



水酶法从巴旦木中提油及水解蛋白研究

孙月娥^{1,2}, 王卫东¹, 王举婷¹

(1.徐州工程学院食品学院, 江苏 徐州 221111; 2.江苏省食品生物加工工程技术研究中心, 江苏 徐州 221111)

摘 要: 采用水酶法从巴旦木中同时提取油与水解蛋白。依次使用复合细胞壁多糖水解酶(纤维素酶:果胶酶=1:2)和碱性蛋白酶水解巴旦木浆, 并对酶解工艺条件进行优化。通过单因素试验及正交试验, 确定水酶法提取巴旦木油的最佳工艺条件为料液比1:5、粒径40目、复合细胞壁多糖水解酶用量3.5%、酶解温度40℃、酶解时间4h、碱提pH9.0、蛋白酶用量1.5%、酶解温度50℃、酶解时间2h; 水酶法提取巴旦木水解蛋白的最佳工艺为料液比1:5、粒径30目、细胞多糖水解酶用量3%、提取温度50℃、提取时间3h、碱提pH8.5、蛋白酶用量1.5%、酶解温度50℃、酶解时间2.5h。在此最佳条件下进行实验验证, 总的巴旦木游离油和水解蛋白得率分别为68.74% 和 74.39%。

关键词: 水酶法; 巴旦木油; 巴旦木水解蛋白

Aqueous Enzymatic Extraction of *Prunus dulcis* var. *dulcis* Seed Oil and Hydrolyzed Protein

SUN Yue-e^{1,2}, WANG Wei-dong¹, WANG Ju-ting¹

(1. College of Food Engineering, Xuzhou Institute of Technology, Xuzhou 221111, China;

2. Jiangsu Engineering Research Center for Food Biology Processing, Xuzhou 221111, China)

Abstract: The purpose of this study was to develop an aqueous enzymatic method to extract *Prunus dulcis* var. *dulcis* seed oil and hydrolyzed protein. For the extraction of seed oil and hydrolyzed protein, the seeds of *Prunus dulcis* var. *dulcis* were hydrolyzed sequentially with a mixture of cellulase with pectinase (1:2) followed by alcalase. For the maximum extraction of seed oil from *Prunus dulcis* var. *dulcis*, the optimum solid-to-solvent ratio and raw material particle size were 1:5 and 40 mesh, respectively, and the optimum extraction conditions were found to be hydrolysis with 3.5% cellulase plus pectinase at 40 °C for 4 h followed by alkaline treatment at pH 9.0 and re-hydrolysis with 1.5% alcalase at 50 °C for 2 h. For the maximum extraction of hydrolyzed protein from *Prunus dulcis* var. *dulcis*, the optimum solid-to-solvent ratio and raw material particle size were 1:5 and 30 mesh, respectively, and the optimum extraction conditions were found to be hydrolysis with 3% cellulase plus pectinase at 50 °C for 3 h followed by alkaline treatment at pH 8.5 and re-hydrolysis with 1.5% alcalase at 50 °C for 2.5 h. Under these conditions, the yields of total free oil and hydrolyzed protein were 68.74% and 74.39%, respectively.

Key words: aqueous enzymatic extraction; *Prunus dulcis* var. *dulcis*; seed oil; hydrolyzed protein

中图分类号: TS201.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)02-0072-06

巴旦木又名巴旦杏, 是蔷薇科李亚科桃属乔木, 因其果形扁如桃, 又名扁桃, 为世界上著名的木本油料树和干果树种, 巴旦木的果肉干涩无汁不能食, 主要食用部分是其果仁。据测定, 巴旦木仁内含有植物油55%~61%, 蛋白质28%, 淀粉、糖10%~11%, 并含有少量胡萝卜素、VB以及多种微量元素, 为不可多得的滋补佳品, 也是新疆维吾尔人民最珍视的干果, 是食品加工业的重要原料^[1-4]。巴旦木仁含有大量的不饱和脂肪酸, 以油酸、亚油酸和亚麻酸为主, 占脂肪酸总量的87%以上, 是营养保健油的优质原料^[5]。巴旦木仁的蛋白质以清蛋白含量最高, 约占蛋白质总量的49%, 其蛋白质含有18种氨基酸, 属于完全蛋白质, 且氨基酸组成、

必需氨基酸的种类、数量以及构成比例符合FAO/WHO规定质量较好蛋白质中氨基酸组成的理想模式^[6]。大量研究证明, 食品蛋白质经蛋白酶水解后不仅有助于生物体对蛋白质的消化吸收, 水解产生的多肽还具有促进营养吸收、提高免疫力、调节神经、降血压、抗氧化、抗菌、抗肿瘤等生理活性的作用^[7-10]。

水酶法提油是先对原料进行机械破碎, 然后采用植物细胞壁水解酶, 或对脂多糖、脂蛋白等复合体有降解作用的酶使原料中的油脂释放出来, 进而利用油与水比重的不同采用离心法将油分离出来^[11-12]。水酶法提油存在乳化问题, 而采用蛋白酶将蛋白质进行水解, 不仅可以得到具有生物活性的小分子肽, 而且可以改善乳化现

收稿日期: 2012-06-22

基金项目: 苏北科技发展计划项目(BN2010005)

作者简介: 孙月娥(1973—), 女, 讲师, 博士, 研究方向为功能性食品。E-mail: sunyuee416@yahoo.com.cn



象,增加游离油得率。本实验依次使用复合细胞壁多糖酶和碱性蛋白酶水解巴旦木浆,操作条件温和,可以同时得到品质较好的巴旦木油和水解蛋白,提高巴旦木产品的附加值,旨在为巴旦木的开发利用提供技术支持。

1 材料与方

1.1 材料与试剂

薄皮巴旦木产于新疆库尔勒地区;纤维素酶 北京东华强盛生物技术有限公司;果胶酶 雅大酶制剂厂;Viscozyme复合植物水解酶 诺维信(中国)生物技术有限公司;耐热性蛋白酶 阿玛诺天野酶制剂商贸(上海)有限公司;碱性蛋白酶 上海索莱宝生物科技有限公司;中性蛋白酶 山东安克生物工程有限公司;牛血清蛋白 国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

T756紫外-可见分光光度计 上海成光仪器有限公司;HH-601超级恒温水浴锅 金坛市精达仪器制造厂;80-1/2台式离心机 常州国华电器有限公司;DZG-050真空干燥箱 金坛市岸头华天科教仪器厂。

1.3 方法

1.3.1 工艺流程

巴旦木仁→破碎→复合细胞壁多糖酶水解→碱提→碱性蛋白酶水解→升温灭酶(85℃、10min)→冷却(60℃)→离心(3000r/min、20min)→游离油、乳状液、水解液及渣

1.3.2 试验用酶的筛选

1.3.2.1 细胞壁多糖水解酶的筛选与复配

巴旦木仁浆中加入30000U/g细胞壁多糖水解酶,在每种酶各自的最适pH值和温度条件下缓慢搅拌并保温4h后离心,上清液即为游离油,以游离油得率为指标筛选试验用酶。

在巴旦木仁浆中加入3%的纤维素酶与果胶酶复合酶,料液比1:5、40℃、pH4.4时酶解4h,将纤维素酶和果胶酶按照3:1、2:1、1:1、1:2、1:3比例进行复配,研究不同酶比对巴旦木游离油得率的影响,以确定最佳纤维素酶与果胶酶配比。

1.3.2.2 蛋白酶的筛选

巴旦木仁浆中分别加入1500U/g的碱性蛋白酶、中性蛋白酶、耐热性蛋白酶,在每种酶各自的最适pH值和温度条件下缓慢搅拌并保温反应4h,离心后上清液是游离油,水解蛋白在下层水相中,以游离油得率和水解蛋白得率为指标比较不同蛋白酶的酶解效果。

1.3.3 理化性质测定及指标计算^[13]

水分测定:烘箱干燥法;灰分测定:干法灰化法;粗蛋白测定:凯氏定氮法;总糖测定:苯酚-硫酸法;粗脂肪测定:索氏提取法;巴旦木仁水解液中蛋白质的测定:福林-酚比色法。所有测定均重复3次,取平均值。

按下式计算游离油与水解蛋白得率:

$$\text{游离油得率}/\% = \frac{\text{游离油质量}}{\text{巴旦木中油质量}} \times 100$$

$$\text{水解蛋白得率}/\% = \frac{\text{水解液中蛋白质质量} - \text{蛋白酶添加质量}}{\text{巴旦木中蛋白质质量}} \times 100$$

2 结果与分析

2.1 巴旦木仁的化学成分

表1 巴旦木仁基本组成

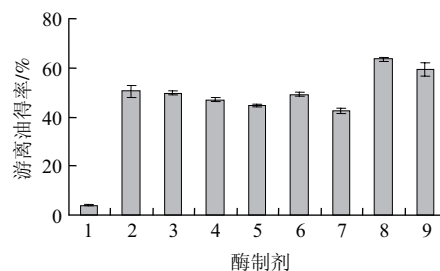
Table 1 Basic chemical components of *Prunus dulcis* var. *dulcis* seed

成分	水分	灰分	粗脂肪	粗蛋白	总糖
含量/%	6.19±0.21	2.44±0.32	54.12±0.11	23.22±0.13	9.86±0.21

由表1可见,巴旦木仁中含有较多的脂肪和蛋白质,所以除了直接食用外,还可提取脂肪和蛋白质。

2.2 不同水解酶对游离油得率的影响

植物细胞壁主要由果胶和纤维素等多糖类物质组成,蛋白质被包裹在其中,采用酶解工艺可以有效瓦解细胞壁,促使细胞内物质溶出。纤维素酶可以降解植物细胞壁的纤维素骨架、崩溃细胞壁;果胶酶可以裂解果胶大分子,使油脂容易游离出来,提高游离油的得率^[14];而蛋白酶则可以明显改善乳化现象,增加游离油得率,此外,蛋白酶还可以水解蛋白质,对细胞中的脂蛋白或者磨浆过程中形成的、包络于油滴外的磷脂和蛋白质结合的蛋白膜进行破坏,使油脂释放出来,实现油水分离,同时得到水解蛋白^[15]。上述各种酶的水解效果如图1所示。



1.无酶; 2.果胶酶; 3.纤维素酶; 4.复合植物水解酶;
5.中性蛋白酶; 6.碱性蛋白酶; 7.耐热性蛋白酶; 8.果
胶酶与纤维素酶1:1; 9.果胶酶与复合植物水解酶1:1。

图1 不同酶制剂对游离油得率的影响

Fig.1 Effect of enzyme type on the extraction yield of *Prunus dulcis* var. *dulcis* seed oil

由图1可见,添加商品酶制剂能够有效提高游离油得率。单独使用时,果胶酶和纤维素酶的提油效果优于复合植物水解酶、中性和耐热性蛋白酶($P<0.05$),但是与碱性蛋白酶并没有显著性差异($P>0.05$),且其复合使用的效果要优于单独作用效果。采用果胶酶与纤维素酶1:1复配,游离油得率最高,为63.45%,与其他处理存在显著

性差异($P < 0.05$)。章绍兵^[16]采用水酶法提取菜籽油时也发现,使用复合酶制剂比单一酶制剂时得油率更高。故选用果胶酶与纤维素酶进行复配作为提取游离油的试验用酶。

2.3 复合细胞壁多糖水解酶对游离油得率的影响

2.3.1 纤维素酶与果胶酶比例对游离油得率的影响

在40℃、pH4.4的巴旦木仁浆中加入3%复合酶,酶解4h,改变纤维素酶与果胶酶的配比,研究其对巴旦木游离油得率的影响。由图2可见,巴旦木游离油得率与纤维素酶和果胶酶配比有关,随着纤维素酶:果胶酶的比例减小,游离油得率增大,当纤维素酶:果胶酶=1:2时,酶解效果最好,此时巴旦木游离油得率为64.1%。不同的油脂原料需要使用不同的酶制剂。已有的研究表明,在水酶法提油时,单一酶制剂对提高游离油得率的作用有限^[17]。因此,后续试验均采用此种酶的配比进行酶解。

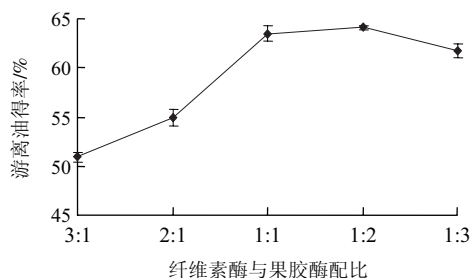


图2 纤维素酶与果胶酶比例对游离油得率的影响

Fig.2 Effect of cellulase/pectinase ratio on the extraction yield of *Prunus dulcis* var. *dulcis* seed oil

2.3.2 料液比对游离油得率的影响

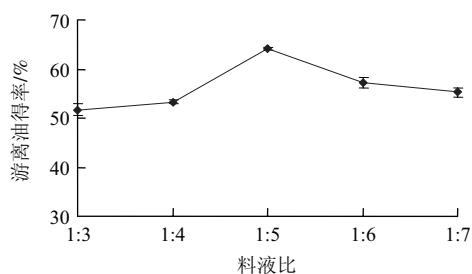


图3 料液比对游离油得率的影响

Fig.3 Effect of solid/solvent ratio on the extraction yield of *Prunus dulcis* var. *dulcis* seed oil

在40℃、pH4.4的巴旦木仁浆中加入3%复合酶,酶解4h,研究料液比对巴旦木游离油得率的影响。由图3可见,加水量过多或过少都不利于酶解反应,巴旦木游离油得率随料液比的减小先增大后减小,当料液比为1:5时游离油得率最高,表明在此条件下酶解最充分,故而确定1:5为水酶法酶解的最佳料液比。

2.3.3 粒径对游离油得率的影响

其他条件不变,将巴旦木仁粉碎至粒径为10、18、30、40目,研究粒径对巴旦木游离油得率的影响。由图4可知,巴旦木游离油得率随粒径的增大而减小,但是不

同粒径间的提油率差别不显著($P > 0.05$)。并且由于巴旦木仁含油量较高,研磨后黏性很大,故采用18目较好。

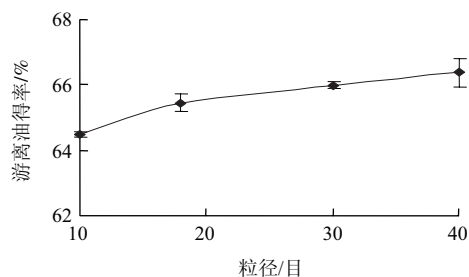


图4 粒径对游离油得率的影响

Fig.4 Effect of raw material particle size on the extraction yield of *Prunus dulcis* var. *dulcis* seed oil

2.3.4 加酶量对游离油得率的影响

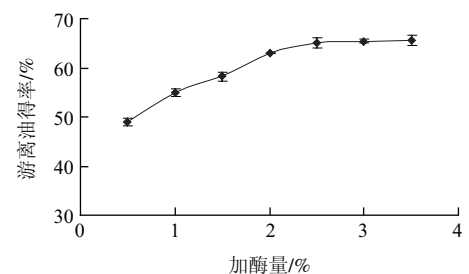


图5 加酶量对游离油得率影响

Fig.5 Effect of total dosage of cellulase pectinase on the extraction yield of *Prunus dulcis* var. *dulcis* seed oil

在料液比1:5、pH4.4、40℃条件下酶解4h,研究加酶量对游离油得率的影响。由图5可见,巴旦木游离油得率与加酶量有关,随加酶量的增加而增加。因为加酶量越大,酶对细胞壁的破坏程度越彻底,其中被包裹的油更易被释放出来。对甜杏仁^[15]、亚麻籽^[17]、花生^[18]的研究也有类似的结论。当加酶量超过2.5%时,游离油得率增加缓慢,考虑酶的价格因素,故选择加酶量为2.5%。

2.3.5 酶解温度对游离油得率的影响

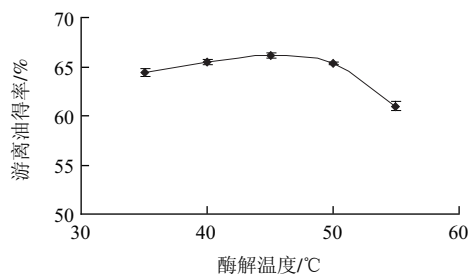


图6 酶解温度对游离油得率影响

Fig.6 Effect of carbohydrate hydrolysis temperature on the extraction yield of *Prunus dulcis* var. *dulcis* seed oil

当料液比1:5、pH4.4、加酶量2.5%时,分别在35、40、45、50、55℃条件下酶解4h,研究不同温度对巴旦木游离油得率的影响,由图6可知,巴旦木游离油得率与酶

解温度有关。随着温度的增加,巴旦木游离油得率先增加后减小。当温度为45℃时,巴旦木游离油得率最高达到66.09%。继续提高温度,得油率并没有显著提高($P>0.05$),故确定温度为45℃。

2.3.6 酶解时间对游离油得率的影响

在料液比1:5、pH4.4、加酶量2.5%、酶解温度45℃条件下,研究酶解时间对巴旦木游离油得率的影响。由图7可知,巴旦木游离油得率随酶解时间的延长而增加,酶解4h后游离油得率最高,此后游离油得率基本不变($P>0.05$),此时继续延长酶解时间反而会影响油的品质,因此确定最佳酶解时间为4h。

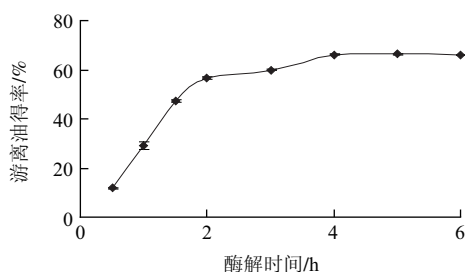


图7 细胞壁多糖水解酶作用时间对游离油得率的影响

Fig.7 Effect of carbohydrase hydrolysis time on the extraction yield of *Prunus dulcis* var. *dulcis* seed oil

2.4 蛋白酶对游离油得率和水解蛋白得率的影响

2.4.1 不同蛋白酶对游离油得率和水解蛋白得率的影响

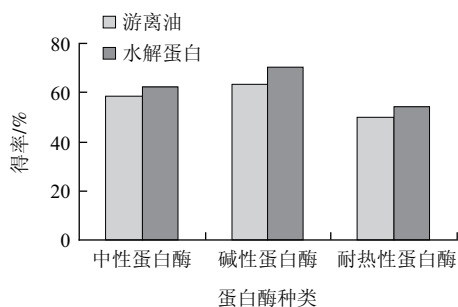


图8 不同蛋白酶对游离油及水解蛋白得率影响

Fig.8 Effect of protease type on the extraction yields of *Prunus dulcis* var. *dulcis* seed oil and hydrolyzed protein

巴旦木仁破碎后按粒径18目、料液比1:5、蛋白酶用量1.5%、碱提pH8.5,分别加入中性蛋白酶、碱性蛋白酶以及耐热性蛋白酶,在每种酶各自最适pH值和温度下酶解4h,比较3种酶对巴旦木油及水解蛋白制备效果的影响。由图8可知,无论是游离油得率还是水解蛋白得率,均是采用碱性蛋白酶水解的得率最高($P>0.05$),故采用碱性蛋白酶作为试验酶种。

2.4.2 碱提pH值对游离油和水解蛋白得率的影响

以碱性蛋白酶为酶种,在45℃、料液比1:5、粒径18目、加酶量1.5%、酶解时间4h的条件下进行酶解,碱提

pH值分别为6.5、7、7.5、8、8.5、9,研究其对巴旦木水解蛋白得率的影响,结果如图9所示。由图9可知,水解蛋白得率随碱提pH值的增加而增加,当pH值达到8.5时游离油和水解蛋白得率均达到最大,分别为63.51%和66%。这是由于pH值可影响蛋白质的溶解度,此外,pH值升高可以降低乳状层的稳定性,有利于蛋白酶作用,故确定碱提pH值为8.5。

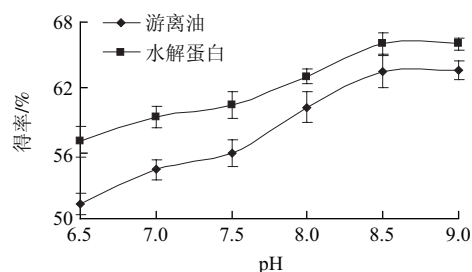


图9 碱提pH值对游离油及水解蛋白的影响

Fig.9 Effect of alkaline treatment pH on the extraction yields of *Prunus dulcis* var. *dulcis* seed oil and hydrolyzed protein

2.4.3 蛋白酶用量对游离油和水解蛋白得率的影响

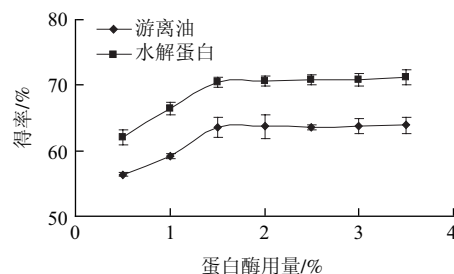


图10 蛋白酶用量对游离油及水解蛋白的影响

Fig.10 Effect of protease dosage on the extraction yields of *Prunus dulcis* var. *dulcis* seed oil and hydrolyzed protein

由图10可知,游离油和水解蛋白的得率均随着蛋白酶用量的增加而上升,这是由于酶用量越大,与油结合的脂蛋白复合体被降解得越充分,越有利于油的析出和蛋白质水解。当蛋白酶用量超过1.5%时,游离油和水解蛋白得率基本不变($P>0.05$),考虑到酶的成本,故采用蛋白酶用量为1.5%。

2.4.4 酶解温度对游离油和水解蛋白得率的影响

由图11可知,巴旦木游离油和水解蛋白的得率都随着酶解温度的升高先增大后减小,当酶解温度达到50℃时,游离油得率和水解蛋白得率均为最大,分别为63.77%和71.15%,故选择酶解温度为50℃。

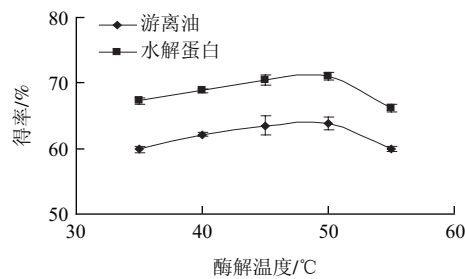


图 11 酶解温度对游离油及水解蛋白影响
Fig.11 Effect of protease hydrolysis temperature on the extraction yields of *Prunus dulcis* var. *dulcis* seed oil and hydrolyzed protein

2.4.5 酶解时间对游离油和水解蛋白得率的影响

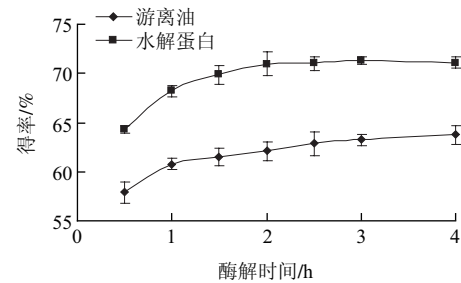


图 12 酶解时间对游离油及水解蛋白得率影响
Fig.12 Effect of protease hydrolysis time on the extraction yields of *Prunus dulcis* var. *dulcis* seed oil and hydrolyzed protein

由图12可知，随着酶解时间的延长，游离油和水解蛋白的得率都在增大，反应初始阶段增加较快，2h后水解蛋白得率趋于平缓，游离油得率继续增大，当反应进行到3h游离油得率不再增加($P>0.05$)。这是由于反应初始阶段蛋白酶作用的底物过剩，酶与蛋白质底物作用充分，断裂的肽键数较多，反应速率较快，随着反应进行，底物浓度逐渐减小，产物浓度逐渐增加，酶反应速率逐渐减小直至为零。为了同时获得尽可能高的游离油与水解蛋白得率，选择酶解3h。

2.5 正交试验确定最佳酶解参数

在单因素试验基础上，以料液比、粒径、细胞多糖水解酶用量、酶解温度、酶解时间、碱提pH值、蛋白酶用量、蛋白酶解温度、蛋白酶解时间为因素，采用 $L_{27}(3^9)$ 正交表进行试验，考察各个因素对提油率和水解蛋白得率的影响，结果见表2、3。

表 2 酶解条件及因素水平表 Table 2 Factors and levels for orthogonal array design									
水平	A料液比	B粒径	C多糖水解酶用量/%	D酶解温度/℃	E酶解时间/h	F碱提pH	G蛋白酶用量/%	H蛋白酶解温度/℃	I蛋白酶解时间/h
1	1:4	18	2.5	40	3	8	1	45	1.5
2	1:5	30	3	45	4	8.5	1.5	50	2
3	1:6	40	3.5	50	5	9	2	55	2.5

表 3 正交试验设计及结果 Table 3 Orthogonal array design matrix and results											
试验号	A	B	C	D	E	F	G	H	I	游离油得率/%	水解蛋白得率/%
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	60.10	62.87
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	65.73	72.35
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	64.64	70.21
4	1	2	2	2	1	1	1	2	2	63.81	64.77
5	1	2	2	2	2	2	2	3	3	66.02	71.46
6	1	2	2	2	3	3	3	1	1	65.95	69.35
7	1	3	3	3	1	1	1	3	3	64.27	62.16
8	1	3	3	3	2	2	2	1	1	66.50	69.84
9	1	3	3	3	3	3	3	2	2	65.83	71.63
10	2	1	2	3	1	2	3	1	2	65.46	73.29
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3	67.32	66.70
12	2	1	2	3	3	1	2	3	1	66.11	70.03
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	65.24	74.23
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	68.27	64.39
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	68.04	70.54
16	2	3	1	2	1	2	3	3	1	64.39	71.54
17	2	3	1	2	2	3	1	1	2	66.30	64.23
18	2	3	1	2	3	1	2	2	3	65.87	70.33
19	3	1	3	2	1	3	2	1	3	64.89	69.74
20	3	1	3	2	2	1	3	2	1	65.73	68.53
21	3	1	3	2	3	2	1	3	2	66.01	64.26
22	3	2	1	3	1	3	2	2	1	63.81	71.38
23	3	2	1	3	2	1	3	3	2	65.23	69.35
24	3	2	1	3	3	2	1	1	3	64.21	65.28
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	64.57	69.01
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	66.52	70.67
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	67.33	64.04
K_1	582.9	586	580.3	590.4	576.5	585.7	587.6	588	588.2		
K_2	597	590.6	593.1	589	597.6	590.9	591.5	590.7	591		
K_3	588.3	591.6	594.8	588.7	594	591.6	589	589.5	589		
R	14.1	5.6	14.5	1.7	21.1	5.9	3.9	2.7	2.8		
因素主次	$E>C>A>F>B>G>I>H>D$										
优方案	$A_2B_3C_3D_1E_2F_3G_2H_2I_2$										
K_1	614.6	618	617.5	618.3	619	609.3	578.7	615.8	612		
K_2	625.3	620.8	619.3	614.2	617.5	626.3	634.7	624	619.4		
K_3	612.3	613.5	615.3	619.7	615.7	616.6	628.8	612.4	620.8		
R	13	7.3	4	5.5	3.3	17	56	11.6	8.8		
因素主次	$G>F>A>H>I>B>D>C>E$										
优方案	$A_2B_3C_3D_3E_1F_2G_2H_2I_3$										

由表3可以看出，以游离油得率为指标时，最佳方案是 $A_2B_3C_3D_1E_2F_3G_2H_2I_2$ ，即料液比1:5、粒径40目、细胞多糖水酶酶用量3.5%、酶解温度40℃、酶解时间4h、碱提pH9、蛋白酶用量1.5%、蛋白酶酶解温度50℃、蛋白酶酶解2h，在此条件下做验证实验，测得巴旦木游离油得率68.74%；以水解蛋白得率为指标时，最佳方案是 $A_2B_2C_2D_3E_1F_2G_2H_2I_3$ ，即料液比1:5、粒径30目、细胞多糖水酶酶用量3%、酶解温度50℃、酶解时间3h、碱提pH8.5、蛋白酶用量1.5%、蛋白酶酶解温度50℃、蛋白酶酶解时间2.5h，在此条件下做验证实验，测得水解蛋白得率74.39%，将上述结果与正交试验中各方案所得实验值相比较，知最佳方案的酶解效果最好。



3 结 论

本实验采用水酶法同时酶解制备巴旦木油和水解蛋白,通过对酶制剂的筛选,最终确定复合细胞壁多糖水解酶(纤维素酶:果胶酶=1:2)及碱性蛋白酶为试验酶,依次采用复合细胞壁多糖水解酶酶解、碱提、碱性蛋白酶水解3个环节处理巴旦木仁浆。采用复合细胞壁多糖水解酶进行单因素优化,巴旦木游离油的得率可以达到66.09%,在此基础上采用碱性蛋白酶进一步酶解,同时兼顾到巴旦木游离油和水解蛋白得率以及节省能源,当使用1.5%碱性蛋白酶在50℃条件下酶解3h时,巴旦木游离油得率63.51%、水解蛋白得率70.45%。为了分别得到制备巴旦木游离油和水解蛋白的最优参数,考虑到因素间的交互效应,通过正交试验,确定了水酶法提取巴旦木游离油和水解蛋白的最佳工艺参数为料液比1:5、粒径40目、细胞多糖水酶酶用量3.5%、酶解温度40℃、酶解时间4h、碱提pH9、蛋白酶用量1.5%、蛋白酶酶解温度50℃、蛋白酶酶解2h,在此条件下进行验证实验,测得巴旦木游离油得率68.74%;当料液比1:5、粒径30目、细胞多糖水酶酶用量3%、酶解温度50℃、酶解时间3h、碱提pH8.5、蛋白酶用量1.5%、蛋白酶酶解温度50℃、蛋白酶酶解时间2.5h时,测得水解蛋白得率74.39%水解蛋白得率74.39%。与传统工艺相比,水酶法提油具有设备简单、操作温度较低、无需脱除溶剂、可以同时提取水解蛋白等优点,随着生物技术发展、酶制剂价格下降,水酶法提油工艺将具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 朱琼林. 新疆巴丹杏[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1984.
[2] 刘金荣, 但建明, 赵文彬, 等. 维药巴丹杏的微量元素分析[J]. 微量

元素与健康研究, 2002, 19(1): 29-30.

- [3] 李述刚, 侯旭杰, 张娜, 等. 发酵型巴旦杏、花生复合酸乳冰淇淋的研制[J]. 食品科学, 2007, 28(1): 381-383.
[4] 熊素英, 朱丽霞, 张娜. 巴旦杏乳酸发酵酸乳的研制[J]. 食品科学, 2008, 29(2): 497-499.
[5] 赵婷, 岳琳, 李勇. 巴旦木仁油中脂肪酸成分分析[J]. 中国油脂, 2009, 34(2): 78-79.
[6] 李颖, 易晓华, 李庆典. 新疆巴旦姆种仁高级脂肪酸与氨基酸营养评价[J]. 中国食品学报, 2004, 4(4): 64-70.
[7] SAKANAKA S, TACHIBANA Y, ISHIHARA N, et al. Antioxidant properties of casein calcium peptides and their effects on lipid oxidation in beef homogenates[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2005, 53(2): 464-468.
[8] 张君惠, 张晖, 王兴国, 等. 抗氧化肽的研究进展[J]. 中国粮油学报, 2008, 23(6): 227-233.
[9] KORHONEN H, PIHLANTO-LEPP L A, RANTAM K P, et al. Impact of processing on bioactive proteins and peptides[J]. Trends in Food Science & Technology, 1998, 9(8/9): 307-319.
[10] LI Yanhong, JIANG Bo, ZHANG Tao, et al. Antioxidant and free radical scavenging activities of chickpea protein hydrolysate (CPH)[J]. Food Chemistry, 2008, 106(2): 444-450.
[11] 谭春兰, 袁永俊. 水酶法在植物油中提取的应用[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(7): 128-129.
[12] 王文侠, 任健. 植物油水酶法浸提工艺研究进展[J]. 现代食品科技, 2005, 21(2): 182-184.
[13] 无锡轻工大学, 天津轻工业学院. 食品分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2002: 74-230.
[14] 冷玉娴, 许时婴, 王璋, 等. 水酶法提取葵花籽油的工艺[J]. 食品与发酵工业, 2006, 32(10): 127-130.
[15] 盛小娜, 王璋, 许时婴. 水酶法提取甜杏仁油及水解蛋白的研究[J]. 中国油脂, 2007, 32(11): 26-30.
[16] 章绍兵. 水酶法从油菜籽中提取油和生物活性肽的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2008.
[17] 陈晶. 水酶法提取亚麻籽油及其微胶囊化[D]. 无锡: 江南大学, 2007.
[18] 王瑛瑶, 王璋. 水酶法从花生中提取油与水解蛋白的研究[J]. 食品与机械, 2005, 21(3): 17-20; 23.