

## Box-Behnken 优化醇酶法提取野山杏仁油工艺及脂肪酸分析

郝文杰, 黎刚刚, 周亚琼, 杨俊兰, 姚健, 张继\* (西北师范大学生命科学学院, 甘肃兰州 730070)

**摘要** [目的] 优化野山杏仁油提取工艺并对其成分进行分析。[方法] 利用有机溶剂乙醇作为破乳剂辅助水酶法提取野山杏仁油, 在单因素试验的基础上选择总酶添加量、乙醇浓度、料液比、酶解时间为主要因素, 野山杏仁油的提油率为响应值, 通过响应面法优化提取条件。[结果] 野山杏仁油最佳提取条件: 总酶的添加量为 2.00%, 乙醇浓度为 20.00%, 时间为 130 min, 料液比(g/mL) 为 1:7, 野山杏仁油的提取率为 49.86%; 并分析了提取的油脂成分, 不饱和脂肪酸高达 90% 以上, 其中油酸、亚油酸含量分别为 65.68%、24.78%。[结论] 乙醇在提取过程中起到了很好的破乳作用, 提高了油脂提取率, 并且乙醇可回收, 解决了水污染问题, 可为油脂提取提供参考。

**关键词** 野山杏; 乙醇; 水酶法; 破乳剂; 破乳作用

中图分类号 S789.5 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)01-0108-04

## Optimization of Enzymatic Extraction of Almond Oil by Box-Behnken Method and Analysis of Fatty Acids

HAO Wen-jie, LI Gang-gang, ZHOU Ya-qiong, ZHANG Ji\* et al (College of Life Science, Northwest Normal University, Lanzhou, Gansu 730070)

**Abstract** [Objective] To optimize extraction condition of wild almond oil and analyze its components. [Method] By using aqueous ethanol as demulsifier, on the basis of the single factor experiment, the total amount of enzyme, the concentration of ethanol, the ratio of material to liquid and the time of enzymolysis were selected as the factors. The extraction rate of wild almond oil was the response value, and the extraction condition was optimized by response surface method. [Result] The best extraction condition of the wild almond oil was as follows: total enzyme was 2.00%, ethanol concentration was 20.00%, time was 130 min, the ratio of material to liquid(g/mL) was 1:7, the extraction rate of the wild almond oil was 49.86%; The contents of oleic acid and linoleic acid were 65.68% and 24.78%, respectively, and the content of unsaturated fatty acid was more than 90%. [Conclusion] Ethanol played a good demulsification in the extraction process and improved the extraction rate of oil. And ethanol could be recovered to solve the problem of water pollution, which can provide reference for oil extraction.

**Key words** Wild apricot; Ethanol; Water enzymatic method; Demulsifier; Demulsification effect

苦杏仁是蔷薇科杏属植物山杏成熟果实带苦味的种子或种仁, 在我国主要产于辽宁、内蒙古、北京、河北、山西、陕西、新疆等北方干旱和半干旱地区, 资源十分丰富<sup>[1-2]</sup>。在植物油的提取过程时, 形成乳状液造成乳化现象的原因是由于油料中蛋白质存在, 使提油率降低。水酶法是一种新兴的油脂提取工艺, 具有无溶剂残留、油的提取率高、能耗低等优点<sup>[3-4]</sup>。一般提取温度在 70℃ 以下, 可以得到高品质的油脂和蛋白, 但是会形成不同程度的乳状液。为了提高油脂提取率, 目前已有的破乳方法有离心破乳、加热破乳、冷冻解冻破乳、微波辅助破乳、超声辅助破乳等<sup>[5-8]</sup>。但是大部分的破乳工艺都增加了更加繁琐的工艺步骤, 不利于普遍应用。殷振雄等<sup>[9]</sup>采用无机盐破乳, 取得了很好的破乳效果, 但无机盐无法回收而造成水资源的浪费。李强等<sup>[10]</sup>用乙醇作为破乳剂首次在油茶籽油水相提取中应用, 目前在提油方面尚鲜有其他报道。笔者将破乳剂乙醇和复合酶联用, 以此得到一种新型绿色无污染的提油工艺, 并对所提取油的成分进行分析。

## 1 材料与方 法

**1.1 材料** 原料: 野山杏, 产自辽宁省葫芦岛市。主要试剂: 石油醚(沸程 60~90℃), 天津市富宇精细化工有限公司; 异辛烷(色谱纯), 天津市化学试剂厂; 甲醇(分析纯)、乙醇(分析纯), 天津市凯信化学工业有限公司; 纤维素酶, 济宁

和美生物工程有限公司; 木瓜蛋白酶, 北京索莱宝科技有限公司。主要仪器设备: 兰工牌香油磨浆机, 河南省兰考县孟寨铸造厂; TDL5M 台式大容量冷冻离心机, 长沙湘仪离心机仪器有限公司; HH-S8 型电热恒温水浴锅, 金坛市杰瑞尔电器有限公司; D2010W 搅拌器, 上海梅颖浦仪器仪表制造有限公司; 气质联用仪, 美国 Thermo 公司。

## 1.2 方 法

**1.2.1 野山杏仁中粗脂肪含量的测定。** 粗脂肪含量根据 GB/T14772—2008 中方法进行测定。

**1.2.2 乙醇水酶法提取工艺。** 去皮野山杏仁→粉碎→乙醇溶液浸泡→升温灭酶→冷却→加入复合酶→酶提→升温灭酶→冷却→高速离心→游离油、乳状液、水提液、渣。

**粉碎:** 将去皮野山杏仁用高速粉碎机粉碎, 粉碎时间为 40 s。**乙醇溶液浸泡:** 将粉碎后的野山杏仁浆料以一定体积分数的乙醇溶液溶解浸泡。**升温灭酶:** 为了防止杏仁中的内源脂肪酶在酶解过程中发生反应, 需要进行灭酶(升温到 85℃, 保持 10 min), 使得物料中的内源脂肪酶失活。**高速离心:** 将野山杏仁浆料醇溶液以一定转速离心 30 min。**取油:** 离心后用胶头滴管吸出上层游离油, 加入无水硫酸钠去水, 称重。计算野山杏仁油的提取率(%)。

$$\text{提取率}(\%) = \frac{\text{提取野山杏仁油的质量}}{\text{野山杏仁浆料的质量} \times \text{浆料含油量}} \times 100\%$$

**1.2.3 单因素试验。** 分别对果胶酶、木瓜蛋白酶、纤维素酶、淀粉酶进行试验, 选取效果较理想的酶, 对选取的酶进行复合酶的配比, 然后分别对总酶添加量、酶解 pH、温度、乙醇浓度、料液比、提取时间进行单因素试验。

**基金项目** 国家自然科学基金项目(31200255)。  
**作者简介** 郝文杰(1992—), 男, 甘肃武威人, 硕士研究生, 研究方向: 生化药理学。\* 通讯作者, 研究员, 博士, 从事植物资源开发与利用研究。  
**收稿日期** 2016-12-13

**1.2.4 提取条件的优化设计。**在单因素试验的基础上,依据响应面设计原理,对影响野山杏仁油提取率的因素进行选择,即总酶添加量、乙醇浓度、料液比(g:mL)、酶解时间,进行4因素3水平的响应面试验,利用响应值确定最佳提取条件。试验因素与水平设计见表1。

表1 野山杏仁油提取率的响应面分析因素水平设计

Table 1 Factors and levels design of response surface analysis of wild almond oil extraction rate

水平 Level	因素 Factor			
	总酶添加量 ( $X_1$ ) Total enzyme addition//%	乙醇浓度( $X_2$ ) Ethanol concentration %	料液比( $X_3$ ) Feed to liquid ratio	酶解时间( $X_4$ ) Time of enzymolysis min
-1	1.5	15	1:6	90
0	2.0	20	1:7	120
1	2.5	25	1:8	150

**1.3 野山杏仁油的脂肪酸分析** 采用GB/T17376—2008中的酯交换法分析野山杏仁油的脂肪酸,其GC-MS条件:RTX-5MS型弹性石英毛细管(30 m×0.25 mm×0.25 μm),载气He,流速1.0 mL/min;分流比为50:1,传输线温度为250℃,进样口温度为250℃。程序升温:初始温度150℃保持3 min;以5℃/min从150℃升高到220℃,保持1 min;以1℃/min从220℃升高到230℃,保持1 min;以5℃/min从230℃升高至250℃,电子能量70 eV,扫描范围50~650 amu。

## 2 结果与分析

**2.1 野山杏仁的粗脂肪含量** 经试验测得,供试野山杏仁的含油量为50.67%。

### 2.2 单因素试验

**2.2.1 不同酶种类对野山杏仁油提取率的影响。**从图1可以看出,对野山杏仁油提取率效果较好的酶是木瓜蛋白酶和纤维素酶,是因为油滴被包裹在蛋白质及其纤维结构中,蛋白酶和纤维素酶可以分解蛋白和纤维,使油滴释放,从而提高了出油率。

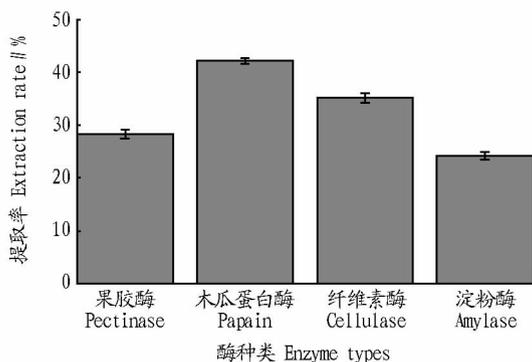


图1 酶种类对野山杏仁油提取率的影响

Fig. 1 Effect of enzyme types on extraction rate of wild almond oil

**2.2.2 不同酶配比对野山杏仁油提取率的影响。**从图2可以看出,随着木瓜蛋白酶比例的增加,野山杏仁油提取率增加,当比例达到3:1时,提取率增加不明显,考虑到成本问题,

选择酶配比(木瓜蛋白酶:纤维素酶)3:1较为合适。

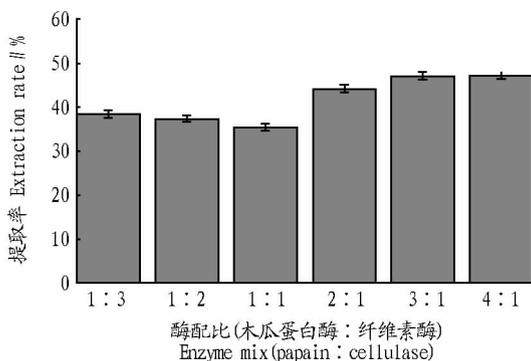


图2 不同酶比对野山杏仁油提取率的影响

Fig. 2 Effect of different enzymes on extraction rate of wild almond oil

**2.2.3 总酶添加量对野山杏仁油提取率的影响。**从图3可知,总酶添加量达到2.0%后,野山杏仁油提取率趋于平缓,再增加总酶添加量,提取率增加不明显,故总酶添加量选择2.0%。

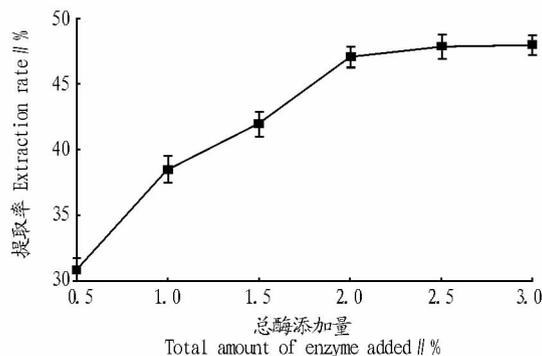


图3 总酶添加量对野山杏仁油提取率的影响

Fig. 3 Effect of total enzyme addition on extraction rate of wild almond oil

**2.2.4 不同pH对野山杏仁油提取率的影响。**从图4可知,当体系pH在7.0时对野山杏仁油的提取效果最好,是由于在此pH下,木瓜蛋白酶和纤维素酶的活性极好,当pH升高或降低,提取率均下降,是由于其酶的活性下降,故选择pH为7.0。

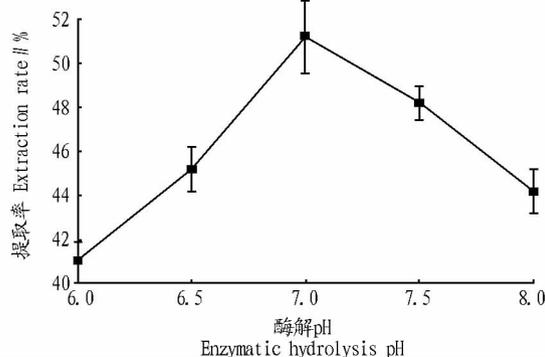


图4 不同pH对野山杏仁油提取率的影响

Fig. 4 Effect of pH on extraction rate of wild almond oil

**2.2.5 不同提取温度对野山杏仁油提取率的影响。**从图5

可知,当提取温度在 40 ℃ 之前,野山杏仁油提取率随提取温度的升高而增加,在 40 ℃ 之后提取率随提取温度的升高而开始缓慢下降。因为酶在最适温度下活性能达到较好的状态,当温度升高会使酶活性下降,提取率下降。

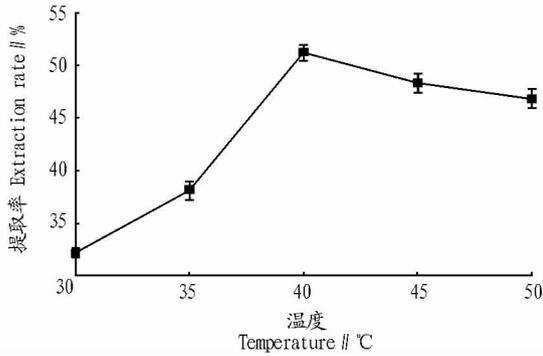


图5 不同温度对野山杏仁油提取率的影响

Fig.5 Effect of different temperature on extraction rate of wild almond oil

2.2.6 不同乙醇浓度对野山杏仁油提取率的影响。从图 6 可知,当乙醇浓度达到 20% 时,对野山杏仁油的提取效果最好,随后出现下降趋势。可能是由于乙醇是表面活性剂,可以降低表面张力,使乳化效果减弱,当浓度持续增大后,游离的蛋白又与油滴结合成乳状液,使得提取率下降。

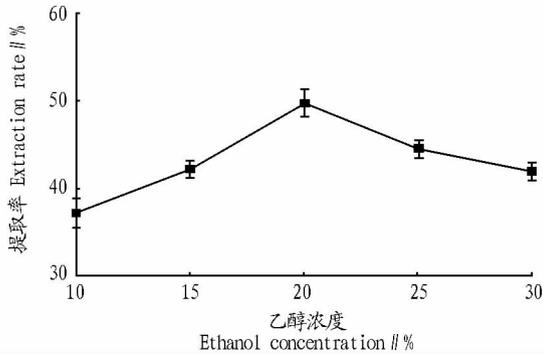


图6 不同乙醇浓度对野山杏仁油提取率的影响

Fig.6 Effect of different ethanol concentration on extraction rate of wild almond oil

2.2.7 不同料液比对野山杏仁油提取率的影响。从图 7 可知,随着料液比中溶剂用量的增加,野山杏仁油提取率随之

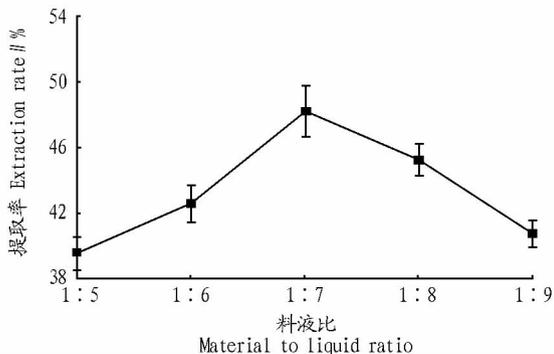


图7 不同料液比对野山杏仁油提取率的影响

Fig.7 Effect of different ratio of solid to liquid on extraction rate of wild almond oil

增加,当料液比达到 1:7 之后,提取率下降。因此,料液比选择 1:7 效果较好。

2.2.8 不同酶解时间对野山杏仁油提取率的影响。从图 8 可知,随着提取时间的增加,野山杏仁油提取率增加,当提取时间过长后,其提取的油脂又与其蛋白结合成乳状液,故选择 120 min 为最佳提取时间。

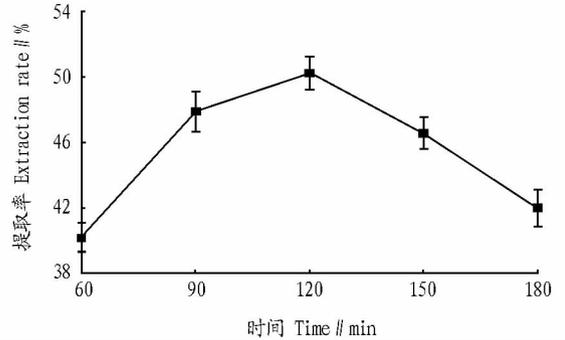


图8 不同酶解时间对野山杏仁油提取率的影响

Fig.8 Effect of different enzymolysis time on extraction rate of wild almond oil

2.3 醇酶法提取野山杏仁油的条件优化 在单因素试验的基础上,选取酶的添加量( $X_1$ )、乙醇浓度( $X_2$ )、料液比( $X_3$ )、酶解时间( $X_4$ )为主要因素,以野山杏仁油提取率为响应值,进行响应面优化分析。试验方案及结果见表 2。

表2 野山杏仁油提取响应面试验方案与结果

Table 2 Almond oil extraction response surface test program and results

试验号 Test No.	因素 Factors				提取率 Extraction rate / %
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	
1	0	0	0	0	50.04
2	1	0	0	1	49.51
3	1	-1	0	0	30.46
4	-1	1	0	0	22.11
5	-1	-1	0	0	20.55
6	0	-1	0	-1	30.11
7	0	0	1	-1	32.92
8	0	0	1	1	39.46
9	1	0	1	0	43.29
10	0	0	-1	-1	30.23
11	0	-1	-1	0	30.52
12	0	0	0	0	52.89
13	-1	0	-1	0	41.87
14	-1	0	0	1	36.81
15	1	0	0	-1	43.24
16	0	0	0	0	51.12
17	0	1	0	1	38.22
18	0	1	-1	0	22.02
19	0	1	1	0	20.59
20	0	0	0	0	48.02
21	0	-1	0	1	28.45
22	-1	0	0	-1	32.58
23	1	0	-1	0	40.18
24	0	0	0	0	53.65
25	0	0	-1	1	37.72
26	-1	0	1	0	34.23
27	0	-1	1	0	21.88
28	0	1	0	-1	23.01
29	1	1	0	0	24.38

以总酶添加量( $X_1$ )、乙醇浓度( $X_2$ )、料液比( $X_3$ )和酶解时间( $X_4$ )为自变量,提取率( $Y$ )为响应值,拟合得到提取率( $Y$ )与 $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 的二次多项回归方程为: $Y = 51.14 + 3.58X_1 - 0.97X_2 - 0.85X_3 + 3.17X_4 - 1.91X_1X_2 + 2.69X_1X_3 + 0.51X_1X_4 + 1.80X_2X_3 + 4.22X_2X_4 - 0.24X_3X_4 - 5.43X_1^2 - 18.80X_2^2 - 8.47X_3^2 - 5.05X_4^2$ 。

方差分析显示, $F_{\text{模型}} = 13.75, P_{\text{模型}} < 0.0001^{**}; F_{X_1} = 10.22, P_{X_1} = 0.0065^{**}; F_{X_2} = 0.75, P_{X_2} = 0.4003; F_{X_3} = 0.57, P_{X_3} = 0.4611; F_{X_4} = 8.05, P_{X_4} = 0.0132^{*}; F_{X_1X_2} = 0.97, P_{X_1X_2} = 0.3408; F_{X_1X_3} = 1.93, P_{X_1X_3} = 0.1870; F_{X_1X_4} = 0.069, P_{X_1X_4} = 0.7961; F_{X_2X_3} = 0.87, P_{X_2X_3} = 0.3678; F_{X_2X_4} = 4.74, P_{X_2X_4} = 0.0470^{*}; F_{X_3X_4} = 0.015, P_{X_3X_4} = 0.9042; F_{X_1^2} = 12.77, P_{X_1^2} =$

$0.0031^{**}; F_{X_2^2} = 152.75, P_{X_2^2} < 0.0001^{**}; F_{X_3^2} = 31.03, P_{X_3^2} < 0.0001^{**}; F_{X_4^2} = 11.04, P_{X_4^2} = 0.0050^{**}; F_{\text{失拟}} = 3.74, P_{\text{失拟}} = 0.1078$ 。从此看出,回归方程模型 $F$ 值为13.75, $P < 0.0001$ ,说明回归方程模型极显著;方程失拟项 $P$ 值(0.1078)远大于0.05,表现为不显著,说明该方程与试验数据拟合度良好。其中 $X_1$ 、 $X_1^2$ 、 $X_2^2$ 、 $X_3^2$ 、 $X_4^2$ 对野山杏仁油的提取率极显著;在4个单因素试验中,显著性大小为 $X_1 > X_4 > X_2 > X_3$ ,即对野山杏仁油提取率的影响程度大小依次为总酶添加量、酶解时间、乙醇浓度、料液比。

二维空间的等高线图是椭圆形,说明这2个因素对提取率的相互作用明显,如果是圆形,则说明这2个因素对提取率的相互作用不明显<sup>[11]</sup>。从图9可以看出,乙醇浓度和时间

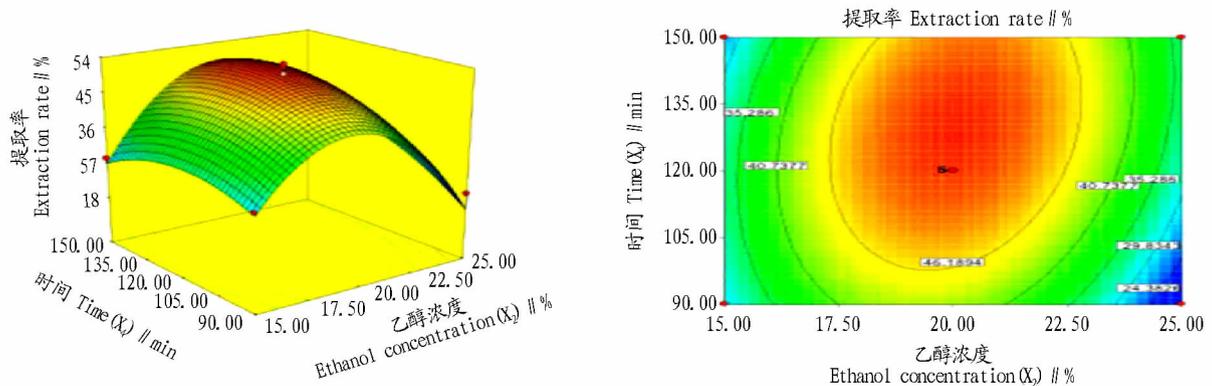


图9 交互作用响应面与等高线

Fig.9 Interaction response surface and contour plot

对野山杏仁油的提取率有显著的交互作用。

**2.4 验证试验** 通过分析建立以提取率为目标值,以酶的添加量、乙醇浓度、酶解时间、料液比为因素的模型。通过对回归方程的优化计算得到了最佳的提取条件:酶的添加量为2.17%,乙醇浓度19.96%,时间129.85 min,料液比为1:7,提取率可以达到52.29%。考虑实际试验的操作性,将条件优化为酶的添加量2.00%,乙醇浓度20.00%,酶解时间130 min,料液比为1:7进行试验,结果表明,此优化条件下野山杏仁油的提取率为49.86%,与预测值接近,模型精准度为95.35%。

**2.5 野山杏仁油的脂肪酸组成及其含量** 从图10和表3中可以看出,乙醇破乳辅助复合酶提取的野山杏仁油的不饱和脂肪酸含量高达90%以上,其中油酸65.68%,亚油酸24.78%,其成分与索氏提取法得到的相近,具有良好的应用价值。

### 3 结论与讨论

该试验通过响应面对醇酶法提取野山杏仁油的工艺进行了优化,确定了最优提取条件下的提取率可达49.86%;同时分析了提取的油脂成分,不饱和脂肪酸高达90%以上,营养成分未被破坏,具有较好的营养价值。

乙醇在提取过程中起到了很好的破乳作用,提高了油脂提取率;并且乙醇可以回收,解决了水污染问题。说明低浓度的乙醇提取油脂性植物油质中起到很好的破乳效果,为今

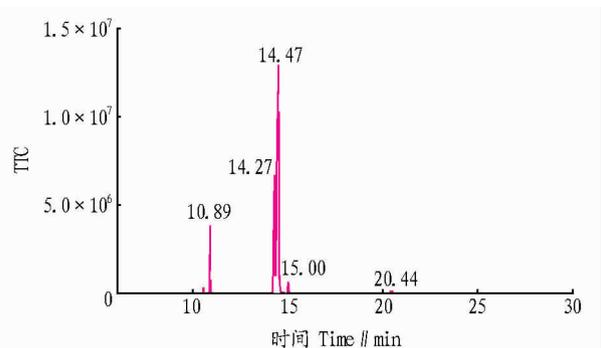


图10 醇酶法提取野山杏仁油的色谱

Fig.10 Alcohol enzymatic extraction of wild almond oil chromatogram

表3 醇酶法提取野山杏仁油的主要成分及其含量

Table 3 Alcohol enzymatic extraction of the main components of wild almond oil and its oil content

峰号 Peak number	名称 Name	分子式 Molecular formula	分子量 Molecular weight	保留时间 Retention time//min	相对含量 Relative content//%
1	棕榈酸	$C_{17}H_{34}O_2$	270	10.89	6.95
2	亚油酸	$C_{19}H_{34}O_2$	294	14.27	24.78
3	油酸	$C_{19}H_{36}O_2$	282	14.47	65.68
4	硬脂酸	$C_{19}H_{38}O_2$	298	15.00	1.71
5	11-二十烯酸	$C_{21}H_{40}O_2$	324	20.44	0.06

表4 秋冬季纯丝到混合丝水分的回归模型系数

Table 4 Regression model coefficient of moisture from pure tobacco to mixed tobacco in autumn and winter

自变量 Independent variable	系数 Coefficient	系数标准误 Coefficient standard error	T	P
常量 Constant	9.953 10	0.346 00	28.42	0.000
秋冬季混合丝水分 Moisture of mixed tobacco in autumn and winter	-0.728 31	0.027 22	-26.76	0.000

2.3.3.1 春夏季润叶出口到生丝水分的回归分析。由表5可知,春夏季润叶出口到生丝过程的回归方程:水分散失量 =  $1.86 - 0.034 \times$  生丝水分,生丝水分的控制中心值为 19.27%,由回归方程可算出,春夏季润叶出口到生丝的水分散失理论均值为 1.20%,故润叶出口水分控制中心值为 20.47%。

表5 春夏季润叶出口到生丝水分的回归模型系数

Table 5 Regression model coefficient of moisture from moistening leaf to raw tobacco in spring and summer

自变量 Independent variable	系数 Coefficient	系数标准误 Coefficient standard error	T	P
常量 Constant	1.864 60	0.352 50	5.29	0.000
春夏季生丝水分 Moisture of raw tobacco in spring and summer	-0.034 04	0.018 29	-1.86	0.044

2.3.3.2 秋冬季润叶出口到生丝水分的回归分析。由表6可知,秋冬季润叶出口到生丝过程的回归方程:水分散失

表6 秋冬季润叶出口到生丝水分的回归模型系数

Table 6 Model coefficient of moisture from moistening leaf to raw tobacco in autumn and winter

自变量 Independent variable	系数 Coefficient	系数标准误 Coefficient standard error	T	P
常量 Constant	6.213 10	0.524 80	11.84	0.000
秋冬季生丝水分 Moisture of raw tobacco in autumn and winter	-0.282 78	0.027 60	-10.25	0.000

(上接第 111 页)

后油脂的安全高效提取提供了参考依据。

### 参考文献

- [1] 王利兵. 山杏开发与利用研究进展[J]. 浙江林业科技, 2008, 28(6): 76-80.
- [2] 杨晓宇, 陈锦屏. 杏仁的营养保健功能及其在食品工业中的应用[J]. 食品科学, 2005, 26(9): 629-631.
- [3] 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): 151-153.
- [4] 郭元宝, 裘爱泳, 薛正莲, 等. 盐效应对油茶籽油水相萃取的影响[J]. 中国油脂, 2010, 35(9): 22-24.
- [5] 李招娣, 邓红, 范雪层, 等. 冷榨文冠果籽油的氧化稳定性研究[J]. 中国油脂, 2008, 33(9): 33-35.
- [6] VILKHU K, MAWSON R, SIMONS L, et al. Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry: A review[J]. Innov

量 =  $6.21 - 0.283 \times$  生丝水分, 生丝水分的控制中心值为 19.01%, 由回归方程可算出秋冬季润叶出口到生丝的水分散失理论均值为 0.83%, 故润叶出口水分控制中心值为 19.84%。

### 3 结论与讨论

该研究得出, 烘丝脱水量为 5.60% 时, 样品感官质量总得分最高。混合丝出柜到成品过程的水分散失量不存在季节性差异, 纯丝到混合丝和润叶出口到生丝的水分变化呈现明显的季节性变化, 且表现为春夏季散失量高于秋冬季。烘丝脱水量固定为 5.60% 时, 春夏季润叶出口水分、生丝水分、纯丝水分控制中心值分别为 20.47%、19.27% 和 13.67%, 秋冬季为 19.84%、19.01% 和 13.41%; 全年混合丝水分的控制中心值均为 12.81%。

通过对水分散失的季节性差异研究, 在固定烘丝脱水量的同时, 制定不同季节环境下主要工序点水分的控制中心值, 可以有效地提高制丝生产过程的质量稳定性, 同时提高卷烟产品的感官质量。

### 参考文献

- [1] 孙凯, 杨燕, 侯英, 等. 卷烟主流烟气气相水分检测与感官分析[J]. 云南化工, 2012, 39(4): 22-24.
- [2] 孙雯, 李雪梅, 曾晓鹰, 等. 烟丝含水率对卷烟燃吸品质、烟气水分及颗粒物挥发性成分的影响[J]. 烟草科技, 2009(11): 33-39.
- [3] 于建军. 卷烟工艺学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [4] 廖章平. 烘丝工序工艺参数优化与应用[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(32): 15898-15899, 15902.
- [5] 刘江生, 赖伟玲, 蔡国华, 等. KLD2-3 滚筒烘丝机筒壁温度不同控制模式对化学成分的影响[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(2): 824-826, 829.
- [6] 邱望标, 李超, 李雪梅. 基于 PID 控制的烟草烘丝机温度控制系统研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(26): 12708-12709.
- [7] 文武, 王勃, 杨枚, 等. 气流式烘丝的香气补偿技术研究[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(19): 4828-4829.
- [8] 邱小梅. 环境温度对烟草物料水份的影响[J]. 福建质量管理, 2012(5): 61.
- [9] 毕研平, 孙东亮. 盒装卷烟贮存期间烟丝含水率变化分析[J]. 中国科技信息, 2010(5): 132-134.
- [10] 孙东亮, 王坤明, 陈孟起, 等. 卷烟品牌许可生产质量的差异源分析[J]. 烟草科技, 2009(9): 5-10.
- [11] 国家烟草专卖局科技教育司, 郑州烟草研究院. 烟草及烟草制品感官评价方法: YC/T 138-1998[S]. 北京: 中国标准出版社, 1998.

Food Sci Emerg Technol, 2008, 9(2): 161-169.

- [7] 马娇, 陶海腾, 徐同成, 等. 响应面法优化超声波辅助水酶法提取小麦胚芽油的研究[J]. 中国粮油学报, 2013, 28(12): 57-62.
- [8] ZHANG S B, WANG Z, XU S Y. Optimization of the aqueous enzymatic extraction of rapeseed oil and protein hydrolysis[J]. J Am Oil Chem Soc, 2007, 84(1): 97-105.
- [9] 殷振雄, 梁俊玉, 宋坤, 等. 热盐水法提取文冠果油及其脂肪酸分析[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(8): 233-237.
- [10] 李强, 杨瑞金, 张文斌, 等. 乙醇对油茶籽油水相提取的影响[J]. 中国油脂, 2012, 37(3): 6-9.
- [11] KARUPPAIYA M, SASIKUMAR E, VIRUTHAGIRI T, et al. Optimization of process variables using response surface methodology (RSM) for ethanol production from cashew apple juice by *Saccharomyces cerevisiae*[J]. Asian journal of food and agro-industry, 2010, 3(4): 462-473.