

# 酶为介质有机溶剂提取万寿菊花中叶黄素的工艺研究

李大婧<sup>1,2</sup>, 刘春泉<sup>1\*</sup>, 方桂珍<sup>3</sup>

(1. 江苏省农业科学院原子能农业利用研究所, 南京 210014; 2. 东北林业大学林学院, 哈尔滨 150040;

3. 东北林业大学材料科学与工程学院, 哈尔滨 150040)

**摘要:** 以万寿菊 (*Tagetes erecta*) 花粉为为原料, 采用液态纤维素酶处理和有机溶剂萃取同时进行的方法提取叶黄素, 研究并优化此过程的工艺条件。试验结果表明: 酶为介质有机溶剂提取万寿菊花中叶黄素工艺条件受多种因素影响, 其中提取时间、萃取前保温时间、酶浓度、搅拌速度对提取过程影响较大。确定酶法提取较适宜的工艺条件为: 2.000 g 粒度 60 目的万寿菊花粉末、液态纤维素酶浓度为 7% (m/m)、液料比为 20:1、萃取前保温时间为 1.5 h、搅拌速度为 700 r/min、提取时间为 3 h, 对此工艺条件进行验证叶黄素提取率可达 92.37%。而单纯的有机溶剂法叶黄素提取率仅为 77.53%, 此方法明显优于单纯的有机溶剂法。

**关键词:** 万寿菊花; 叶黄素; 纤维素酶; 提取工艺

**中图分类号:** TS201.1; Q562

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2007)5-0232-05

李大婧, 刘春泉, 方桂珍. 酶为介质有机溶剂提取万寿菊花中叶黄素的工艺研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(5): 232-236.

Li Dajing, Liu Chunquan, Fang Guizhen. Enzyme-mediated organic solvent extraction of lutein from marigold flower (*Tagetes erecta*) [J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(5): 232-236. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

万寿菊(marigold, 拉丁学名 *Tagetes erecta* L.) 为菊科万寿菊属植物, 原产于墨西哥, 目前我国黑龙江、新疆、云南、山东等地已大规模种植。由于其花瓣叶黄素含量较高, 成为工业化生产叶黄素的良好原料来源。在常见类胡萝卜素来源的植物中, 万寿菊花叶黄素(lutein)含量最高, 占花中总类胡萝卜素的 85%<sup>[1]</sup>。万寿菊花中绝大多数叶黄素以与月桂酸、肉豆蔻酸、棕榈酸和硬脂酸结合生成叶黄素酯的形式存在, 叶黄素酯在体内代谢可转化为叶黄素。目前研究认为增加叶黄素的摄入量, 可以有效预防老年性黄斑退化病和白内障等疾病的发生<sup>[2]</sup>, 减少乳腺癌和前列腺癌的患病几率<sup>[3]</sup>。由于叶黄素的诸多生理功能, 已成为功能食品领域研究的新热点。

万寿菊花中叶黄素的提取一般采用有机溶剂法, 常用正己烷作为溶剂。作者曾采用超声波技术辅助正己烷、石油醚强化提取叶黄素<sup>[4,5]</sup>; 王振等<sup>[6]</sup>采用四氢呋喃

作为溶剂, 研究了万寿菊中叶黄素的同時提取皂化工艺; 也有超声波强化乙醇提取叶黄素的报道<sup>[7]</sup>。近些年, 由于纤维素酶可以破坏植物细胞壁, 使萃取时细胞内的物质更多暴露出来, 在天然产物开发领域得到广泛应用<sup>[8-10]</sup>。在万寿菊花叶黄素的传统生产方法中由于青贮、烘干工序叶黄素氧化损失较多, 有机溶剂提取过程效率较低, 人们开始用条件温和的酶法降解植物细胞壁<sup>[11]</sup>。Matoushek 研究万寿菊鲜花先用纤维素酶处理 16 h, 再用有机溶剂(氯仿或正己烷)萃取, 和无酶的对照组比较, 产量提高 36%<sup>[12]</sup>。Delgado-Vargas 和 Paredes-Lopez 研究水相酶法处理万寿菊花粉末、再用有机溶剂提取, 与无酶对照组(11.4 g/kg)比较, 类胡萝卜素产量显著增加, 高达 24.7 g/kg<sup>[13]</sup>。但由于反应时间过长, 溶剂萃取前需去除酶处理过程大量的水分, 增加生产能耗, 使上述方法在实际应用中受限。以万寿菊花粉末为原料, 采用酶反应和有机溶剂萃取同时进行的方法提取叶黄素, 在国内外还未见报道。因此, 本研究提出一种液态纤维素酶处理和溶剂萃取同时进行提取叶黄素的方法, 在有少量水存在的酶-水-有机溶剂共存体系中提取叶黄素, 探讨合理的工艺条件, 为工业化酶法提取万寿菊花中叶黄素提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验原料、仪器与试剂

原料: 万寿菊, 丰富系列橙色品种, 江苏省农业科学院原子能农业利用研究所提供。

收稿日期: 2006-06-10 修订日期: 2007-05-06

基金项目: 江苏省科技攻关项目(BG2006319); 江苏省农业科学院科研基金资助项目(6110537)

作者简介: 李大婧(1976-), 女, 黑龙江肇东人, 博士, 主要从事天然产物方面的研究。南京 江苏省农业科学院原子能农业利用研究所, 210014。Email: lidajing@163.com

\*通讯作者: 刘春泉(1959-), 男, 江苏南通人, 研究员, 主要从事天然产物方面的研究。南京 江苏省农业科学院原子能农业利用研究所, 210014。Email: lcq@js001.com.cn

仪器: LGJ-12 真空冷冻干燥机(北京松源华兴科技发展有限公司)、RE52CS 旋转蒸发仪(上海亚荣仪器厂)、CP224 电子分析天平(北京赛多利斯天平有限公司)、722S 型分光光度计(上海棱光科学仪器有限公司)、LD4-2 离心机(北京医用离心机厂)、101A-2 数显电热鼓风干燥箱(上海浦东荣丰科学仪器有限公司)、PHS-25 酸度计(上海虹益仪器仪表有限公司)、85-2A 恒温磁力搅拌器(江苏省金坛市荣华仪器制造有限公司)、SK-1 快速混匀器(江苏金坛医疗仪器厂)

试剂: 正己烷为分析纯。液态纤维素酶(和氏璧生物技术有限公司, 酶活力 18000 U/mL)。

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 原料的预处理

摘取万寿菊鲜花, 冷冻干燥、粉碎后, 制成万寿菊花粉末, 低温、避光保存以备。

### 1.2.2 酶为介质有机溶剂提取叶黄素的试验

将添加量为万寿菊花粉末原料量 7% (m/m) 的液态纤维素酶溶于 12.4 mL 去离子水中(添加的水量是经过预试验确定的, 刚好能与 2 g 万寿菊花粉末混合浸润, 水量多或少都将影响提取效果), 配制酶溶液。精确称取不同粒度万寿菊花粉末 2.000 g 置于锥形瓶中, 与酶溶液(pH 4.80)充分混合浸润, 50℃保温一段时间后, 一定温度下加入一定体积正己烷萃取, 达到设定时间后, 提取液于 4000 r/min 离心分离 10 min, 定容到 100 mL, 测定吸光值。第一次提取后, 萃取物加入新的等量溶剂重复提取, 如此重复 2~3 次至提取液无色, 测定叶黄素的吸光值。对照组直接用正己烷提取, 不加酶。分别考察原料粒度、酶浓度、料液比、搅拌速度、提取前保温时间、提取时间、提取温度对叶黄素提取效果的影响, 并在此基础上优化工艺条件。所有试验重复 3 次。

### 1.2.3 分析方法

叶黄素的测定采用分光光度法。用紫外可见光分光光度计测定叶黄素在 445 nm 处的吸光值, 按如下公式计算叶黄素含量<sup>[14, 15]</sup>; 提取率为第一次提取的叶黄素量与叶黄素总量的比值。

$$X = A_y / (A_{1\text{cm}}^{1\%} \times 100)$$

式中  $X$ ——叶黄素的量, g;  $A$ ——固定波长下样品吸收值;  $A_{1\text{cm}}^{1\%}$ ——比吸收系数(= 比消光系数  $\epsilon_{1\text{cm}}^{1\%}$ ), 正己烷液中叶黄素的值为 2589;  $y$ ——样品总体积, mL。

## 2 结果与分析

### 2.1 原料粒度对叶黄素提取效果的影响

分别取粒度为 20~40、40~60、60~80 和 80~100 目的万寿菊花粉末 2 g, 以 7% 液态纤维素酶 50℃酶解

保温 1 h, 加入 54 mL 正己烷, 在 45℃以 500 r/min 提取 5 h, 研究不同粒度万寿菊花粉末中叶黄素的提取效果, 结果见图 1。万寿菊粒度越细, 叶黄素吸光度值越高, 叶黄素含量越高。万寿菊粒度在 60 目以下时, 提取出叶黄素的含量较低; 粒度超过 60 目时, 叶黄素含量略有增加, 但并不明显。由于原料粒度越高, 生产时所需能耗越大, 万寿菊花粉末损耗多, 综合考虑, 酶法提取时万寿菊花粉碎粒度应选 60 目为宜。

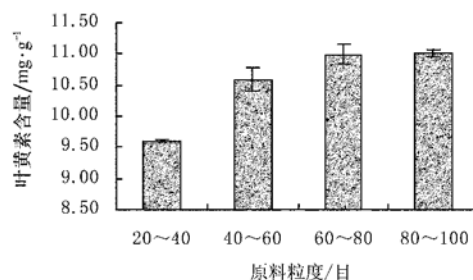


图1 原料粒度对叶黄素提取效果的影响

Fig.1 Effects of material granularity on lutein extraction

### 2.2 酶浓度对叶黄素提取率的影响

取 2 g 粉碎粒度 60 目以上的万寿菊花粉末(以下同), 以不同浓度的液态纤维素酶(分别为 1%、3%、5%、7%) 50℃酶解保温 1 h, 加入 54 mL 正己烷, 在 45℃以 500 r/min 提取 5 h, 考察不同酶浓度对万寿菊花粉末中叶黄素提取率的影响, 结果见图 2。

由图 2 发现, 纤维素酶浓度对叶黄素的提取率有一定影响, 当少量的纤维素酶作用于万寿菊花粉时, 对细胞壁的降解效果较差; 酶浓度超过 3% 时, 降解效果较好, 叶黄素提取率较高。从大规模工业化生产的角度, 酶浓度宜选 3%。但是, 酶浓度为 3%、5%、7% 时, 叶黄素的提取率分别为 82.89%、83.63%、84.21%, 略有增加, 为保证试验中酶始终具有较高活性并获得较高的叶黄素提取率, 在下面的单因素试验中酶浓度暂定为 7%, 这与正交试验中酶浓度略高叶黄素的提取率也略高相一致。

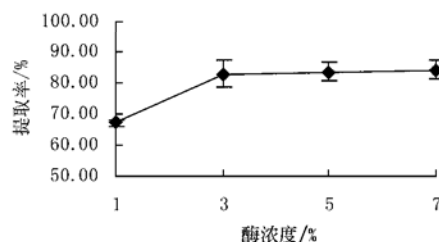


图2 酶浓度对叶黄素提取率的影响

Fig.2 Effects of enzyme concentration on extraction yield of lutein

### 2.3 搅拌速度对叶黄素提取率的影响

取 2 g 花粉末, 以 7% 液态纤维素酶 50℃ 分别酶解保温 1 h, 加入 54 mL 正己烷, 在 45℃ 分别以 300、500、700、900 r/min 提取 5 h, 考察提取时不同搅拌速度对万寿菊花粉末中叶黄素提取率的影响, 结果见图 3。搅拌速度对万寿菊叶黄素的提取有较大影响, 开始随着搅拌速度的增加, 提取率明显增加, 搅拌速度达 700 r/min 时, 提取率达 94.88%, 大部分叶黄素被提取出来; 搅拌速度继续增加达 900 r/min 时, 搅拌强度较大, 叶黄素损失较多, 提取率下降, 同时对试验设备要求较高, 因此搅拌速度选择 700 r/min 为宜。

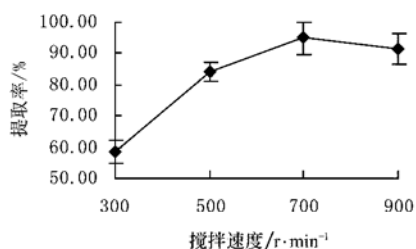


图 3 搅拌速度对叶黄素提取率的影响

Fig. 3 Effects of agitation rate on extraction yield of lutein

### 2.4 提取时间对叶黄素提取率的影响

取 2 g 花粉末, 以 7% 液态纤维素酶 50℃ 分别酶解保温 1 h, 加入 54 mL 正己烷, 在 45℃ 分别以 700 r/min 提取 1、2、3、4、5 h, 考察不同提取时间对万寿菊花粉末中叶黄素提取率的影响, 结果见图 4。随着提取时间的增加, 提取率逐渐增加, 提取 3 h 时提取率达 88.01%, 5 h 时达 94.88%, 大部分叶黄素被提取出来, 提取效果较好。由于提取 5 h 时间过长, 搅拌等能耗增加, 而提取 3 h 时提取率也能满足要求, 尤其对大规模工业化生产, 可提高效率, 缩短生产周期, 综合考虑, 在下面的试验中提取时间暂定为 3 h。

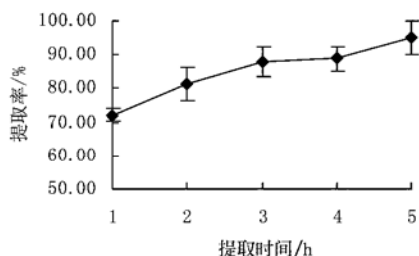


图 4 提取时间对叶黄素提取率的影响

Fig. 4 Effects of extraction time on extraction yield of lutein

### 2.5 保温时间对叶黄素提取率的影响

取 2 g 花粉末, 以 7% 液态纤维素酶 50℃ 分别酶解保温 0、0.5、1、1.5、2 h, 加入 54 mL 正己烷, 在 45℃ 以

700 r/min 提取 3 h, 考察提取前不同保温时间对万寿菊花粉末中叶黄素提取率的影响, 结果见图 5, 没有酶解保温步骤, 叶黄素提取效果很差, 纤维素酶不能充分发挥降解作用; 随着保温时间的增加, 提取率逐渐增加, 当达到 1.5 h 时, 提取率达 90.91%, 保温时间继续增加, 提取率变化不大, 这说明保温时间为 1.5 h 时, 纤维素酶可以充分降解细胞壁, 叶黄素提取效果较好。

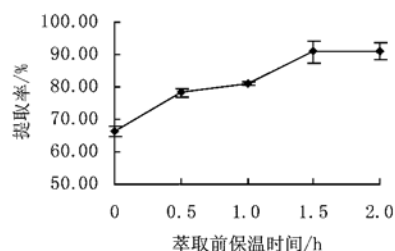


图 5 萃取前保温时间对叶黄素提取率的影响

Fig. 5 Effects of incubation time previous to extraction on extraction yield of lutein

### 2.6 液料比对叶黄素提取率的影响

取 2 g 花粉末, 以 7% 液态纤维素酶 50℃ 分别酶解保温 1.5 h, 液料比分别为 15、20、25、30 加入正己烷, 在 45℃ 分别以 700 r/min 提取 3 h, 考察提取时不同液料比对万寿菊花粉末中叶黄素提取率的影响, 结果见图 6。

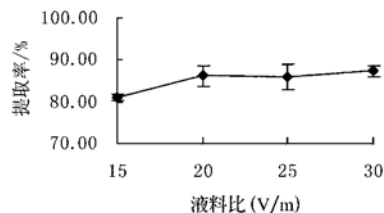


图 6 液料比对叶黄素提取率的影响

Fig. 6 Effects of ratio of liquid to material on extraction yield of lutein

由图 6 发现, 不同液料比对万寿菊花中类胡萝卜的提取效果影响不大, 液料比为 15, 提取率相对较低; 当液料比在 20~30 的范围内时, 提取率变化不大, 因此可以确定提取时液料比在 20 即可。

### 2.7 提取温度对叶黄素提取率的影响

取 2 g 花粉末, 以 7% 液态纤维素酶 50℃ 分别酶解保温 1.5 h, 加入 54 mL 正己烷, 在 20、28、36、44、52℃ 分别以 700 r/min 提取 3 h, 考察不同提取温度对万寿菊花粉末中叶黄素提取率的影响, 结果见图 7。提取温度 20、28、36、44、52℃ 时, 提取率在 85%~92% 之间变化, 但变化并不明显。

### 2.8 酶为介质有机溶剂提取叶黄素工艺条件优化

根据单因素试验结果, 以 60 目的万寿菊花粉末为

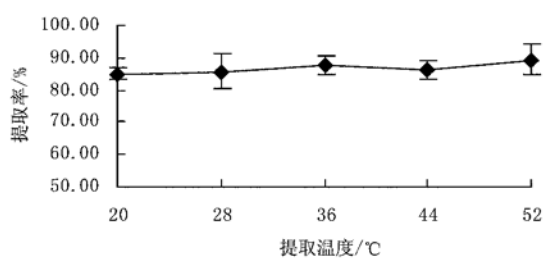


图7 提取温度对叶黄素提取率的影响  
Fig. 7 Effects of extraction temperature on extraction yield of lutein

原料,在液料比为20的条件下,设计如表1所示的因素水平进行正交试验。为提高生产效率,保温时间范围定在0~1.5 h。由于单因素试验中发现搅拌速度大于800 r/min时,搅拌强度大,试验条件不容易控制,不宜于放大生产,同时将转速条件进一步细化,因此搅拌速度水平选择在400~700 r/min的范围。试验结果极差和方差分析见表2、表3(表2中的提取率为3次试验结果的平均值)。

表1 酶为介质-有机溶剂提取叶黄素正交试验因素水平表

Table 1 Factors and levels of orthogonal experiment on lutein extraction with enzymed-mediated organic solvent

水平	因 素				
	A 酶浓度 /%	B 搅拌速度 /r·min <sup>-1</sup>	C 保温时间 /h	D 提取时间 /h	E 提取温度 /°C
1	1	400	0	1	28
2	3	500	0.5	2	36
3	5	600	1	3	44
4	7	700	1.5	4	52

对正交试验结果进行极差分析,确定5因素极差由大到小依次为提取时间(11.76)、提取前保温时间(9.63)、酶浓度(6.84)、搅拌速度(6.79)、提取温度(3.26)。对正交试验结果进行方差分析, $F_{0.05}(3,3) = 9.28$ ,提取时间 $F_D > 9.28$ ,萃取前保温时间 $F_C > 9.28$ ,表示提取时间和萃取前保温时间对叶黄素提取率有显著影响;方差分析中酶浓度 $F_A$ 、搅拌速度 $F_B$ 在0.05水平不显著,但试验中发现它们对叶黄素提取率也有一定影响,当酶浓度和搅拌速率较高时,叶黄素提取效果较好;提取温度值 $F_E$ 较小,对叶黄素提取率影响不大,这也与添加的纤维素酶在30~60°C的温度范围内都能保持其活力有关。所以为节省能耗,选择常温提取即可。根据表2中极差分析结果,可以确定酶为介质有机溶剂提取叶黄素的最优条件是酶浓度7%、搅拌速度700 r/min、萃取前保温时间1.5 h、提取时间3 h。在对工艺参数进行验证时,在30°C采用上述提取条件,绝大

部分叶黄素已被提出,叶黄素的提取率可达92.37%。

表2 酶为介质-有机溶剂提取叶黄素正交试验结果

Table 2 Results of orthogonal experiment on enzyme-mediated organic solvent extraction of lutein

序号	A 酶浓度	B 搅拌速度	C 保温时间	D 提取时间	E 提取温度	提取率 /%
1	1	1	1	1	1	57.38
2	1	2	2	2	2	72.91
3	1	3	3	3	3	78.73
4	1	4	4	4	4	81.29
5	2	1	2	3	4	78.36
6	2	2	1	4	3	74.27
7	2	3	4	1	2	74.42
8	2	4	3	2	1	78.07
9	3	1	3	4	2	79.28
10	3	2	4	3	1	86.48
11	3	3	1	2	4	64.77
12	3	4	2	1	3	75.58
13	4	1	4	2	3	76.27
14	4	2	3	1	4	72.66
15	4	3	2	4	1	85.23
16	4	4	1	3	2	83.52
$K_1$	217.73	218.47	209.96	210.03	230.37	
$K_2$	228.84	229.74	234.06	219.02	232.60	
$K_3$	229.58	227.36	231.56	245.32	228.64	
$K_4$	238.26	238.85	238.85	240.05	222.81	
$k_1$	72.58	72.82	69.99	70.01	76.79	
$k_2$	76.28	76.58	78.02	73.01	77.53	
$k_3$	76.53	75.79	77.19	81.77	76.21	
$k_4$	79.42	79.62	79.62	80.02	74.27	
$R$	6.84	6.79	9.63	11.76	3.26	

表3 试验结果的方差分析及显著性检验

Table 3 Variance analysis of experiment results and significance test

方差来源	偏差平方和	自由度	$F$	$F_{0.05}$	显著性
A	94.42	3	4.04	9.28	
B	93.54	3	4.00	9.28	
C	218.28	3	9.33	9.28	*
D	376.60	3	16.10	9.28	*
E	23.40	3	1.00	9.28	
误差	23.39	3			

\*: 因子对性能在0.05水平上的影响显著性。

## 2.9 酶为介质有机溶剂提取法与有机溶剂提取法的比较

采用酶为介质有机溶剂提取法与有机溶剂法对叶黄素提取效果进行比较。以万寿菊花粉末为原料,在上述酶法优选工艺条件下,验证试验中叶黄素的提取率可达92.37%,而以不加酶直接用正己烷提取的有机溶剂组叶黄素的提取率仅为77.53%,提取效果差,不能把绝大多数叶黄素提取出。这说明液态纤维素酶能较好地降解植物细胞壁,使万寿菊花粉末中更多的叶黄素释放

出来。

### 3 结 论

由于在有机溶剂提取方法中叶黄素的提取率较低,本试验提出一种酶处理和溶剂萃取同时进行的方法生产叶黄素。试验结果表明,酶为介质有机溶剂提取万寿菊中叶黄素工艺条件受多种因素影响,如原料粒度、酶浓度、料液比、提取前保温时间、搅拌速度、提取时间、提取温度等,其中提取时间、萃取前保温时间、酶浓度、搅拌速度对叶黄素提取率影响较大。确定酶为介质有机溶剂提取叶黄素较适宜的工艺条件为:2.000 g 粒度 60 目的万寿菊花粉末、酶浓度为 7% (m/m)、液料比为 20、萃取前保温时间为 1.5 h、搅拌速度为 700 r/min、提取时间为 3 h,对此工艺条件进行验证叶黄素提取率可达 92.37%。而单纯的有机溶剂法叶黄素提取率仅为 77.53%,此方法明显优于单纯的有机溶剂法。

#### [参 考 文 献]

- [1] Hadden W L, Watkins R H, Levy L W, et al. Carotenoids composition of marigold (*Tagetes erecta*) flower extract used as nutritional supplement[J]. J Agric Food Chem, 1999, 47(10): 4189–4194.
- [2] Delcourt C, Carriere I, Delage M, et al. Plasma lutein and zeaxanthin and other carotenoids as modifiable risk factors for age-related maculopathy and cataract: the POLA Study[J]. Investigative Ophthalmology & Visual Science, 2006, 47(6): 2329–2335.
- [3] Krinsky N I. Possible biologic mechanisms for a protective role of xanthophylls[J]. J Nutr, 2002, 132(3): 540S–542S.
- [4] 李大婧, 方桂珍, 刘春泉. 超声波强化有机溶剂提取万寿菊中叶黄素[J]. 林产化学与工业, 2006, 26(3): 127–130.
- [5] 李大婧, 刘春泉, 王振宇. 超声波法提取万寿菊花中叶黄素的工艺条件优化[J]. 江苏农业学报, 2005, 21(4): 374–377.
- [6] 王 振, 韩鲁佳, 王唯涌. 万寿菊中叶黄素的提取皂化工艺[J]. 中国农业大学学报, 2006, 11(2): 31–34.
- [7] 陈志行, 王建平, 黄创兴. 叶黄素的提取和稳定性研究 II[J]. 食品科学, 2005, 26(9): 284–288.
- [8] 章绍兵, 王 璋. 水酶法提取菜籽乳化油的工艺研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(11): 250–253.
- [9] 张黎明, 张露亿, 杜连祥. 酶解法提取葫芦巴种子中薯蓣皂苷元的工艺研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(2): 161–164.
- [10] 冯翠萍, 庞候英, 常明昌, 等. 酶法提取芦笋皮中高活性膳食纤维的研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(3): 188–191.
- [11] 李大婧, 刘春泉. 万寿菊叶黄素的提取及分析方法研究进展[J]. 食品科学, 2005, 26(9): 582–586.
- [12] Matoushek R F. Xanthophyll extraction process [P]. U.S. Patent 3, 783, 099, 1974.
- [13] Delgado-Vargas F, Paredes-Lopez O. Enzymatic treatment to enhance carotenoid content in dehydrated marigold flower meal[J]. Plant Foods Hum Nutr, 1997, 50: 163–169.
- [14] 赵文恩, 孙晓平, 时国庆, 等. 万寿菊叶黄素提取分离研究[J]. 食品科学, 2003, 24(12): 68–70.
- [15] Craft N E, Soares J H. Relative solubility, stability, and absorptivity of lutein and  $\beta$ -carotene in organic solvents[J]. J Agric Food Chem, 1992, 40: 431–434.

## Enzyme-mediated organic solvent extraction of lutein from marigold flower (*Tagetes erecta*)

Li Dajing<sup>1,2</sup>, Liu Chunquan<sup>1\*</sup>, Fang Guizhen<sup>3</sup>

(1. Institute of Application of Atomic Energy in Agriculture, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China; 2. College of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China; 3. College of Material Science and Engineering, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

**Abstract:** A technology for extracting lutein from marigold flower meal was studied by using simultaneous cellulolytic enzyme treatment and organic solvent extraction methods. The optimal conditions in the enzyme-mediated organic solvent extraction process were investigated. The results show that the primary factors which affected the enzyme-mediated organic solvent extraction are extraction time, incubation time previous to extraction, enzyme concentration and agitation rate in the extraction process in comparison with the others. The optimal conditions are as follows: 2.000 g 60 mesh marigold flower meal as material, 7% (m/m, flower meal) liquid cellulase concentration for 1.5 h incubation and 3 h extraction duration with 700 r/min agitation rate in combination with 20 : 1 (volume/weight) solvent to solid weight ratio, under which high extraction yield (92.37%) of lutein can be achieved by means of verification test. In addition, the extraction yield of lutein extracted by using single organic solvent is just 77.53% and the results suggest that the enzyme-mediated organic solvent extraction process is superior to single organic solvent extraction method.

**Key words:** marigold flower (*Tagetes erecta* L.); lutein; cellulase; extraction technology