

# 果胶酶酶法提取亚麻籽油工艺条件优化

王 恺, 田振华

(黄河水利职业技术学院 环境工程学院, 中原特色食品工程技术中心,  
开封市食品成分及质量评估重点实验室, 河南 开封 475000)

**摘要:**为提高亚麻籽油提取率,以亚麻籽为原料,采用果胶酶酶法提取亚麻籽油。采用单因素实验探讨了料液比、酶解温度、酶解时间对亚麻籽油提取率的影响,在此基础上采用响应面法对果胶酶酶法提取亚麻籽油的工艺条件进行了优化。结果表明,果胶酶酶法提取亚麻籽油的最佳工艺条件为料液比1:5、果胶酶添加量3%、酶解温度56℃、酶解时间6h,在此条件下亚麻籽油提取率为85.64%。采用果胶酶可以有效提取亚麻籽油。

**关键词:**亚麻籽油;酶法;果胶酶

中图分类号:TS225.1;TS224

文献标识码:A

文章编号:1003-7969(2022)08-0031-03

## Optimization of process conditions of extracting flaxseed oil with pectinase

WANG Kai, TIAN Zhenhua

(Kaifeng Key Laboratory of Food Composition and Quality Assessment, Central Plains Specialty  
Food Engineering & Technology Research Center, School of Environmental Engineering,  
Yellow River Conservancy Technical Institute, Kaifeng 475000, Henan, China)

**Abstract:**In order to improve the extraction rate of flaxseed oil, the oil was extracted from flaxseed by pectinase method. The effects of solid-liquid ratio, enzymatic hydrolysis temperature and enzymatic hydrolysis time on the extraction rate of flaxseed oil were investigated by single factor experiment, and on this basis, the process conditions of extracting flaxseed oil with pectinase were optimized by response surface methodology. The results showed that the optimal conditions for the extraction of flaxseed oil by pectinase method were obtained as follows: solid-liquid ratio 1:5, dosage of pectinase 3%, enzymatic hydrolysis temperature 56℃, and enzymatic hydrolysis time 6 h. Under these conditions, the extraction rate of flaxseed oil was 85.64%. Therefore, pectinase can effectively extract flaxseed oil.

**Key words:**flaxseed oil; enzymatic method; pectinase

亚麻又称胡麻,起源于远东、地中海沿岸,是一年生草本植物,按用途可分为纤维用亚麻、油用亚麻和油纤兼用亚麻三种。亚麻籽是亚麻的成熟种子,由于其含有丰富的必需脂肪酸 $\alpha$ -亚麻酸,近年来在我国主要作为油料用于食用植物油的生产加工<sup>[1-3]</sup>。

目前,从亚麻籽中提取亚麻籽油的方法主要有热榨法和溶剂浸出法,这两种方法在前处理过程中要采用高温长时间处理,油料中的蛋白质易变性,不

利于资源的再利用<sup>[4]</sup>。王文侠等<sup>[5]</sup>采用超临界二氧化碳流体萃取法提取亚麻籽油,亚麻籽油提取率高达80.18%,但所需设备昂贵,不利于大规模的工业化生产。水酶法因反应条件温和、产物综合利用高等优势而受到广泛关注。

水酶法是利用酶对植物细胞壁的降解作用,使脂多糖、脂蛋白分解,从而利于油脂释放,提高油脂的提取率。水酶法常用的生物酶有碱性蛋白酶、纤维素酶、果胶酶、 $\alpha$ -淀粉酶、木瓜蛋白酶等。采用水酶法提取亚麻籽油的相关研究较少,且在已有研究中多是采用复合酶,如陈晶等<sup>[6]</sup>利用碱性蛋白酶和复合纤维素酶提取亚麻籽油,并对提取工艺进行了研究;姚思含等<sup>[7]</sup>使用纤维素酶和果胶酶复合酶

收稿日期:2021-09-16;修回日期:2022-06-15

作者简介:王 恺(1980),男,讲师,硕士,研究方向为粮油食品加工(E-mail)84264292@qq.com。

辅助三相分离法对同时提取亚麻籽油、亚麻籽蛋白和亚麻籽胶的工艺进行了优化;张会彦等<sup>[8]</sup>采用中性蛋白酶与戊聚糖酶复合酶提取亚麻籽油,并对提取工艺进行了优化。考虑到果胶酶取材方便,提取效率高等优点,本研究采用单一果胶酶法提取亚麻籽油,通过单因素实验和响应面实验优化酶法提取条件,以期酶法提取亚麻籽油提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

脱胶亚麻籽,浙江中科中创健康科技有限公司。果胶酶(酶活 $3 \times 10^5$  U/g),南宁东恒华道生物科技有限责任公司;氢氧化钠、柠檬酸等均为分析纯试剂。

HS-9240A 电热鼓风干燥箱,FA1004 电子天平,WH-5 恒温水浴锅,SS752-500 型高速离心机,RE-2000A 旋转蒸发器。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 亚麻籽油的提取

取 50 g 脱胶亚麻籽,经粉碎机粉碎后,按照一定的料液比添加蒸馏水,用 0.1 mol/L 的柠檬酸溶液调节料液的 pH 至果胶酶最适反应 pH(约 3.5 左右),升高温度,添加一定量的果胶酶,酶解反应一定时间。酶解完成后置于 90 °C 水浴中灭酶活 10 min,冷却至室温后移至离心机中离心 20 min,收集上层清油,即得亚麻籽油。

#### 1.2.2 亚麻籽油提取率的计算

采用 GB/T 14488.1—2008 测定脱胶亚麻籽的含油率,按下式计算亚麻籽油提取率( $Y$ )。

$$Y = m_1 / (m_0 C) \times 100\% \quad (1)$$

式中: $m_1$  为亚麻籽油质量, g;  $m_0$  为脱胶亚麻籽粉质量, g;  $C$  为脱胶亚麻籽粉含油率。

## 2 结果与分析

### 2.1 亚麻籽油提取单因素实验

#### 2.1.1 料液比对提取率的影响

在果胶酶添加量 3%、酶解温度 55 °C、酶解时间 6 h 条件下,考察料液比对亚麻籽油提取率的影响,结果见图 1。

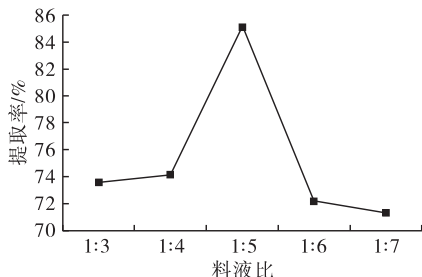


图 1 料液比对亚麻籽油提取率的影响

由图 1 可知,随着料液比的增加,亚麻籽油提取

率先增大后降低。料液比从 1:3 增加到 1:4 时,提取率增加不明显;料液比从 1:4 增加到 1:5 时,提取率陡然上升,当料液比为 1:5 时,提取率最大,这表明在一定范围内,增加水量可以明显提高提取率;料液比超过 1:5 后,提取率明显下降,这可能是因为水的过度增多,使酶的浓度降低,反应速度减慢,反应效率下降。

#### 2.1.2 酶解温度对提取率的影响

在料液比 1:5、果胶酶添加量 3%、酶解时间 6 h 条件下,考察酶解温度对亚麻籽油提取率的影响,结果见图 2。

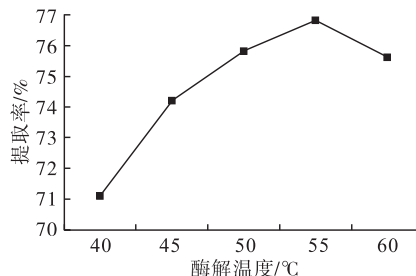


图 2 酶解温度对亚麻籽油提取率的影响

由图 2 可知,随着酶解温度的升高,亚麻籽油提取率呈先增大后降低的趋势,在 55 °C 时达最大值。这是因为酶的活性与温度息息相关,每一种酶都有其最佳活性温度范围,在本实验条件下,随着酶解温度上升,酶的活性逐渐增大,酶的催化反应速度加快,亚麻籽油提取率也呈现增长趋势,在 55 °C 之后,酶会逐渐变性失活,从而导致亚麻籽油提取率降低。

#### 2.1.3 酶解时间对提取率的影响

在料液比 1:5、果胶酶添加量 3%、酶解温度 55 °C 条件下,考察酶解时间对亚麻籽油提取率的影响,结果见图 3。

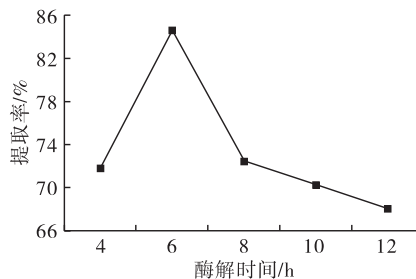


图 3 酶解时间对亚麻籽油提取率的影响

由图 3 可知,随着酶解时间的延长,亚麻籽油提取率呈先上升后下降的趋势,在提取时间 6 h 时达最高。这是因为酶解时间过长,有可能促使部分提取出来的亚麻籽油进入了乳化层,导致清油量减少,提取率反而下降<sup>[9]</sup>。

### 2.2 亚麻籽油提取响应面实验

在单因素实验的基础上,固定果胶酶添加量为

3%,以料液比(A)、酶解温度(B)及酶解时间(C)3个因素为自变量,亚麻籽油提取率(Y)为响应值,设计三因素三水平的响应面实验,优化亚麻籽油果胶酶法提取工艺条件。响应面实验因素水平见表1,响应面实验设计及结果见表2,方差分析见表3。

表1 响应面实验因素水平

水平	料液比	酶解温度/℃	酶解时间/h
-1	1:4	50	4
0	1:5	55	6
1	1:6	60	8

表2 响应面实验设计及结果

实验号	A	B	C	Y/%
1	1	1	0	84.3
2	1	-1	0	78.1
3	0	0	0	85.1
4	-1	-1	0	79.4
5	0	0	0	85.1
6	-1	0	1	82.1
7	1	0	1	84.4
8	0	-1	-1	74.7
9	0	0	0	85.1
10	0	0	0	85.1
11	0	0	0	85.1
12	0	-1	1	78.2
13	0	1	1	80.4
14	-1	0	-1	80.9
15	-1	1	0	85.0
16	0	1	-1	79.3
17	1	0	-1	80.2

表3 方差分析

来源	平方和	自由度	均方	F	p
模型	171.69	9	19.08	27.05	0.000 1
A	0.20	1	0.20	0.28	0.087 1
B	43.24	1	43.24	61.32	0.000 1
C	0.90	1	0.90	1.30	0.073 2
A <sup>2</sup>	0.46	1	0.46	0.66	0.080 5
B <sup>2</sup>	22.50	1	22.55	31.90	0.011 7
C <sup>2</sup>	14.40	1	14.40	20.40	0.019 6
AB	49.97	1	49.97	70.85	<0.000 1
AC	12.50	1	12.50	17.72	0.040 0
BC	55.94	1	55.94	79.32	<0.000 1
残差	4.94	7	0.71		
失拟项	4.82	3	1.61	57.44	0.060 0
纯误差	0.11	4	0.03		
总和	176.62	16			

注:p<0.05 差异显著,p<0.01 差异极显著

根据 Design - Expert 软件对表2 实验数据进行

拟合,得到回归方程为: $Y = 85.24 + 0.05A + 2.32B + 1.25C - 0.15AB - 0.75AC - 0.6BC + 0.11A^2 - 3.64B^2 - 3.44C^2$ 。

由表3 可以看出:该回归模型p 值小于0.01,说明回归模型差异极显著;失拟项p 值大于0.05,说明失拟项不显著,因此回归方程可靠。交互相AB、BC 的影响极显著,AC 的影响显著。3 个因素中,B 的影响极显著,而A、C 影响不显著。

通过二次多元数学模型解逆矩阵和软件 Design - Expert 建模实验分析,最终得出果胶酶法提取亚麻籽油的最佳条件为料液比1:5.26、酶解温度56.33℃、酶解时间6 h,在此条件下亚麻籽油提取率理论值为85.63%。为了便于操作,对最佳条件进行修正,确定亚麻籽油最佳提取条件为果胶酶添加量3%、料液比1:5、酶解温度56℃、酶解时间6 h。经验证实验,最佳条件下亚麻籽油提取率为85.64%。

### 3 结论

以亚麻籽为原料,采用果胶酶法提取亚麻籽油,获得最佳提取条件为果胶酶添加量3%、料液比1:5、酶解温度56℃、酶解时间6 h,此条件下亚麻籽油提取率为85.64%。说明采用果胶酶可以有效提取亚麻籽油。

### 参考文献:

- [1] 李琼,游新勇,许美娟,等.水酶法提取胡麻籽油的工艺及性质研究[J].粮食与油脂,2019,32(4):19-22.
- [2] 胡晓军.胡麻食品开发的研究综述[J].农产品加工,2017(7):42-44.
- [3] OOMAH B D. Flaxseed as a functional food source[J]. J Sci Food Agric, 2001, 81(9): 889-894.
- [4] 张志强,张海满,李晓红,等.胡麻籽油提取工艺的研究[J].青海大学学报(自然科学版),2009,27(6):7-9.
- [5] 王文侠,张慧君,任健,等.超临界二氧化碳流体萃取亚麻籽油的生产工艺研究[J].食品工业科技,2009,30(7):232-234.
- [6] 陈晶,许时婴.亚麻籽油的水酶法提取工艺的研究[J].食品工业科技,2007,28(2):151-154.
- [7] 姚思含,廖敏和,康佳欣,等.酶辅助三相分离法同时提取亚麻籽油、亚麻籽蛋白和亚麻籽胶工艺优化[J].中国油脂,2022,47(3):11-17.
- [8] 张会彦,刘壮,欧阳伶俐,等.水酶法提取胡麻籽油的工艺研究[J].中国油脂,2017,42(6):5-8.
- [9] 谭春兰,袁永俊.水酶法在植物油提取中的应用[J].食品研究与开发,2006,27(7):128-129.