

# 丙酮研磨法提取麦麸中辅酶 Q<sub>10</sub> 的工艺研究

王丽霞<sup>1</sup>, 刘 坤<sup>2</sup>, 张秀媛<sup>1</sup>, 史忠林<sup>1</sup>

(1. 河北北方学院 农林科技学院, 河北 张家口 075000;  
2. 张家口市食品质量监督检验中心, 河北 张家口 075000)

**摘要:** 采用丙酮研磨、石油醚萃取工艺提取麸皮中的辅酶 Q<sub>10</sub>, 研究不同提取条件对辅酶 Q<sub>10</sub> 提取量的影响, 并采用正交试验对萃取料液比、温度、时间进行优化, 确定了辅酶 Q<sub>10</sub> 的最佳提取条件, 旨在为辅酶 Q<sub>10</sub> 的工业化生产提供理论依据。结果表明, 丙酮研磨的最佳料液比为 1 : 4, 石油醚萃取的最佳条件为料液比 1 : 6、温度 85 °C、时间 75 min, 在此条件下辅酶 Q<sub>10</sub> 的提取量达到最大, 为 40.771 μg/g。

**关键词:** 麸皮; 丙酮研磨; 提取; 辅酶 Q<sub>10</sub>

**中图分类号:** Q814.1   **文献标志码:** A   **文章编号:** 1004-3268(2013)02-0149-03

## Study on the Technology for Extracting Coenzyme Q<sub>10</sub> from Wheat Bran by Acetone Method

WANG Li-xia<sup>1</sup>, LIU Kun<sup>2</sup>, ZHANG Xiu-yuan<sup>1</sup>, SHI Zhong-lin<sup>1</sup>

(1. College of Agriculture and Forestry, Hebei North University, Zhangjiakou 075000, China;  
2. Supervision Inspection Center of Zhangjiakou Food Quality Safety, Zhangjiakou 075000, China)

**Abstract:** Coenzyme Q<sub>10</sub> was extracted from wheat bran with acetone and petroleum ether. The optimum extraction conditions were investigated by analyzing the extraction yield of coenzyme Q<sub>10</sub> under different extraction conditions, and optimized by orthogonal design based on three factors ratio of material to petroleum ether, extraction temperature and time. The results showed that the optimum ratio of wheat bran to acetone was 1 : 4, ratio of crude extract of coenzyme Q<sub>10</sub> to petroleum ether was 1 : 6, extraction temperature was 85 °C, extraction time was 75 min; under the optimum conditions, the extraction yield of coenzyme Q<sub>10</sub> was 40.771 μg/g.

**Key words:** wheat bran; acetone; extraction; coenzyme Q<sub>10</sub>

辅酶 Q<sub>10</sub>, 又称泛醌, 广泛存在于动物、植物和微生物中。辅酶 Q<sub>10</sub> 因具有特殊的结构, 故能在细胞内与线粒体内膜结合, 成为呼吸链中重要的递氢体。辅酶 Q<sub>10</sub> 是细胞自身产生的天然抗氧化剂和细胞代谢激活剂, 它能影响某些酶的三维结构, 直接参与这些酶的生化活动。临床试验和近年来的研究表明, 辅酶 Q<sub>10</sub> 可以改善和治疗充血性心力衰竭、高血压、神经系统和皮肤性疾病, 因此被广泛应用于医药保健品和美容化妆品中<sup>[1-2]</sup>。

目前, 世界市场对辅酶 Q<sub>10</sub> 原料的需求量已经

达到 400 t/a, 并且每年仍以 10% 的速度增长<sup>[3]</sup>, 从辅酶 Q<sub>10</sub> 的未来发展空间上分析, 其在保健品和食品医药方面的应用将是提高辅酶 Q<sub>10</sub> 市场需求的主要源动力。我国每年从国外进口辅酶 Q<sub>10</sub> 约 10 t, 其国内市场价格约为 18 000 元/kg。为了减少辅酶 Q<sub>10</sub> 的国外进口量, 降低成本, 在我国开展辅酶 Q<sub>10</sub> 的相关研究具有十分重要的现实意义, 并且其未来发展空间十分宽广。

辅酶 Q<sub>10</sub> 的制备方法主要有化学合成法、微生物发酵法、动植物组织提取法。其中, 动植物组织提

收稿日期: 2012-08-27

作者简介: 王丽霞(1981-), 河北怀安人, 女, 讲师, 硕士, 主要从事食品加工技术方面的研究。

E-mail: wanglixia04216@163.com

取法又包括丙酮研磨提取法、乙醇浸提法、碱皂化法等。对动植物组织提取法进行比较研究发现,丙酮研磨提取法方法简单、反应速度快,而且提取辅酶 Q<sub>10</sub>的效率最高<sup>[4]</sup>。麦麸作为小麦加工面粉的副产品,含有较高的辅酶 Q<sub>10</sub>。因此,本研究采用丙酮研磨提取法提取麸皮中的辅酶 Q<sub>10</sub>,并摸索出辅酶 Q<sub>10</sub>的最佳提取条件,旨在为其工业化生产提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料和仪器

供试材料为上一年无病害小麦经过机械磨粉后所剩的无鼠虫侵蚀麸皮,试剂为丙酮(分析纯,99.9%)、石油醚(分析纯)、无水乙醇,仪器为 HH-S 数显恒温水浴锅、752 型紫外分光光度计。

### 1.2 试验方法

1.2.1 丙酮研磨法提取麸皮中辅酶 Q<sub>10</sub>的工艺流程 料液混合→研磨→石油醚萃取→获得提取物辅酶 Q<sub>10</sub>→分光光度测定辅酶 Q<sub>10</sub>含量。

#### 1.2.2 辅酶 Q<sub>10</sub>的提取

1.2.2.1 粗提取 称取 2 g 用组织捣碎机捣碎的麦麸与丙酮按比例(1:2、1:3、1:4、1:5、1:6)(m/V)混合,室温(25℃),研磨 5 min,获得辅酶 Q<sub>10</sub>粗提物。

1.2.2.2 萃取 按照索氏抽提方法<sup>[5]</sup>称取 2 g 辅酶 Q<sub>10</sub>粗提物与石油醚按不同的料液比例(1:3、1:5、1:7、1:9、1:11)(m/V)混合,在设定温度(70、75、80、85、90℃)下回流一段时间(50、60、70、80、90 min),然后过滤,得滤液。

1.2.3 辅酶 Q<sub>10</sub>含量的测定 参照文献<sup>[6]</sup>中的方法将萃取液经过加热浓缩后用无水乙醇溶解并定容至 10 mL,测定之前将其用蒸馏水稀释。取稀释后的溶液各 3 mL 在 275 nm 波长下测定氧化型辅酶 Q<sub>10</sub>的吸光度(A<sub>1</sub>),然后加入 0.1 mL 7 g/L 的硼氢化钠溶液使辅酶 Q<sub>10</sub>充分还原,然后在同一波长下测定还原型辅酶 Q<sub>10</sub>吸光度(A<sub>2</sub>),均以无水乙醇作为空白对照。辅酶 Q<sub>10</sub>含量的计算公式为  $W = (A_1 - A_2) \times 10^6 \times n / 142 \times S$ ,其中, W 为每克材料中辅酶 Q<sub>10</sub>的含量(μg); n 为稀释倍数; S 为麸皮组织鲜质量(g); 142 为 275 nm 波长下 10 g/L 的辅酶 Q<sub>10</sub>无水乙醇溶液中氧化型和还原型辅酶 Q<sub>10</sub>吸光度之差。

1.2.4 正交试验设计 在单因素试验的基础上,采用 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交试验设计,对石油醚萃取料液比(A)、萃取温度(B)、萃取时间(C)进行三因素三水平的正

交试验,确定最佳萃取条件组合。

## 2 结果与分析

### 2.1 丙酮研磨料液比对辅酶 Q<sub>10</sub>粗提物提取量的影响

如图 1 所示,随着丙酮研磨料液比(麸皮:丙酮)的减小,辅酶 Q<sub>10</sub>粗提物的提取量呈先增加后降低的趋势。当料液比为 1:4 时,辅酶 Q<sub>10</sub>粗提物的提取量最大,这与吕春茂等<sup>[4]</sup>所报道的最佳料液比为 1:3 有所不同;当料液比小于 1:4 时,辅酶 Q<sub>10</sub>粗提物的提取量呈下降趋势。这是因为适当地增加提取溶剂丙酮溶液有助于辅酶 Q<sub>10</sub>与丙酮溶液的充分接触,从而促进其溶解;但是过度增加丙酮溶液,延长了丙酮的挥发时间,从而增加了辅酶 Q<sub>10</sub>在外暴露的时间,致使其发生分解。由此可见,丙酮研磨的最佳料液比为 1:4。

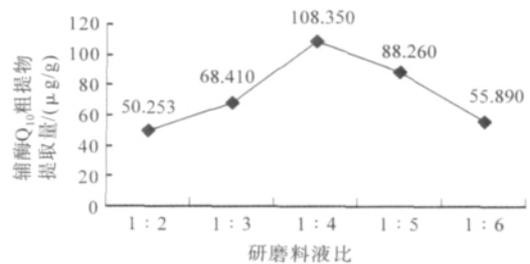


图 1 丙酮研磨料液比(麸皮:丙酮)对辅酶 Q<sub>10</sub>粗提物提取量的影响

### 2.2 石油醚萃取料液比对辅酶 Q<sub>10</sub>提取量的影响

在丙酮研磨料液比为 1:4、萃取温度 90℃、萃取时间 90 min 的条件下,研究石油醚萃取料液比(辅酶 Q<sub>10</sub>粗提物:石油醚)对辅酶 Q<sub>10</sub>提取量的影响。如图 2 所示,随着萃取料液比的减小,辅酶 Q<sub>10</sub>的提取量呈先增加后降低的趋势。当萃取料液比为 1:5 时,辅酶 Q<sub>10</sub>的提取量最大。当萃取料液比小于 1:5 时,辅酶 Q<sub>10</sub>的提取量呈下降趋势,这可能是由于在长时间的高温萃取条件下,过度增加石油醚的量会使其他可溶性物质被溶解萃取,这些可溶性物质会影响对辅酶 Q<sub>10</sub>的提取效果。因此,石油醚萃取的最佳料液比为 1:5。

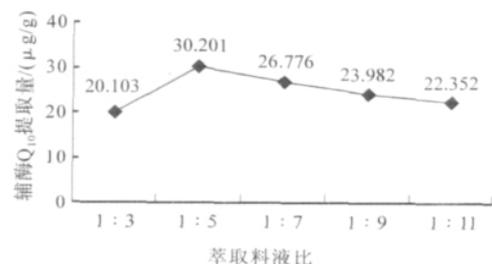


图 2 石油醚萃取料液比(辅酶 Q<sub>10</sub>粗提物:石油醚)对辅酶 Q<sub>10</sub>提取量的影响

### 2.3 石油醚萃取温度对辅酶 Q<sub>10</sub>提取量的影响

在丙酮研磨料液比为 1:4、萃取料液比为 1:5、萃取时间 90 min 的条件下,研究石油醚萃取温度对辅酶 Q<sub>10</sub>提取量的影响。从图 3 可以看出,当提取温度低于 85 °C 时,随着萃取温度的升高,辅酶 Q<sub>10</sub>的提取量也随之上升;但当萃取温度超过 85 °C 后,辅酶 Q<sub>10</sub>的提取量随萃取温度的升高呈下降趋势,这可能是由于辅酶 Q<sub>10</sub>在高温条件下发生了氧化降解。因此,石油醚萃取温度以 85 °C 为宜。

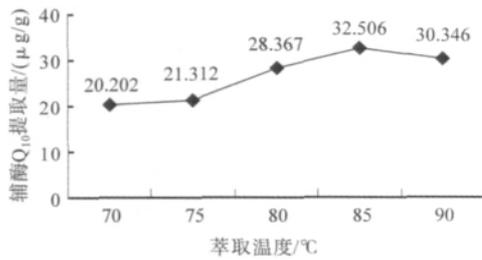


图3 石油醚萃取温度对辅酶 Q<sub>10</sub>提取量的影响

### 2.4 石油醚萃取时间对辅酶 Q<sub>10</sub>提取量的影响

在丙酮研磨料液比为 1:4、萃取料液比为 1:5、萃取温度 85 °C 的条件下,研究石油醚萃取时间对辅酶 Q<sub>10</sub>提取量的影响。图 4 表明,在前 80 min 内,随着石油醚萃取时间的延长,辅酶 Q<sub>10</sub>提取量也随之增加;但当萃取时间超过 80 min 后,辅酶 Q<sub>10</sub>提取量出现下降趋势,这可能是由于萃取时间较长,辅酶 Q<sub>10</sub>发生了氧化降解。因此,本研究选择萃取时间为 80 min。

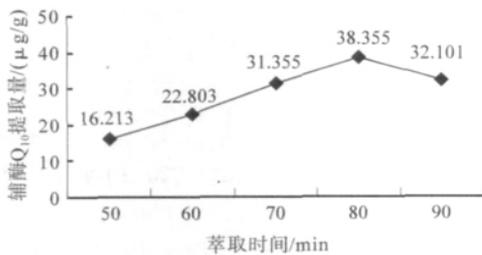


图4 石油醚萃取时间对辅酶 Q<sub>10</sub>提取量的影响

### 2.5 丙酮研磨提取辅酶 Q<sub>10</sub>工艺的正交试验优化

根据单因素试验的结果,设置各因素水平进行正交试验(表 1)。由表 1 可以看出, $R_A > R_B > R_C$ ,则各因素对辅酶 Q<sub>10</sub>提取量影响的大小顺序为  $A > B > C$ ,即萃取料液比对辅酶 Q<sub>10</sub>提取量的影响最大,其次是萃取时间,萃取温度影响最小。石油醚萃取的最佳料液比为 1:6、温度为 85 °C、时间为 75 min,在此条件下辅酶 Q<sub>10</sub>的提取量最大,为 40.771 μg/g。

表 1 石油醚萃取辅酶 Q<sub>10</sub>条件的正交试验设计及结果

试验号	料液比 (A)	萃取温度 (B)/°C	萃取时间 (C)/min	提取量/(μg/g)
1	1:4	80	75	10.323
2	1:4	85	80	16.900
3	1:4	90	85	24.786
4	1:5	80	80	18.343
5	1:5	85	85	27.502
6	1:5	90	75	32.772
7	1:6	80	85	21.223
8	1:6	85	75	40.771
9	1:6	90	80	34.356
K <sub>1</sub>	52.009	49.889	83.866	
K <sub>2</sub>	78.617	85.173	62.299	
K <sub>3</sub>	96.350	91.941	73.511	
R	14.751	14.041	7.189	

## 3 结论与讨论

在试验过程中,由于不同时间实验室温度有差异,致使丙酮溶液挥发程度不同,从而影响研磨过程中丙酮溶液的含量,进而影响辅酶 Q<sub>10</sub>的提取量<sup>[7]</sup>。在不同批次试验材料的试验中,可能由于麸皮组织的生理状态不同导致辅酶 Q<sub>10</sub>含量存在一定差异,但同一批次试验材料的试验具有可比性<sup>[8]</sup>。

本研究结果表明,丙酮研磨有利于组织细胞的破碎,用丙酮研磨法提取辅酶 Q<sub>10</sub>的最佳工艺参数是:丙酮和麸皮的料液比为 1:4,石油醚与辅酶 Q<sub>10</sub>粗提物的料液比为 1:6,萃取温度为 85 °C,萃取时间为 75 min,在此条件下辅酶 Q<sub>10</sub>的提取量最大,为 40.771 μg/g。

#### 参考文献:

- [1] 王春林. 中国大豆辅酶 Q<sub>10</sub>的提取、分离和鉴定[J]. 中国医药工业杂志,1996,27(3):102-104.
- [2] 余晓雷,王根华. 辅酶 Q<sub>10</sub>的纯化及鉴定方法研究[J]. 食品研究与开发,2004,25(2):129-131.
- [3] 王宗德,曾卫明. 辅酶 Q<sub>10</sub>提取分离和测定的研究现状[J]. 江西林业科技,1999,27(4):21-24.
- [4] 吕春茂,李英华,安艳秋,等. 辅酶 Q<sub>10</sub>几种提取工艺的优化研究[J]. 食品科学,2007,28(12):132-135.
- [5] 康臻. 食品分析与检验[M]. 北京:中国轻工业出版社,2008:73-74.
- [6] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 2部. 北京:化学工业出版社,2005:689.
- [7] 陈仁悼. 营养保健食品[M]. 北京:中国轻工业出版社,2002:273-451.
- [8] 吴祖芳,翁佩芳,陈坚. 辅酶 Q<sub>10</sub>的功能研究进展[J]. 宁波大学学报:理工版,2001,14(2):85-88.