

## 条斑紫菜藻红蛋白提取工艺的研究

何思佳<sup>1</sup>, 王洪新<sup>1,2,\*</sup>, 王远辉<sup>1</sup>

(1. 江南大学食品学院, 江苏无锡 214122;

2. 食品科学与技术国家重点实验室, 江苏无锡 214122)

**摘要:**比较了不同提取方法:水溶法、冻融法、组织研磨法、机械搅拌法、超声波辅助法对条斑紫菜藻红蛋白提取效果的影响。首次将超微粉碎与超声波辅助提取法结合提取藻红蛋白,以条斑紫菜中藻红蛋白的得率和纯度为指标,并优化得到最佳的工艺条件:超声波功率为500W,时间为5min,料液比为1:50,提取3次,操作参数超声时间为3s,间隔为3s。在此条件下藻红蛋白得率为45.73mg/g,纯度为0.368,提取率为90.2%,该方法大大提高了得率并缩短操作时间,同时荧光特性分析验证此方法获得的藻红蛋白具有较高的活性。

**关键词:**条斑紫菜,藻红蛋白,超微粉碎,超声波,荧光特性

Extraction technology of phycoerythrin in *Porphyra yezoensis*HE Si-jia<sup>1</sup>, WANG Hong-xin<sup>1,2,\*</sup>, WANG Yuan-hui<sup>1</sup>

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;

2. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Wuxi 214122, China)

**Abstract:** The effects of different extraction methods including water soluble method, freeze-thaw method, organization grinding method, mechanical mixing method and ultrasonic method on the extraction of phycoerythrin from *Porphyra yezoensis* were evaluated. Firstly superfine pulverizing and ultrasonic method were used to extract phycoerythrin. In order to obtain high yield and purity of phycoerythrin, the best technological conditions were optimized to be: ultrasonic working power was 500W, working time was 5min, ratio of material to water was 1:50, three times of extraction and ultrasonic operation parameter was 3s, interval 3s. In this condition, the yield of phycoerythrin was 45.73mg/g, the purity was 0.368, and the recovery was 90.2%. This method can greatly improve the phycoerythrin yield and shorten time of operation. Meanwhile, fluorescence characteristic analysis verified that the phycoerythrin obtained by this extraction method exhibited higher activity.

**Key words:** *Porphyra yezoensis*; phycoerythrin; superfine pulverizing; ultrasonic; fluorescence characteristic

中图分类号:TS255.1

文献标识码:B

文章编号:1002-0306(2011)11-0334-05

藻红蛋白(phycoerythrin, PE)在条斑紫菜中含量较高,可达干重的2.43%。藻红蛋白目前主要用于免疫荧光检测,藻红蛋白及其探针售价高达50~120美元/mg。研究表明藻红蛋白还具有降血糖、抗肿瘤、抗氧化、抗衰老、抗炎、抗病毒及增强免疫力等作用,但研究有待进一步深入<sup>[1-5]</sup>。条斑紫菜中藻红蛋白的提取方法很多,由于其具有生物活性,故大多采用温和的水溶液浸提法保证性质和纯度。藻红蛋白属于胞内蛋白,并且具有韧性细胞壁结构,许多现采用的提取方法提取率较低(如水溶胀法)、处理时间长、提取不完全,造成了资源的浪费;实验操作重复性差(如研磨法)不能获得稳定均一的提取效率。脉冲超声波得率较高,但已有报道中处理时间较长,肖海芳<sup>[6]</sup>等使用脉冲超声波辅助水提取85min,得到

藻红蛋白的得率为3.249%,纯度为0.365;朱晓君<sup>[7]</sup>等使用上述方法提取时间为60min,藻胆蛋白得率为1.2%,藻红蛋白纯度为0.356。超微粉碎是20世纪80年代迅速发展起来的一项高新技术,能够在较短的时间内将大块物料直接粉碎成为粒度均匀的超微粉体,形成超微粉体后比表面积增大,具有良好的溶解性、分散性、吸附性、化学反应活性等<sup>[8]</sup>。目前使用超微粉碎处理条斑紫菜干粉进行藻红蛋白提取还未见报道。研究选用超微粉碎与超声辅助提取相结合的方法提取条斑紫菜藻红蛋白,以期获得更高的得率及更稳定的实验结果。藻红蛋白的荧光性是衡量藻红蛋白活性的重要指标,本文通过荧光性考察超声波对藻红蛋白提取的效果。

## 1 材料与方法

## 1.1 材料与仪器

干条斑紫菜 南通,由南通新浪有限公司提供。

HT-500 多功能超微粉碎机 郑州华通机械厂;

JYD-900L 超声波细胞破碎仪 上海安亭科学仪器

收稿日期:2010-12-28 \* 通讯联系人

作者简介:何思佳(1987-),女,研究生,主要从事食品营养功能因子方向研究。

厂; UV2000 紫外可见分光光度计 上海尤尼柯仪器有限公司; F-7000 荧光分光光度计 日本日立公司; JA103 电子天平 上海精科天平厂; 5804R 台式高速冷冻离心机 德国 eppendorf; DL-5 低速大容量离心机 上海之信仪器有限公司

## 1.2 实验方法

1.2.1 原料预处理 紫菜干粉为干条斑紫菜磨碎过 60 目(100 目)筛,超微粉为干紫菜经超微粉碎后过 200 目筛,密封避光,储存于 4℃ 干燥环境中。

1.2.2 测定方法 藻红蛋白纯度的计算根据参考文献<sup>[7]</sup>。提取紫菜藻红蛋白上清液,记录藻红蛋白在可见光区的最大吸收值  $OD_{565nm}$  与总蛋白质的吸收值  $OD_{280nm}$ , 用其比值即  $OD_{565nm}/OD_{280nm}$  来表示纯度。

藻红蛋白得率计算方法按参考文献<sup>[8]</sup>。已知 1% 的 R-藻红蛋白(经荧光特性分析,所得提取物为 R-藻红蛋白,见 2.4) 在 565nm 处的吸光值为 8.150,光程长度为 1cm。因此根据朗伯-比耳定律,由 565nm 处的吸光度可以计算出藻红蛋白的浓度,再乘以稀释倍数及体积,除以紫菜的干重,即可计算出得率。

朗伯-比尔定律数学表达式:

$$A = \lg(1/T) = Kbc \quad c = A/Kb$$

式中: A 为吸光度; T 为透射比,是透射光强度比上入射光强度; c 为藻红蛋白的浓度 (mg/mL); b 为吸收层厚度 (cm); K 为藻红蛋白在  $\lambda = 565nm$  处的吸光系数 8.15mL/mg · cm。

$$\text{藻红蛋白得率 (mg/g)} = \frac{A/Kb \times v \times n}{M}$$

式中: v 为初提液体积 (mL); n 为稀释倍数; M 为紫菜质量 (g)。

### 1.2.3 提取方法

1.2.3.1 条斑紫菜中藻红蛋白总含量的测定方法 采用减量法分别准确称取条斑紫菜干粉 0.200g,转移到 5 支干净的预冷的 10mL 匀浆器中,分别加入 4mL 预冷蒸馏水进行匀浆 0.5、1、1.5、2、2.5h,并把提取液及渣全部转入至 10mL 离心管中,用 6mL 蒸馏水分两次清洗匀浆器,也转入离心管中,在 4℃ 以 10000r/min 冷冻离心 10min。分离出上清液分别转入对应比色管中。取 4mL 蒸馏水对沉淀再次进行匀浆,时间为 0.5h,重复上述步骤反复匀浆两次,合并各提取液到对应比色管,混匀后分别在 565、280nm 测定吸光度值,计算藻红蛋白得率与纯度。比较不同匀浆时间长短对藻红蛋白提取量的影响,匀浆过程全部在冰浴中进行。重复操作 5 次以上,误差小于 5mg/g,实验结果取平均值。

1.2.3.2 水溶法 4g 条斑紫菜干粉加入 200mL 预冷蒸馏水(料液比 1:50) 或同体积 pH6.8 的 0.05mol/L 磷酸盐(磷酸二氢钾-氢氧化钠) 缓冲液,搅拌均匀后放置于 4℃ 避光冷藏条件下溶胀 1~6d,4000r/min 离心 20min,弃去沉淀,得藻红蛋白初提液,测定 565、280nm 吸光度值,计算藻红蛋白得率与纯度。

1.2.3.3 反复冻融法 4g 条斑紫菜干粉加入 200mL 预冷蒸馏水,搅拌均匀在 -20℃ 冰冻 2h,再在 4℃ 溶解,反复冻融 5 次,后续处理方法同 1.2.3.2。

1.2.3.4 组织研磨法 4g 条斑紫菜干粉放入研钵中,加入 100mL 预冷蒸馏水研磨 5min,小心倾出上清液,4000r/min × 20min 离心,沉淀再加 100mL 蒸馏水研磨(5min),后续处理方法同 1.2.3.2。

1.2.3.5 液氮预处理研磨法 4g 条斑紫菜干粉放入研钵中,加入少量液氮冻住藻体,再加入 100mL 蒸馏水对冻后藻体进行研磨处理 10min,小心倾出上清液,后续处理方法同 1.2.3.2。

1.2.3.6 机械搅拌法 4g 条斑紫菜干粉加入 200mL 预冷蒸馏水,经搅拌机处理 10min,后续处理方法同 1.2.3.2。

1.2.3.7 超声波辅助提取法 4g 条斑紫菜干粉加入 200mL 预冷蒸馏水,在冰浴条件经超声波细胞破碎仪处理 10min,功率为 200W,后续处理方法同 1.2.3.2。

1.2.3.8 超微粉碎与超声波辅助结合提取法 4g 条斑紫菜超微粉在不同的提取次数、超声功率、超声时间、料液比因素下进行单因素实验,获得最佳的因素水平。

### 1.2.4 藻红蛋白荧光特性的分析

1.2.4.1 藻红蛋白发射峰判定 对藻红蛋白初提液进行 200~700nm 的荧光激发光谱的全扫描,选定 515nm 为激发波长,在此激发波长下,研究藻红蛋白的发射峰情况。

1.2.4.2 超声波功率与处理时间对藻红蛋白荧光特性的影响 取不同超声波功率以及超声时间处理得到的藻红蛋白初提液在相同条件下进行荧光分析,探究超声波功率和超声时间对藻红蛋白荧光性的影响。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同的匀浆时间对藻红蛋白释放量的影响以及条斑紫菜藻红蛋白含量测定

匀浆法可以用于处理少量条斑紫菜破壁提取藻红蛋白,由图 1 可以看出,匀浆 1h 以后,藻红蛋白的释放量已几乎无增长,1.5h 藻红蛋白得率为 50.21mg/g,2h 处理条斑紫菜藻红蛋白释放量达到了 50.70mg/g,增加处理时间到 2.5h 也无法再提高条斑紫菜藻红蛋白的释放量,相对随着处理时间延长,藻红蛋白的纯度也有所下降。2h 匀浆处理后在显微镜下观察条斑紫菜细胞,其原有的细胞结构难以看到,则可认为条斑紫菜细胞破碎已经较完全,藻红蛋白也已提取完全,测得此时的藻红蛋白得率和纯度分别为 50.70mg/g 和 0.389,则可认为在上述测定方法下此种条斑紫菜中藻红蛋白的含量为 50.70mg/g。

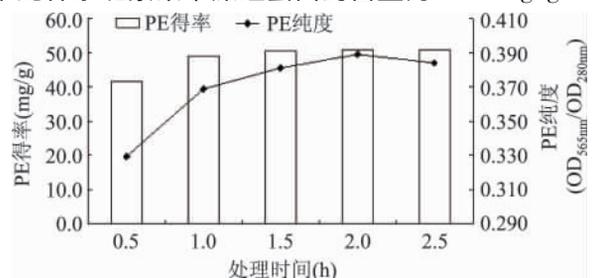


图 1 不同匀浆时间对条斑紫菜藻红蛋白释放量的影响

表1 不同提取方法对藻红蛋白得率的影响

提取方法	处理时间 (min)	得率 (mg/g)	提取率 (%)	藻红蛋白纯度 (OD <sub>565nm</sub> /OD <sub>280nm</sub> )
水溶胀法	1440	12.40	24.46	0.362
	8640	25.54	50.37	0.365
磷酸盐缓冲液溶胀法	1440	12.87	25.38	0.388
	8640	27.80	54.83	0.391
反复冻融法	120 × 5 次	14.35	28.30	0.238
组织研磨法	10	14.70	28.99	0.291
液氮预处理研磨法	10	14.20	28.01	0.314
快速机械搅拌	10	11.09	21.87	0.304
超声波细胞破碎法 200W	10	16.20	31.95	0.261

## 2.2 不同的提取方法对条斑紫菜藻红蛋白得率与纯度的影响

由表1可知,水溶胀法与缓冲液溶胀法在144h提取率与纯度最高,分别达到25.54mg/g和27.80mg/g,溶胀可以使细胞吸水胀破细胞壁,胞内物质如藻红蛋白溶出,但是在低温水的传质效率低,提取效率也低,提取时间长,同时溶出的杂质少,温和有效地保持了藻红蛋白的活性与纯度;反复冻融法,处理时间为2h,处理次数为5次,最终提取率只达到14.35mg/g,纯度也最低,是由于条斑紫菜细胞壁具有韧性结构,冰晶融化时对细胞壁的破坏不完全,且在低温条件下溶质的溶出效率较低;组织研磨法与液氮预处理后进行研磨,处理10min,藻红蛋白的得率为14.70mg/g和14.20mg/g,液氮预处理后藻红蛋白的纯度略高于直接研磨,这是由于超低温有助于保持藻红蛋白的活性与纯度,与文献报道一致<sup>[9]</sup>。实验中超声波200W处理10min后得率为16.20mg/g,纯度为0.261,使用超声波提取,效率高并且实验重复性较好,但是纯度较低,可通过探讨不同的超声波提取的影响因素如功率、时间和料液比,以及与超微粉碎技术进行复合提取来获得较高的藻红蛋白得率,保证较高纯度。

## 2.3 超微粉碎+超声波辅助复合提取法

### 2.3.1 超微粉碎对条斑紫菜藻红蛋白得率与纯度的影响

实验分别选择60、100、200目(200目条斑紫菜干粉为超微粉碎处理后过筛,前两种为初粉碎处理后过筛)三种条斑紫菜干粉进行处理,处理条件为功率500W,时间5min,料液比1:50,提取次数为3次,操作参数超声波发出时间3s,间隙时间3s。

由图2可以看出,进行超微粉碎后的条斑紫菜干粉藻红蛋白提取率大大高于100目以及60目粒径的普通破碎程度后的藻红蛋白提取率,此时藻红蛋白得率为45.72mg/g,分别为100、60目粒径的2.29和3.44倍,这有可能是由于超微粉碎一部分程度地破坏了条斑紫菜细胞的细胞壁,提取时超声波的协同作用能够迅速使胞内的藻红蛋白溶出;条斑紫菜干粉进行超微粉碎后藻红蛋白的提取纯度也有所增加,这可能是由于提取系统中藻红蛋白的含量大大增加,而其他溶于水的杂质溶出率较藻红蛋白溶出率低,故藻红蛋白的纯度有了较明显增加。

### 2.3.2 提取次数对条斑紫菜藻红蛋白得率与纯度的影响

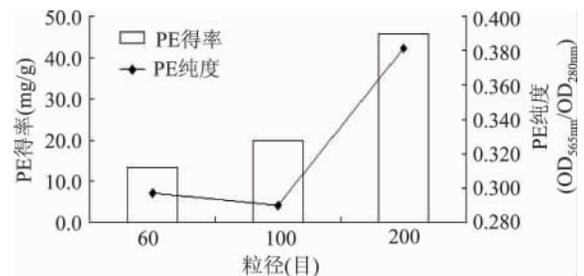


图2 超微粉碎对条斑紫菜藻红蛋白得率与纯度的影响

影响 取超微粉碎后条斑紫菜干粉4g,料液比1:50,功率500W,超声5min,提取次数为1~5次,操作参数超声波发出时间3s,间隙时间3s,考察不同提取次数对条斑紫菜藻红蛋白得率以及提取率的影响,结果见图3。条斑紫菜藻红蛋白随提取次数的增加得率呈上升趋势,第一次提取后,提取率为49.85%,得率为27.69mg/g;第二次提取后得率为13.89mg/g,总提取率为73.12%;第三次得率为9.22mg/g,三次总提取率达到90%以上。随着提取次数的增加,藻红蛋白溶出速度缓慢,效率低,因此采用3次提取较为经济。

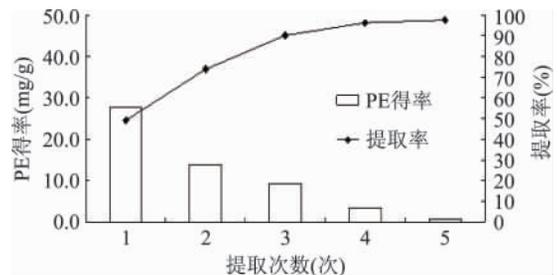


图3 提取次数对条斑紫菜藻红蛋白得率与提取率的影响

### 2.3.3 功率对条斑紫菜藻红蛋白得率与纯度的影响

取超微粉碎后条斑紫菜干粉4g,料液比1:50,超声5min,提取次数为3次,操作参数超声波发出时间3s,间隙时间3s,探讨不同的超声波功率对条斑紫菜藻红蛋白得率以及纯度的影响,根据参考文献及预实验结果选择功率参数为200、300、500、700、900W,结果见图4。在500W时得率与纯度较高,是由于功率较低不利于条斑紫菜细胞的破壁以及藻红蛋白的溶出;选择超声功率为700、900W不利于藻红蛋白的提取,是由于高强度的超声波对藻红蛋白等活性蛋白有降解和猝灭的作用,功率选择过高,溶出的杂质也就越多,会使藻红蛋白得率与纯度都不同程度的下降,所以选择500W进行处理最优,此时的藻红蛋

白得率为 45.73mg/g 纯度为 0.368。

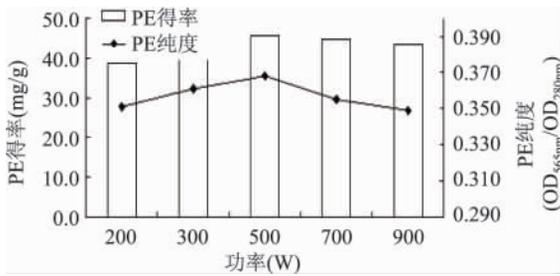


图4 提取功率对条斑紫菜藻红蛋白得率和纯度的影响

2.3.4 处理时间对条斑紫菜藻红蛋白得率与纯度的影响 取超微粉碎后条斑紫菜干粉 4g,料液比 1:50,超声功率为 500W,提取次数为 3 次,操作参数超声波发出时间 3s,间隙时间 3s,探讨不同的超声波时间对条斑紫菜藻红蛋白得率以及纯度的影响,选择超声时间为 1、3、5、7、9min,结果见图 5。在 5min 时得率与纯度较高,随超声时间增加后会导致藻红蛋白的活性部分丧失,是由于超声波对大分子有降解作用,长时间超声作用会导致大分子内部局部温度过高,受热不均使其变性,合理的提取时间有利于保证最大程度获得藻红蛋白及保证其活性。

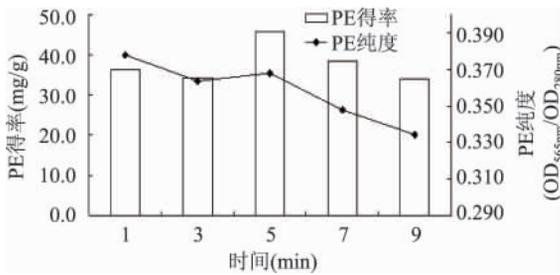


图5 提取时间对条斑紫菜藻红蛋白得率和纯度的影响

2.3.5 料液比对条斑紫菜藻红蛋白得率与纯度的影响 取超微粉碎后条斑紫菜干粉 4g,超声功率为 500W,处理时间 5min,提取次数为 3 次,操作参数超声波发出时间 3s,间隙时间 3s,探讨不同的料液比对条斑紫菜藻红蛋白得率以及纯度的影响,选择料液比为 1:60、1:50、1:40、1:30、1:20,结果见图 6。料液比在 1:60、1:50 时得率为 44.17mg/g 和 43.15mg/g,选择合适的料液比有助于目标产物的溶出,料液比较小时,每次溶出的量有限,必须通过增加提取次数来获得高得率;料液比增大时,无疑增加了每次提取的经济成本;料液比过大时,也会抑制藻红蛋白的提取,故选择料液比为 1:50。

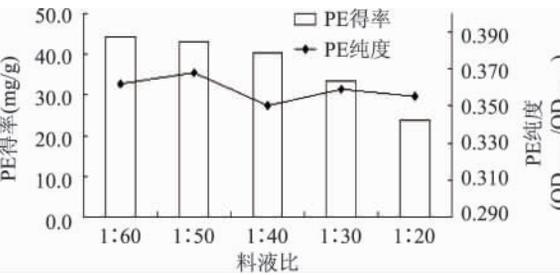


图6 料液比对条斑紫菜藻红蛋白得率和纯度的影响

2.4 藻红蛋白的荧光特性分析

对藻红蛋白进行 200~700nm 的荧光激发光谱的全扫描,选定 515nm 为激发波长,在此激发波长下,

研究藻红蛋白的发射峰情况,波峰位于 578nm 左右,与文献报道的关于 R-藻红蛋白的研究结果一致<sup>[11-12]</sup>。

2.4.1 超声波提取对藻红蛋白荧光强度的影响 图 7 表明随着功率的升高,检测出的相对荧光强度随着功率的增加而呈上升趋势,在 500W 达到了最佳值。这是由于藻红蛋白的溶出量增加使提取液浓度上升,荧光强度加剧;而随功率继续上升,相对荧光强度未继续增加反而呈现下降趋势,表明高强度超声波对藻红蛋白的构象有破坏作用,超声波的空化效应对大分子物质有降解作用。而图 8 表明随时间的增加,相对荧光强度有降低-升高-再降低的趋势,是由于超声波对藻红蛋白的猝灭作用导致荧光强度下降,但是藻红蛋白的溶出率迅速上升使得之间达到一个平衡,在本实验操作条件下 5min,达到最优平衡点,随着操作时间的增加,溶出效率已达到极值,而超声波对大分子的猝灭作用使得荧光强度呈最终下降趋势。在上述实验条件下,超声时间对荧光强度的影响效果小于超声波功率的影响。

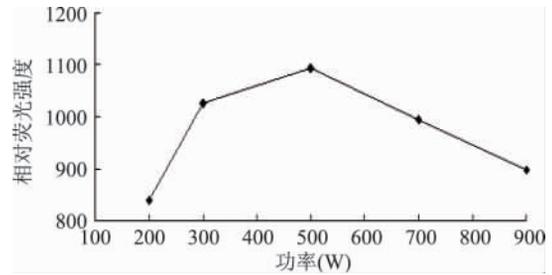


图7 超声波功率对藻红蛋白荧光强度的影响

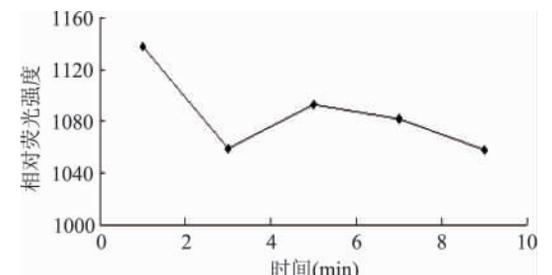


图8 超声波时间对藻红蛋白荧光强度的影响

荧光性是衡量藻红蛋白活性的重要指标,超声波功率过大对荧光蛋白有猝灭的作用,而超声时间的长短对藻红蛋白荧光性有一定的影响,任何引起藻红蛋白原本构象变化的加热或者化学变化都会使原有的光学特性改变,如荧光性丧失。上述藻红蛋白的荧光性在超声波强功率及长时间作用下产生了一定的猝灭现象,荧光强度减弱,即说明藻红蛋白原有的发色团构象发生了改变,其结构的变化情况有待进一步鉴定。超声波的空化作用产生的瞬时压差有强大的破坏作用,因此应采用短时间处理来保证藻红蛋白不被破坏。首先采用超微粉碎均匀物料的粒度,同时超微粉碎的强大冲击力破坏细胞的细胞壁,再通过短时间适度功率下超声波的作用能促进目标物藻红蛋白的溶出,达到高效提取的同时保证其活性。超微粉碎与超声波辅助提取相结合的方法能有效地提高条斑紫菜藻红蛋白得率和提取效率。

### 3 结论

本实验比较了多种不同的条斑紫菜藻红蛋白的提取方法,如溶胀法、冻融法、研磨法、机械搅拌法以及超声波辅助提取法,选择了超声波辅助提取法进行条斑紫菜藻红蛋白的提取,并运用超微粉碎技术与超声波辅助提取法相结合的方法大大缩短了提取时间,获得了较高的得率,保证了藻红蛋白的纯度与活性。同时研究了超声波对条斑紫菜藻红蛋白得率影响的四个因素:超声功率、超声时间、料液比以及提取次数,获得最佳工艺条件为功率 500W,超声时间 5min,料液比 1:50,提取 3 次,操作参数超声时间 3s,间隙 3s,藻红蛋白得率为 45.73mg/g,纯度为 0.368,提取率为 90.2%。在上述最佳工艺条件下对条斑紫菜藻红蛋白的得率纯度实验结果稳定均一。对于难以破壁的活性物质的提取,超微粉碎与超声波辅助结合提取是一种行之有效并且值得推广的提取方法。

#### 参考文献

- [1]郭雷,王淑军,郝倩,等.条斑紫菜多糖和藻红蛋白生物活性的研究进展[J].食品研究与开发,2010,31(6):182-185.
- [2]季宇彬,徐博慧,高世勇.藻胆蛋白主要生物活性研究进展[J].中国药理学通讯,2009,26(2):23-24.
- [3]陈小强,史锋,龚兴国.R-藻红蛋白的结构、功能及其应用[J].细胞生物学杂志,2004,26(4):399-403.
- [4]Yuji Hatada, Yukari Ohta, Koki Horikoshi. Hyperproduction

(上接第 333 页)

的顺序依次为润滑剂硬脂酸镁的用量(B)、黏合剂聚维酮 K30 的添加量(C)以及填充剂可压性淀粉的用量(D),崩解时限的最优水平组合为 A<sub>3</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>D<sub>2</sub>。

综合上述的分析,因素 A、D 的水平分别选取 A<sub>3</sub>、D<sub>2</sub> 时对硬度和崩解时限最为有利;对因素 B 而言,其对硬度的影响排在第三位,对崩解时限的影响排在第二位,因此应以崩解时限这一指标考虑,故 B 选择水平 B<sub>1</sub>;对因素 D 而言,其对崩解时限的影响排在第四位,属次要因素,充分考虑该因素对硬度的影响,选择水平 D<sub>2</sub> 为宜。因此,本实验的较优条件为 A<sub>3</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>D<sub>2</sub>,即 CMS-Na 用量为 8%,硬脂酸镁用量为 0.3%,聚维酮 K30 用量为 3%,可压性淀粉用量为 30%。

#### 2.4 验证实验

为验证实验结果的正确性,对最优配方制得片剂进行硬度、片重差异、崩解时间的测定,结果见表 5。

表 5 魔芋粉片剂质量验证结果

组别	硬度(kg)	片重差异(%)	崩解时间(min)
1	3.98	±0.41	13.44
2	3.87	±0.38	13.12
3	4.04	±0.38	12.98

《中国药典》规定,平均片重大于或等于 300mg 的片剂,片重差异限度须在 ±0.50% 范围内;压制片的崩解时间不得超过 30min<sup>[9]</sup>,由表 5 可知,用最优配方制得片剂的各项指标均符合相关规定。

### 3 结论

and application of r-agarase to enzymatic enhancement of antioxidant activity of porphyrin [J]. Agric Food Chem, 2006, 54: 9895-9900.

- [5]Mi-Jin Kwon, Taek-Jeong Nam. Chromatographically purified porphyrin from porphyra yezoensis effectively inhibits proliferation of human cancer cells [J]. Food Sci Biotechnol, 2007, 16(6): 873-878.
- [6]肖海芳,马海乐,朱文学.脉冲超声波同时提取条斑紫菜中蛋白和多糖的工艺研究[J].食品科学,2007,28(6): 127-131.
- [7]朱晓君,安辛欣,顾丽.超声辅助同时提取条斑紫菜多糖及藻胆蛋白工艺的优化[J].食品科学,2008,29(5):241-244.
- [8]谢瑞红,王顺喜,谢建新,等.超微粉碎技术的应用现状与发展趋势[J].中国粉体技术,2009,15(3):64-67.
- [9]吕彩真,欧光南.红毛藻藻红蛋白的提取及稳定性研究[J].集美大学学报:自然科学版,2002,3(7):15-19.
- [10]蔡春尔,吴庆磊,何培民.条斑紫菜 R-藻红蛋白提纯工艺研究[J].生物技术通讯,2005,16(5):518-521.
- [11]S Vaidya, A Orta-Ramirez, D M Smith, et al. Chemical modification and influence of function groups on the in vitro-antioxidant activities of porphyrin from porphyra haitanensis [J]. Biotechnology and Bioengineering, 2003, 83(4):465-473.
- [12]Dragan Isailovic, Hung-Wing Li, Edward S Yeung. Isolation and characterization of R-phycoerythrin subunits and enzymatic digests [J]. Journal of Chromatography A, 2004, 1051:119-130.

利用湿法制粒压片技术制备魔芋粉片剂的工艺是可行的。配方为 8% 羧甲基淀粉钠、0.3% 硬脂酸镁、3% 聚维酮 K30、30% 可压性淀粉;工艺参数为干燥温度 60℃,干燥时间 25~30min。

魔芋粉片剂的各项指标均符合《中国药典》规定,能够大批量、连续化生产,提高企业的生产率;服用方便,崩解性能优良,方便使用人群。

#### 参考文献

- [1]黄明发,张盛林.魔芋膳食纤维保健作用研究进展[J].中国食物与营养,2010(5):75-77.
- [2]左曙辉,孙程.膳食补充剂(胶囊)的生产[J].食品添加剂,2004(2):70-72.
- [3]胡杰,于华芝,陈颖,等.干湿法制粒技术在片剂生产中的对比应用[J].医药工业,2009(4):249.
- [4]范青生.保健食品工艺学[M].北京:中国医药科技出版社,2006:230.
- [5]颜治,刘勤晋.魔芋葡甘聚糖的特性、保健功能及作用[J].饮料工业,2003,6(2):33-36.
- [6]周鑫,郭伟英.扁蓄总黄酮片的处方优化[J].辽宁医学院院报,2008,29(6):492-495.
- [7]陈钢,彭静,柳庆.丹黄心血安浸膏片的成型工艺研究[J].湖北中医学院院报,2008,10(4):32-33.
- [8]刘璧,龙敏玲.螺旋藻片辅料筛选及稳定性考察[J].国际医药卫生导报,2007,13(17):72-75.
- [9]中国药典 2005 年版[S].二部.附录,2005:74.