量的测定

准确称取样品 100 mg 置于 50 mL 三角瓶中,加入体积分数为 95% 的乙醇 1 mL 和 1 mol/L NaOH 9 mL 在沸水浴中加热 10 min,淀粉糊化。冷却后,转移至 100 mL 容量瓶中,稀释至刻度。准确量取 5 mL 上述试样放入另一个 100 mL 容量瓶中,加入 1 mL 1 mol/L 乙酸和 1 mL 0.2% 的碘液,用蒸馏水定容。准确量取 1 mL 上述试样放入 100 mL 容量瓶中,加入 0.09 mol/L NaOH,用蒸馏水定容,用作空白对照。静置 20 min 后,在波长 620 nm 下用 1 cm 比色皿测定其吸光值,查标准曲线,即可求得试样中直链淀粉的含量。

1.2.3 淀粉溶胀度、溶解度的测定^[6]

称取 0.4 g 样品置于具塞离心管中,加入 40 mL 蒸馏水溶解。分别在 55、65、75、85、95℃ 等不同温度的水浴中,加热并搅拌 30 min,每隔 2~5 min 取出震荡一次。再以 3 000 r/min 离心 15 min,取上清液在 105℃ 下烘干,称重,即为水溶性淀粉的重量,计算溶解度。下层为溶胀淀粉部分,由溶胀淀粉重量计算溶胀度,计算公式为:

$$\text{溶解度 } S/\% = C/W \times 100$$

$$\text{溶胀度} = D/W(1 - S)$$

C: 水溶性淀粉干重;W: 淀粉样品重(干);D: 溶胀淀粉重(湿)。

1.2.4 淀粉糊化特性的测定

淀粉的糊化特性用快速黏度分析仪(RVA)测定。称取适量的淀粉,加 25 mL 蒸馏水于铝盒中,用旋转桨充分搅拌后,放置 20 min,开始测定。测定程序为初始温度 50℃ 保持 1 min,然后以 12℃/min 提高到 95℃,在 95℃ 保持 2.5 min,再以 12℃/min 降至 50℃ 并保持 2 min,整个测定过程 13 min。记录淀粉的糊化温度、峰值粘度、谷值粘度、末值粘度、衰减值和回生值。

1.2.5 淀粉凝胶质构特性的测定^[7]

将糊化特性测定后的淀粉糊放在冰箱 3 h 均衡水分,用物性仪测定淀粉糊的凝胶质构特性。测定参数:测前速度:3.00 mm/s;测试速度:1.00 mm/s;测后速度:3.00 mm/s;形变量为 30.00%;探头为 10 mm 圆柱型(P/0.5R)。

1.2.6 淀粉糊化温度测定

用样品铝盒称取 3.0 mg 左右的样品,按样品、

水质量比1:2的比例加入去离子水,密封后隔夜放置平衡。用差示扫描量热仪测定糊化温度。温度从30℃升到120℃,升温速率为10℃/min。用空盘作为参比,记录起始温度(T_o)、峰值温度(T_p)、最终温度(T_c)和热焓值(ΔH)。

1.2.7 淀粉X射线衍射分析

用X射线衍射仪进行测试,得到淀粉的衍射图,分析淀粉结晶结构的变化。测定条件:特征衍射线Cu-K α 靶,石墨单色器,管压40 kV,电流40 mA,扫描范围3°~40°,步长0.02°/2 θ ,扫描速率2°/rain。

1.3 数据处理

采用SPSS v17.0软件处理数据。

2 结果与分析

2.1 酸水解结合湿热处理对马铃薯淀粉直链淀粉含量的影响

由表1可以看出,pH在2~5范围内,直链淀粉含量高于原淀粉含量,可溶性直链淀粉含量降低;但pH为1时,直链淀粉含量明显低于原淀粉。这是由于在酸浓度较低时,相应的长链淀粉被水解,所以直链淀粉含量升高。但当酸浓度比较高时,结晶区和无定型区均被水解成短链,引起淀粉含量降低。这与Ming Miao^[8]等报道的结果相类似。

表1 pH值、水分、温度对湿热处理马铃薯淀粉直链淀粉含量的影响

样品	直链淀粉含量/%	可溶性直链淀粉含量/%
原淀粉	37.35 $\pm$ 0.17 ^l	16.94 $\pm$ 0.08 ^a
pH		
1	18.57 $\pm$ 0.26 ^m	13.33 $\pm$ 0.26 ^b
2	38.53 $\pm$ 0.52 ⁱ	7.00 $\pm$ 0.03 ^j
3	39.04 $\pm$ 0.72 ^f	6.21 $\pm$ 0.03 ⁿ
4	39.74 $\pm$ 0.12 ^b	6.39 $\pm$ 0.03 ^m
5	39.19 $\pm$ 0.04 ^c	6.84 $\pm$ 0.01 ^k
水分含量(%)		
20	38.69 $\pm$ 0.14 ^h	12.05 $\pm$ 0.18 ^c
25	38.91 $\pm$ 0.07 ^g	8.83 $\pm$ 0.14 ^f
30	39.74 $\pm$ 0.12 ^b	6.39 $\pm$ 0.03 ^m
35	40.01 $\pm$ 0.12 ^a	8.14 $\pm$ 0.01 ^h
40	39.49 $\pm$ 0.33 ^c	8.26 $\pm$ 0.04 ^g
温度(℃)		
80	37.54 $\pm$ 0.10 ^k	11.06 $\pm$ 0.10 ^d
90	38.26 $\pm$ 0.00 ^j	8.91 $\pm$ 0.06 ^e
100	39.74 $\pm$ 0.12 ^b	6.39 $\pm$ 0.03 ^m
110	39.49 $\pm$ 0.14 ^c	6.73 $\pm$ 0.03 ^l
120	39.31 $\pm$ 0.31 ^d	7.37 $\pm$ 0.04 ⁱ

注:表中数值为平均值 $\pm$ 标准差。同列字母不同,表示差异显著($P < 0.05$)。

AH-HMT: 酸水解结合湿热处理。

随着酸结合湿热处理淀粉水分含量的增加,直链淀粉含量增加,可溶性直链淀粉含量降低。可能是由于水分的存在促使支链淀粉被水解成直链淀粉,也可能是由于湿热处理导致淀粉颗粒无定型区

发生变化,导致直链淀粉含量增加。这与Suling Li^[9]等先前报道的结果相类似。

温度在80~120℃范围内,随着温度的升高,直链淀粉含量呈现先上升后下降趋势,在100℃时达到最大值为39.74%;而可溶性直链淀粉含量呈现先下降后上升的趋势,在100℃时可溶性直链淀粉含量达最小值,为6.39%。这是由于在合适温度范围内,经湿热处理的淀粉随温度上升,淀粉的内部结构尤其无定型区的直链淀粉结合更加紧密,但温度达到一定限度后,温度继续上升会对直链淀粉结构造成一定破坏。

2.2 酸水解结合湿热处理对马铃薯淀粉溶解度和溶胀度的影响

由图1和图2可以看出,马铃薯淀粉经过酸水解结合湿热处理的复合改性后,溶胀度和溶解度显著降低。与罗志刚^[6]等人的研究结果相似。可能是因为淀粉颗粒内直链与直链或支链分子之间的键

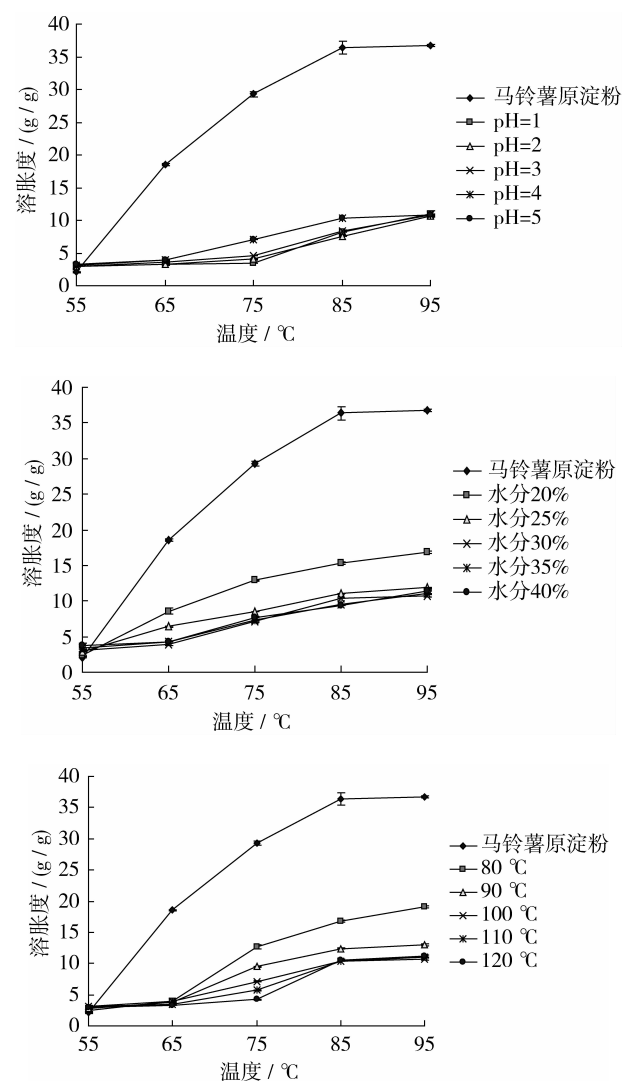


图1 pH、水分、温度对酸水解结合湿热处理马铃薯淀粉溶胀度的影响

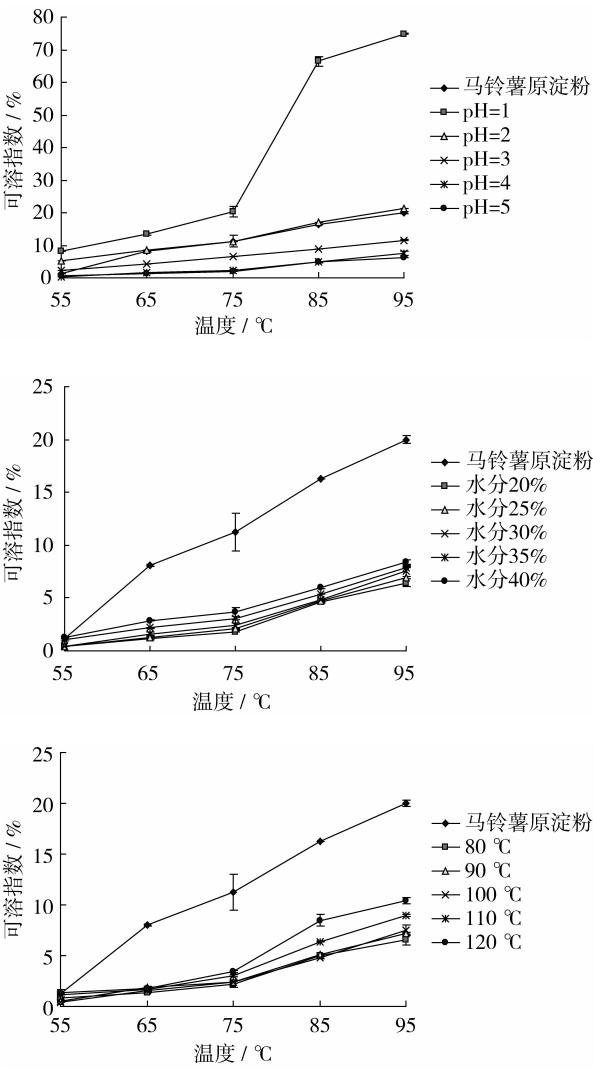


图 2 pH、水分、温度对酸水解结合湿热处理马铃薯淀粉溶解度的影响

表 3 pH、水分、温度对酸水解结合湿热处理马铃薯淀粉糊化特性的影响

样品	PT/℃	PKV/RVU	TV/RVU	FNV/RVU	BD/RVU	SB/RVU
原淀粉	69.60 ± 0.42 ^l	694.84 ± 2.00 ^a	147.50 ± 1.65 ^k	290.71 ± 1.59 ^h	547.34 ± 0.35 ^a	143.21 ± 0.06 ^e
pH						
1	/	/	/	/	/	/
2	87.70 ± 0.28 ^b	159.21 ± 0.76 ^j	157.29 ± 1.12 ⁱ	255.34 ± 0.12 ^j	2.42 ± 0.06 ^f	98.05 ± 1.00 ⁱ
3	87.50 ± 0.14 ^c	190.17 ± 1.29 ^h	188.21 ± 1.59 ^g	303.38 ± 2.31 ^f	1.96 ± 0.30 ^h	115.17 ± 2.72 ^g
4	87.50 ± 0.00 ^c	201.63 ± 1.01 ^f	198.63 ± 1.37 ^e	319.83 ± 1.79 ^e	3.00 ± 0.35 ^e	121.20 ± 1.42 ^f
5	87.90 ± 0.00 ^j	203.25 ± 1.30 ^e	200.67 ± 1.77 ^b	326.79 ± 1.24 ^b	2.58 ± 0.47 ^b	126.12 ± 1.47 ^a
水分含量/%						
20	74.60 ± 0.28 ^k	424.96 ± 1.60 ^e	420.46 ± 1.14 ^b	858.67 ± 1.19 ^b	4.50 ± 0.47 ^b	438.21 ± 0.06 ^a
25	80.90 ± 0.14 ^h	263.38 ± 0.53 ^c	261.79 ± 0.41 ^d	427.34 ± 1.77 ^d	1.59 ± 0.12 ^k	165.55 ± 1.36 ^d
30	87.50 ± 0.00 ^c	201.63 ± 1.01 ^f	198.63 ± 1.37 ^e	319.83 ± 1.79 ^e	3.00 ± 0.35 ^e	121.20 ± 1.42 ^f
35	82.55 ± 0.64 ^f	195.59 ± 2.35 ^g	193.71 ± 2.30 ^f	297.63 ± 2.89 ^g	1.88 ± 0.06 ^j	103.92 ± 0.59 ^h
40	84.40 ± 0.28 ^e	157.30 ± 1.94 ^k	155.38 ± 1.59 ^j	243.67 ± 2.24 ^k	1.92 ± 0.35 ⁱ	88.29 ± 0.65 ^k
温度/℃						
80	78.20 ± 0.42 ⁱ	496.05 ± 1.31 ^b	491.71 ± 1.07 ^a	863.42 ± 1.01 ^a	4.34 ± 0.24 ^c	371.71 ± 1.08 ^b
90	81.10 ± 0.14 ^g	298.46 ± 0.41 ^d	294.96 ± 0.65 ^c	520.96 ± 1.90 ^c	3.50 ± 0.24 ^d	226.00 ± 1.56 ^c
100	87.50 ± 0.00 ^c	201.63 ± 1.01 ^f	198.63 ± 1.37 ^e	319.83 ± 1.79 ^e	3.00 ± 0.35 ^e	121.20 ± 1.42 ^f
110	87.35 ± 0.07 ^d	165.79 ± 0.30 ⁱ	163.63 ± 0.42 ^h	256.96 ± 0.06 ⁱ	2.16 ± 0.12 ^g	93.33 ± 0.47 ^j
120	91.00 ± 0.28 ^d	117.59 ± 0.94 ^l	116.21 ± 0.76 ^l	178.79 ± 1.00 ^l	1.38 ± 0.18 ^l	62.58 ± 0.24 ^l

注：同一列不同字母表示存在显著性差异 ($P < 0.05$)。

/ 代表未测出。

2.4 酸水解结合湿热处理对马铃薯淀粉质构特性的影响

酸水解结合湿热处理对马铃薯淀粉质构特性的影响见表 4。除 pH = 1 时,改性马铃薯淀粉没有形成凝胶外。马铃薯淀粉经过酸结合湿热处理的复合改

增强,双螺旋结构结合的比较紧密,使淀粉分子难以溶出。Sang^[10]等发现甜马铃薯经湿热处理膨胀度和溶解度都降低。可能由于支链淀粉发生降解,结果导致产生比原淀粉多的直链淀粉,也有可能是淀粉内部结构发生了变化,结晶区和无定形区间的相互作用被改变,不利于淀粉分子从颗粒内溶出。

然而在 pH = 1 处酸处理结合湿热处理后的马铃薯淀粉溶解度显著增加,可能是由于酸的浓度过大,淀粉过度水解成易溶于水的分子,所以样品在水中溶解度增加。

2.3 酸水解结合湿热处理对马铃薯淀粉糊化特性的影响

由表 3 可以看出,不同 pH 酸结合湿热处理后,淀粉糊化温度比原淀粉升高,最高达到了 91.0 ℃,比原淀粉升高了 20.4 ℃,这可能由于酸解结合湿热处理使晶体的排列更加有序。不同酸处理对淀粉黏度影响不是很明显。而 pH 为 1 时没有糊化曲线,是由于酸的浓度过大,把淀粉水解成糊精。

水分含量对淀粉糊化特性产生显著影响。水分含量为 30% 比 20% 的样品糊化温度明显升高,峰值、谷值、末值黏度,衰减值和回生值明显降低。汪树生^[11]等人发现随着水分含量升高,湿热处理玉米淀粉糊化温度升高。Olufunmi^[12]等人发现淀粉水分含量的增加,酸解结合湿热处理淀粉糊化黏度,衰减值和回生值明显降低。他们认为淀粉糊化特性的改变是由于颗粒无定形区和结晶区中的淀粉链在湿热处理时发生了相互作用。

性后,马铃薯淀粉凝胶硬度显著升高,弹性、内聚性等物性指标降低。水分含量为 20% 时,复合改性的马铃薯淀粉与原淀粉相比,凝胶硬度升高了约 110 g。这主要是由于复合改性促进某些直链淀粉区域发生淀粉链的交联,进而促进形成凝胶相连续相中的交叉区

域。使马铃薯淀粉分子发生重新排列,分子排列方式的改变导致马铃薯淀粉凝胶结晶区域结构产生变化。

表4 pH、水分含量、温度酸水解结合湿热处理对马铃薯淀粉凝胶质构特性的影响

样品	硬度/g	弹性	内聚性
原淀粉	33.90 ± 1.02 ^k	0.99 ± 0.00 ^a	0.91 ± 0.00 ^b
pH			
1	/	/	/
2	80.64 ± 0.45 ^e	0.82 ± 0.00 ^b	0.46 ± 0.00 ^h
3	76.08 ± 0.47 ^f	0.82 ± 0.00 ^b	0.56 ± 0.01 ^d
4	71.80 ± 0.50 ^g	0.83 ± 0.00 ^b	0.54 ± 0.00 ^{ef}
5	71.79 ± 0.88 ^g	0.82 ± 0.00 ^b	0.55 ± 0.00 ^{de}
水分含量/%			
20	143.42 ± 2.65 ^a	0.98 ± 0.00 ^a	0.96 ± 0.00 ^a
25	107.87 ± 3.87 ^b	0.82 ± 0.00 ^b	0.54 ± 0.00 ^{ef}
30	71.80 ± 0.50 ^g	0.83 ± 0.00 ^b	0.54 ± 0.00 ^{ef}
35	66.92 ± 1.74 ^h	0.83 ± 0.00 ^b	0.53 ± 0.00 ^f
40	43.18 ± 0.55 ⁱ	0.82 ± 0.00 ^b	0.48 ± 0.00 ^j
温度/℃			
80	105.13 ± 0.63 ^c	0.98 ± 0.00 ^a	0.95 ± 0.00 ^a
90	102.48 ± 0.92 ^d	0.82 ± 0.00 ^b	0.80 ± 0.00 ^c
100	71.80 ± 0.50 ^g	0.83 ± 0.00 ^b	0.54 ± 0.00 ^{ef}
110	41.78 ± 0.42 ^j	0.77 ± 0.01 ^c	0.44 ± 0.00 ⁱ
120	27.54 ± 0.08 ^l	0.75 ± 0.00 ^d	0.42 ± 0.01 ^g

注:表中数值为平均值 ± 标准差。同列字母不同,表示差异显著($P < 0.05$)。

2.5 酸水解结合湿热处理对马铃薯淀粉热特性的影响

由表5可以看出,马铃薯淀粉经酸解结合湿热处理后, T_o 、 T_p 和 T_c 分别升高了9.16、11.7和11.94℃,糊化温度范围增大, $T_c - T_o$ 从9.17℃升高到11.95℃,但糊化焓显著降低, ΔH 从9.96 J/g显著降低为3.24 J/g。与Vermeulen^[13]等的研究结果一致。原因是原淀粉的结晶结构发生溶解、破坏,部分支链淀粉发生降解。糊化温度升高是由于酸解结合湿热处理使淀粉链之间交互作用重新聚合,产生新的双螺旋结构,形成耐高温的新结晶体。淀粉糊化焓降低可能是由于酸解结合湿热处理后淀粉糊化的双螺旋结构比原淀粉少。

表5 酸解结合湿热处理对马铃薯淀粉热特性指标

样品	T_o /℃	T_p /℃	T_c /℃	$T_c - T_o$ /℃	ΔH /(J/g)
马铃薯原淀粉	66.42 ± 0.33 ^c	71.15 ± 0.25 ^c	75.59 ± 0.40 ^c	9.17 ± 0.07 ^b	9.96 ± 0.02 ^b
酸解结合湿热处理马铃薯淀粉	75.58 ± 0.30 ^a	82.85 ± 0.23 ^a	87.53 ± 0.13 ^a	11.95 ± 0.07 ^a	3.24 ± 0.01 ^c

2.6 酸水解结合湿热处理对马铃薯淀粉结晶性质的影响

马铃薯原淀粉的结晶峰型为B型,但改性后马铃薯淀粉在5.9°(2 θ)产生的B型特征峰减小,原来在22~25°(2 θ)出现的双峰减小,甚至合并成单一的宽峰,且酸解结合湿热处理马铃薯淀粉的结晶度比原淀粉降低。说明酸解结合湿热处理后的马铃薯淀粉的结晶结构发生改变,结晶度降低。

3 结论

通过不同pH,不同水分含量,不同处理温度的酸水解结合湿热处理对马铃薯淀粉进行复合改性,马铃薯淀粉的理化特性及结晶结构发生显著改变。

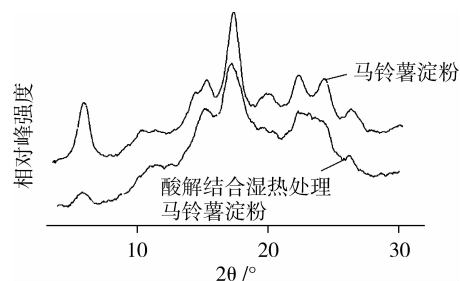


图4 马铃薯淀粉X-射线衍射图谱

酸水解结合湿热处理条件(pH=4,水分含量30%,处理温度100℃,时间8h)

复合改性后的马铃薯淀粉具有更低的溶解度和溶胀度,更高的糊化温度。马铃薯淀粉的峰值、谷值、最终黏度,衰减值和回生值显著降低。但凝胶硬度增加,粘度和内聚力都降低。 T_o 、 T_p 、 T_c 和 $T_c - T_o$ 显著升高, ΔH 显著降低。X-衍射结果表明马铃薯淀粉结晶为B型,改性后B型特征峰减小。

参考文献:

- [1] Maache - Rezzoug, Zarguili, Loisel, Queveau, Buleon. Structural modifications and thermal transitions of standard maize starch after DIC hydrothermal treatment[J]. Carbohydrate Polymers, 2008, 74: 802 - 812.
- [2] Chung H J, Liu Q, Hoover R. Impact of annealing and heat - moisture treatment on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and gelatinized corn, pea and lentil starches [J]. Carbohydrate Polymers, 2009, 75: 436 - 447.
- [3] Zavareze E R, Storck C R, de Castro L A S, et al. Effect of heat - moisture treatment on rice starch of varying amylose content [J]. Food Chemistry, 2010, 121(2): 358 - 365.
- [4] 韩忠杰, 熊柳, 孙庆杰, 等. 酸水解-湿热处理对豌豆淀粉特性的影响[J]. 粮油食品科技, 2012, 20(6): 11 - 16.
- [5] Harinder Singh, Navdeep Singh Sodhi, Narpinder Singh. Structure and functional properties of acid thinned sorghum starch[J]. International Journal of Food Properties, 2009, 12(4): 713 - 725.
- [6] 罗志刚, 高群玉, 杨连生. 湿热处理对淀粉性质的影响[J]. 食品科学, 2005, 26(2): 50 - 54.
- [7] 谢新华, 李晓方, 肖昕, 等. 稻米淀粉黏滞性和质构性研究[J]. 中国粮油学报, 2007, (3): 10 - 11.
- [8] Ming Miao, Bo Jiang, Tao Zhang. Impact of mild acid hydrolysis on structure and digestion properties of waxy maize starch [J]. Food Chemistry, 2011, 126: 506 - 513.
- [9] Suling Li, Rachelle Ward, Qunyu Gao. Properties of resistant starch from mung bean (Phaseolus radiatus) starch [J]. Food Hydrocolloids, 2011, 25: 1702 - 1709.
- [10] Sang S, Ho K, Hyo H. Effect of Hydrothermal Treatment on Formation and Structural Characteristics of Slowly Digestible Non - pasted Granular Sweet Potato Starch [J]. Starch, 2005, 57: 421 - 430.
- [11] 汪树生, 王强, 苏玉春. 水分含量对湿热处理玉米淀粉性质的影响[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(9): 33 - 35.
- [12] Olufunmi O, Olayinka, Kayode O. Adebawale, Bamidele I. Olu - Owolabi. Effect of heat - moisture treatment on physicochemical properties of white sorghum starch [J]. Food Hydrocolloids, 2008, 22: 225 - 230.
- [13] Vermeulen R, Goderis B, Delcour J A. An X - ray study of hydrothermal treated potato starch. Carbohydrate Polymers, 2006, 64: 364 - 375. 完