

水酶法提取石榴籽油工艺研究

苗利利,夏德水,高丽娜,仇农学*

(陕西师范大学食品工程与营养科学学院,陕西西安 710062)

摘要:以石榴籽为原料,利用水酶法提取石榴籽油。通过单因素及二次回归旋转组合实验研究了料液比、石榴籽粒度、酶的种类、酶解温度、提取时间、离心时间、pH 以及酶的添加量等因素对出油率的影响,确定了水酶法提取石榴籽油的最佳工艺条件。结果表明,酶解最佳工艺参数为:用 Alcalase 蛋白酶添加量为 1.0% (mL/g),原料粒度 40 目,料液比 1:5 (g/mL),提取温度 50℃,提取时间 6h, pH8.0,离心时间 25min,在该工艺条件下石榴籽油出油率达 18.2%。

关键词:水酶法,石榴籽油,提取

Study on extraction process of pomegranate seed oil by aqueous enzymatic method

MIAO Li-li, XIA De-shui, GAO Li-na, QIU Nong-xue*

(College of Food Engineering and Nutrition Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: With pomegranate seeds as raw materials, the aqueous enzymatic method was used to extract its seed oil. The effects of solid/liquid ratio, particle size of material, type of enzyme, enzymatic hydrolysis temperature and time, pH and dosage of enzyme added were discussed by means of single experiments and quadratic regression rotation experiments. The optimum technical conditions were obtained as follows: dosage of Alcalase 1.0% (mL/g), particle size of material 40 screen mesh, solid/liquid ratio 1:5g/mL, temperature of enzymatic hydrolysis 50℃, time 6h, pH 8.0, centrifugation time 25min, oil yield ratio could reach 18.2%.

Key words: aqueous enzymatic method; pomegranate seed oil; extraction

中图分类号: TS225.1+9

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2010)12-0265-05

石榴 (*Punica granatum* L.) 为石榴科 (*Punicaceae*) 石榴属 (*Punica* L.) 落叶灌木或小乔木,我国南北各地均有种植。石榴果除了可直接食用以外,还可以加工成饮料、酒、醋等。加工剩余之石榴皮富含鞣质(平均含量 22%)可用作制革工业和棉毛染织业的原料,而大量石榴籽却被废弃,造成资源浪费和环境污染。Maya Kaufman 等人^[1]报道,石榴籽油中石榴酸的含量 64%~83%,具有防治高血脂症、心脑血管疾病、抗肿瘤等效应而广受重视。国外近年的研究表明^[2-3],石榴籽油及提取物具有较好的抗氧化、防治乳腺癌、降血糖、抗腹泻等作用,石榴酸及其共轭三烯异构体证明对鼠肿瘤细胞和人单核白血病细胞有强的细胞毒活性^[4-6],石榴籽油是对健康很有益的一种可食用油脂。李文敏等人^[7]对石榴籽油进行了微波辅助提取工艺优化的研究。马齐等人^[8]对常规回流提取石榴籽油进行了研究,并对油脂进

行了成分分析,其主要成分含量如下:棕榈酸 2.5%,硬脂酸 1.6%,油酸 4.7%,石榴酸 62.9%,桐酸 21.6%。水酶法是近年来广泛研究的一种油脂提取新工艺,与传统工艺相比具有诸多优点^[5]。由于其条件温和,所需能量少,提取的油具有较好的品质,且有利于物料的进一步综合利用而受到国内外很多学者的重视^[9-10]。本文就水酶法提取石榴籽油工艺条件进行研究,以期为石榴籽油的工业化生产提供参考依据,并为石榴的综合开发和精深加工提供新的途径。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

石榴籽 取自陕西恒兴果汁饮料有限公司,产地为陕西临潼,洗净后低温烘干备用。

DF-101S 集热式恒温加热磁力搅拌器 巩义市英峪予华仪器厂;KDF-2311 型多功能食品粉碎机 天津市康达电器公司;TDL-4 型离心机 上海安亭科学仪器厂;B-324 型凯氏定氮仪 瑞士 BUCHI;SX2-11-13 型马弗炉 上海跃进医疗器械厂。

1.2 实验方法

1.2.1 石榴籽的处理 将石榴籽挑选、去除杂物,粉碎后过筛备用。

收稿日期:2009-12-18 * 通讯联系人

作者简介:苗利利(1985-),女,硕士研究生,研究方向:食品分离技术。

基金项目:国家大学生创新性实验计划项目(091071839)。

果粗多糖中蛋白的研究[J].食品研究与开发,2008,29(5):43-46.

[5] 朱建飞,严奉伟,吴谋成.大孔吸附树脂初步纯化菜籽粕中水溶性多糖[J].中国粮油学报,2007,22(6):104-107.

1.2.2 石榴籽成分的测定 水分的测定——参照 GB5497-1985;粗脂肪的测定——参照 GB/T5512-1985;粗蛋白的测定——参照 GB/T5511-1985;灰分测定——参照 GB/T8306-2002;纤维素测定——参照 GB/T5009.10-1985。

1.2.3 石榴籽油提取工艺流程 石榴籽→清理粉碎→过筛→灭酶→调节固液比(pH)→添加酶→酶处理→灭酶→离心分离→石榴籽油

1.2.4 操作要点^[11-12] 准确称取 100.0g 粉碎的石榴籽粉,装入烧杯中,在一定 pH 缓冲液,100℃ 灭酶 5min,降温至 50℃,然后加入酶在一定温度下进行酶解,酶解后在一定转速下离心一定时间,分离清油,得到的石榴籽油在 105℃ 下干燥至恒重后,称重计算出油率。

1.2.5 石榴籽出油率的计算 计算公式如下:

$$Y(\%) = \frac{W_1}{W_2} \times 100\%$$

其中:Y—出油率;W₁—提取石榴籽油质量,g;W₂—石榴籽粉质量,g。

1.2.6 实验设计

1.2.6.1 单因素实验 酶的种类:果胶酶、纤维素酶、Neutrase 蛋白酶、Protamex 蛋白酶、Flavourzyme 风味蛋白酶等(酶用量为 2%),料液比为 1:5(g/mL),酶解 5h,pH 和温度均为所用酶的最适条件。

料液比:选用 Alcalase 蛋白酶,pH 为 8.0,酶解温度为 55℃,酶添加量为 2%,分别以料液比为 1:3、1:5、1:7、1:9(g/mL),确定最佳料液比。

原料粒度:其他条件同上,料液比为 1:5(g/mL),分别以粒度为 20、40、60、80 目的原料进行酶解,确定最佳原料粒度。

提取温度:其他条件同上,原料粒度为 40 目,分别以酶解温度 30、40、50、60、70℃,确定最佳提取温度。

提取时间:其他条件同上,酶解温度为 50℃,分别以酶解时间 3、4、5、6、7h,确定最佳酶解时间。

离心时间:其他条件同上,酶解时间 5h,分别以离心时间 20、25、30、35、40min,确定最佳离心时间。

酶的添加量:其他条件同上,离心时间 30min,分别添加 Alcalase 蛋白酶 0.5%、1.0%、1.5%、2.0%、2.5%,确定最佳添加量。

pH:其他条件同上,Alcalase 蛋白酶添加 1.0%,分别调节 pH 为 7.0、7.5、8.0、8.5、9.0,确定酶解最佳 pH。

1.2.6.2 二次回归旋转组合优化实验 在单因素实验的基础上,选用提取时间、料液比、提取温度、酶添加量为实验因素,以出油率为实验指标,采用 L₃₆(4⁵)二次回归旋转组合实验,实验因素和水平见表 1。统计分析软件:DPS v3.0 专业版。

表 1 L₃₆(4⁵)二次正交旋转组合实验因素水平表

水平	X ₁ 提取时间 (h)	X ₂ 料液比 (g/mL)	X ₃ 提取温度 (℃)	X ₄ 酶添加量 (mL/g)
-2	3	1:3	30	0.5
-1	4	1:4	40	0.75
0	5	1:5	50	1.0
1	6	1:6	60	1.25
2	7	1:7	70	1.5

2 结果与分析

2.1 石榴籽组成分析 采用粉碎过 40 目筛后的石榴籽为原料进行成分测定,结果如表 2 所示。

表 2 石榴籽组成

成分	水分	粗脂肪	粗蛋白	灰分	纤维素
含量(%)	9.31	20.36	29.25	2.19	31.45

2.2 单因素实验结果

2.2.1 不同酶对出油率的影响 以过 40 目粒度的石榴籽为原料,分别选用果胶酶、纤维素酶、Neutrase 蛋白酶、Protamex 蛋白酶、Flavourzyme 风味蛋白酶等,酶用量为 2%,料液比为 1:5(g/mL),酶解时间为 5h,pH 和温度均为所用酶的最佳值;酶解完成后于 100℃ 水浴灭酶 10min,冷却后于 3500r/min 离心 20min,取上层液再离心 10min 后即得清油,计算出油率,结果如图 1 所示。

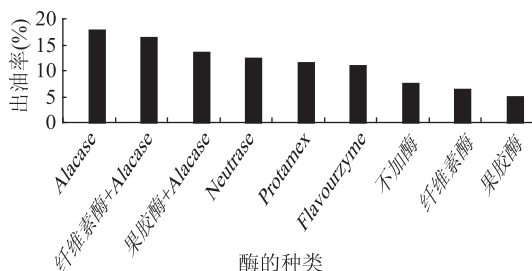


图 1 酶的种类与出油率的关系

由图 1 可知,果胶酶、纤维素酶效果不佳,这是由于这两种酶的最适 pH 均为酸性,而石榴籽蛋白在酸性条件下比较稳定,虽然纤维素及果胶被酶解,但是蛋白质与油脂结合使得脂肪难以释放。几种蛋白酶的提取效果都较好,其中以 Alcalase 蛋白酶的提取效果最好,这可能是因为这种酶对石榴籽蛋白的酶解效果最好,使得石榴籽油能得到更好的释放。

2.2.2 料液比对出油率的影响 选用 Alcalase 蛋白酶,pH 为 8.0,酶解温度为 55℃,酶添加量为 2%,酶解 5h,不同料液比对出油率的影响,如图 2 所示。

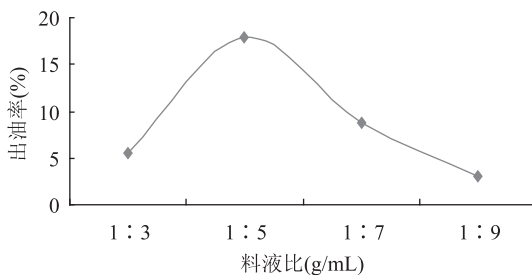


图 2 料液比与出油率的关系

从图 2 可以看出,在料液比 1:3~1:5(g/mL)范围内,随着料液比的增加,出油率明显增加,这说明水酶法提油时适量的水对提油是有利的。但是当底物浓度继续降低,酶与底物的接触减少,这样酶的作用效果就会降低,从而导致出油率下降。因此,最佳料液比为 1:5(g/mL)。

2.2.3 原料粒度对石榴籽油出油率的影响 选用 Alcalase 蛋白酶,pH 为 8.0,酶解温度为 55℃,酶添加量为 2%,料液比 1:5(g/mL),酶解 5h,研究粉碎度对出油率的影响如图 3 所示。

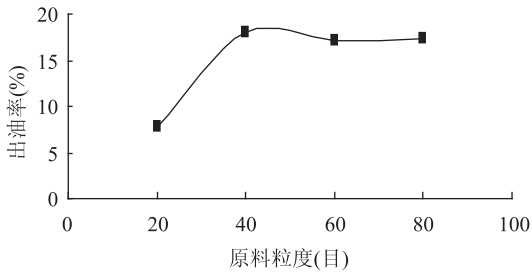


图3 粉碎度与出油率的关系

由图3可知,在20~40目的范围内,随着目数的增加,出油率明显增大,这是因为物料变细,酶与原料都能更好地接触,利于油脂的提取。而当粉碎度大于40目时,石榴籽粉碎过细,石榴籽油提取率反而下降,这是由于物料粒度对提取率有双重影响,物料太细,易被压实而降低酶的作用效果,不利于提取。因此,物料粒度选择40目为好。

2.2.4 酶解温度对出油率的影响 选用 Alcalase 蛋白酶, pH 为 8.0, 粉碎度为 40 目, 酶添加量为 2%, 料液比 1:5 (g/mL), 酶解 5h, 研究酶解温度对出油率的影响如图4所示。

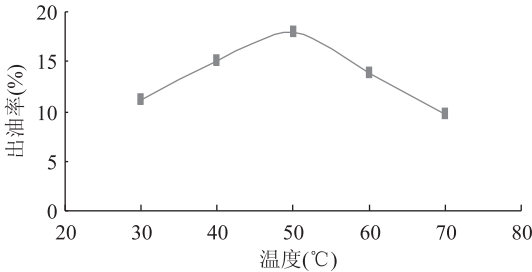


图4 酶解温度与出油率的关系

从图4可知,在30~50°C的范围内,随着温度的升高,出油率增加,这是由于温度升高越来越接近 Alcalase 蛋白酶的最适温度,酶活性不断增强。但是温度高于50°C以后,出油率明显降低,这是由于酶活性逐渐降低,酶解效果降低。因此,最佳酶解温度为50°C。

2.2.5 酶解时间对出油率的影响 选用 Alcalase 蛋白酶, pH 为 8.0, 粉碎度为 40 目, 酶添加量为 2%, 料液比 1:5 (g/mL), 酶解温度 55°C, 研究酶解时间对出油率的影响,如图5所示。

由图5可知,3~5h内随着酶解时间的延长,石榴籽油出油率明显升高,但是5h以后没有明显的变化。这是因为5h时酶解已经比较彻底,因此选择5h为最佳酶解时间。

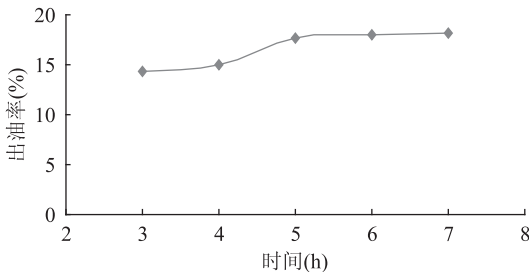


图5 酶解时间与出油率的关系

2.2.6 离心时间对出油率的影响 选用 Alcalase 蛋白酶, pH 为 8.0, 粉碎度为 40 目, 酶添加量为 2%, 料

液比 1:5 (g/mL), 55°C 酶解 5h, 研究离心时间对出油率的影响,如图6所示。

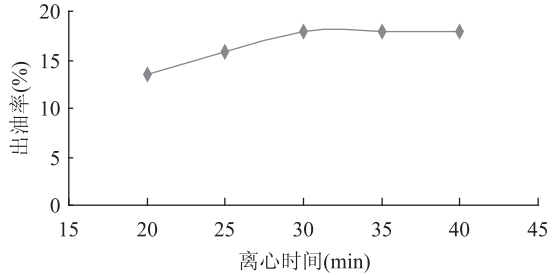


图6 离心时间与出油率的关系

由图6可知,小于30min时,随着离心时间延长,石榴籽油出油率升高,油的分离效果呈上升趋势,高于30min后没有明显变化,因此综合考虑,30min为最佳离心时间。

2.2.7 Alcalase 蛋白酶添加量对出油率的影响 选用 Alcalase 蛋白酶, pH 为 8.0, 粉碎度为 40 目, 料液比 1:5 (g/mL), 55°C 酶解 5h, 研究酶的添加量对出油率的影响,如图7所示。

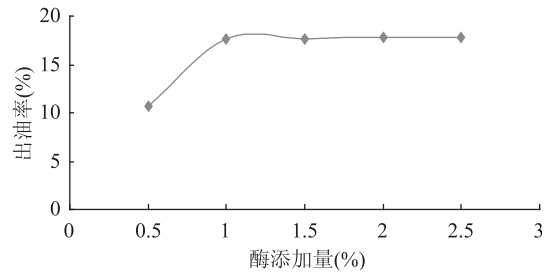


图7 酶添加量与出油率的关系

由图7可知,Alcalase 蛋白酶添加量在0.5%~1.0%范围内时,石榴籽油出油率明显增加,大于1.0%以后,出油率没有显著变化,综合考虑酶解效果和经济因素,酶添加量确定为1.0%。

2.2.8 pH 对出油率的影响 选用 Alcalase 蛋白酶, 粉碎度为 40 目, 酶添加量为 2%, 料液比 1:5 (g/mL), 55°C 酶解 5h, 研究 pH 对出油率的影响,如图8所示。

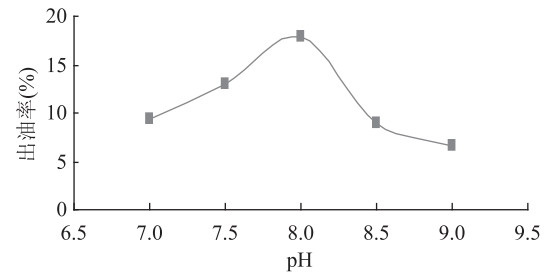


图8 pH 与出油率的关系

如图8所示,pH 对出油率影响较大,Alcalase 蛋白酶为碱性酶,最适 pH 为 8.0,从图中我们就可以看到,当 pH 为 8.0 时出油率最高,高于或者低于该值出油率都呈下降趋势,因此,酶解最佳 pH 确定为 8.0。

2.3 二次回归旋转组合实验优化工艺条件

在以上单因素实验的基础上,选用四因素五水平二次回归旋转组合进行石榴籽油提取工艺条件优化实验,实验结果见表3。

表3 $L_{36}(4^5)$ 二次正交旋转组合实验结果

处理	X_1	X_2	X_3	X_4	$Y(\%)$
1	1	1	1	1	11.3
2	1	1	1	-1	10.2
3	1	1	-1	1	12.1
4	1	1	-1	-1	9.8
5	1	-1	1	1	13.0
6	1	-1	1	-1	6.8
7	1	-1	-1	1	7.8
8	1	-1	-1	-1	3.2
9	-1	1	1	1	10.2
10	-1	1	1	-1	7.3
11	-1	1	-1	1	10.9
12	-1	1	-1	-1	6.2
13	-1	-1	1	1	13.7
14	-1	-1	1	-1	13.5
15	-1	-1	-1	1	11.3
16	-1	-1	-1	-1	1.1
17	-2	0	0	0	13.2
18	2	0	0	0	15.8
19	0	-2	0	0	1.7
20	0	2	0	0	14.2
21	0	0	-2	0	11.5
22	0	0	2	0	2.4
23	0	0	0	-2	14.4
24	0	0	0	2	18.7
25	0	0	0	0	18.0
26	0	0	0	0	18.3
27	0	0	0	0	17.9
28	0	0	0	0	18.2
29	0	0	0	0	18.6
30	0	0	0	0	18.7
31	0	0	0	0	18.0
32	0	0	0	0	18.5
33	0	0	0	0	18.2
34	0	0	0	0	18.4
35	0	0	0	0	18.5
36	0	0	0	0	18.2

回归方程失拟检验和显著性检验:

由表4可知, $F_{Lr} = F_1 = 2.16903 < F_{0.1}(10, 11) = 2.25$, 表示失拟差异不显著, 即回归方程对所有的实验点拟合的较好, 不存在其他对结果产生影响的未知因素; 而 $F = F_2 = 7.48987 > F_{0.01}(14, 21) = 3.03$, 说明回归时极显著的, 即实验所选择的四个因素对石榴籽油的出油率有显著的影响。由此可以看出上面的二次回归方程模型是合适的。

方差分析表最后一列表示各回归系数的显著水平 p , 从中可以看出, X_2 、 X_3 、 X_2^2 、 X_1X_2 和 X_3^2 对石榴籽油出油率的影响程度在 $\alpha = 0.01$ 水平达到极显著, X_4 和 X_1^2 在 $\alpha = 0.05$ 水平达到显著, X_1 和 X_2X_3 在 $\alpha = 0.1$ 水平达到显著。各因素对石榴籽油的出油率影响大小顺序为: 料液比 > 酶解温度 > 酶添加量 > 酶解时间。得到回归方程:

$$Y = 18.29167 + 0.21667X_1 + 1.35833X_2 + 0.22500X_3 + 1.48333X_4 - 1.26250X_1^2 - 2.90000X_2^2 - 3.15000X_3^2 - 1.07500X_4^2 + 1.10000X_1X_2 - 0.42500X_1X_3 - 0.23750X_1X_4 - 1.47500X_2X_3 - 0.63750X_2X_4 - 0.71250X_3X_4$$

通过 DPS 软件的分析结果, 得到了在本实验各

因素水平范围内石榴籽油的最佳酶解提取技术参数为: 酶解时间 5h, 料液比 1:5 (g/mL), 酶解温度 50℃, 酶添加量 1.0%。对该优化条件进行实验验证, 在该最优条件下, 平行实验 5 次取平均值, 得到出油率平均值为 18.2%, 而回归方程的理论计算出的出油率值为 18.5%, 相差 0.3%, 小于 5%, 表明实验优化得到的技术参数是可靠的。

表4 回归方程方差分析表

变异来源	平方和	自由度	均方	比值 F	显著水平 p
X_1	1.1267	1	1.1267	0.1395	0.0712
X_2	44.2817	1	44.2817	5.4844	0.0002
X_3	1.2150	1	1.2150	0.1505	0.0007
X_4	52.8067	1	52.8067	6.5402	0.0183
X_1^2	51.0050	1	51.0050	6.3171	0.0202
X_2^2	269.1200	1	269.1200	33.3310	0.0001
X_3^2	317.5200	1	317.5200	39.3254	0.0001
X_4^2	36.9800	1	36.9800	4.5800	0.0442
X_1X_2	19.3600	1	19.3600	2.3978	0.0013
X_1X_3	2.8900	1	2.8900	0.3579	0.5561
X_1X_4	0.9025	1	0.9025	0.1118	0.7414
X_2X_3	34.8100	1	34.8100	4.3113	0.0503
X_2X_4	6.5025	1	6.5025	0.8053	0.3797
X_3X_4	8.1225	1	8.1225	1.0060	0.3273
回归	864.6425	14	60.4745	$F_2 = 7.48987$	0.0002
剩余	169.5575	21	8.0742		
失拟	168.8483	10	16.8848	$F_1 = 2.16903$	0.0001
误差	0.0702	11	0.00645		
总和	1016.2000	35			

3 结论

3.1 在水酶法提取石榴籽油的实验中, 反应酶解时间、料液比、酶解温度、Alcalase 蛋白酶用量以及时间对油的提取率都有一定的影响, 且影响酶解反应的主次因素为: 料液比 > 酶解温度 > 酶添加量 > 酶解时间。

3.2 根据实验结果, 确定最佳工艺条件为: 酶解时间 5h, 料液比 1:5 (g/mL), 酶解温度 50℃, 酶添加量 1.0%, 在此工艺条件下, 石榴籽油的提取率达到 18.2%。

参考文献

- [1] Maya Kaufman, Zeev Wiesman. Pomegranate oil analysis with emphasis on MALDI-TOF/MS triacylglycerol fingerprinting[J]. Food Chemistry, 2007, 55(25): 10405-10414.
- [2] El-Shaarawy M I, Nahapetian A. Studies on pomegranate seed oil[J]. Fette Seife Anstrichmittel, 1983, 85(3): 123-126.
- [3] M Yamasaki, et al. Dietary effect of pomegranate seed oil on immune function and lipid metabolism in mice[J]. Nutrition, 2006(22): 54-59.
- [4] A Bhattacharya, et al. Biological effects of conjugated linoleic acids in health and disease[J]. Journal of Nutritional Biochemistry, 2006(17): 789-810.
- [5] D Kritchevsky. Influence of conjugated linoleic acid (CLA) on establishment and progression of atherosclerosis in rabbits[J].

(下转第 271 页)

表1 不同澄清剂澄清西红柿果酒的稳定性

稳定实验	澄清剂			
	壳聚糖	皂土	明胶	PVPP
冷冻稳定性	透明,无絮状沉淀,颜色深红发亮	透明,无絮状沉淀,颜色最深发暗	透明,无絮状沉淀,颜色最浅发亮	透明,无絮状沉淀,颜色深红发亮
自然稳定性	透明,无絮状沉淀,颜色发亮	透明,有轻微沉淀,颜色发暗	透明,有絮状沉淀,颜色发亮	透明,无絮状沉淀,颜色轻微发暗
蛋白质稳定性	阴性,无絮状沉淀,无失光	阴性,无絮状沉淀,无失光	阴性,无絮状沉淀,无失光	阴性,无絮状沉淀,无失光
果胶稳定性	阴性,无絮状沉淀	阳性,有絮状沉淀	阴性,无絮状沉淀	阴性,无絮状沉淀

表2 正交实验安排及实验数据

实验号	A 添加量 (mg/L)	B 时间 (h)	C 温度 (℃)	空白列	T ₇₂₀
1	1(400)	1(1)	1(25)	1	60.9
2	1	2(2)	2(35)	2	63.6
3	1	3(3)	3(45)	3	56.7
4	2(800)	1	2	3	66.5
5	2	2	45	3	67.0
6	2	3	1	2	61.0
7	3(1200)	1	3	2	42.0
8	3	2	1	3	43.2
9	3	3	2	1	39.8
K ₁	181.2	169.4	165.1	167.7	T = 500.7
K ₂	194.5	173.8	169.9	166.6	y = 55.6
K ₃	125.0	157.5	165.7	166.4	
k ₁	60.4	56.5	55.0	55.9	
k ₂	64.8	57.9	56.6	55.5	
k ₃	41.7	52.5	55.2	55.5	
R	23.2	5.4	1.6	0.4	

表3 正交实验方差分析表

方差来源	偏差平方和	自由度	方差	F 值	F _{0.01} (2,2) 临界值	显著性
A	90.728	2	45.364	277.5	99.00	**
B	47.407	2	23.704	145.0	99.00	**
C	4.560	2	2.280	13.9	99.00	
D	0.327	2	0.164			

壳聚糖是氨基葡萄糖的直链多聚糖,可由甲壳素脱去己酰基制得。甲壳素是许多低等动物、特别是节肢动物外壳的主要成分,动物甲壳中的甲壳素是和溶于水的无机盐及蛋白质以结合形式存在。用稀酸稀碱处理,除去无机盐及蛋白质即得甲壳素,甲壳素脱去乙酰基制成壳聚糖。壳聚糖是天然的阳离子型絮凝剂,对蛋白质、果胶有很强的凝集能力。

(上接第 268 页)

Journal of the American College of Nutrition, 2000, 19 (4): 472-477.

[6] M Fa, et al. Incorporation and metabolism of c9, t11 and t10, c12 conjugated linoleic acid (CLA) isomers in rat brain [J]. Biochimica et Biophysica Acta, 2005, 1736: 61-66.

[7] 李文敏, 敖明章, 余龙江, 等. 石榴籽油的微波提取和体外抗氧化作用研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2006, 18: 378-380.

[8] 马齐, 秦涛, 王丽娥, 等. 石榴籽油的提取及成分分析 [J].

西红柿酒中单宁含量少, 浑浊主要是蛋白质和酶的影响所发生的浑浊^[4-5], 还有就是胶体凝聚引起的, 主要表现为蛋白质在酒中盐类的电离作用下, 胶体稳定性被破坏而凝聚沉淀^[6]。

3 结论

通过综合比较使用离心、明胶、皂土、PVPP 和壳聚糖澄清西红柿酒的澄清度及澄清后的西红柿酒, 对其进行稳定性实验结果得出, 选用壳聚糖作为西红柿酒的澄清剂, 可以得到澄清度高, 稳定性好的西红柿酒。

通过壳聚糖澄清西红柿酒的多因素实验结果得出, 影响壳聚糖澄清西红柿果酒效果的主次因素依次为壳聚糖的加入量 > 作用时间 > 温度, 壳聚糖的加入量和作用时间的影响极其显著。壳聚糖澄清西红柿果酒的最佳参数为壳聚糖的加入量为 800mg/L, 作用时间为 2h, 温度为 35℃, 在此条件下西红柿果酒的澄清度可达到 67.0%。

参考文献

[1] 冉艳红, 于淑娟, 杨春哲. 壳聚糖在苹果酒澄清中的应用 [J]. 食品科学, 2001, 22(9): 38-40.

[2] 夏秀梅, 宋芝强, 于宗文. 苹果酒皂土添加量实验 [J]. 山东食品发酵, 2000(4): 39.

[3] 孟宪军, 张燕维, 郭晨欣. 不同澄清方法对山葡萄酒澄清效果的影响 [J]. 酿酒, 2000(2): 100-102.

[4] 杨春哲, 冉艳红, 黄雪松. 果酒稳定性综述 [J]. 中国酿造, 2000(3): 9-13.

[5] 李远怀. 澄清果菜汁后混浊 (Haze) 产生的原因及解决方法 [J]. 饮料工业, 1999(3): 16-19.

[6] 张春晖, 李锦解, 李华. 葡萄酒的胶体性质与澄清 [J]. 食品工业, 1999(4): 16-18.

粮油食品科技, 2008, 16(1): 28-30.

[9] 倪培德, 江志炜. 高油分油料水酶法预处理制油新技术 [J]. 中国油脂, 2002, 27(6): 5-8.

[10] 谢祥茂. 水相酶解提取大豆油脂的方法及机理研究 [D]. 浙江工业大学研究生学位论文, 2001.

[11] 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.

[12] 张郁松, 寇炜材, 贾颖周. 水酶法提取苹果籽油的工艺研究 [J]. 粮油加工, 2007(4): 49-51.