

# 酯化淀粉制备方法的研究

杨光<sup>1</sup>, 丁霄霖<sup>2</sup>, 杨波<sup>1</sup>

(1. 上海理工大学动力工程学院 食品与生物技术研究所, 上海 200093;

2. 江南大学食品学院, 江苏 无锡 214036)

**摘要:** 本文研究了多种制备酯化淀粉的方法, 包括淀粉柠檬酸酯制备方法、淀粉苹果酸酯制备方法和二淀粉磷酸二酯制备方法, 对制备条件进行了探索和改进。用傅立叶变换红外光谱仪进行了鉴定和分析, 证明了酯基的存在。但是二淀粉磷酸二酯在 1300~1250 $\text{cm}^{-1}$  波数范围内没有发现有明显不同于原淀粉的吸收峰, 表明可能仅存在很少量的无法检测到的酯基。用扫描电镜观察到, 淀粉粒呈球形或多面体形, 表面光滑而且没有发现明显的孔隙或裂缝。用 DSC 观察到, 吸热峰的峰值在 105.8 $^{\circ}\text{C}$ , 在 100 $^{\circ}\text{C}$  之前, 没有任何吸热峰, 表明没有糊化。这可能是由于在淀粉粒表面上的淀粉分子通过磷酸根形成交联, 将淀粉粒束缚, 使淀粉难以糊化。对二淀粉磷酸二酯、淀粉柠檬酸酯和淀粉苹果酸酯的制备条件进行了探索和改进, 进一步提高了抗性淀粉产率, 探讨了它们的抗性淀粉消化的机理。与国外的研究相比, 本试验使抗性淀粉含量有了很大幅度的提高, 最高值为 93% 左右。

**关键词:** 淀粉; 多糖; 酯化; 抗性淀粉

## Studies on Preparation of Esterified Starch

YANG Guang<sup>1</sup>, DING Xiao-lin<sup>2</sup>, YANG Bo<sup>1</sup>

(1. Institute of Food Science and Biological Technology, College of Power Engineering, Shanghai University of Science and Technology, Shanghai 200093, China

2. School of Food Science, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China)

**Abstract:** By using citric acid and malic acid, starch citrate and starch malate were prepared successfully. After determination of resistant starch (RS), it was found that the highest yields of resistant starch were above 90%. FT-IR revealed that there was an absorption valley at 1730.9~1733.6 $\text{cm}^{-1}$  that was characteristic of ester group. By FT-IR, it was found that there was an absorption valley at 1730.9~1733.6 $\text{cm}^{-1}$ . In comparison of citric acid with malic acid, it was obvious that citric acid was much easier to react with starch than with malic acid. The reason is that 170 $^{\circ}\text{C}$  was higher than 140 $^{\circ}\text{C}$  while RS yields reached 93%.

Phosphorylated distarch phosphodiester was as white as native cornstarch and starch granules still kept original shape. But they gathered together. After boiling in water, they kept original state and did not gelatinise.

Using DSC, it was noticed that the endothermal peak of distarch phosphodiester centred at 105 $^{\circ}\text{C}$ , indicating that boiling in water could not make distarch phosphodiester gelatinise. The reason may be that cross-linking tied starch granules tightly so that it avoided to be expanded and destroyed.

By FT-IR, no absorption valley was found at 1300~1250 $\text{cm}^{-1}$  that was the characteristic of "P=O" group, therefore only a small amount of starch molecules joined esterification reaction. The similar phenomenon had been found by some other researchers. These results were in agreement with their results. RS content of the sample was more than 70%. Without any special additive, the same bread comparable to the control was made successfully. It was noteworthy that the amount of water added was a little more than that of the control. It is important that to note after adding cross-linked starch we do hardly find any obvious change in color, odor, flavor, mouth feel and texture of breads.

Starch malate has not been reported so far. Furthermore, RS contents of our modified starches are up to 93%.

**Key words** starch; polysaccharide; esterification; resistant starch (RS)

中图分类号: 0622.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2006)02-0169-06

收稿日期: 2005-02-28

基础项目: 上海市重点学科建设项目(T0503)

作者简介: 杨光(1965-), 男, 副教授, 博士, 主要从事食品科学方面的研究。

化学改性淀粉的种类很多,包括交联淀粉、氧化淀粉、酯化淀粉、酸变性淀粉、醚化淀粉、接枝淀粉、羟丙基淀粉和预糊化淀粉等等,但是迄今主要是利用它们的化学和物理性质和成膜性来改善食品的口感品质及制造生物降解塑料、可食用包装膜<sup>[1]</sup>。

抗性淀粉分为四个种类,即RS<sub>1</sub>、RS<sub>2</sub>、RS<sub>3</sub>和RS<sub>4</sub>,其中RS<sub>4</sub>是化学改性淀粉<sup>[2]</sup>,某些功能十分类似于低聚糖和polydextrose<sup>[3,4]</sup>。淀粉磷酸酯<sup>[5]</sup>、羟丙基淀粉<sup>[6]</sup>、淀粉醋酸酯<sup>[7]</sup>和淀粉柠檬酸酯<sup>[8]</sup>均可以在一定程度上被淀粉酶消化。

Wootton和Chaudry<sup>[9,10]</sup>发现,随着取代度(DS)的增加,糊化的羟丙基小麦淀粉的水解度增大,原因可能是羟丙基小麦淀粉在冷水中具有更高的溶解度,使酶更容易发挥作用。但是,对玉米淀粉、蜡质玉米淀粉和高直链型玉米淀粉而言,随着取代度的增加使酶消化性下降<sup>[11]</sup>。更高的取代度会使变性淀粉中的抗性淀粉含量达到20%左右。这表明:取代基阻碍了淀粉酶的攻击,使相邻的糖苷键能抵抗酶水解<sup>[12]</sup>。因此可以得出结论:变性淀粉不能被消化酶完全水解,一部分可以用做抗性淀粉<sup>[13]</sup>。柠檬酸与淀粉发生酯化反应,生成淀粉柠檬酸酯。Klaushofer和Berghofer等人用柠檬酸代替淀粉上的羟丙基基团,得到了性质不同的产物<sup>[13]</sup>。Klaushofer进一步证实:随着淀粉柠檬酸酯中取代度的增加,它的可消化性降低<sup>[13]</sup>。柠檬酸是无毒的食品添加剂,可以安全使用<sup>[14]</sup>。Regele和Schrijver等人证实:用淀粉柠檬酸酯饲喂老鼠,具有与抗性淀粉RS<sub>3</sub>同样的生理功能,而且没有发现造成任何病理学变化<sup>[15~17]</sup>。

Selb和Paul(1999)制备的二淀粉磷酸二酯具有抗淀粉酶水解的能力,用AOAC 992.16(1995)测定,抗性淀粉含量达到20%<sup>[18]</sup>。由于二淀粉磷酸二酯具有良好的耐热性和耐酸性,已被广泛地应用于罐头、冷冻食品、馅饼等<sup>[1]</sup>。1982年,欧洲经济共同体食品科学委员会在报告中阐述:包括二淀粉磷酸二酯在内的几种变性淀粉可以食用,不需要设定每人每天食入的ADI值<sup>[1]</sup>。同年,FAO和WHO也做出相同的决定。动物试验表明:二淀粉磷酸二酯同样具有RS<sub>3</sub>的生理功能,其挥发性短链脂肪酸的产率明显高于纤维素,甚至高于RS<sub>3</sub>,但丁酸产率稍低于RS<sub>3</sub>。也具有降血脂和改善脂质构成的作用<sup>[18]</sup>。目前,膳食纤维日益受到人们的关注,膳食纤维的推荐日摄入量为20~35g/d,现在很多人尚达不到该标准<sup>[20]</sup>。抗性淀粉是一种新型的膳食纤维,可应用到挤压食品、焙烤食品和早餐食品如饼干、面包、膨化食品和麦片等<sup>[21]</sup>,以增加膳食纤维的含量,可以改善普通膳食纤维强化食品的品质(如口感和组织质地)。在大多数加工条件下,抗性淀粉都是十分稳定的。

焙烤会使面粉中的淀粉糊化和回生,使小麦面包中

的抗性淀粉含量增加至1%左右<sup>[22]</sup>。美拉德反应也会使面包中的膳食纤维含量有少量增加<sup>[23]</sup>。但是,其含量是远远不够的,仍需要添加膳食纤维来强化营养。一般情况下,添加多量膳食纤维会导致挤压食品的品质变差,挤出的产品干燥、破裂,而且不能保持形状<sup>[21][24]</sup>。由于抗性淀粉持水能力低、粒度很小,用于挤压食品非常理想,也可以用于低水份产品如饼干、曲奇,而且没有砂砾般的口感,实际上与添加淀粉的产品没有区别。部分原因是抗性淀粉为白色、无味、微粒状,加到食品中不会改变质地和外观。尤其在生产高膳食纤维食品方面,抗性淀粉具有传统膳食纤维无可比拟的优势<sup>[24]</sup>。二淀粉磷酸二酯具有抗淀粉酶水解的能力,可用于减肥食品、糖尿病专用食品,也可以添加到面包、饼干、罐头、冷冻食品、馅饼等中<sup>[20]</sup>。

本课题用傅立叶变换红外光谱仪、差示扫描量热分析仪和扫描电子显微镜等对得到的三种RS<sub>4</sub>进行了初步的鉴定和分析,对二淀粉磷酸二酯、淀粉柠檬酸酯和淀粉苹果酸酯的制备条件进行了探索和改进,力图进一步提高抗性淀粉产率,探讨和揭示它们抗淀粉酶消化的机理。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

普通玉米淀粉 市售;三偏磷酸钠;三聚磷酸钠;胃蛋白酶(P-7000) Sigma公司;耐高温 $\alpha$ -淀粉酶(Termamyl 120L) 丹麦Novo公司;葡萄糖淀粉酶(AMG 300L) 丹麦Novo公司;面包改良剂(冠生园S-300) 上海冠生园公司。

### 1.2 仪器

紫外-可见分光光度计(U-3000型) 日立公司;恒温振荡水浴(HSZ-1型) 江苏太仓医疗器械厂;自动部分收集器(ZSB-160型) 上海沪西分析仪器厂;扫描电子显微镜(SX-40型) 日本明石公司;傅立叶变换红外光谱仪(FTS175型) Bio-Rad公司;差示扫描量热仪(Pyris 1型) Perkin Elmer公司;喷雾干燥机(QZR-150型) 锡山市林洲干燥机厂。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 制备二淀粉磷酸二酯—Selb法和Selb改进法

按照Selb的方法<sup>[18]</sup>:取一定量的原玉米淀粉,加入一定量的三偏磷酸钠、三聚磷酸钠、氯化钠、氢氧化钠、水,恒温45℃,连续搅拌,反应5h,然后将pH值调至7.0左右。经四次水洗、离心(3000×g,30min)后,烘干(50℃)48h以上,粉碎,过筛(80目)。

在此基础上,本课题对Selb的方法做了适当的改进,增加了搅拌,延长了反应时间,添加了一定浓度

的食品添加剂 T-86。

### 1.3.2 制备淀粉柠檬酸酯

#### 1.3.2.1 用原淀粉制备淀粉柠檬酸酯

按照 Klaushofer 的方法<sup>[14]</sup>。

#### 1.3.2.2 Klaushofer改进法

在 Klaushofer 的方法的基础上, 本课题做了适当地改进, 具体步骤如下:

取一定量的原玉米淀粉, 加入一定量的水, 糊化(121℃ 60min), 冷却后烘干(50℃, 24h 以上), 粉碎, 过筛(80 目), 为预糊化淀粉。取一定量的预糊化淀粉, 加入适量的柠檬酸和水, 搅拌均匀, 用氢氧化钠溶液将 pH 值调至 3~5, 放置 12h 以上, 在一定温度下反应数小时, 冷却后, 经五次水洗、离心(2000 × g, 30min), 烘干(50℃) 48h 以上, 粉碎, 过筛(100 目)。

#### 1.3.3 制备淀粉苹果酸酯(Klaushofer改进法)

取一定量的预糊化淀粉, 加入适量的苹果酸和水, 搅拌均匀, 用氢氧化钠溶液将 pH 值调至 3~5, 放置 12h 以上, 在一定温度下反应数小时, 冷却后, 经五次水洗、离心(2000 × g, 30min), 烘干(50℃) 48h 以上, 粉碎, 过筛(100 目)。

#### 1.3.4 傅立叶转换红外光谱

将淀粉试样充分研磨, 过筛(200 目)。压片, 进行红外扫描, 波数范围: 500~4000cm<sup>-1</sup>, 分辨率为 8cm<sup>-1</sup>。

#### 1.3.5 扫描电镜 (SEM)

将试样用戊二醛固定, 磷酸缓冲液漂洗, 锇酸固定, 磷酸缓冲液漂洗, 乙醇梯度脱水, 醋酸异戊酯过渡, 临界点干燥, 离子溅射, 扫描电镜观测。

#### 1.3.6 差示扫描量热分析(DSC)

准确称取一定量的淀粉试样于铝坩埚中, 用微量进样器加入一定量的纯水, 混匀, 使淀粉乳的浓度达到 20%~30%。坩埚加盖密封后, 于室温下平衡 24h, 以空坩埚为参比, 从 50℃ 升温至 180℃, 升温速率为 10℃/min。

#### 1.3.7 抗性淀粉 RS<sub>3</sub> 制备

取一定量玉米淀粉, 加一定量水, 混匀, 覆以铝箔。放入压热反应器中, 150℃ 1h, 取出, 自然冷却, 4℃ 下放置 48h, 80℃ 烘干 18h, 粉碎, 过筛(100 目), 得回生淀粉。然后对抗性淀粉进行分离、纯化, 参照 Sievert(1989 年)法<sup>[11]</sup>, 并做了适当改进, 具体步骤如下: 取一定量的回生淀粉, 先用耐高温型 α- 淀粉酶水解 30min, 再用葡萄糖淀粉酶水解 1h, 然后用蛋白酶水解 60min, 离心(2000 × g, 30min), 水洗, 至少 4 次, 每次用 200ml 水, 40℃ 下烘干 48h, 粉碎, 过筛(80 目)。

## 2 结果与讨论

## 2.1 二淀粉磷酸二酯的制备和分析

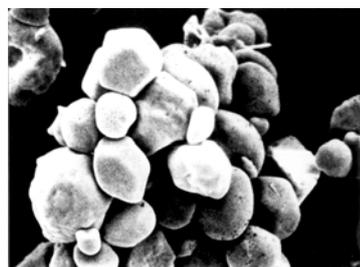


图 1 二淀粉磷酸二酯的扫描电镜照片(× 1000)  
Fig.1 SEM photomicrograph of distarch phosphodiester

淀粉与三偏磷酸钠的反应方程式<sup>[11]</sup>如下所示:

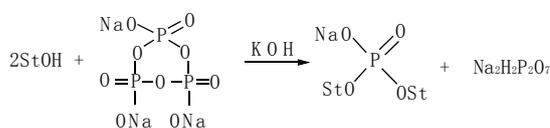


表 1 制备条件对二淀粉磷酸二酯形成的影响

Table 1 Influence of preparation condition on formation of distarch phosphodiester

制备方法	改进法	Klaushofer法	Klaushofer法
原料	原淀粉	原淀粉	糊化淀粉
抗性淀粉含量(%)	74.2	46.2	7.6

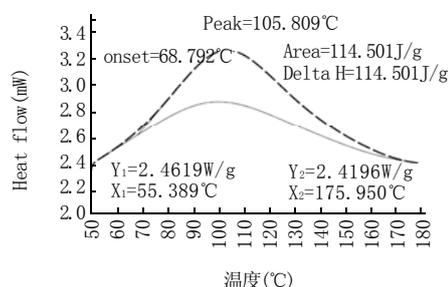


图 2 二淀粉磷酸二酯的 DSC 图谱  
Fig.2 DSC profile of distarch phosphodiester

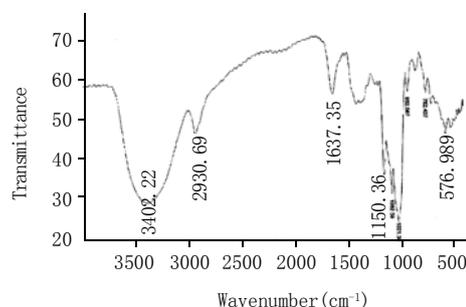


图 3 二淀粉磷酸二酯的红外光谱图  
Fig.3 Fourier transform infrared spectra of distarch phosphodiester

从图 1 看到, 淀粉粒呈球形或多面体形, 表面光滑而且没有发现明显的孔隙或裂缝, 这与有关文献报道

的完全一致<sup>[18]</sup>,证明交联反应过程基本没有破坏淀粉粒的结构,交联反应主要发生于淀粉粒的表面。从图2可以看到,吸热峰的峰值在105.8℃,在100℃之前,没有任何吸热峰,表明没有糊化,淀粉粒未发生明显膨胀,仍保持完好。

这可能是由于在淀粉粒表面上的淀粉分子通过磷酸根形成交联,将淀粉粒束缚,甚至温度上升至100℃也不能使淀粉粒崩溃,因此,交联淀粉的抗消化能力源于淀粉粒未膨胀、糊化。其抗消化的机理与RS<sub>2</sub>的抗消化机理十分类似,都是依靠淀粉粒保护淀粉,当然不同的是即使淀粉粒崩溃,由于二淀粉磷酸二酯的结构特点,也可能具有一定的抗消化能力。从图3可以看到,在波数1300~1250cm<sup>-1</sup>范围内<sup>[19]</sup>,有一个吸收峰,但与原淀粉相比不太明显,表明在交联反应过程中可能仅发生了很少的取代反应,仅有少量淀粉分子参与了交联反应,取代度很低。这与以前的有关研究报告完全一致<sup>[26]</sup>。

从表1看到,以原玉米淀粉为原料,采用Selb法制备二淀粉磷酸二酯,抗性淀粉的产率可以达到46%,而在相同条件下用糊化淀粉为原料时,抗性淀粉产率仅达到7.6%,表明在相同的反应条件下,在淀粉粒表面形成交联有利于保护淀粉粒在通常的糊化温度下免于糊化,从而抵抗淀粉酶的水解,达到抗消化的目的。糊化淀粉中的绝大多数淀粉粒已经破坏,除小部分回生外,大多数淀粉为无定形态,可以与三偏磷酸钠充分接触和发生交联反应,形成交联淀粉,但是其抗性淀粉产率仅为7.6%,与普通的回生淀粉近似,表明仅有少量淀粉分子参与了交联反应,仅依靠磷酸酯键不足以使淀粉抵抗淀粉酶的水解,换言之,二淀粉磷酸二酯的抗淀粉酶消化机理不是由于空间位阻效应,因此采用糊化淀粉是不适宜的。以原玉米淀粉为原料,采用Selb改进法制备二淀粉磷酸二酯,抗性淀粉的产率可以达到74.2%,显著高于文献报道的值57.8%<sup>[18]</sup>。

## 2.2 淀粉柠檬酸酯的制备和分析

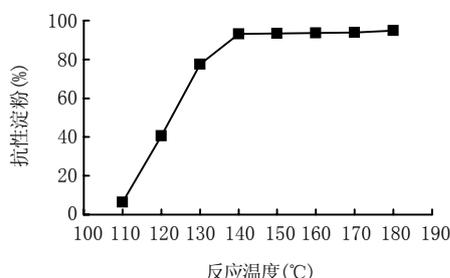


图4 反应温度对淀粉柠檬酸酯中RS<sub>4</sub>产率的影响

Fig.4 Effects of reaction temperature on yields of RS<sub>4</sub> in citrate starch

从图4可以看到,反应温度在110~140℃之间,抗性淀粉产率几乎呈直线上升,由6.5%迅速增至93.0%,

然后逐渐趋于平缓,至140℃后几乎不再增大。证明反应温度对淀粉柠檬酸酯的形成具有极显著的作用,140℃是较合适的反应温度。

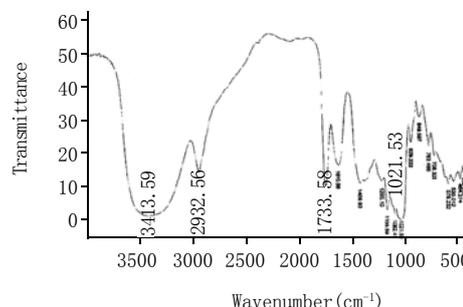


图5 淀粉柠檬酸酯的红外光谱图

Fig.5 Fourier transform infrared spectra of citrate starch

表2 不同原料对淀粉柠檬酸酯产率的影响

Table 2 Influence of kind of materials on yields of RS<sub>4</sub>

原料	原淀粉	糊化淀粉
抗性淀粉含量(%)	33.2	75.1

从图5可以看到,在波数1733.58cm<sup>-1</sup>处有一个很尖锐的吸收峰,而且峰面积较大,证明已形成较多的酯基,酯化反应进行的比较充分。表2表明这两种淀粉柠檬酸酯都具有较强的抗淀粉酶消化能力,均属于RS<sub>4</sub>,而且可以明显看到,用糊化淀粉制备的淀粉柠檬酸酯的抗性淀粉含量远远大于用原淀粉制备的淀粉柠檬酸酯。这二个样品的制备方法完全相同,材料也均为普通玉米淀粉,为什么有如此大的差异?原因可能是:

① 在原淀粉中,淀粉是以淀粉粒的形式存在,在酯化反应过程中,柠檬酸主要与淀粉粒表面的淀粉分子反应,虽然也可以向淀粉粒的内部渗透,但反应进行受到一定程度的限制。

② 淀粉经糊化后,淀粉粒彻底崩溃,淀粉分子完全逸出,形成不规则的、多孔的网络结构。柠檬酸能充分与淀粉分子接触、反应,故淀粉柠檬酸酯的产率很高。

在150℃下反应5h,会使淀粉粒遭到破坏,因此,淀粉柠檬酸酯的抗消化能力不是依赖于淀粉粒。淀粉柠檬酸酯抗消化的机理是酯基的空间位阻效应,对邻近的糖苷键起到了保护作用。

Klaushofer等人以马铃薯淀粉、小麦淀粉和玉米淀粉为原料,制备出相应的淀粉柠檬酸酯,抗性淀粉最高含量分别为50.2%、57.5%和50.8%<sup>[13]</sup>,而按照本试验Klaushofer改进法可以达到93%左右,提高的幅度很大。

## 2.3 淀粉苹果酸酯的制备和分析

从图7可以看到,在波数1730.9cm<sup>-1</sup>处有一个很尖锐的吸收峰,而且峰面积较大,证明已形成较多的酯

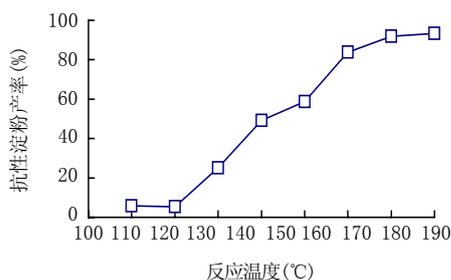


图6 反应温度对淀粉苹果酸酯中RS<sub>4</sub>产率的影响

Fig.6 Effects of reaction temperature on yields of RS<sub>4</sub> in malate starch

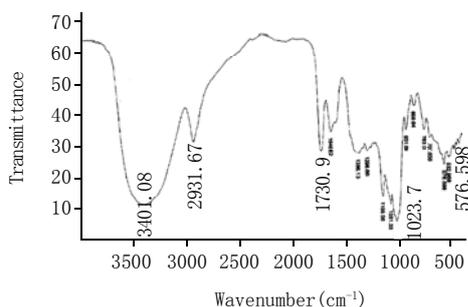


图7 淀粉苹果酸酯的红外光谱图

Fig.7 Fourier transform infrared spectra of malate starch

基, 酯化反应进行的比较充分。

从图6可以看到, 从120℃开始, 随着反应温度的上升, 抗性淀粉产率稳步上升, 至170℃达到93%左右后, 几乎不再增大。表明反应温度对酯化反应有很大的影响。170℃应是合适的温度。与图3对比, 发现在较低的温度(140℃)下, 柠檬酸就能与淀粉反应, 而苹果酸则需要较高的温度(170℃), 证明柠檬酸比苹果酸更容易与淀粉发生酯化反应。淀粉苹果酸酯的抗消化能力不是依赖于淀粉粒, 而是依赖苹果酸根导致的空间位阻, 限制了淀粉酶向糖苷键的接近和攻击, 机理与淀粉柠檬酸酯相同。淀粉苹果酸酯是一种新型变性淀粉, 迄今, 在国内外未见诸报道。

### 3 结论

用傅立叶变换红外光谱仪、差示扫描量热分析和扫描电子显微镜等对得到的三种RS<sub>4</sub>进行了初步的鉴定和分析, 证明了淀粉柠檬酸酯和淀粉苹果酸酯中酯基的存在, 但是二淀粉磷酸二酯可能仅存在很少量的酯基。用扫描电镜观察到, 淀粉粒表面光滑而且没有发现明显的孔隙或裂缝。而且, 用DSC发现, 在100℃之前, 淀粉粒保持完好。这可能是由于在淀粉粒表面上的淀粉分子通过磷酸根形成交联, 将淀粉粒束缚。因此, 交联淀粉的抗消化的机理是: 在糊化温度下, 淀粉粒不发生膨胀、糊化, 从而对淀粉起到了保护作用。

采用Klaushofer改进法, 抗性淀粉的产率可以达到74.2%, 显著高于文献报道的值57.8%。对淀粉柠檬酸酯而言, 140℃是合适的反应温度。对淀粉苹果酸酯而言, 170℃是合适的反应温度。淀粉柠檬酸酯和淀粉苹果酸酯抗消化的机理是空间位阻效应。与国外的研究相比, 本试验使抗性淀粉含量有了很大幅度的提高, 最高值为93%左右。而且, 淀粉苹果酸酯是一种新型变性淀粉, 迄今, 在国内外未见任何报道。

### 参考文献:

- [1] 张友松主编. 变性淀粉的生产与应用手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999.
- [2] H N Englyst, S M Kingman, J H Cummings. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions[J]. Eur J Clin Nutr, 1992, 46: 33-50.
- [3] S A S Craig, J F Holden, J P Troup, et al. Polydextrose as a soluble fibre and complex carbohydrate[M]. Conference on Bread and Cereals, 1996.
- [4] 杨光. 聚葡萄糖的结构、性质、生理功能及其分析方法[J]. 中国食品用化学品, 1999, 14: 8-9.
- [5] G J Janzen. Verdaulichkeit von starken and phosphatierten starken mittels pankreatin[J]. Starke, 1969, 21, 231-237.
- [6] D C Leegwater, J B Luten. A study on the *in vitro* digestibility of hydroxypropyl starches by pancreatin[J]. Starke, 1971, 23: 430-432.
- [7] M Wootton, M A Chaudry. Enzymatic digestibility of modified starches [J]. Starch, 1979, 31: 224-228.
- [8] K Kaltschmidt. Untersuchungen über die *in vitro*-Verdaulichkeit von modifizierten starken[J]. Master Thesis. Universität für Bodenkultur, Vienna, 1974.
- [9] M Wootton, M A Chaudry. *In vitro* digestion of hydroxypropyl derivatives of wheat starch. I. Digestibility and action pattern using porcine pancreatic alpha-amylase[J]. Starch, 1981, 33, 135-137.
- [10] M Wootton, M A Chaudry. *In vitro* digestion of hydroxypropyl derivatives of wheat starch. II. Effects of substitution on the products of partial digestion by porcine alpha-amylase[J]. Starch, 1981, 33: 168-172.
- [11] B M N M Azmi, M Wootton. *In vitro* digestibility of hydroxypropyl maize, waxy maize and high amylose maize starches[J]. Starch, 1984, 36: 273-275.
- [12] L Bjorck, A Gunnarsson, K Ostergard. A study on native and chemically modified potato starch. Part II. Digestibility in the rat intestinal tract[J]. Starch, 1989, 41: 128-134.
- [13] Beatrix Wepner, Emmerich Berghofer, Ella Miesenberger, et al. Citrate starch-application resistant starch in different food systems[J]. Starch, 1999, 51: 354-361.
- [14] H Klaushofer, E Berghofer, W Steyrer. Starke citrate-produktion and anwendungstechnische eigenschaften[J]. Starch, 1978, 30: 47-51.
- [15] H Klaushofer, E Berghofer, W Steyrer. Die neuentwicklung modifizierter starken am beispiel von citratstarke[J]. Nutrition, 1978, (2): 51-55.
- [16] H Regele, J J Chirikdjan, F Mittelbach. Chronische toxizität (12 wochen) von distarke zitrat im vergleich zu maisstarke bzw. wachsmaisstarke an Ratten[C]. Interner Forschungsbericht Laevosan GmbH, 1978.
- [17] R De Schrijver, E Berghofer, B Wepner. Feeding trials with citrate starch using hypercholesteremic rats[M]. Unpublished Work, 1999.
- [18] Selb Paul, A Woo Kyungsoo. Food grade starch to alpha-amylase and method of preparing the same[P]. United States Patent, 1999, 5, 865, 946.
- [19] 卢涌泉, 邓振华. 实用红外光谱解析[J]. 北京: 电子工业出版社, 1989.

# 无花果多糖提取技术研究

王振斌, 马海乐, 王超  
(江苏大学生物与环境工程学院, 江苏 镇江 212013)

**摘要:** 以无花果取汁后的残渣为原料, 探讨浸提次数、时间、料液比和温度对多糖得率的影响, 在单因素试验的基础上, 通过正交试验确定最佳提取工艺条件。结果表明: 在试验范围内, 最佳提取温度为 100℃, 在此温度下提取次数对多糖提取率影响最大, 其次为料液比, 提取时间的影响最小。无花果多糖提取的最优条件为提取温度 100℃, 料液比 1:12, 浸提 2 次, 每次浸提 3h, 其水溶性多糖提取率达 8.52%。

**关键词:** 无花果; 多糖; 提取

## Study on Extraction of Fig Polysaccharides from Fig Pomace

WANG Zhen-bin, MA Hai-le, WANG Chao  
(College of Biology and Environment, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

**Abstract:** In this paper fig polysaccharides extracting method from fig pomace after being processed was studied. The single factor tests results showed that more fig polysaccharides were obtained when the extraction temperature went up and extraction rate increased at the first stage and then dropped according to the extraction frequency concerned. The extraction times should be less than 3. The extraction hot water would be 15 times weight more than that of fig pomace. Orthogonal tests showed the optimum extraction parameters were as follows: 100℃, 120min, add 15 times weight of hot water and 2 times extraction. Under this extract method the fig pomace polysaccharides extraction rate is 8.52%.

**Key words** fig polysaccharide; extraction

中图分类号: S681.9

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2006)02-0174-04

无花果是一种桑科榕属植物无花果(*Ficus carica*. L)的干燥花托, 具有广泛的营养价值和药用价值, 不但香甜可口, 而且具有润肺止咳、健胃清肠、消肿解毒、增强机体免疫功能、抑制多种肿瘤的的功效, 近年来

无花果抗肿瘤特性尤其受到人们的重视<sup>[1]</sup>。目前国内外在无花果抗癌方面的研究十分活跃。

无花果多糖是无花果的重要的功能因子, 戴伟娟等(2002)研究发现<sup>[2-4]</sup>, 无花果多糖不仅对正常小鼠的免疫

收稿日期: 2005-03-07

基金项目: 江苏省农业攻关项目(BE2002336)

作者简介: 王振斌(1975-), 男, 博士, 主要从事天然产物中活性成分的分离与应用研究。

- 210-212.
- [20] P A Baghurst, K L Baghurst, S J Record. Dietary fibre. Non-starch polysaccharides and resistant starch-A review[J]. Supplement to Food Australia, 1996, 48: 56-60.
- [21] Kitty Kevin. Starch de resistance: the first generation of commercially available resistant starches boosts fiber without sacrificing texture[J]. Food Processing, 1995, (1): 65-67.
- [22] D Sievert, W Seibel, E Rabe, et al. Veranderungen von ballaststoffen durch die verfahrenstechnik der getreidetechnologie 1[J]. Getreide Mehl und Brot, 1987, 41: 172-176.
- [23] M Siljestrom, N G Asp. Resistant starch formation during baking: Effects of baking time and temperature and variations in the recipe[J]. Z Lebensm Unters Forsch, 1985, 181: 4-8.
- [24] Anon. Joint research leads to a new generation of high fibre products[J]. Confectionery Production, 1996, 62: 21-26.
- [25] Beatrix Wepner, Emmerich Berghofer, Ella Miesenberger, et al. Citrate starch-application as resistant starch in different food systems[J]. Starch, 1999, 51: 354-361.
- [26] 顾正彪, 周世英. 乙酰化二淀粉磷酸酯的制备及其特性的研究[D]. 硕士学位论文, 1988. 44-46.
- [27] 杨晓泉, 李汴生, 曹劲松. 计算机在食品工程中的应用[M]. 华南理工大学出版社, 1998. 65-71.