

文章编号 :1009-038X(2002)05-0482-05

# 水酶法提取玉米胚油工艺

王素梅, 王 璋  
(江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214036)

**摘 要 :**对采用水酶法从玉米胚中提油的工艺及其加工参数进行了实验研究,结果表明:将玉米胚浸泡于 0.5 mol/L pH 4 的柠檬酸缓冲液中,经 100 ℃ 40 min 热处理,添加 2%(质量分数)的纤维素酶,反应 7 h,清油提取率为 78.72%,总油提取率为 88.18%。  
**关键词 :**水酶法;玉米油;加工参数;清油提取率;总油提取率  
**中图分类号 :**TS 224 **文献标识码 :**A

## Study on Aqueous Enzymatic Extraction of Corn Germ Oil

WANG Su-mei, WANG Zhang  
(School of Food Science and Technology, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China)

**Abstract :**A new technique for aqueous enzymatic extraction of corn germ oil was developed. Influence of pH and ion strength of buffer on the extraction of protein and total sugar was studied. Yield of free oil and total oil depended greatly on pH, ion strength of buffer, temperature, time of HTT(hydrothermal treatment), time of conversion, and quantity of enzyme. 79.72% free oil and 88.18% total oil were obtained when corn germ was soaked in 0.5 mol/L pH 4 citrate buffer, followed by HTT at 100 ℃ for 40 min, then hydrolyzed for 7 h by 2% cellulase.  
**Key words :**aqueous enzymatic extraction; corn germ oil; processing parameter; percent of free oil; percent of total oil

玉米胚芽是玉米淀粉及酒精工业的副产品,脂肪质量分数高达 40%~50%,是一种丰富的油料资源。玉米胚油营养价值高,含有 34%~62%(质量分数)的亚油酸和多种维生素(如 VA,VD,VE),并易被人体吸收,对动脉硬化、血管胆固醇沉积、糖尿病有预防作用,对于防止皮肤色素沉积和延缓衰老亦有作用,国外称之为“营养健康油”<sup>[3]</sup>。玉米胚乳的蛋白质主要是醇溶蛋白和谷蛋白,各占 40%左右;赖氨酸和色氨酸含量较低,是其限制性氨基酸;而胚芽中的蛋白质大部分是白蛋白和球蛋白,其氨基

酸组成与鸡蛋白相似。玉米胚蛋白具有较高的营养价值。由此可见,玉米胚芽不仅是重要的油料资源,也是很好的蛋白质资源。  
传统分离油料中油和蛋白质的方法有压榨法和浸出法。这些方法虽然出油率高,但提油后的饼粕不能利用,造成蛋白质资源的浪费,且溶剂浸出后需要脱溶剂过程,设备多,投资大,污染重。水酶法提油是一种新兴的提油方法,原料无需干燥,经酶解、离心,即可获得清油。与传统工艺相比,酶解提油工艺具有以下优点<sup>[5~9]</sup>(1)能同时分离油和

蛋白质,缩短了工艺路线(2)操作条件温和,所得油和蛋白质质量较高;(3)特别适合高水分油料<sup>[8~12]</sup>。湿法生产的玉米胚水分质量分数高达 50%,可直接用于酶解提油,而采用传统方法制油,水分质量分数必须干燥至 2%~7%。

玉米胚芽经酶解离心后,悬浮液分为 4 部分:清油、乳状液、酶解液、沉淀。一般情况下,乳状液越多,清油越少。研究表明,从乳状液破乳获得清油较困难,因此作者试图优化工艺,以提高清油提取率。

## 1 材料与方法

### 1.1 原料和试剂

玉米胚 河南荥阳淀粉厂生产;雪梅牌纤维素酶 无锡酶制剂厂提供 酶活 20 000 U/g。

### 1.2 仪器设备

YX-400A 型双层立式电热蒸气消毒器:上海三申医疗器械厂制造;LXJ-II 型离心机:上海医用分析仪器厂制造;超级恒温器:上海实验总厂制造;JB300-D 型强力电动搅拌机:上海标本模型厂制造。

### 1.3 测定方法

蛋白质测定 凯氏定氮法;脂肪测定:索氏抽提法;总糖测定:苯酚-硫酸法;清油测定:将离心后的清液于分液漏斗静置,用吸管吸取清油,称其质量。

蛋白质溶出量 =  $\frac{\text{浸泡液蛋白质质量}}{\text{胚芽总蛋白质质量}}$

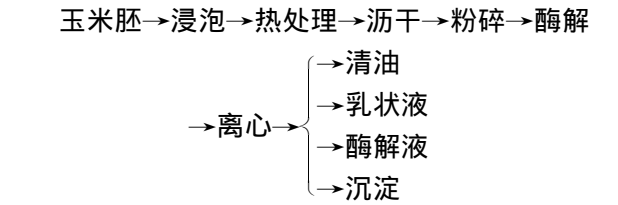
总糖溶出量 =  $\frac{\text{浸泡液中总糖质量}}{\text{胚芽中总糖质量}}$

清油提取率 =  $\frac{\text{清油量}}{\text{胚芽总油量}}$

总油提取率 =  $\frac{\text{胚芽总油量} - \text{渣中含油量}}{\text{胚芽总油量}}$

### 1.4 玉米胚水酶法提油工艺流程

参考 Karlovic<sup>[9]</sup>和 Bocevska<sup>[10]</sup>的水酶法从玉米胚中提油的工艺,采用柠檬酸缓冲液浸泡玉米胚,热处理和酶制剂的应用略作改进,具体工艺流程如下:



## 2 结果与分析

### 2.1 玉米胚芽成分分析

湿法测定,玉米胚成分见表 1。

表 1 湿法提胚玉米胚芽成分分析

Tab.1 Components of corn germ by wet milling

成分	质量分数/%
脂肪	24.30
蛋白质	6.35
总糖	7.85
纤维素	2.56
灰分	0.68

### 2.2 缓冲液 pH 值及浓度对胚芽中可溶性蛋白质和总糖溶出量的影响

#### 2.2.1 缓冲液 pH 值对胚芽中可溶性蛋白质和总糖溶出量的影响

pH 值对胚芽中可溶性蛋白质和总糖溶出量的影响见图 1 2。

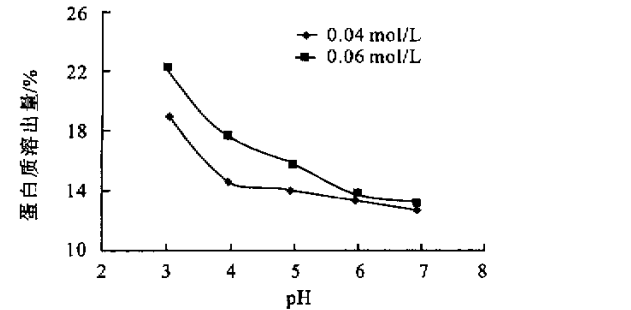


图 1 缓冲液的 pH 值对可溶性蛋白质溶出量的影响  
Fig.1 Influence of pH of buffer on the yield of protein extracted

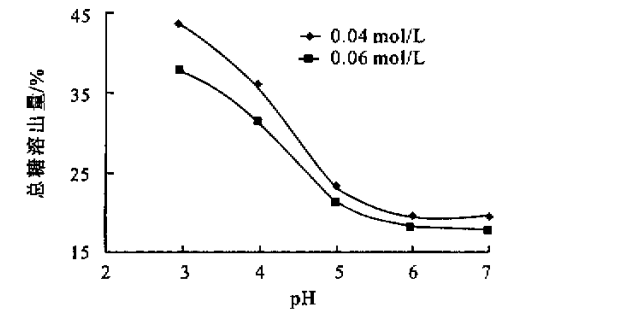


图 2 缓冲液的 pH 值对总糖溶出量的影响  
Fig.2 Influence of pH of buffer on the yield of total sugar extracted

从图 1 2 可以看出:缓冲液的 pH 值对胚芽中可溶性蛋白质和总糖溶出量有较大影响,在较低的 pH 值下可溶性蛋白质和总糖溶出较多。植物组织细胞结构在低 pH 值下易降解破坏,从而使细胞内可溶物溶出。玉米胚蛋白质是由酸可溶性蛋白质、碱可溶性蛋白质、醇可溶性蛋白质及不溶性蛋白质组成,所占比例分别为 39.4%,54.0%,5.7%,

0.9%<sup>[3]</sup>.在较低的 pH 值下,有一部分酸可溶性蛋白质溶解.

### 2.2.2 缓冲液浓度对胚芽中可溶性蛋白质和总糖溶出量的影响

在热处理过程中,适宜的缓冲液浓度有利于蛋白质溶解.不同缓冲液浓度对胚芽中可溶性蛋白质和总糖溶出量的影响见图 3 4.

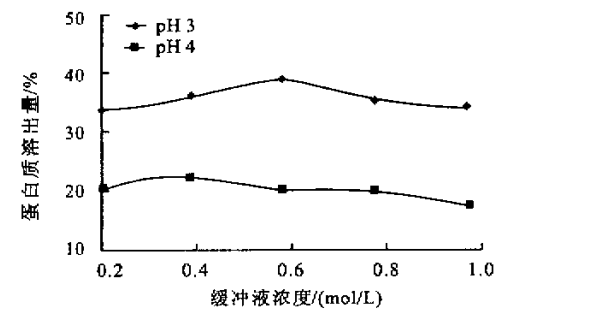


图 3 缓冲液浓度对可溶性蛋白质溶出量影响  
Fig.3 Influence of concentration of buffer on the yield of protein extracted

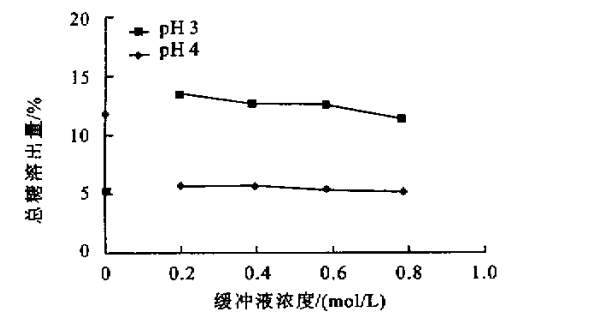


图 4 缓冲液浓度对总糖溶出量影响  
Fig.4 Influence of concentration of buffer on the yield of total sugar extracted

从图 3 可以看出,缓冲液的浓度对胚芽中可溶性蛋白质影响很大,而对总糖溶出量影响不大.在低盐浓度下,盐可促进蛋白质溶解,溶出量随离子强度的增加而增强;当浓度达到 0.6 mol/L 时溶出量最高,超过 0.6 mol/L 时出现盐析效应,使蛋白质溶出量降低.蛋白质的盐溶效应使胚芽组织结构疏松,利于多糖物质的溶出.

### 2.3 缓冲液的 pH 值对清油提取率及总油提取率的影响

在缓冲液浓度 0.5 mol/L,热处理温度 110 ℃,时间 60 min,加酶量 2%(酶量/干胚量),酶解时间 7 h 时,研究了 pH 3~7 条件下的清油提取率、总油提取率,结果见表 2.

表 2 缓冲液的 pH 值对清油提取率及总油提取率的影响  
Tab.2 Influence of pH of buffer on the yield of free oil and total oil

pH	清油提取率/%	总油提取率/%
7	36.12	78.75
6	36.25	78.07
5	38.16	79.91
4	58.72	92.18
3	58.79	91.45

表 2 表明,清油提取率及总油提取率在 pH 5~7 时随 pH 值的降低缓慢增加,在 pH 4~5 时增加迅速,之后随 pH 值降低增加缓慢.在 pH 4 时,清油提取率及总油提取率分别为 58.72%,92.18%.其原因在于热处理过程中,玉米胚可溶性物质溶出量随 pH 值降低而增加.可溶性物质溶出量越多,胚组织结构越疏松,酶与底物接触面越大,酶解越易作用,清油提取率及总油提取率越高.

### 2.4 缓冲液的浓度对清油提取率及总油提取率的影响

在缓冲液 pH 4,热处理温度 110 ℃,时间 60 min,加酶量 2%,酶解时间 7 h 时,缓冲液浓度对清油提取率及总油提取率的影响见表 3.

表 3 缓冲液的浓度对清油提取率、总油提取率的影响  
Tab.3 Influence of concentration of buffer on the yield of free oil and total oil

浓度/(mol/L)	清油提取率/%	总油提取率/%
0.2	40.37	91.46
0.4	48.56	91.85
0.5	58.72	92.18
0.6	54.0	91.98

从表 3 可以看出,缓冲液浓度对总油提取率影响不大,但对清油提取率影响显著.当缓冲液浓度为 0.5 mol/L 时,清油提取率为 58.72%.蛋白质在适宜的盐浓度下溶于水,胚芽中蛋白质溶出越多,沥干的胚芽经酶解后,酶解体系中的蛋白质越少,导致乳状液中吸附在油水界面上的蛋白质越少,乳状液越不稳定,则离心后获得清油越多.

### 2.5 热处理温度对清油提取率及总油提取率的影响

在缓冲液浓度 0.5 mol/L, pH 4,热处理时间 60 min,加酶量 2%,酶解时间 7 h 时,在 80,90,100,110,120 ℃ 下进行热处理,清油提取率、总油提取率

见表 4.

表 4 热处理温度对清油提取率、总油提取率的影响  
Tab.4 Influence of the temperature of HTT on the yield of free oil and total oil

温度/℃	清油提取率/%	总油提取率/%
80	36.66	61.6
90	66.11	85.6
100	75.72	89.19
110	58.72	92.18
120	50.82	94.60

表 4 表明 ,总油提取率随热处理温度的升高而增加 ,而清油提取率首先随温度的升高而增加. 当温度为 100 ℃ 时 ,清油提取率为 75.72 % ,当温度超过 100 ℃ 时 ,清油提取率又迅速下降. 纤维素是植物细胞壁的主要成分 ,在玉米胚中 ,纤维素质量约占细胞壁总量的 39%<sup>[5]</sup>. 纤维素是纤维二糖以 1,4-β-D-葡萄糖苷键连接而成无分支的线性多糖. 大部分分子呈规律性排列 ,形成结晶结构 ,称为结晶区 ;部分分子排列规律性差 ,称为无定形区. 纤维素的结晶区一般约占 85 % ,无定形区约为 15 % .酶易与无定形区的纤维素分子结合 ,发生催化水解作用 ,但难以渗入结晶区<sup>[13]</sup>. 高温处理可能会破坏纤维素晶型结构 ,利于酶的作用<sup>[13]</sup> ,从而使总油提取率和清油提取率随温度的升高而增加. 为什么当温度超过 110 ℃ 时清油提取率降低 ,这一问题尚待研究.

2.6 热处理时间对清油提取率及总油提取率的影响

在缓冲液浓度为 0.5 mol/L ,pH 4 ,热处理温度 100 ℃ ,加酶量 2 % ,酶解时间 7 h 时 ,热处理时间为 20,40,60,80 min 时 ,清油提取率和总油提取率见表 5.

表 5 热处理时间对清油提取率及总油提取率的影响  
Tab.5 Influence of the time of HTT on the yield of free oil and total oil

热处理时间/min	清油提取率/%	总油提取率/%
20	63.36	82.22
40	79.72	88.18
60	75.72	89.19
80	60.45	89.78

从表 5 可以看出 :总油提取率随热处理时间延长而增加 ,而清油率首先随时间的延长而增加. 当热处理时间 40 min 时 ,清油提取率为 79.72 % ,但

时间超过 40 min 后清油提取率又逐渐下降 ,其原因可能在于长时间热处理使蛋白质剧烈变性.

2.7 酶解时间对清油提取率及总油提取率的影响  
在缓冲液浓度 0.5 mol/L ,pH 4 ,热处理温度为 100 ℃ ,时间 100 min ,加酶量 2 % 时 ,酶解时间 3,5,7,9,20 h 时 ,清油提取率及总油提取率见表 6.

表 6 酶解时间对清油提取率及总油提取率的影响  
Tab.6 Influence of the time of enzyme hydrolysis on the yield of free oil and total oil

酶解时间/h	清油提取率/%	总油提取率/%
3	54.27	69.44
5	76.51	87.76
7	79.72	88.18
9	80.15	89.30
20	80.80	89.80

表 6 表明 ,清油提取率及总油提取率随酶解时间的延长而增加 ,在 3~5 h 时清油提取率及总油提取率增加速度较快 ,超过 5 h 后增加缓慢. 因此 ,采用水酶法从玉米胚中提油 ,酶解时间应控制在 5~7 h.

2.8 加酶量对清油提取率及总油提取率的影响  
在缓冲液浓度为 0.5 mol/L ,pH 4 ,热处理温度 100 ℃ ,时间 100 min ,加酶量 2 % ,酶解时间 7 h ,加酶量 0.5 % ~3.0 % 条件下 ,清油提取率、总油提取率见表 7.

表 7 加酶量对清油提取率及总油提取率的影响  
Tab.7 Influence of quantity of enzyme on the yield of free oil and total oil

加酶量/%	清油提取率/%	总油提取率/%
0.5	42.35	70.25
1.0	55.25	75.69
1.5	70.56	87.56
2.0	79.72	88.18
2.5	80.12	89.85
3.0	80.35	91.22

表 7 表明 ,清油提取率及总油提取率随加酶量的增加而提高 ,在 0.5 % ~1.5 % 之间 ,清油提取率及总油提取率增加速度较快 ,超过 1.5 % 后增加缓慢 ,因此 ,加酶量应控制在 1.5 % ~2 % .

3 讨 论

水酶法提油一般采用将原料酶解、离心后得乳

状液,再经破乳获得清油的两步工艺路线.为使酶解顺利进行,原料必须经胶磨处理,胶磨时间越长,颗粒越小,酶与底物接触面越大,酶解越容易进行;但颗粒越小,形成的乳状液越稳定,破乳获得清油越难.乳状液破乳一直是水酶法提油的一大难点.玉米胚的酶法提油虽然国内有研究,但都是关于总油提取率的报道,而对清油率的报道却没有<sup>[12]</sup>.作者采用 0.5 mol/L、pH 4 柠檬酸缓冲液浸泡玉米胚,增加浸泡液中可溶性固形物(可溶性蛋白质和总糖)的溶出,减少乳状液,为提高清油提取率创造条件.在本实验中清油提取率为 79.72%,而国外文献报道清油提取率最高为 76%,本研究的结果比文献<sup>[9,10]</sup>的数值高 3.7%.

为促进缓冲液中可溶性固形物溶出,实验采用 0.5 mol/L、pH 4 柠檬酸缓冲液,成本较高,因此如何对缓冲液进行综合利用,是本工艺存在的问题.

提取率    提取率    *D*

参考文献：

[ 1 ] 李君,段作营.水酶法提取玉米胚芽油研究[J].粮食与油脂,2002 ( 1 ) 5 - 7.

[ 2 ] 唐年初.玉米胚水酶法提油新工艺[J].粮食与饲料工业,1997 ( 6 ) 35 - 37.

[ 3 ] MERTZE E T. Corn :culture ,processing ,product[ M ]. Westport CT :The Avi Publishing Co ,1970.352.

[ 4 ] NIELSEN H C , INGLETT G E , WALL J S. Corn germ protein isolate -preliminary studies on preparation and properties[ J ]. **Food Chem** , 1973 , 50 :435 - 443.

[ 5 ] SOSUISKI K , SOSUISKI F W. Carbonhydrase hydrolysis of canola to enhance oil extration[ J ].**J AOCS** ,1988 ,65 :357 - 361.

[ 6 ] OCTAVIO MCG. Coconut oil extraction by a new enzymatical process[ J ]. **J Food Sci** ,1986 ,151 :695 - 698.

[ 7 ] CHRISTENSEN F M. Extraction by aqueous enzymatic process[ J ]. **INFORM** ,1992 ,2 :984 - 987.

[ 8 ] CHENMAN Y , SUHARDIYONE B. Aqueous enzymatic extraction of coconut oi[ J ].**J AOCS** ,1992 ,73 :683 - 685.

[ 9 ] BOCEVSKA M , KARLOVIC DJ , TURKULOV J. Quality of corn germ oil obtained by aqueous enzymatic extraction[ J ].**J AOCS** ,1993 ,70 :1273 - 1277.

[ 10 ] KARLOVIC DJ , BOCEVSKA M. Corn germ oil extraction by a new enzymatic proces[ J ]. **Acta Aliment** , 1994 ,23 ( 4 ) :389 - 402.

[ 11 ] DEVESH SHANKAR Y , AGARWAI B. Enzymatic hydrolysis in conjunction with conventional pretreatment to soybean for enhanced oil availability and recovery[ J ]. **J AOCS** , 1997 ,74 :1543 - 1547.

[ 12 ] DEBRAH T , YOSHIYUKII O. Aqueous enzymatic extraction of coconut oil by an enzyme-assisted proces[ J ]. **J Sci Food Agric** ,1997 , 174 :497 - 501.

[ 13 ] MESHITSUKA G. Utilization of wood and cellulose for chemicals and energy[ J ]. **Wood and Cellulosic Chemistry** ,1991 ( 3 ) : 977 - 1013.

在本工艺中,除热处理外,其余工序都在温和条件下进行.高温下油容易发生氧化、聚合、裂解反应,造成油品质的下降,因此,还必须研究热处理对油品质的影响.

4 结 论

将玉米胚浸泡于 0.5 mol/L、pH 4 缓冲液,经 100 ℃、40 min 热处理,添加 2%(质量分数)纤维素酶,反应 7 h,清油提取率为 78.72%,总油提取率为 88.18%.水酶法提油工艺是近年来一种新兴的油脂提取方法,其设备简单,操作安全,污染少,所得清油品质高,与传统工艺相比有着无可比拟的优越性.随着生物工程技术的发展,酶制剂价格的下降,酶解提油工艺应用前景广阔.

( 责任编辑 李春丽 )