

响应面优化超声提取汉麻大麻素及其抗氧化性研究

刘娜^{1,2*}, 陈灵芝¹, 张彦¹, 张丽¹, 樊静¹

(1.衡水学院化工学院, 河北衡水 053000;

2.又石大学制药与化妆品工学系, 韩国全罗北道 55338)

摘要:以汉麻籽为原料,采用超声辅助提取汉麻大麻素。以汉麻总酚(TPC)、总黄酮(TF)以及提取率为响应指标,通过响应面法优化超声提取时间、提取功率和甲醇质量分数,以等离子体的铁还原能力(FRAP)评价其抗氧化能力。结果表明,超声辅助提取汉麻多酚和黄酮的最佳工艺条件为:提取时间为 15 min、超声功率为 149 W、甲醇质量分数为 80%。在该条件下 TPC 为 318.05 mg/g、TF 为 39.11 mg/g、提取率为 11.28%、FRAP 还原能力为 17.84 mmol(AAE)/g;超声辅助提取比无超声处理的各指标均高出 2 倍多。经 HPLC 鉴定分离汉麻大麻素主要为大麻素(CBG)和四氢大麻酚(THC)。

关键词:汉麻大麻素;大麻总酚;总黄酮;超声辅助提取;抗氧化活性

中图分类号:TQ461

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2019)01-0144-06

DOI:10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2019.01.030

Response surface optimization on ultrasound-assisted extraction of hemp cannabinoids and study on anti-oxidation property

LIU Na^{1,2*}, CHEN Ling-zhi¹, ZHANG Yan¹, ZHANG Li¹, FAN Jing¹

(1.Department of Chemistry, Hengshui University, Hengshui 053000, China;

2.Department of Pharmaceutical and Cosmetic Engineering, Woosuk University, Jeollabukdo 55338, Korea)

Abstract: Taking hemp seeds as raw material, hemp cannabinoids are extracted by ultrasonic-assisted extraction. Through using total phenol (TPC) and total flavone (TF) of hemp as well as extraction rate as response indicators, and using FRAP experiment to evaluate the anti-oxidation ability of cannabinoids, response surface methodology (RSM) is used to optimize the extraction time, extraction power and methanol concentration for ultrasound-assisted extraction of hemp cannabinoid. The optimization results show that the optimum conditions for the extraction of hemp cannabinoids are as follows: extraction time is 15 min, ultrasonic power is 149 W and methanol concentration is 80%. Under these conditions, TPC and TV contents can reach 318.05 mg GAE·g⁻¹ and 39.11 mg QE·g⁻¹ respectively, the extraction rate can reach 11.28% and FRAP reduction ability is 17.84 mmol AAE·g⁻¹. The indexes of extraction assisted by ultrasound are more than twice that without ultrasound. It is identified by HPLC that hemp cannabinoids composite mainly cannabinoids and tetrahydrogen cannabinoids.

Key words: hemp cannabinoids; total phenol of cannabis; total flavone; ultrasound-assisted extraction; anti-oxidation property

汉麻又名火麻、大麻等,属大麻科(Cannabaceae),曾因其含有精神致幻作用的四氢大麻酚(Tetrahydrocannabinol, THC)而一度禁止种植。THC 质量分数低于 0.3%的大麻称为工业大麻,2005 年我国改称为汉麻。2008 年我国发布的药食同源名单汉麻仁在列^[1]。

大麻有数千年的药用历史,在中国、印度及中东地区曾被广泛用于治疗疟疾、风湿等疾病。据报道,1967 年首次从大麻中分离出 THC。在大麻中已经鉴定出苯甲酸等酚类物质约 34 种和黄酮类化合物约 23 种^[2]。此外,大麻还含有特殊的植物大麻素,

大麻素由 C21 萜烯酚化合物构成。大麻素常用于接受化疗的患者的恶心和呕吐、HIV 阳性患者的食欲刺激和成人多发性硬化症的痉挛的姑息性治疗。近年来发现,心肌细胞等很多受体在基因序列和蛋白结构与大麻素受体有同源性,在治疗心血管疾病等方面具有广阔的前景^[3-4]。

大麻素提取分离因其对温度等工艺参数以及其他萃取组分的敏感性而变得复杂,且索氏提取、浸渍和水蒸馏等常规提取方法存在提取时间长和溶剂耗量大等缺点。超声波已广泛用于多酚、多糖等生物活性物质的提取^[5]。超声作用形成的空化效应使

收稿日期:2018-09-23;修回日期:2018-11-06

基金项目:河北省科技计划资助项目(17211414);衡水学院“服务衡水地方社会经济特别支持计划”(2018ZX002)

作者简介:刘娜(1984-),女,博士研究生,讲师,研究方向为天然产物开发与化妆品制造,通讯联系人,455237107@qq.com。

气泡形成后剧烈坍塌,产生局部高温高压起到破壁作用,加快细胞内容物流出,从而缩短提取时间提高产率。

笔者采用响应面优化超声提取汉麻大麻素,以汉麻总酚(*TPC*)、总黄酮(*TF*)、抗氧化能力(等离子体的铁还原能力,*FRAP*)以及提取率为响应指标,并用HPLC对汉麻化合物大麻素(*CBG*)、四氢大麻酚(*THC*)进行鉴定和比较评价,以期为超声辅助提取汉麻制备汉麻素提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料与试剂

汉麻籽,广西巴马生产;甲醇、福林酚、没食子酸等,均为分析纯。

1.2 实验仪器

JY92-11N 超声细胞粉碎机,宁波新芝生物科技股份有限公司生产;TU-1901 双光束紫外分光光度计,北京普析通用仪器有限责任公司生产;BSA223S 电子天平,北京赛多利斯科学仪器有限公司生产;AB SCIEX 液相色谱质谱联用仪,日本岛津生产。

1.3 样品预处理

挑选无霉变的汉麻籽,洗净粉碎并过 0.5 mm 筛,于 4℃ 储存备用。

1.4 汉麻大麻素的提取

取 5.00 g 样品与 100 mL 甲醇/水溶剂,置于 250 mL 三角瓶中,用石蜡膜覆盖以避免溶剂蒸发。将探针插入烧杯中,从尖端到烧杯底部的距离约为计算的超声波长的一半,以实现最大空化和超声处理效率;冷却过滤,4℃ 保存备用。对照实验:将 5.00 g 样品与 100 mL 50% 甲醇于三角瓶中混合,并在磁力搅拌器上以 300 r/min、60℃ 下连续搅拌 30 min。冷却过滤,4℃ 保存备用。

1.5 汉麻大麻素提取单因素试验

分别考察超声功率(60、90、120、150、180 W)、甲醇体积分数 [$V(\text{甲醇})/V(\text{水}) = 0、25\%、50\%、75\%、100\%$] 和超声时间(1、5、10、15、20 min) 和提取温度(20、25、30、35、40℃) 对 *TPC*、*TP* 和得率的影响。

1.6 响应曲面法优化

在单因素试验的基础上,以 *TPC*、*TP* 和得率为响应指标,考察各因素及其交互作用对 *TPC*、*TP* 和得率的影响,进行中心组合试验设计,中心组合设计各因素水平如表 1 所示。

表 1 中心组合设计因素和水平

水平	因素		
	超声时间(A)/min	超声功率(B)/W	甲醇质量分数(C)/%
-1	5	90	25
0	10	100	50
1	15	150	75

1.7 汉麻大麻素质量分数的测定

1.7.1 总酚(*TPC*)的测定

通过福林酚法测定提取物的 *TPC*, 参照 Ainsworth 等^[6] 所述的方法并进行修改如下: 将 0.5 mL 提取物与 2 mL 福林酚试剂(用水 1:15 稀释)于 10 mL 容量瓶中充分混合; 2 min 后加入 2.5 mL 7.5% 的 Na_2CO_3 溶液, 定容后在黑暗条件下反应 2 h。然后用紫外-可见分光光度计在 765 nm 处测定吸光度, 以空白校正(不含提取物的相同方法制备空白溶液)。用质量浓度范围为 0.1~0.5 mg/mL 的没食子酸的标准溶液绘制校准曲线, 总酚以样品中没食子酸当量计算, 表示为 mg(GAE)/g。

1.7.2 总黄酮(*TF*)的测定

采用 Teh 等^[7] 所述方法测定总黄酮: 将 1 mL 提取液与 0.1 mL 1% 2-氨基乙基二苯基硼酸盐甲醇溶液(体积比)于 10 mL 容量瓶中混合、定容。然后用紫外-可见分光光度计于 404 nm 处测吸光度, 以空白调零。用 0.05~0.3 mg/mL 的槲皮素溶液绘制校准曲线, 总黄酮以样品中槲皮素当量计算, 以 mg(QE)/g 表示。

1.7.3 得率测定

提取物于 50℃ 的烘箱中干燥 4 h(溶剂已完全挥发)测定提取物的产率, 得提取率:

$$\text{提取率} \% = (m_2/m_1) \times 100\%$$

其中: m_1 为试样质量, g; m_2 为提取物干燥后的质量, g。

1.8 *FRAP* 抗氧化能力的测定

参照 Belwal 等^[8] 所述方法测定 *FRAP* 抗氧化能力: 现配 *FRAP* (Ferric reduction ability power) 溶液, 将 0.3 mol/L pH 3.6 100 mL 乙酸钠缓冲液、10 mmol/L 溶于 40 mmol/L HCl 的 TPTZ 溶液和 20 mmol/L FeCl_3 以体积比 10:1:1 混合。将 0.1 mL 提取物与 5 mL *FRAP* 试剂混合, 在黑暗处 37℃ 水浴中反应 30 min。用紫外-可见分光光度计在 593 nm 处测吸光度, 以空白调零。用浓度在 0.1~1.6 mmol/L 的抗坏血酸溶液绘制校准曲线, 样品

FRAP 抗氧化能力以抗坏血酸当量计算, 表示为 $\text{mmol(AAE)}/\text{g}$ 。

1.9 汉麻大麻素鉴定

参照 Baker 等^[9]所述方法, 用 HPLC 对汉麻大麻素化合物进行鉴定; 采用 Phenomenex Kinetex C18 (150 mm×4.6 mm, 2.6 μm) 核壳柱进行分离; 进样量为 15 μL ; 流动相由 A ($\text{H}_2\text{O}+0.1\% \text{HCOOH}$) 和 B ($\text{CH}_3\text{CN}+0.1\% \text{HCOOH}$) 组成; 梯度洗脱速度为 1.2 mL/min; 流速时间梯度: 20% B (0~1 min)、30% B (9 min)、44% B (13.5 min)、100% B (16.5~18 min)、20% B (18.5~20 min)。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果

2.1.1 超声功率对汉麻大麻素提取率的影响

超声功率对汉麻大麻素提取率的影响如图 1 所示。

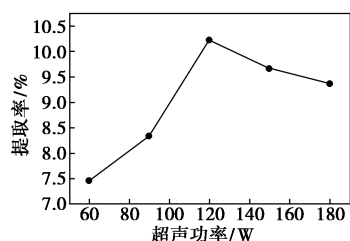


图 1 超声功率对汉麻大麻素提取率的影响

由图 1 可以看出, 随着超声功率的增大, 汉麻大麻素提取率先增大后减小, 在功率为 120 W 时最大值为 10.22%。超声波的处理能力与其超声功率有密切关系, 超声功率越大, 超声波穿透物质能力越强, 形成的空化作用越大, 细胞破壁效果越好, 有利于细胞内溶物的溶出, 从而提高传质效率。但超声功率过大会对目标物质造成一定程度的破坏, 从而导致提取率下降^[10]。

2.1.2 超声时间对汉麻大麻素提取率的影响

超声时间对汉麻大麻素提取率的影响如图 2 所示。

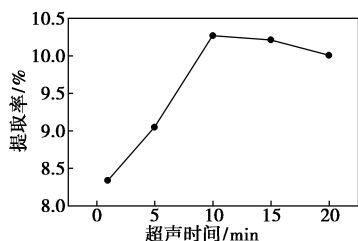


图 2 超声时间对汉麻大麻素提取率的影响

由图 2 可以看出, 随着超声时间的增大, 汉麻大麻素提取率先增大后减小, 在超声时间为 10 min 时, 汉麻大麻素提取率最大, 为 10.27%。在超声辅助提取初期, 其产生的空化效果主要作用在物料上, 超声时间的叠加使得细胞破壁率提高、传质速率增大, 因而提取率提高; 但是当目标物质溶出后, 其自身同时在超声容器中, 超声波的空化作用对生物活性物质有破坏作用, 因此, 超声时间选择 10~15 min 为宜。

2.1.3 超声温度对汉麻大麻素提取率的影响

超声温度对汉麻大麻素提取率的影响如图 3 所示。

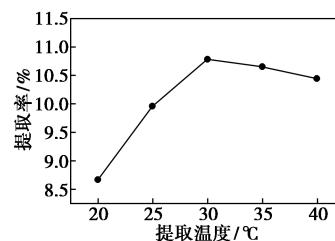


图 3 超声温度对汉麻大麻素提取率的影响

由图 3 可以看出, 随着超声温度的升高, 提取率先增大后减小, 在 30℃ 时有最大值, 为 10.78%。温度升高一定程度上有利于传质, 促进细胞内溶物流出; 但是较高温度对热敏物质不利, 高温导致热敏物质降解或者失活, 而且提高温度还增加能耗和成本。因此, 超声温度选择 30℃ 为宜。

2.1.4 甲醇体积分数对汉麻大麻素提取率的影响

甲醇体积分数对汉麻大麻素提取率的影响如图 4 所示。

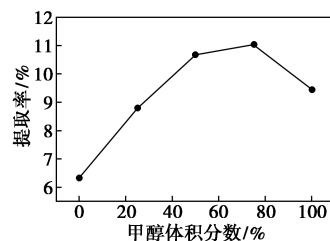


图 4 甲醇体积分数对汉麻大麻素提取率的影响

由图 4 可以看出, 随着甲醇体积分数的增大, 提取率先增大后减小, 在 75% 时达最大值, 为 11.03%。这是由于水提取汉麻大麻素效果不佳, 因此从相似相溶原理及前人研究的基础上选择甲醇作提取媒介, 提取效果显著提高。当用 100% 甲醇提取时, 提取率下降, 原因是混合物中水的存在有助于超声提取黄酮类化合物, 水可引起物料膨胀, 从而增

大有效接触表面积。此外,水在空化作用下会产生羟基自由基^[11],有助于酚类提取。因此,甲醇体积分数选择 50%~75%为宜。

2.2 响应面优化结果

2.2.1 响应面优化方案及结果分析

采用中心组合设计试验,考察超声时间(A)、超声功率(B)和甲醇体积分数(C)对 TPC、TF 和提取率的影响。中心组合试验设计及结果如表 2 所示。

表 2 中心组合试验设计及结果

实验	超声时间(A)/min	超声功率(B)/W	甲醇体积分数(C)/%	TPC/[mg(GAE)·g ⁻¹]	TF/[mg(QE)·g ⁻¹]	提取率/%
1	0	0	0	244.71	38.50	9.57
2	-1	-1	-1	189.47	34.91	10.02
3	0	0	0	239.04	33.52	8.85
4	-1	1	-1	205.89	45.02	12.10
5	0	0	0	265.31	36.39	10.56
6	-1	-1	1	200.52	16.89	7.02
7	1	1	-1	197.83	46.50	12.21
8	1	-1	1	313.99	37.24	9.99
9	-1.682	0	0	229.78	32.58	8.71
10	0	1.682	0	240.53	39.19	9.68
11	0	0	0	271.29	39.39	11.58
12	0	0	-1	210.07	42.73	10.91
13	-1	1	1	267.40	23.06	8.36
14	0	0	0	245.31	39.97	10.31
15	0	0	0	249.49	42.89	10.20
16	0	0	1.682	262.63	25.36	8.73
17	1	0	0	254.56	39.73	10.62
18	1	1	1	313.39	39.26	11.37
19	1	-1	-1	218.43	47.04	12.77
20	0	-1.682	0	228.58	31.44	8.75

2.2.2 回归模型的拟合及方差分析

利用 Design-Expert 8.06 软件对试验结果进行回归分析,结果见表 3~表 5。3 个回归方程如下:

$$Y_{TPC} = 248.11 + 20.51A + 7.41B + 33.62C - 13.06AB + 17.32AC + 8.81BC + 0.68A^2 - 6.94B^2 - 5.14C^2$$

$$Y_{TF} = 37.45 + 5.73A + 2.55B - 7.94C - 1.85AB + 2.87AC - 0.17BC + 0.12A^2 + 0.36B^2 - 0.34C^2$$

$$\text{提取率 \%} = 10.10 + 1.07A + 0.52B - 1.25C - 0.32AB + 0.39AC + 0.15BC + 0.17A^2 - 0.28B^2 + 0.33C^2$$

表 3 TPC 回归模型方差分析

变异来源	离差平方和	自由度	均方	F 值	p 值	显著性
模型	20987.75	9	2331.97	14.20	0.0001	**
提取时间(A)	4208.41	1	4208.41	25.63	0.0005	**
超声功率(B)	548.41	1	548.41	3.34	0.0976	
甲醇体积分数(C)	11305.13	1	11305.13	68.84	<0.0001	**
AB	1365.34	1	1365.34	8.31	0.0163	*
AC	2399.65	1	2399.65	14.61	0.0034	**
BC	620.79	1	620.79	3.78	0.0805	
A ²	1.27	1	1.27	7.711×10 ⁻³	0.9318	
B ²	132.29	1	132.29	0.81	0.3905	
C ²	72.76	1	72.76	0.44	0.5207	
残差	1642.29	10	164.23			
虚拟值	822.41	5	164.48	1.00	0.4987	
误差	819.88	5	163.98			
总和	22630.05	19				

表 4 TF 和得率回归模型方差分析

变异来源	离差平方和	自由度	均方	F 值	p 值	显著性
模型	1153.67	9	128.19	9.84	0.0007	**
提取时间(A)	328.32	1	328.32	25.21	0.0005	**
超声功率(B)	65.10	1	65.10	5.00	0.0494	*
甲醇体积分数(C)	630.58	1	630.58	48.42	<0.0001	**
AB	27.40	1	27.40	2.10	0.1775	
AC	65.73	1	65.73	5.05	0.0485	*
BC	0.24	1	0.24	0.018	0.8947	
A ²	3.96	1	3.96	0.30	0.5935	
B ²	0.37	1	0.37	0.028	0.8702	
C ²	31.74	1	31.74	2.44	0.1496	
残差	130.24	10	13.02			
虚拟值	104.81	5	20.96	4.12	0.0731	
误差	25.43	5	5.09			
总和	1283.91	19				

表 5 得率回归模型方差分析

变异来源	离差平方和	自由度	均方	F 值	p 值	显著性
模型	32.77	9	3.64	5.42	0.0072	**
提取时间(A)	11.56	1	11.56	17.20	0.0020	**

续表

变异来源	离差平方和	自由度	均方	F 值	p 值	显著性
超声功率(B)	2.67	1	2.67	3.98	0.0741	
甲醇体积分数(C)	15.73	1	15.73	23.40	0.0007	**
AB	0.84	1	0.84	1.26	0.2883	
AC	1.22	1	1.22	1.81	0.2081	
BC	0.18	1	0.18	0.27	0.6160	
A ²	0.082	1	0.082	0.12	0.7340	
B ²	0.21	1	0.21	0.31	0.5872	
C ²	0.30	1	0.30	0.44	0.5223	
残差	6.72	10	0.67			
虚拟值	4.44	5	0.89	1.94	0.2416	
误差	2.28	5	0.46			
总和	39.49	19				

注: ** 为 $p < 0.01$, 差异极显著; * 为 $p < 0.05$, 差异显著。

由表 3~表 5 可以看出, TPC 、 TF 和得率回归模型极显著 ($p < 0.001$), 失拟项不显著 ($p > 0.05$), 模型系数分别为 0.927 4、0.898 6 和 0.829 9, 即 TPC 、 TF 和提取率在研究的整个回归区域内模型拟合良好。精密度是有效信号与噪音的比值, 本试验中, TPC 、 TF 和得率的精密度分别 13.583、12.741 和 9.820。其中各因素对 TPC 、 TF 和得率影响顺序均为: 甲醇体积分数 (C) > 超声时间 (A) > 超声功率 (B)。

由表 3~表 5 可以看出, 部分交互作用并不显著 ($p > 0.05$), 将不显著因子剔除后重新回归分析, 得到新的二次回归方程如下:

$$Y_{TPC} = 248.11 + 20.51A + 33.62C - 13.06AB + 17.32AC$$

$$Y_{TF} = 37.45 + 5.73A + 2.55B - 7.44C + 2.87AC$$

$$\text{提取率} \% = 10.10 + 1.07A - 1.25C$$

2.2.3 因素间交互作用分析

利用 Design-Expert 8.0.6 软件分析因素交互作用响应面及等高线图, 可更直观地反映因素间的交互作用对 TPC 、 TF 和得率的影响规律。其中超声时间与甲醇体积分数 (AC) 交互作用对 TPC 影响最大, 如图 5 所示。

由图 5 可以看出, 响应曲面为开口向下的凸形曲面, 响应面有极高值, 出现在等高线的圆心处, 当超声时间为 15 min 左右、甲醇体积分数为 80% 左右时 TPC 值最大。

对优化后的二次回归模型进行响应面分析, 通过软件分析得 TPC 、 TF 和提取率最佳条件为: 超声

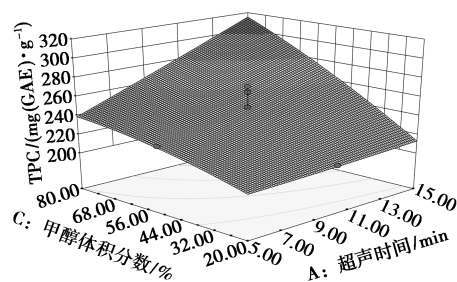


图 5 超声时间与甲醇体积分数交互作用影响 TPC 体积分数的曲面图和等高线图

时间为 15 min、超声功率为 148.94 W、甲醇体积分数为 80%, 预测值分别为 316.906 mg (GAE)/g、37.695 9 mg (QE)/g 和 10.88%。

基于可行性原则, 将最佳提取工艺条件调整为: 超声时间为 15 min、超声功率为 149 W、甲醇体积分数为 80%, 在此条件下进行 3 次平行试验, 得到 TPC 、 TF 和提取率分别为 318.05 mg (GAE)/g、39.11 mg (QE)/g 和 11.28%, 与理论值相对误差分别为 0.36%、3.75% 和 3.67%, 说明实验结果与模型符合良好。

2.3 超声处理对 TPC 、 TF 、 $FRAP$ 和得率的影响

超声处理对 TPC 、 TF 、 $FRAP$ 和得率的影响如表 6 所示。

表 6 超声处理和空白对照对 TPC 、 TF 、 $FRAP$ 和得率比较

	TPC / [mg(GAE)· g^{-1}]	TF / [mg(QE)· g^{-1}]	$FRAP$ / [mmol(AAE)· g^{-1}]	得率/ %
空白对照	150.35	10.84	1.52	4.99
超声处理	318.05	39.11	17.84	11.28

由表 6 可以看出, 超声辅助提取对 TPC 、 TF 、 $FRAP$ 和得率都有极显著提高 ($p < 0.01$); 在超声时间为 15 min、超声功率为 149 W、提取甲醇体积分数为 80%, TPC 、 TF 、 $FRAP$ 和得率分别为 318.05 mg (GAE)/g、39.11 mg (QE)/g、17.84 mmol (AAE)/g 和 11.28%, 比无超声处理的各指标高出 2 倍多。此外, 超声提取对酚类物质的降解作用很小, 而挥发性较强的化合物很容易扩散到空化气泡中被破坏^[11]。超声提取汉麻大麻素的抗氧化活性急剧上升, 主要是超声提取物中多酚质量分数较高。

2.4 汉麻大麻素鉴定

HPLC 分离汉麻大麻素的峰高度的相对定量评估结果如图 6 所示。

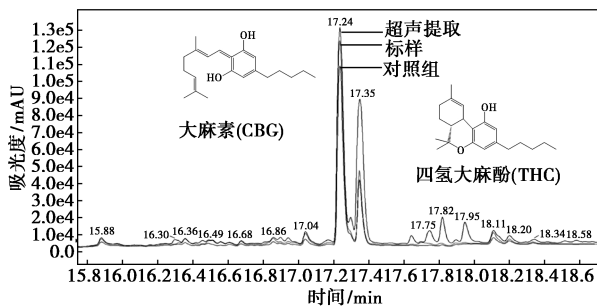


图6 超声提取和空白组提取物鉴定

由图6可以看出,通过HPLC谱鉴定的主要汉麻大麻素分别为CBG和THC,保留时间分别为17.24 min和17.35 min。与对照组相比,最佳超声辅助提取工艺条件下超声提取物中汉麻大麻素的质量分数更高。

3 结论

通过中心组合设计优化超声辅助提取汉麻中的TPC、TF和得率,得出的最佳提取条件为:超声时间为15 min、超声功率为149 W、甲醇体积分数为80%,在此条件下,TPC、TF和提取率分别为318.05 mg(GAE)/g、39.11 mg(QE)/g和11.28%,FRAP为17.84 mmol(AAE)/g。超声辅助提取汉麻的TPC、TF和得率比在同条件下(无超声处理)各指标及其抗氧化能力(FRAP)高出2倍多,说明超声辅助提取汉麻大麻素是一种有效的绿色提取技术;经HPLC鉴定所得汉麻大麻素主要为CBG和THC。

参考文献

[1] 刘天毅.低四氢大麻酚火麻油的提取及品质评价[D].无锡,江

南大学,2017.

- [2] Elsohly M A. Marijuana and the cannabinoids [M]. State of New Jersey: Humana Press, 2007.
- [3] Andre C M, Hausman J F, Guerriero G. Cannabis sativa: The plant of the thousand and one molecules [J]. Frontiers in Plant Science, 2016, 7(4): 7-19.
- [4] Alexander S P. Therapeutic potential of cannabis-related drugs [J]. Progress in Neuropsychopharmacology & Biological Psychiatry, 2016, 64(4): 157-166.
- [5] 曾剑华, 李加兴, 李响, 等. 黄秋葵多糖超声波辅助提取工艺优化及其对·OH体外抗氧化活性研究[J]. 农产品加工(上), 2017, (3): 44-47.
- [6] Ainsworth E A, Gillespie K M. Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin-Ciocalteu reagent [J]. Nature Protocols, 2007, 2(4): 875-877.
- [7] Teh S S, Birch E J. Effect of ultrasonic treatment on the polyphenol content and antioxidant capacity of extract from defatted hemp, flax and canola seed cakes [J]. Ultrasonics-Sonochemistry, 2014, 21(1): 346-353.
- [8] Belwal T, Dhyan P, Bhatt I D, et al. Optimization extraction conditions for improving phenolic content and antioxidant activity in Berberis asiatica, fruits using response surface methodology (RSM) [J]. Food Chemistry, 2016, 207: 115-124.
- [9] Backer B D, Debrus B, Lebrun P, et al. Innovative development and validation of an HPLC/DAD method for the qualitative and quantitative determination of major cannabinoids in cannabis plant material [J]. Journal of Chromatography B, 2009, 877(32): 4115-4124.
- [10] 曾剑华, 杨杨, 石彦国, 等. 适度破碎微藻细胞释放功能性蛋白的技术研究进展 [J]. 食品工业科技, 2018, 39(27): 319-327, 334.
- [11] Tomsik A, Pavlic B, Vladic J, et al. Optimization of ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from wild garlic (Allium ursinum, L.) [J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2016, 29: 502-11. ■

赢创与蔚蓝开展战略合作

2018年11月16日,赢创工业集团与蔚蓝生物集团签署了战略合作备忘录。双方将在动物营养益生菌和工业用酶领域开展合作,合作内容包括科技成果交流、新产品开发和工艺改进等。

蔚蓝生物是一家以生物酶制剂、微生态和动物健康为核心业务的高科技企业,一直致力于为生物制造提供核心技术支持,为食品安全提供绿色解决方案,为传统产业提供清洁节能技术。与赢创的全球销售网络、技术专长和应用肠道健康解决方案强强合作,将使双方实现互利双赢。

赢创动物营养业务线负责人 Dr. Emmanul Auer 表示:“益生菌业务已经成为我们肠道健康解决方案项目的基石。我们相信与蔚蓝的合作能将这一业务推进到新的发展

阶段。我们了解客户所面临的挑战,理解动物的生理需求,并在动物营养领域积累了几十年的经验,这些与蔚蓝的技术创新正是天作之合。”

蔚蓝生物总裁陈刚先生表示:“蔚蓝生物不断在全球范围内寻求合作伙伴,构建全球化的技术创新体系,以此打造真正意义上具有国际化能力的高技术生物企业。与赢创的合作正是这一战略的一部分,我们期望这一合作将带来卓越成果,让我们更好地服务于全球动物营养行业。”

赢创与蔚蓝秉持同一个信念,即实现可持续畜牧业需要采用整体解决方案。对赢创而言,这意味着将数据与知识服务、技术服务以及丰富多样的饲料添加剂产品组合,直接应用于畜牧领域。(王哲)