

挤压法制备交联辛烯基琥珀酸木薯淀粉酯工艺与结构表征

李彬^{1,2}, 王金鹏^{1,2}, 谢正军^{1,2}, 徐学明^{1,2}, 田耀旗^{1,2}, 金征宇^{*1,2}

(1. 食品科学与技术国家重点实验室, 江南大学, 江苏 无锡 214122; 2. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122)

摘要: 采用挤压法研究了交联辛烯基琥珀酸木薯淀粉酯的工艺。探讨三偏磷酸钠、氢氧化钠、水分质量分数, 以及出料温度和螺杆转速对交联淀粉酯乳化能力的影响, 并对影响因素进行了正交优化。结果表明, 在三偏磷酸钠质量分数 1.0%, 氢氧化钠质量分数 0.6%, 水分质量分数 35%, 出料温度 120 °C, 螺杆转速 110 r/min 的反应条件下, 制备得到的交联辛烯基琥珀酸木薯淀粉酯的乳化能力可以达到 58.56%。同时, 采用红外光谱、电镜扫描和 X 射线衍射等手段对产物进行了结构分析和表征。

关键词: 木薯; 交联辛烯基琥珀酸淀粉酯; 挤压; 制备; 结构表征

中图分类号: TS 235.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1689(2012)08-0802-08

Study on Preparation of Cross-Linked Cassava Starch Octenyl Succinate by the Method of Extrusion and Structure Characterization

LI Bin^{1,2}, WANG Jin-peng^{1,2}, XIE Zheng-jun^{1,2}, XU Xue-ming^{1,2},
TIAN Yao-qi^{1,2}, JIN Zheng-yu^{*1,2}

(1. State Key Laboratory of Food Science & Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: The preparation of cassava cross-linked starch octenyl succinate by the method of extrusion was studied in this manuscript. The effect of the content of sodium trimetaphosphate, sodium hydroxide, moisture, reaction temperature and screwing speed on the emulsifying capacity were carefully investigated by single factor experiment. The optimum conditions of cassava cross-linked starch octenyl succinate preparation were: 1.0% sodium trimetaphosphate, 0.6% sodium hydroxide, moisture 35%, barrel temperature 120 °C, and screwing speed 110 r/min, the emulsifying capacity of the product reached at 58.56%. The structure of the product was determined by means of Fourier transform infrared spectroscopy(FT-IR), scanning electron microscopy(SEM) and X-ray diffraction(XRD).

Key words: cassava, cross-linked cassava starch octenyl succinate, extrusion, preparation, structure characterization

收稿日期: 2011-11-17

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划项目(2012BAD37B01; 2012BAD37B02)。

* 通信作者: 金征宇(1960—), 男, 江苏扬州人, 工学博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事碳水化合物的研究与应用。
E-mail: jinlab2008@yahoo.com

以挤压机作为反应器,通过螺杆的转动实现输送、混合、加热、加压和剪切等多项单元操作,以对淀粉进行热化学变性,是在变性淀粉生产中的一种新技术^[1]。近年来,国内外关于挤压法制备变性淀粉的报道逐渐增多,刘凤茹等用挤压法制备的硬脂酸玉米淀粉酯,并对产品性质进行了研究^[2];彭雅丽等人采用双螺杆挤压机比较了挤压法生产大米磷酸酯淀粉与湿法大米磷酸酯淀粉的工艺及性质^[3];Mahmut Seker 等人采用单螺杆挤出机研究了三偏磷酸钠水平、氢氧化钠水平、水分质量分数等因素对挤压法制备交联淀粉性质的影响^[4-6]。

辛烯基琥珀酸淀粉酯的商品名为纯胶,一般以辛烯基琥珀酸淀粉钠(starch sodium octenyl succinate, SSOS)的形式存在,是淀粉经辛烯基琥珀酸酐酯化改性后,在分子中同时引入亲水亲油基团的乳化增稠剂^[7],在造纸、食品、化工等领域具有广泛的用途^[8-10]。与原淀粉相比,辛烯基琥珀酸淀粉酯(OSAS)具有更低的糊化温度,更高的糊化透明度,抗老化性增加^[11,12]。但由于 OSAS 并不能改善原淀粉的抗剪切和耐酸性^[7],这一缺点限制了 OSAS 的应用。为了克服单一变性的缺陷,可引入交联变性,对淀粉进行交联酯化复合变性。交联作用为淀粉分子间引入共价键连接,其作用力显著高于淀粉分子间的氢键力,增强了淀粉分子间束缚,使原淀粉具有更好的抗加工强度,提高耐热性和对酸的稳定性^[13-16]。而目前对于交联辛烯基琥珀酸淀粉酯的制备研究,主要采用水相法^[17-19]。湿法具有反应均匀,产品纯度高等优点,但湿法生产会产生废水,造成对环境的污染,并且湿法反应时间长,工艺较复杂,效率低,生产成本较高。与湿法相比,挤压法生产具有工艺简单、生产周期短、成本低、环境污染小等优点^[20]。因此,作者采用双螺杆挤出机,以木薯淀粉为原料,对交联辛烯基琥珀酸淀粉酯的制备工艺进行了优化,并采用 FT-IR、XRD 和 SEM 等分析测试方法,对产品结构进行表征。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

木薯淀粉:海南琼京奔鹿淀粉厂产品;氢氧化

钠:分析纯,辛烯基琥珀酸酐,三偏磷酸钠:食品级。

1.2 仪器

双螺杆挤压机(DS32):济南赛信膨化机械有限公司产品;磁力搅拌器:荣华仪器制造有限公司产品;AL204 电子天平:梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司产品;傅立叶红外光谱仪(Nicolet Nexus 470):美国热电公司产品;扫描电子显微镜(QUANTA-200):荷兰 FEI 公司产品;X 射线衍射仪(D8-Advance):德国 Bruker AXS 公司产品。

1.3 方法

1.3.1 交联辛烯基琥珀酸淀粉酯的制备 称取 1 000 g 淀粉,向其中缓慢加入一定量的三偏磷酸钠,辛烯基琥珀酸酐,氢氧化钠,调节水分,不断搅拌 30 min,放入密封袋中,平衡 12 h。调节挤压机温度,螺杆转速等参数,先用 500 g 淀粉制成的混合原料放入挤压机内清洗挤压机,待参数稳定后,用剩余的 500 g 淀粉混合原料同时进行交联酯化反应,收集挤出物,放于烘箱内 30 ℃干燥至恒重,粉碎得到交联辛烯基琥珀酸淀粉酯,待测。

1.3.2 乳化率的测定 根据 Yasumatsu 提出的方法^[21],准确称取 0.5 g 样品于 100 mL 烧杯中,配成质量分数 2% 的悬浊液。将烧杯置于沸水浴中使其完全糊化,稍加搅拌,保温 20 min,取出冷却至 25 ℃,加入 25 mL 大豆色拉油,以 2 000 r/min 均质 2 次,每次 30 s。将乳状液转移至 10 mL 刻度离心管中,放入离心机内,在 3 000 r/min 转速下离心 20 min 后,取出离心管,记录乳化层高度和液体总高度。按下式计算乳化能力 EA。

$$EA(\%) = \frac{\text{离心管中乳化层高度}}{\text{离心管中液体总高度}} \times 100\%$$

1.3.3 结构表征 红外光谱表征:称取 2 g 挤压所得样品于 250 mL 锥形瓶中,加入 60 mL 蒸馏水,震荡过夜,抽滤,再用蒸馏水洗涤固体物质 3 次,弃掉滤液,保留固体物质。将洗涤后的固体物质转移到 250 mL 锥形瓶中,加入 60 mL 乙醇,震荡过夜,抽滤,再用乙醇将固体物质洗涤 3 次,收集样品。取一定量的交联辛烯基琥珀酸木薯淀粉酯作为待测样品,用 Nexus470 傅里叶红外光谱仪进行红外光谱分析,采用 KBr 压片法,全波段扫描^[19]。

颗粒形态表征:用体积分数 6% 的戊二醛将已干燥的样品固定,置于质量分数 2% 的四氧化锇溶液中,放置过夜,然后用不同体积分数的乙醇对其

进行脱水,再用临界点干燥仪通入二氧化碳进行干燥,喷金。设置扫描电子显微镜的扫描电压为 10 kV,在 1 200 倍的视野下,观察样品的形态^[22]。

X 射线衍射表征:选用铜靶 Cu K, 功率为 1 600 W(40 kV×40 mA),采用 NaI 晶体闪烁计数器测量 X-射线的强度,扫描范围为 3°~70°,扫描速度 10°/min。DS-SS-RS 设置分别为 1 mm—1 mm—0.1 mm(发散狭缝、防散射狭缝、接受狭缝)^[19,23]。

2 结果与分析

2.1 交联辛烯基琥珀酸淀粉酯的制备

2.1.1 三偏磷酸钠质量分数对乳化率的影响 在氢氧化钠粉末质量分数 0.60 % (以淀粉干基计), 辛烯基琥珀酸酐的质量分数为 3 % (以淀粉干基计), 水分质量分数为 30 % (以淀粉干基计), 螺杆转速为 90 r/min 的条件下, 套筒三段温度分别为 50、80、100 °C 的条件下, 不同三偏磷酸钠质量分数对乳化率的影响见图 1。

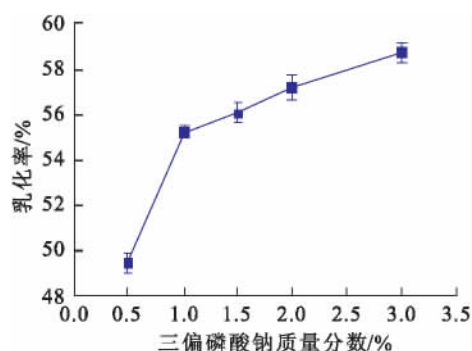


图 1 三偏磷酸钠质量分数对乳化率的影响

Fig. 1 Effect of sodium trimetaphosphate content on emulsifying capacity

由图 1 可知,随着三偏磷酸钠质量分数的增加,乳化率增大。这是由于在反应过程,随着三偏磷酸钠的增加,分子碰撞几率增加,淀粉磷酸单酯和淀粉磷酸二酯的生成量增加,同时反应体系黏度增高,样品在机筒内滞留时间延长,导致乳化率增加。在进行正交实验时,三偏磷酸钠质量分数选择 1.00 %^[24-25]。

2.1.2 氢氧化钠质量分数对乳化率的影响 在辛烯基琥珀酸酐的质量分数为 3 % (以淀粉干基计), 三偏磷酸钠粉末质量分数为 1 % (以淀粉干基计), 水分质量分数为 30 % (以淀粉干基计), 螺杆转速为 90 r/min 的条件下, 套筒 3 段温度分别为 50、80、

100 °C 的条件下, 不同氢氧化钠质量分数对乳化率的影响见图 2。

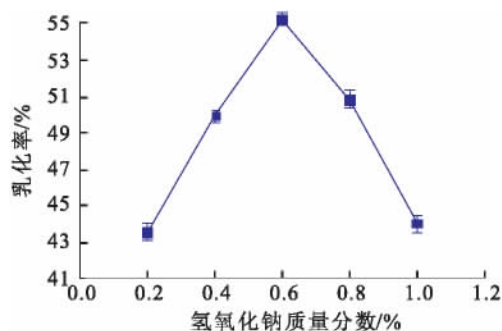


图 2 氢氧化钠质量分数对乳化率的影响

Fig. 2 Effect of sodium hydroxide content on emulsifying capacity

由图 2 可知,随着氢氧化钠质量分数的增加,乳率先增大再减小。氢氧化钠在反应体系中既作为催化剂,对反应起激活作用。随着氢氧化钠质量分数的增加,对反应的激活作用增大,并且淀粉分子发生糊化和膨胀,试剂参与反应几率增加,由此,提高反应速度,导致乳化率上升。随着氢氧化钠质量分数的进一步增加,辛烯基琥珀酸酐分子对淀粉羟基的亲核攻击的有效性下降,淀粉分子和三偏磷酸钠同时带上负电荷,两者相互排斥,使得反应效率降低,从而导致反应效率降低,乳化率下降^[26-28]。

2.1.3 水分质量分数对乳化率的影响 在氢氧化钠粉末质量分数 0.60 % (以淀粉干基计), 辛烯基琥珀酸酐的质量分数为 3 % (以淀粉干基计), 三偏磷酸钠粉末质量分数为 1 % (以淀粉干基计), 螺杆转速为 90 r/min 的条件下, 套筒 3 段温度分别为 50、80、100 °C 的条件下, 不同水分质量分数对乳化率的影响见图 3。

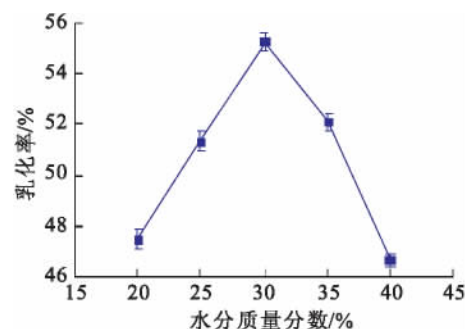


图 3 水分质量分数对乳化率的影响

Fig. 3 Effect of moisture content on emulsifying capacity

由图3可知,随着水分质量分数的增高,乳化率增高,当水分质量分数增加到30%后,乳化率随水分的增加而下降。这是由于,反应过程中,淀粉的润胀需要水,氢氧化钠和三偏磷酸钠也需在水中溶解。并且辛烯基琥珀酸酐为亲水亲油的,水分过多过少都会影响酸酐与淀粉的接触,从而影响反应的效率。水量太少,分子流动性差,反应难以被激活,淀粉颗粒溶胀性差,试剂无法渗透到淀粉颗粒内部;水量过多,降低了反应体系的温度,也降低了体系内的摩擦,使得淀粉所受的剪切作用下降,同时也阻止了试剂与淀粉分子的接触,导致乳化率下降^[29-31]。

2.1.4 出料温度对乳化率的影响 在氢氧化钠粉末质量分数0.60%(以淀粉干基计),辛烯基琥珀酸酐的质量分数为3%(以淀粉干基计),三偏磷酸钠粉末质量分数为1%(以淀粉干基计),水分质量分数为30%(以淀粉干基计),螺杆转速为90 r/min的条件下,不同出料温度对乳化率的影响见图4。

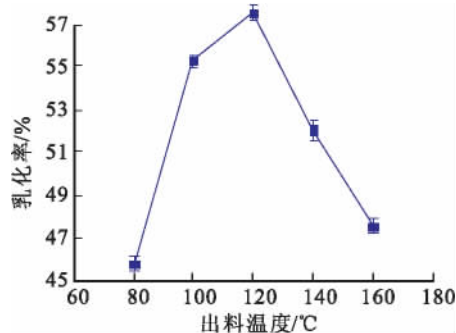


图4 出料温度对乳化率的影响

Fig. 4 Effect of barrel temperature on emulsifying capacity

从图4中可以看出,在80~120℃的反应温度下,产物乳化率随温度的升高而提高,当反应温度超过120℃后,乳化率随出料温度的升高而降低。随着温度的升高,物料更容易进入熔融态,分子流动性增加,有利于试剂进入淀粉分子内部,同时反应体系中的水分质量分数减少,抑制了副反应的

发生。当温度升高到120℃后,水分蒸发剧烈,分子流动性降低,影响了试剂向淀粉颗粒内部的渗透,使得乳化率降低^[32-33]。

2.1.5 螺杆转速对乳化率的影响 在氢氧化钠粉末质量分数0.60%(以淀粉干基计),辛烯基琥珀酸酐的质量分数为3%(以淀粉干基计),三偏磷酸钠粉末质量分数为1%(以淀粉干基计),水分质量分数为30%(以淀粉干基计),套筒3段温度分别为50、80、120℃的条件下,不同螺杆转速对乳化率的影响见图5。

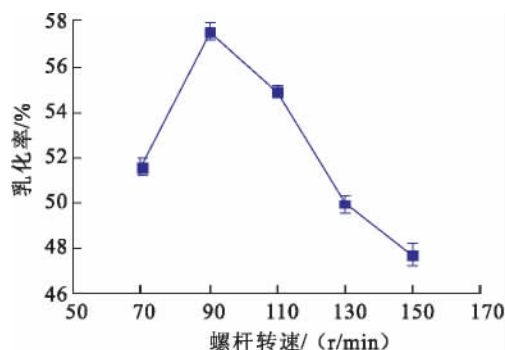


图5 螺杆转速对乳化率的影响

Fig. 5 Effect of screwing speed on emulsifying capacity

由图5可知,在螺杆转速低于90 r/min的范围内,产物的乳化率随螺杆转速的增加而增加,当螺杆转速超过90 r/min后,产物的乳化率随螺杆转速的增加而下降。这是因为,随着螺杆转速的增加,物料在机筒内混合的更加均匀,并且受到的剪切力增大,淀粉颗粒破碎程度增大,使得辛烯基琥珀酸酐分子更多的与淀粉分子接触,反应加速,乳化率提高。随着螺杆转速进一步增加,物料在机筒内滞留时间减少,提供给反应的热量减少,因此,反应效率下降,导致乳化率减小^[25,29,33]。

2.1.6 正交试验因素水平设计 在单因素的基础上,以乳化率为指标,设计 $L_9(3^4)$ 正交试验。正交试验方案与结果见表1。

表1 正交试验方案与结果

Tab. 1 Orthogonal test design and results on preparation of cross-linked cassava starch

实验号	因素				结果
	氢氧化钠 质量分数 A/%	水分质量分数 B/%	出料温度 C/°C	螺杆转速 D/(r/min)	乳化 率/%
1	0.4	25	100	70	47.80
2	0.4	30	120	90	52.78

续表 1

实验号	因素				结果
	氢氧化钠 质量分数 A/%	水分质量分数 B/%	出料温度 C/℃	螺杆转速 D/(r/min)	乳化 率/%
3	0.4	35	140	110	50.91
4	0.6	25	120	110	58.22
5	0.6	30	140	70	51.07
6	0.6	35	100	90	52.12
7	0.8	25	140	90	48.66
8	0.8	30	100	110	51.08
9	0.8	35	120	70	53.79
K1	50.497	51.560	50.333	50.887	
K2	53.803	51.643	54.930	51.187	
K3	51.177	52.273	50.213	53.403	
R	3.306	0.713	4.717	2.516	

由表 1(R 值)可看出,4 因素对交联辛烯基琥珀酸淀粉酯乳化性影响的主次顺序为:C(出料温度) > A(氢氧化钠质量分数) > D(螺杆转速) > B(水分质量分数)。因此,在所选择的试验范围内,各因素最优水平组合应为 $A_2B_3C_2D_3$ 。确定挤压法制备交联辛烯基琥珀酸淀粉酯的最佳反应条件:氢氧化钠质量分数 0.6%,水分质量分数 35%,出料温度 120℃,螺杆转速 110 r/min。在该试验条件下挤压生产的交联辛烯基琥珀酸木薯淀粉酯的乳化率为 58.56%。

2.2 交联辛烯基琥珀酸淀粉酯的结构表征

2.2.1 红外光谱表征 木薯原淀粉和交联辛烯基琥珀酸木薯淀粉酯红外光谱如图 6 所示。

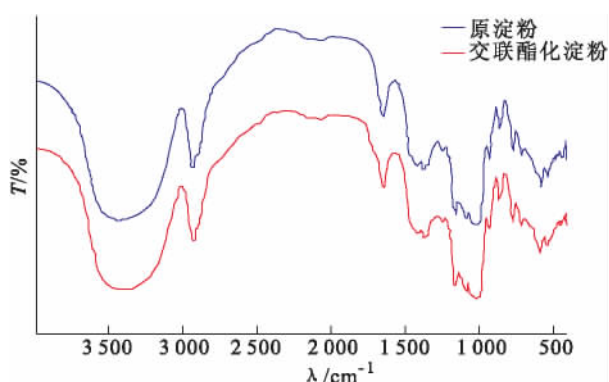


图 6 原淀粉和交联酯化淀粉的红外光谱图

Fig. 6 FT-IR spectra of native starch and crosslinked OSA starch

图 6 为原淀粉和交联酯化木薯淀粉红外光谱图。与图 6(a)相比,图 6(b)中,在 1726 cm^{-1} 处出

现了一个新的吸收峰,这是酯键 $\text{C}=\text{O}$ 的特征吸收峰,证明了酯羰基的存在。另外一个新的峰出现在 1573 cm^{-1} 处,这个非常微弱的吸收峰是属于辛烯基 $\text{C}=\text{C}$ 伸缩振动的。在 1021 cm^{-1} 附近的吸收峰得到加强是由 $\text{P}-\text{O}-\text{C}$ 基团引起的,证明了淀粉中磷酸根基团的存在。2933 cm^{-1} 处的吸收峰相对于原淀粉(2927 cm^{-1})向高波数方向移动,此吸收峰是属于葡萄糖单元中的 $\text{C}-\text{H}$ 伸缩振动的,证明了交联长链的存在。由于在产品在进行傅里叶红外分析前,残留的辛烯基琥珀酸盐及三偏磷酸钠已被洗涤除去,所以可断定淀粉分子已经成功完成酯化与交联双重变性反应^[19,34-37],这与石海信等^[19]的研究结果相符合。

2.2.2 颗粒形态表征 木薯原淀粉和挤压法制备所得交联辛烯基琥珀酸木薯淀粉酯扫描电镜照片如图 7 所示。

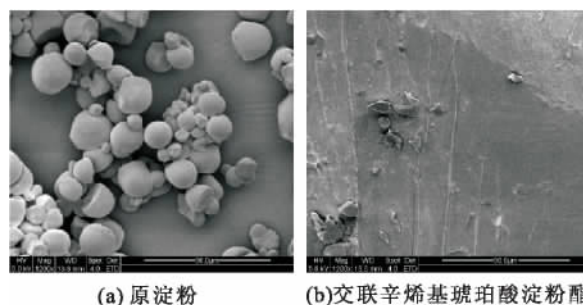


图 7 原淀粉和交联辛烯基琥珀酸淀粉酯的扫描电镜照片
Fig. 7 Scanning electron micrographs of native starch and crosslinked OSA starch

挤压法制备的变性淀粉,已经完全失去原有淀粉颗粒形态,这主要由于在挤压过程中,淀粉受到高温高压的作用,使得淀粉分子间氢键断裂,淀粉颗粒破碎,水分进入淀粉颗粒内部,发生了淀粉糊化,使得淀粉颗粒变为无定形态。

2.2.3 XRD 表征 木薯原淀粉和挤压法制备所得交联辛烯基琥珀酸木薯淀粉酯 X-射线衍射图谱如图 8 所示。

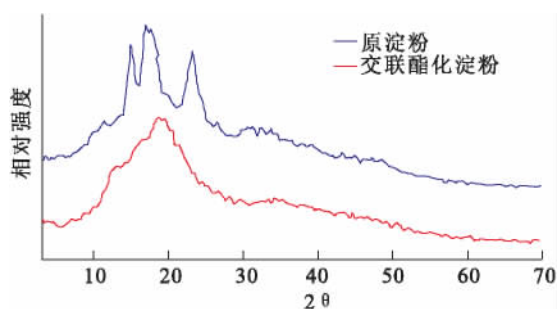


图 8 原淀粉和交联酯化淀粉的 X-射线衍射图谱

Fig. 8 X-ray diffractograms of native starch and crosslinked OSA starch

由图 8(a)可以看出,木薯淀粉为典型 A 型晶体结构,在 $2\theta=15.127, 17.140, 17.955$ 和 23.176 处,有 4 个明显的衍射峰。挤压处理后,交联辛烯基琥珀酸淀粉酯 X-射线衍射图谱中,衍射峰不明显,峰形总体呈现类似于非晶的特征,结晶度明显降低。这主要是由于挤压过程中的高温高剪切作用使得

结晶结构遭到破坏,结晶区不再保持完整,结晶度降低^[38],淀粉发生糊化。

3 结 语

1)挤压法制备交联辛烯基琥珀酸淀粉酯的最佳工艺条件为:三偏磷酸钠质量分数 1.0%,氢氧化钠质量分数 0.6%,水分质量分数 35%,出料温度 120°C ,螺杆转速 110 r/min。在此反应条件下得到的交联辛烯基琥珀酸木薯淀粉酯的乳化率可以达到 58.56%。

2)FT-IR 图谱显示, 1021 cm^{-1} 附近的吸收峰得到加强,说明葡萄糖单元上引入了 P-O-C 基团,三偏磷酸钠与淀粉发生交联反应。在 1726 cm^{-1} 处出现的肩峰,是酯键 $\text{C}=\text{O}$ 的特征吸收峰, 1573 cm^{-1} 处的吸收显示了辛烯基 $\text{C}=\text{C}$ 的伸缩振动吸收峰,可以证明淀粉分子成功发生了交联和酯化双重变性反应。SEM 图谱表明,挤压法制备的变性淀粉,淀粉受到高温高压的作用,发生了淀粉糊化,使得淀粉颗粒变为无定形态。XRD 图谱分析表明,挤压制备的变性淀粉,结晶区不再保持完整,结晶度降低。

3)挤压法制备交联辛烯基琥珀酸淀粉酯,同时完成酯化反应与交联反应,工艺相对湿法简单,反应时间缩短,不产生废水,降低了成本,具有较好的经济效益和社会效益。

参考文献(References):

- [1] 宋贤良,温其标,陈玲. 挤压蒸煮技术在变性淀粉生产中的应用[J]. 食品工业科技, 2002(23): 80-83.
SONG Xian-Liang, WEN Qi-Biao, CHEN Ling. Application of extrusion cooking in the production of modified starch[J]. Science And Technology of Food Industry, 2002(23): 80-83. (in Chinese)
- [2] 刘凤茹. 挤压法制备硬脂酸玉米淀粉酯的工艺、性质及应用研究[D]. 无锡: 江南大学, 2009.
- [3] 彭雅丽,吴卫国. 挤压膨化大米磷酸酯淀粉与湿法大米磷酸酯淀粉工艺及性质比较研究[J]. 粮食与油脂, 2010(7): 23-25.
PENG Ya-Li, WU Wei-Guo. Comparison of methods and properties of producing phosphate ester rice starch by extrusion and wet way[J]. Journal of Cereals & Oils, 2010(7): 23-25. (in Chinese)
- [4] Mahmut Seker, Milford A. Hanna. Cross-linking starch at various moisture contents by phosphate substitution in an extruder[J]. Carbohydrate Polymers, 2005(59): 541-544.
- [5] Mahmut Seker, Milford A. Hanna. Sodium hydroxide and trimetaphosphate levels affect properties of starch extrudates[J]. Industrial Crops and Products, 2006(23): 249-255.
- [6] Mahmut Seker, Hasan Sadikoglu, Murat Ozdemir, et al. Cross-linking of starch with reactive extrusion and expansion of extrudates[J]. International Journal of Food Properties, 2003(6): 473-480.
- [7] Tesch S, Gerhards C H, Schubert H. Stabilization of emulsions by OSA starches [J]. J Food Eng, 2002, 54(3): 167-174.

- [8] Bao J S, Xing J, Phillips D L, et al. Physical properties of octenyl succinic anhydride modified rice, wheat, and potato starches[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003(51): 2283–2287.
- [9] Chi H, Xu K, Xue D H, et al. Synthesis of dodecenyl succinic anhydride(DDSA) corn starch[J]. *Food Research International*, 2007(40): 232–238.
- [10] Tirathumthavorn D, Charoenrein S. Thermal and pasting properties of native and acid-treated starches derivatized by 1-octenyl succinic anhydride[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2006(66): 258–265.
- [11] Trubiano P C. Succinate and Substituted Succinate Derivatives of Starch, in *Modified Starches: Properties and Uses* [M]. Boca Raton: CRC Press, 1986.
- [12] Whistler R L, BeMiller J N. Starch, in *Carbohydrate Chemistry for Food Scientists* [M]. St. Paul: Eagan Press, 1997.
- [13] Wurzburg O B, Modified M S. *Starches: Properties and Uses* [M]. Boca Florida: CRC Press Inc, 1987.
- [14] Huijun. Physical properties of cross-linked and acetylated normal and waxy rice starch[J]. *Starch*, 1999(51): 42–44.
- [15] Kyungso Woo, Paul A, Seib. Crosslinking of wheat starch and hydroxypropylated wheat starch in alkaline slurry with sodium trimetaphosphate[J]. *Carbohydrate Polymers*, 1997(33): 263–271.
- [16] Tattiyakul J., Rao M A. Rheological behavior of Cross-linked waxy maize starch dispersions during and after heating [J]. *Carbohydrate Polymers*, 2000(43): 215–222.
- [17] 石海信, 杨文芳, 张友全, 等. 交联木薯辛烯基琥珀酸淀粉酯的制备及特性研究[J]. *粮油加工*, 2008(8): 100–104.
SHI Hai-xin, YANG Wen-fang, ZHANG You-quan, et al. Study on the preparation and properties of cross-linking cassava starch octenyl succinate[J]. *Cereals And Oils Processing*, 2008(8): 100–104. (in Chinese)
- [18] 王瑶, 邬应龙, 孙秀玉. 交联糯米辛烯基琥珀酸淀粉酯制备条件研究[J]. *食品科技*, 2008(7): 43–46.
WANG Yao, WU Ying-Long, SUN Xiu-Yu. Preparation of cross-linking waxy rice starch octenyl succinate[J]. *Food Science And Technology*, 2008(7): 43–46. (in Chinese)
- [19] 石海信, 谢新玲, 张友全, 等. 交联辛烯基琥珀酸淀粉酯亲核取代机理与结构表征[J]. *高校化学工程学报*, 2010, 24(2): 307–312.
SHI Hai-xin, XIE Xin-ling, ZHANG You-quan, et al. Nucleophilic substitution mechanism and structure characterization of crosslinked octenyl succinic anhydride modified starch[J]. *Journal of Chemical Engineering of Chinese Universities*, 2010, 24(2): 307–312. (in Chinese)
- [20] 康继民. 辛烯基琥珀酸淀粉酯的制备及应用[J]. *食品工程*, 2009(1): 30–32.
KANG Ji-Min. Preparation and application of octenyl succinic anhydride modified starch[J]. *Food Engineering*, 2009(1): 30–32. (in Chinese)
- [21] Yasumatsu K, Sawada K, Moritaka S, et al. Whipping and emulsifying properties of soyabean products[J]. *Agricultural and Biological Chemistry*, 1972(36): 719–727.
- [22] Haining Zhuang, Hongzhou An, Hanqing Chen, et al. Effect of extrusion parameters on physicochemical properties of hybrid indica rice (type 9718) extrudates[J]. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2010(34): 1080–1102.
- [23] 曹旭, 王金鹏, 陈光耀, 等. 4- α -糖基转移酶对大米淀粉消化特性的影响[J]. *食品与生物技术学报*, 2011, 30(2): 194–199.
CAO Xu, WANG Jin-peng, CHEN Guang-yao, et al. Effect of 4- α -Glucanotransferase modification on the digestibility of rice starch[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2011, 30(2): 194–199. (in Chinese)
- [24] 王瑶, 邬应龙. 三偏磷酸钠制备马铃薯交联淀粉工艺条件的研究[J]. *农产食品科技*, 2007, 1(3): 26–28, 33.
WANG Yao, WU Ying-long. Study on the preparation technology of potato cross-linked starch with sodium trimetaphosphate[J]. *Agricultural Food Products Science and Technology*, 2007, 1(3): 26–28, 33. (in Chinese)
- [25] 李彬, 王金鹏, 谢正军, 等. 挤压法制备交联木薯淀粉的工艺研究[J]. *食品与发酵工业*, 2010, 36(12): 63–66.
LI Bin, WANG Jin-Peng, XIE Zheng-jun, et al. Study on preparation of cross-linked cassava starch by the method of extrusion[J]. *Food And Fermentation Industries*, 2010, 36(12): 63–66. (in Chinese)
- [26] M W Rutenberg, D Solarek. Starch derivatives: production and uses, in *Starch: Chemistry and Technology* [M]. New York: Academic Press, 1984: 332–335.
- [27] U Funke, M G Lindhauer. Effect of reaction conditions and alkyl chain lengths on the properties of hydroxyalkyl starch e-

- thers[J]. *Starch*, 2001(53): 547—554.
- [28] 张德广, 高秀敏, 王硕. 玉米交联淀粉交联反应条件研究[J]. *中国食品工业*, 2009(2): 58—59.
ZHANG De-guang, GAO Xiu-min, WANG Shuo. Study on the preparation technology of corn cross-linked starch [J]. *Food And Beverage Industry*, 2009(2): 58—59. (in Chinese)
- [29] Burros B C, Young L A, Carrood P A. Kinetics of corn meal gelatinization at high temperature and low moisture[J]. *Journal of Food Science*, 1987(52): 1372—1380.
- [30] 侯汉学, 张锦丽, 董海洲, 等. 国内外干法变性淀粉研究进展[J]. *食品与发酵工业*, 2004, 30(12): 98—100.
HOU Han-xue, ZHANG Jin-li, DONG Hai-zhou, et al. Development of studies on dry preparation of modified starches [J]. *Food And Fermentation Industries*, 2004, 30(12): 98—100. (in Chinese)
- [31] 刘凤茹, 张燕萍. 挤压法制备的硬脂酸玉米淀粉酯的性质研究[J]. *粮食与饲料工业*, 2009(8): 15—17.
LIU Feng-ru, ZHANG Yan-ping. A study on properties of corn starch stearate prepared by extrusion[J]. *Cereal & Feed Industry*, 2009(8): 15—17. (in Chinese)
- [32] SONG Xiao-yan, HE Guo-qing, RUAN Hui, et al. Preparation and properties of octenyl succinic anhydride modified early indica rice starch[J]. *Starch*, 2006(58): 109—117.
- [33] 张裕中, 王景. 食品挤压加工技术与应用[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998.
- [34] M Marcazzan, F Vianello, M Scarpa, et al. An ESR assay for α -amylase activity toward succinylated starch, amylose and amylopectin[J]. *Journal of Biochemical and Biophysical Methods*, 1999(38): 191—202.
- [35] J M Fang, P A Fowler, C Sayers, et al. The chemical modification of a range of starches under aqueous reaction conditions[J]. *Carbohydr Polym*, 2004(55): 283—289.
- [36] L G Thygesen, M M Løkke, E Micklander, et al. Vibrational microspectroscopy of food. Raman vs. FT-IR[J]. *Trends Food Sci Technol*, 2003(14): 50—57.
- [37] 许晖, 孙兰萍, 赵大庆, 等. 甘薯交联淀粉的制备与结构表征[J]. *包装与食品机械*, 2007, 25(2): 29—33, 37.
XU Hui, SUN Lan-Ping, ZHAO Da-Qing. Preparation and structure characterization of crosslinking sweet potato starch [J]. *Packaging And Food Machinery*, 2007, 25(2): 29—33, 37. (in Chinese)
- [38] S M Butrim, V V Litvyak, V V Moskva. A study of physicochemical properties of extruded starches of varied biological origin[J]. *Russian Journal of Applied Chemistry*, 2009(82): 1195—1199.

科技信息

澳新食品标准局拟起草营养与健康声明标准

据澳新食品标准局 FSANZ 消息, 7 月 20 日澳新两国召开了食品法规部长级会议, 共同商讨营养与健康声明标准草案。

在会议中, 澳新两国部长就健康声明相关的管理方法系统达成了一致, 这个健康声明包括已获得批准的食品—健康之间的关系, 以及符合新标准规定的“self-substantiation”新声明。两国部长还就健康声明相关的营养评分标准达成了一致, 这表明那些高糖、高脂肪、高盐类的食品将不能发布健康声明。

在本次会议上, 两国部长一致同意, 将此标准的评审期延长至 2012 年 10 月 31 日。

[信息来源] Food Standards Australia New Zealand (FSANZ). Legislative and Governance Forum on Food Regulation Communique [EB/OL]. (2012-7-20). <http://www.foodstandards.gov.au/scienceandeducation/mediacentre/mediareleases/mediareleases2012/20july2012communique5596.cfm>.