

# 马铃薯微孔淀粉对高 VC 刺梨浓汁的 吸附保藏研究

王金华<sup>1</sup>, 周毅<sup>2</sup>, 秦礼康<sup>2,\*</sup>

(1. 贵阳学院生物与环境工程系, 贵州 贵阳 550003; 2. 贵州大学生命科学学院, 贵州 贵阳 550025)

**摘 要:** 采用响应面分析法研究马铃薯微孔淀粉对刺梨浓汁吸附保藏效果。结果表明微孔淀粉吸附刺梨浓汁最佳工艺参数为: 吸附时间 40.2min, 微孔淀粉与刺梨浓汁的比 1:3.6, 吸附温度 39.5℃, 此条件下反复吸附 3 次可达饱和和吸附, VC 的饱和吸附量为 69.1mg/g。饱和吸附刺梨浓汁的马铃薯微孔淀粉, 最佳干燥方式为采用真空冷冻干燥, VC 保存率达 81.2%; 最佳保藏方法为压片-真空法, 除前 9d 微孔淀粉颗粒表面吸附的 VC 损失较大(43.70%)外, 其后降解缓慢, 至 30d 时 VC 含量 38.8mg/g, 损失率仅 0.43%。

**关键词:** 马铃薯微孔淀粉; 刺梨浓汁; 吸附保藏

## Adsorption and Preservation of High VC Cili Pear Gravy by Potato Microporous Starch

WANG Jin-hua<sup>1</sup>, ZHOU Yi<sup>2</sup>, QIN Li-kang<sup>2,\*</sup>

(1. Department of Biology and Environment Engineering, Guiyang University, Guiyang 550003, China;

2. College of Life Science, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

**Abstract:** The adsorption and preservative effects of potato microporous starch on high VC Cili pear gravy were investigated by using response surface methodology. The optimal process parameters for the adsorption of Cili pear gravy by potato microporous starch determined in terms of saturated adsorption quantity of VC were triple repeated adsorptions at 39.5 °C and a microporous starch/pear gravy ratio of 1:3.6 for 40.2 min each time. Under the optimal conditions, the saturated adsorption quantity of VC was 69.1 mg/g. The optimal drying method for potato microporous starch saturated with adsorbed Cili pear gravy was vacuum freeze drying, and the optimal preservation method vacuum storage in the form of tablets. VC loss (43.70%) on the surface of microporous starch granules was large in the first 9 days, and then VC degradation became slow. The content of VC was 38.8 mg/g after 30 days, exhibiting a loss rate of only 0.43%.

**Key words:** potato microporous starch; Cili pear gravy; adsorption and preservation

中图分类号: TS205.9

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)20-0312-06

微孔淀粉是指原淀粉在不经糊化的前提下, 利用淀粉酶水解, 将其制成表面布满孔洞的淀粉颗粒<sup>[1-2]</sup>。由于其多孔结构, 比表面积急剧增大, 吸附性能得到不同程度的提高。微孔淀粉对物质的吸附与原淀粉在本质上有很大区别<sup>[3]</sup>。原淀粉是靠团粒表面原子(或原子团)的化合价剩余力产生吸附力, 这种吸附力是相当微弱的, 当被吸附物质受到来自空间的更大吸引力时, 吸附就会发生解体。而微孔淀粉由于具备众多的微孔, 孔隙内部所产生的吸引力较为集中, 物质被吸附于孔的内

壁, 外界的吸引力很难达到, 因此这种吸附更加牢固。但是, 由于淀粉特有的分子结构和化学键构成, 对不同物质的吸附能力也不尽相同, 与吸附物质的组成结构、极性、吸附剂的相容性等密切相关<sup>[4]</sup>。微孔淀粉可作为不稳定物质的包埋载体, 起到防止被包埋物质氧化、光解、挥发等作用, 并且该物质安全性高, 可放心应用于食品中<sup>[5-6]</sup>。

刺梨(*Rosa roxburghii tratt*), 属蔷薇科蔷薇属落叶灌木。大量资料表明, 刺梨果实还富含超氧化物歧化

收稿日期: 2011-01-07

基金项目: 贵州省科技重大专项(黔科合重大专项[2008]6009 号); 六盘水市科技局项目(52020-07-008)

作者简介: 王金华(1980—), 女, 讲师, 硕士, 研究方向为食品营养与安全。E-mail: wanwan\_0578@163.com

\* 通信作者: 秦礼康(1965—), 男, 教授, 博士, 研究方向为食品加工与安全。E-mail: likangqin@126.com

酶(superoxide dismutase, SOD)、多种维生素(如 VP)、蛋白质、脂肪及硒、钙、磷、铁、锌等营养成分, 具有非常高的营养价值<sup>[7]</sup>。现代研究还证实, 刺梨对提高免疫功能<sup>[8]</sup>、延缓衰老<sup>[9]</sup>、抗氧化抗动脉粥样硬化<sup>[10-11]</sup>、抗癌防癌<sup>[12]</sup>、降血脂<sup>[13]</sup>等方面有明显的作用。刺梨是不可多得的“营养库”, 可用于营养食品、风味食品、保健食品和植物药。刺梨的研究开发因而受到国内外的关注, 目前我国刺梨的应用基础研究及资源发展工作开展较多, 开发利用技术研究则较为薄弱。目前已开发的刺梨产品很单调, 主要有刺梨原汁、刺梨酒、刺梨蜜饯等产品, 生产技术也很简单原始, 停留在常规的压榨、浓缩等生产技术阶段, 缺少高新技术支撑, 如膜技术、真空冷冻技术、分离重组技术的应用等, 刺梨生物活性物质大量失活或根本得不到利用<sup>[14]</sup>。

本实验以实验室自制的马铃薯微孔淀粉为载体吸附刺梨浓汁, 使其固态化, 利用微孔淀粉的包埋特性很好地保存了刺梨汁功能活性成分, 为刺梨的保藏提供了一种有效的科学方法, 同时为天然 VC 片的产业化开发提供一些科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

马铃薯微孔淀粉(吸油率 113.8%) 实验室自制; 刺梨浓汁 贵州炎黄圣果丸荣生物工程有限公司。

### 1.2 仪器与设备

UV-7502PC 紫外可见分光光度计 上海欣茂仪器有限公司; 电子天平 上海精密科学仪器有限公司; DragonMed 手动单道可调式移液器 芬兰 Biotec 公司; TGL-16B 高速离心机 上海安亭科学仪器厂; 数显水浴锅 上海锦屏仪器仪表有限公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 VC 含量测定

采用 GB/T 6195—1986《水果、蔬菜维生素 C 含量测定法: 2,6-二氯酚酚滴定法》。

#### 1.3.2 黄酮测定<sup>[15-17]</sup>

精密称取芦丁标准品 50mg(120℃干燥至质量恒定)至 50mL 容量瓶, 加无水乙醇使其溶解, 用 30% 乙醇稀释到指定刻度。准确量取芦丁标准溶液 0.00、0.10、0.20、

0.30、0.40、0.50mL 分别置于 10mL 容量瓶中, 定容。在 510nm 处测定其吸光度, 制作标准曲线, 其方程为:  $y = 1.0025x + 0.0017(R^2 = 0.998)$ 。

将待测样品置碾钵中碾碎, 精密称量样品粉末 1.000g(100 目)置入三角瓶中, 加入 15 倍样品量的 75% 乙醇, 在 85℃ 水浴中浸提 2h, 离心, 收集上清液, 再加溶剂于残渣, 继续提取, 重复 4 次, 最后混合上清液, 用溶剂定溶于 100mL 容量瓶, 再量取提取液 5mL 置于 50mL 容量瓶中, 用溶剂稀释至刻度。取稀释液、蒸馏水各 1mL 于 10mL 刻度试管, 加入蒸馏水 4mL, 然后加 5% 亚硝酸钠溶液 0.3mL, 振荡摇匀, 放置 10min。加入 10% 硝酸铝溶液 0.3mL, 摇匀, 再放置 10min。加 4% 氢氧化钠 4mL, 用蒸馏水稀释至刻度, 摇匀, 放置 15min。取澄清的溶液于 510nm 处测定 OD 值, 以未加样品的试剂为空白对照, 其计算公式如下:

$$X/\% = \frac{m \times n}{M \times 1000} \times 100$$

式中:  $m$  为查曲线所得黄酮含量/mg;  $M$  为待测样品干基的质量/g;  $n$  为样品提取液测定时稀释的倍数(20 倍)。

#### 1.3.3 马铃薯微孔淀粉对刺梨浓汁的吸附研究

精确称取 1g 马铃薯微孔淀粉置入烧杯, 加入 10mL 的刺梨汁摇匀, 放入搅拌器中搅拌 30min 后, 3000r/min 离心 20min, 除去上清液后, 所得的固形物是吸附了刺梨汁的微孔淀粉。分别以 VC 和黄酮的吸附量为指标, 研究吸附时间、微孔淀粉与刺梨浓汁的比例(料汁比)、搅拌速度、吸附温度对微孔淀粉吸附量的影响。

##### 1.3.3.1 单因素试验设计

在其他条件一致的前提下, 分别研究了吸附时间、料汁比、搅拌速度和吸附温度对吸附效果的影响(表 1)。

##### 1.3.3.2 响应面分析优化马铃薯微孔淀粉吸附刺梨浓汁工艺研究

因黄酮稳定性优于 VC, 从实验成本考虑, 选择 VC 吸附量为参考指标。根据单因素试验结果, 选择吸附时间、料汁比和吸附温度 3 个因素, 进行 Box-Behnken 中心组合试验设计, 设计情况如表 2, 对以上 3 个因素进行优化设计, 建立二次多项式回归模型。

表 1 单因素试验因素水平表  
Table 1 Factors and levels in one-factor-at-a-time design

因素	水平
吸附时间/min	10、20、30、40、50(固定微孔淀粉与刺梨汁的比为 1:2、搅拌速度为 2000r/min、吸附温度 30)
料汁比(g/mL)	1:1、1:2、1:3、1:4、1:5(固定吸附时间 30min、搅拌速度 2000r/min、吸附温度 30℃)
搅拌速度/(r/min)	1000、1500、2000、2500、3000(固定吸附时间 30min、微孔淀粉与刺梨汁的比为 1:2、吸附温度 30℃)
吸附温度/℃	25、30、35、40、45(固定吸附时间 30min、微孔淀粉与刺梨汁的比 1:2、搅拌速度 2000r/min)

表 2 响应面试验因素水平编码表  
Table 2 Factors and levels in response surface analysis

因素	水平		
	-1	0	1
A 吸附时间/min	30	40	50
B 料汁比	1:2	1:3	1:4
C 吸附温度/℃	35	40	45

### 1.3.4 马铃薯微孔淀粉饱和和吸附量的研究

以 VC 含量为指标, 在单次吸附刺梨浓汁的最佳条件下反复吸附刺梨浓汁, 确定微孔淀粉对刺梨浓汁的饱和和吸附量。

### 1.3.5 饱和和吸附的马铃薯微孔淀粉干燥方式比较研究

将饱和和吸附的马铃薯微孔淀粉分别以自然干燥、鼓风加热和真空冷冻三种方式进行干燥, 以微孔淀粉中 VC 含量变化为指标来选择最佳干燥方式。

### 1.3.6 饱和和吸附的马铃薯微孔淀粉保藏方式比较研究

以 VC 含量为指标, 分别研究低温、真空、压片、真空-低温、压片-真空、压片-低温、压片-真空-低温等 7 种保藏方式对马铃薯微孔淀粉中刺梨浓汁的影响。

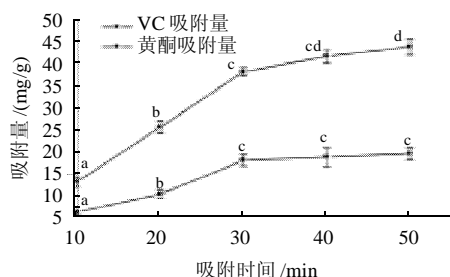
压片处理: 吸附了刺梨浓汁的马铃薯微孔淀粉→干燥至质量恒定后→粉碎过 200 目筛→压片。

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素试验

#### 2.1.1 吸附时间对 VC 和黄酮吸附量的影响

由图 1 可知, 马铃薯微孔淀粉对 VC 和黄酮的吸附量随着吸附时间的延长不断增加, 40min 时对 VC 吸附量达到 42.1mg/g, 对黄酮吸附量在 30min 时达到 18.9mg/g, 说明吸附时间是吸附量的一个重要影响因素。



不同小写字母表示差异显著,  $P < 0.05$ 。下同。

图 1 吸附时间对 VC 和黄酮吸附量的影响

Fig.1 Effect of adsorption time on VC and flavonoid adsorption capacity of potato microporous starch

#### 2.1.2 料汁比对 VC 和黄酮吸附量的影响

由图 2 可知, 随着料汁比的增大马铃薯微孔淀粉对

VC 和黄酮的吸附量不断增加, 当料汁比为 1:2 时对黄酮的吸附量达到 19.7mg/g 时, 当料汁比为 1:3 时对 VC 的吸附量达到 43.3mg/g, 说明料汁比是吸附量的一个重要影响因素。

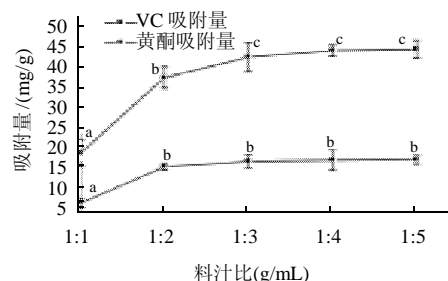


图 2 微孔淀粉与刺梨浓汁的比 VC 和黄酮吸附量的影响

Fig.2 Effects of microporous starch/pear gravy ratio on VC and flavonoid adsorption capacity of potato microporous starch

#### 2.1.3 搅拌速度对 VC 和黄酮吸附量的影响

由图 3 可知, 当搅拌速度为 1500r/min 时, 马铃薯微孔淀粉对 VC 和黄酮的吸附量分别为 26.6mg/g 和 17.4mg/g, 此后随着搅拌速度的不断增加, 对两者的吸附量没有显著增加。这说明搅拌速度在 1500r/min 之上时, 搅拌速度对吸附量的影响不显著。

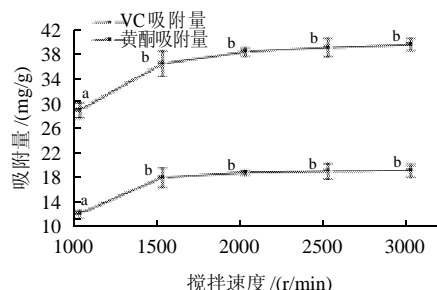


图 3 搅拌速度对 VC 和黄酮吸附量的影响

Fig.3 Effects of stirring speed on VC and flavonoid adsorption capacity of potato microporous starch

#### 2.1.4 吸附温度对 VC 和黄酮吸附量的影响

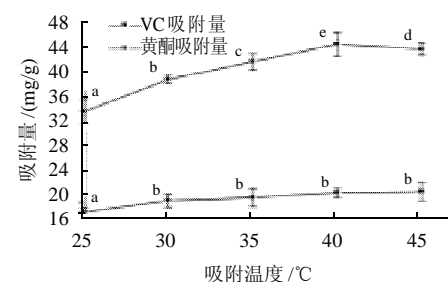


图 4 吸附温度对 VC 和黄酮吸附量的影响

Fig.4 Effects of adsorption temperature on VC and flavonoid adsorption capacity of potato microporous starch

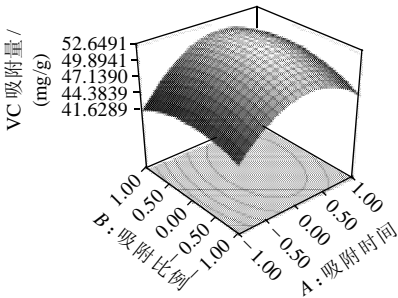
由图4可知,在25~40℃之间,马铃薯微孔淀粉对VC吸附量随温度的增加而增加,40℃时达到最大44.5mg/g,当温度继续增加时VC含量反而下降。这可能是由于VC是热敏性物质,随着温度的增加,会导致VC的部分降解。而马铃薯微孔淀粉对黄酮的吸附量是随温度的增加而不断增加,这是由于黄酮的热稳定性较好,在25~45℃不易分解。综上可知,温度也是吸附量的一个重要影响因素。

2.2 响应面分析优化马铃薯微孔淀粉吸附刺梨浓汁工艺研究<sup>[18]</sup>

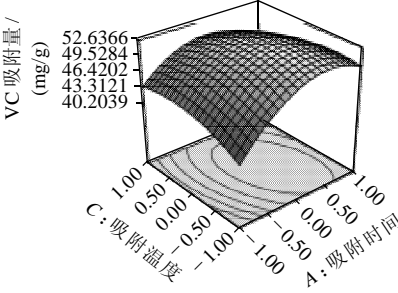
2.2.1 吸附工艺参数优化的 STATISTIC 分析

表3 响应面实验设计及数据处理

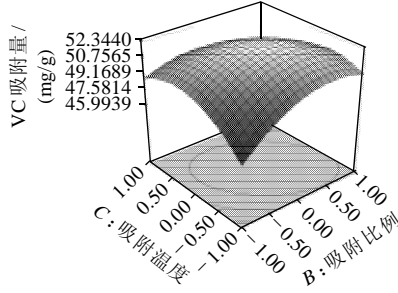
Table 3 Experimental design and results for response surface analysis				
试验号	A 吸附时间	B 吸附比例	C 吸附温度	Y VC 吸附量/(mg/g)
1	-1	-1	-1	38.6
2	1	-1	-1	43.8
3	-1	1	-1	39.2
4	1	1	-1	50.1
5	-1	-1	1	43.7
6	1	-1	1	43
7	-1	1	1	39.8
8	1	1	1	41.3
9	-1	0	0	42.3
10	1	0	0	50.9
11	0	-1	0	48.3
12	0	1	0	51.6
13	0	0	-1	48.6
14	0	0	1	50.9
15	0	0	0	51.2
16	0	0	0	51.8
17	0	0	0	51.7
18	0	0	0	51
19	0	0	0	51
20	0	0	0	58.1



a.吸附时间与吸附比例



b.吸附时间与吸附温度



c.吸附比例与吸附温度

图5 各因素交互作用对VC吸附量的影响  
Fig.5 Response surface and contour plots showing the effects of adsorption time and microporous starch/pear gravy ratio and the effects of adsorption time and temperature on VC adsorption quantity

根据 Box-Benhknken 的中心组合试验设计原理,以A、B和C为自变量,以马铃薯微孔淀粉对VC的吸附量为响应值,试验方案及结果见表3,1~15是析因试验,16~20是中心试验。试验结果通过 STATISTIC6.0 软件分析,以VC吸附量为指标,将两个因素固定在零水平,然后用吸附量与其他两个不同因素作等值线图(图5)。

2.2.2 马铃薯微孔淀粉吸附刺梨浓汁工艺的模型建立及优化

表4 VC吸附工艺回归分析结果

Table 4 Variance analysis of the regression model for saturated adsorption quantity of VC						
方差来源	平方和	自由度	均方	F值	P值	显著性
A	65.03	1	65.03	11.57	0.0068	**
B	2.12	1	2.12	0.38	0.5531	
C	0.26	1	0.26	0.046	0.8353	
A <sup>2</sup>	82.5	1	82.5	14.68	0.0033	
B <sup>2</sup>	12.44	1	12.44	2.21	0.1675	
C <sup>2</sup>	14.89	1	14.89	2.65	0.1346	
AB	7.8	1	7.8	1.39	0.266	
AC	29.26	1	29.26	5.21	0.0456	*
BC	19.53	1	19.53	3.48	0.0919	
回归	56.19	10	5.62			
误差	38.67	5	7.73			
综合	555.99	19				

注: \*.差异显著, P < 0.05; \*\*.差异极显著, P < 0.01。

对 VC 吸附量的试验数据进行多元回归拟合, 得到回归分析结果见表 4。

采用 DesignExpert 程序对响应值与各因素进行回归拟合后, 得到回归方程:  $Y = 52.31 + 2.55A + 0.46B - 0.16C - 5.48A^2 - 2.13B^2 - 2.33C^2 + 0.99AB - 1.91AC - 1.56BC$ 。

回归方程中各变量对指标(响应值)影响的显著性, 由  $F$  检验来判定, 概率  $P$  值越小, 则相应变量的显著程度越高。由表 4 可知, 马铃薯微孔淀粉吸附 VC 的影响因素中一次项  $A$  是高度显著的,  $AC$  为显著, 其余均不显著。由此可见, 各具体试验因素对响应值的影响不是简单的线性关系。回归方程也是高度显著的, 回归方程复相关系数为 0.8989。复相关系数越接近于 1, 说明回归方程差异显著, 拟合度好, 可以较好地描述各因素与响应值之间的真实关系, 可以利用该回归方程确定最佳提取工艺条件。对回归方程取一阶偏导数, 解得结果代入方程。得马铃薯微孔淀粉吸附刺梨浓汁的最佳工艺条件为吸附时间 40.2min、微孔淀粉与刺梨浓汁的比 1:3.6、吸附温度 39.5℃。

### 2.3 马铃薯微孔淀粉饱和吸附量的研究

表 5 不同吸附次数对 VC 吸附量的影响

Table 5 Effect of number of repeated adsorptions on VC adsorption capacity of potato microporous starch

次数	2	3	4	5	6
VC 含量吸附量/(mg/g)	68.3 ± 0.01 <sup>a</sup>	69.1 ± 0.02 <sup>b</sup>	69.3 ± 0.06 <sup>b</sup>	69.4 ± 0.03 <sup>b</sup>	69.4 ± 0.05 <sup>b</sup>

注: 数据为平均值 ± 标准差; 不同字母为差异显著 ( $P < 0.05$ )。

表 5 结果显示, 马铃薯微孔淀粉对刺梨汁吸附 3 次时对 VC 吸附量达到 69.1mg/g, 此后, 随后随着吸附次数的增多, 吸附量变化不大, 考虑成本与能耗节约本实验确定采用 3 次吸附。

### 2.4 饱和吸附的马铃薯微孔淀粉干燥方式比较研究

表 6 不同干燥方式对 VC 含量的影响

Table 6 Effect of drying methods on VC-holding capacity of potato microporous starch

干燥方式	干燥前	自然干燥	鼓风加热干燥	真空冷冻干燥
干燥所需时间/h	0	72	15	12
VC 含量/(mg/g)	60.8	31.2	33.6	49.4

由表 6 可知, 在这 3 种干燥方式中真空冷冻干燥的 VC 损失量最小, 保存率为 81.2%, 且干燥速度最快, 是较理想的干燥方式。

### 2.5 饱和吸附的马铃薯微孔淀粉保藏方式比较研究

由图 6 可以看出, 在不同的保藏方法下, VC 在保

藏初期(9d)均有明显的衰减, 此后, 随着保藏时间的延长, VC 含量趋于稳定。主要原因可能是因为马铃薯微孔淀粉表层吸附的刺梨汁得不到保护, VC 降解较快, 而进入到微孔淀粉孔隙内部的成分由于形成稳定结构则可以被很好的保藏。考察进入微孔淀粉孔隙内部成分的变化才是有意义的, 所以对保藏方式的选择以第 9 天时 VC 含量为起始含量。

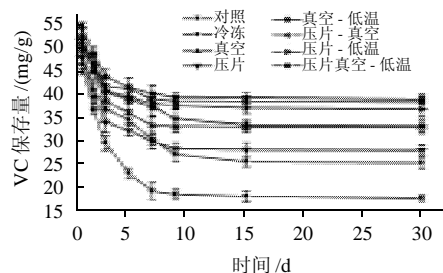


图 6 不同保藏方式对 VC 保存量的影响

Fig.6 Effect of storage methods on VC-holding capacity of potato microporous starch

表 7 不同保藏方式对 VC 保存量衰减率的影响

Table 7 Effect of storage methods on VC loss rate

组别	VC 保存量/(mg/g)		衰减率/%
	第 9 天	第 30 天	
对照组	18.7	17.9	2.6
低温	27.3	25.5	3.64
真空	33.5	33.3	0.29
压片	27.5	28.3	0.43
真空-低温	35.1	33.7	2.32
压片-真空	38.9	38.8	0.43
压片-低温	37.9	37.4	1.58
压片-真空-低温	39.7	39.5	0.72

表 7 结果表明, 不同保藏方法对马铃薯微孔淀粉中刺梨浓汁成分的保藏效果有明显的差异: 其中保藏效果最好的方法是真空-低温保藏法, 第 9 天 VC 损失率 42.54%, 第 30 天时 VC 含量为 39.5mg/g, 损失率仅为 0.72%; 其次是压片-真空保藏法, 第 9 天 VC 损失率 43.70%, 第 30 天时 VC 含量为 38mg/g, 降解率仅为 0.43%。但是压片-真空保藏法的成本远远低于压片-真空-低温保藏法, 从生产实际出发应选择压片-真空保藏法。

李永平等<sup>[19]</sup>使用玉米微孔淀粉进行 VC 的吸附及保存实验, 对 VC 的饱和吸附量是 30mg/g, 在室温条件下存放 18d 时, VC 损失率为 7.4%, 结果与本实验结论接近。

## 3 结 论

3.1 微孔淀粉对刺梨浓汁的吸附最佳工艺为: 吸附时间 40.2min, 微孔淀粉与刺梨浓汁的比 1:3.6, 吸附温度

39.5℃; 以最佳吸附工艺进行反复吸附3次, 能够使微孔淀粉的吸附量达到饱和, 对VC的饱和吸附量为69.1mg/g。

3.2 饱和和吸附的马铃薯微孔淀粉的最佳干燥方式为真空冷冻干燥, 干燥后VC保存率为81.2%。

3.3 饱和和吸附的马铃薯微孔淀粉的最佳保藏方法为压片-真空法, 除前9d微孔淀粉颗粒表面吸附的VC损失较大(43.70%)外, 其后降解缓慢, 至30d时VC含量38.8mg/g, 损失率仅0.43%。

#### 参考文献:

- [1] KHATOON S, SREERAMA Y N, RAGHAVENDRA D, et al. Properties of enzyme modified corn, rice and tapioca starches[J]. Food Research International, 2009, 42(10): 1426-1433.
- [2] 李永平, 于丽薇, 黄雨. 微孔淀粉颗粒结构及其吸附性能的研究[J]. 现代食品科技, 2010, 26(4): 383-391.
- [3] FANNON J E, HAUBER R J, BEMILLER J N. Surface pores of starch granules[J]. Cereal Chem, 1992, 69(3): 284-288.
- [4] 王慧, 伟宁, 周美琴, 等. 多孔淀粉吸附性能的应用研究[J]. 农产品加工: 学刊, 2008, 142(7): 70-72.
- [5] ANGELL A W, KVIETOK F A, HARRINGTON R J, et al. Process for producing a particulate laundry additive composition for perfume delivery: US, 5656584[P]. 1997-08-12.
- [6] 胡红菊. 我国野生刺梨资源开发利用现状及前景[J]. 北方果树, 2006 (3): 1.
- [7] 方修贵, 李嗣彪, 郑益清. 刺梨的营养价值及其开发利用[J]. 食品工业, 2004, 25(1): 137-138.
- [8] 石玉成, 梁光义, 倪红梅. 刺梨主要成分的淋巴细胞增殖作用[J]. 贵州中医学院学报, 1991(2): 60-64.
- [9] 郑子敏, 晋玲, 覃志坚, 等. 刺梨汁抗衰老作用的实验研究[J]. 左江民族医学院学报, 1989, 11(1): 1-3.
- [10] 胡文尧, 白焰, 韩宪法, 等. 刺梨抗动脉粥样硬化作用的研究[J]. 中国药学杂志, 1994, 79(9): 5-9.
- [11] ZHANG Chunni, LIU Xiaozhuan, QIANG Hongjuan, et al. Inhibitory effects of *rosa roxburghii* trutt juice on *in vitro* oxidative modification of low densitylipop rotein and on the macrophage growth and cellular cholesteryl ester accumulation induced by oxidized low density lipoprotein[J]. Clin Chim Acta, 2001, 313(1/2): 37-43.
- [12] 林东昕, 宋圃菊. 刺梨汁的防癌作用[J]. 北京医科大学学报, 1987, 19(4): 231-233.
- [13] 吴立夫, 杨履端, 何照范, 等. 刺梨汁的降血脂作用[J]. 贵州农学院学报, 1992, 11(1): 89-93.
- [14] 金敬宏, 孙晓明, 吴素玲. 刺梨活性冻干粉冷冻干燥工艺研究[J]. 中国野生植物资源, 2005, 24(2): 46-48.
- [15] 莫开菊, 程超, 黄鹏, 等. 生姜黄酮提取纯化及结构的初步鉴定[J]. 食品科学, 2005, 26(9): 229-233.
- [16] 李洪雄, 彭晓春, 蒋剑波, 等. 银杏根中黄酮类化合物的提取寄去含量的测定[J]. 吉首大学学报: 自然科学版, 2004, 23(3): 56-58.
- [17] 国家蜂产品质量监督检验中心. GB/T 20574 — 2006 蜂胶中总黄酮含量的测定方法分光光度法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [18] 王金华, 秦礼康, 范柳萍. 乌洋芋色素提取工艺优化[J]. 食品科学, 2008, 29(6): 164-169.
- [19] 李永平, 于丽薇, 黄雨洋. 微孔淀粉颗粒结构及其吸附性能的研究[J]. 现代食品科技, 2010, 26(4): 383-391.