

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2018.06.009

芝麻萌发工艺条件及抗氧化成分含量变化研究

庞静静¹, 王磊², 庞景生², 杨忠欣², 赵利宁², 郗文彬²

(1. 山东科技职业学院, 山东 潍坊 261053; 2. 瑞福油脂股份有限公司, 山东 潍坊 261057)

摘要: 以芝麻为原料, V_E 、芝麻木酚素为评价指标, 采用单因素实验、正交实验及相关性分析方法, 对芝麻最佳萌发工艺条件及萌发过程中芝麻主要抗氧化成分含量变化进行研究。结果表明, 芝麻最佳萌发工艺条件为芝麻 水=50 50 g/g、萌发温度 35 °C、萌发时间 8 h。工艺优化后芝麻木酚素含量达到 748.83 mg/100 g, 较优化前提高了 5.39%; 芝麻木酚素和 V_E 含量呈正相关, 工艺优化后 V_E 含量达到 546.3 mg/kg, 较优化前提高了 4.50%。

关键词: 芝麻; 萌发; 抗氧化; V_E ; 芝麻木酚素

中图分类号: TS 222⁺.1 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2018)06-0045-04

Germination conditions of sesame and changes of antioxidant components content

PANG Jing-jing¹, WANG Lei², PANG Jing-sheng², YANG Zhong-xin²,
ZHAO Li-ning², QIE Wen-bin²(1. Shandong Vocational College of Science and Technology, Weifang Shandong 261053;
2. Ruifu Sesame Oil Co., LTD., Weifang Shandong 261057)

Abstract: The optimal germination conditions of sesame and the change of main antioxidant composition in sesame during germination were researched with Vitamin E and sesame lignan as evaluation indexes by single-factor, orthogonal array design and correlation analysis methods. The results showed that the optimal germination conditions of sesame was: the ratio of sesame to water was 50 50 g/g, temperature 35 °C, and germination time 8 h. Under the optimized conditions, the content of sesame lignan reached to 748.83 mg/100 g, which increased by 5.39% compared with before. Correlation analysis showed that sesame lignan was positively correlated with Vitamin E. The content of Vitamin E reached to 546.3 mg/kg, which increased by 4.50% compared with before.

Key words: sesame; germination; antioxidant; Vitamin E; sesame lignan

芝麻 (sesame) 又名胡麻, 具有很高的营养价值, 可用于榨油和直接食用, 也可作香料、医药和化工原料。芝麻富含维生素、矿物质、卵磷脂、木酚素等天然抗氧化类物质^[1-2], 木酚素和 V_E 使芝麻具有很好的抗氧化性^[3-5], 木酚素中 50% 左右是芝麻素, 其余还包括芝麻酚、芝麻林素、芝麻素酚等。近年有报道称芝麻萌发后其芝麻木酚素和 V_E 含量会发生改变^[6-11], 但芝麻在不

同萌发条件下其主要抗氧化成分含量的变化情况并未有详细的研究报道。本实验以抗氧化成分 V_E 、芝麻木酚素含量为评价指标, 研究芝麻萌发的最佳工艺条件, 为科学利用芝麻资源, 提高芝麻加工产品 (如芝麻油、芝麻酱等) 的抗氧化性提供一定参考。

1 材料与方法

1.1 材料

原料: 市售, 湖北优质精选芝麻。

收稿日期: 2018-08-02

作者简介: 庞静静, 1982 年出生, 女, 助教。

1.2 试剂

无水乙醇、乙腈、甲醇、正己烷、异丙醇(均为色谱纯):霍尼韦尔贸易(上海)有限公司; α -生育酚、 β -生育酚、 γ -生育酚、 δ -生育酚、芝麻酚、芝麻素、芝麻林素:美国 Sigma 公司。

1.3 仪器

赛默飞高效液相色谱仪 ThermoDGP-3600SD, 荧光检测器 FLD, 二极管阵列检测器 DAD, 色谱柱: C_{18} 柱、氨基柱, 电热鼓风干燥器 101-1A, SHZ-D 循环水式多用真空泵。

1.4 测定方法

1.4.1 V_E 含量的测定

参考 GB 5009.82—2016《食品安全国家标准 食品中维生素 A、D、E 的测定》

样品处理:称取 2~5 g 样品(精准至 0.01 g), 用索氏提取仪提取其中的植物油脂, 将含油脂的提取溶剂转移至 250 mL 蒸发瓶内, 40 ℃ 水浴中减压蒸馏浓缩至干, 取下蒸发瓶, 用 10 mL 流动相将油脂转移至 25 mL 容量瓶中, 加入 0.1 g 2,6-二叔丁基对甲酚(BHT), 超声或涡旋振荡溶解后, 用流动相定容至刻度, 摇匀。过孔径为 0.22 μ m 有机系滤头于棕色进样瓶中, 待进样。

色谱条件(正相色谱):色谱柱, 氨基柱;柱温, 30 ℃;检测器, 荧光检测器(激发波长 E_x : 298 nm, 检测波长 E_m : 325 nm);流动相, V 正己烷 V 异丙醇=99:1;进样量, 10 μ L。

1.4.2 芝麻木酚素含量的测定

参考 NY/T 1595—2008《芝麻中芝麻素含量的测定高效液相色谱法》^[12-13]。

样品处理:称 2 g 样品(精确至 0.000 1 g), KOH-乙醇溶液(1 mol/L)50 mL, 添加少许沸石, 温度升至 90 ℃ 皂化 1.5 h。乙醚洗脱 3 次:皂化液中加入 100 mL 蒸馏水, 再加 100 mL 乙醚, 分液漏斗中洗脱三次后合并乙醚液。水洗 3 次:40 mL 蒸馏水洗脱 3 次。碱洗 1 次:40 mL 0.5 mol/L KOH 水溶液碱洗一次。水洗 3 次:水洗至酚酞不变色(3 次), 旋转蒸发(40 ℃)后用甲醇(色谱纯)定容至 50 mL。

色谱条件:色谱柱, C_{18} 柱;柱温, 30 ℃;流动相, V 甲醇 V 水=7:3;检测器, 二极管阵列检测器(DAD);检测波长, 芝麻酚 300 nm、

芝麻素和芝麻林素 290 nm;进样量, 10 μ L。

1.5 实验方法

1.5.1 芝麻萌发工艺流程

芝麻 精选 水洗 沥干 调节料液比 控制温度 萌发 萌发芝麻籽粒。

1.5.2 料液比对芝麻中抗氧化物质的影响

在萌发温度为 35 ℃、萌发时间为 8 h 的条件下, 研究料液比对芝麻中抗氧化物质含量的影响, 设定芝麻与水的比例分别为 50:20、50:30、50:40、50:50、50:60、50:70、50:80 g/g。

1.5.3 萌发温度对芝麻中抗氧化物质的影响

在料液比 50:40 g/g、萌发时间 8 h 的条件下, 研究萌发温度对芝麻中抗氧化物质含量的影响, 设定萌发温度分别为 20、25、30、35、40、45、50 ℃。

1.5.4 萌发时间对芝麻中抗氧化物质的影响

在料液比 50:40 g/g、萌发温度 30 ℃ 的条件下, 研究萌发时间对芝麻中抗氧化物质含量的影响, 设定萌发时间分别为 2、4、6、8、10、12 h。

1.5.5 芝麻萌发工艺正交实验方案

为了确定芝麻萌发最佳工艺条件, 以料液比、萌发温度、萌发时间为因素, 以芝麻木酚素含量作为评价指标, 进行三因素三水平 $L_9(3^3)$ 正交实验, 各因素水平安排详见表 1。

表 1 芝麻萌工艺正交实验因素水平

水平	A 料液比/(g/g)	B 萌发温度/℃	C 萌发时间/h
1	50:40	30	6
2	50:50	35	8
3	50:60	40	10

1.5.6 芝麻中芝麻木酚素与 V_E 相关性分析

正交实验以芝麻木酚素为评价指标, 为了确定芝麻木酚素含量和 V_E 含量之间的关系, 通过 Origin8.5 SR4.0 数据分析软件进行线性拟合(Linear Fit), 研究不同萌发工艺下芝麻中芝麻木酚素和 V_E 的含量, 建立芝麻木酚素和 V_E 含量的对应关系。

1.5.7 优化工艺条件对抗氧化物质含量的影响

通过优化实验, 确定芝麻萌发最佳工艺参数, 分析工艺优化前后 V_E 、芝麻木酚素的含量变化情况。

2 结果与分析

2.1 料液比对芝麻中抗氧化物质的影响

由图 1 可见,随着加水量的增加, V_E 和芝麻木酚素的含量均呈现先升高后降低的趋势,加水量过多,芝麻木酚素溶解流失。当料液比为 50 : 40 g/g 时,芝麻中的抗氧化物质含量达到最高。因此,料液比控制在 50 : 40 g/g 比较适宜。

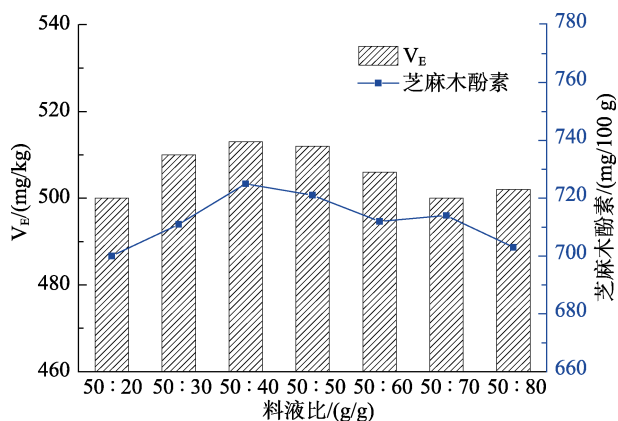


图 1 料液比对芝麻中 V_E 和芝麻木酚素的影响

2.2 萌发温度对芝麻中抗氧化物质的影响

由图 2 可见,萌发温度较低时,芝麻中抗氧化成分含量较低,可能是由于低温培育不利于芝麻中抗氧化成分的生成。当温度高于 40 时,芝麻木酚素含量出现明显下降,分析原因可能是温度过高,加速了芝麻中的氧化还原反应。当萌发温度在 30~35 时,芝麻中的抗氧化成分含量较高。在萌发温度为 30 时 V_E 和芝麻木酚素含量达到最高。因此,确定萌发温度为 30 。

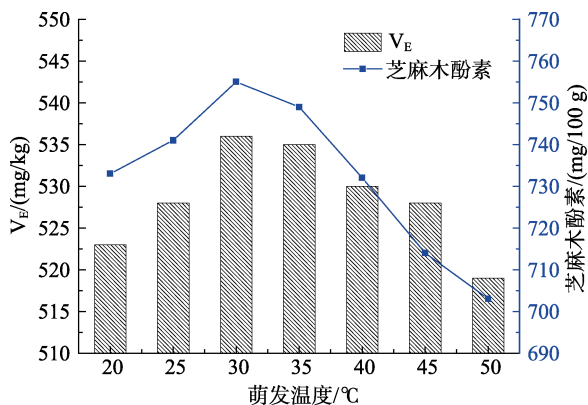


图 2 萌发温度对芝麻中 V_E 和芝麻木酚素的影响

2.3 萌发时间对芝麻中抗氧化物质的影响

由图 3 可见,随着萌发时间的延长,芝麻中

抗氧化成分含量先逐渐升高,当反应至 8 h 时芝麻木酚素和 V_E 含量均达到最大;当萌发时间超过 8 h 后,芝麻木酚素含量开始下降,再继续延长反应时间对于芝麻中抗氧化物质的富集并没有太大意义。综合考虑抗氧化物质的含量和能耗两方面因素,确定萌发时间为 8 h。

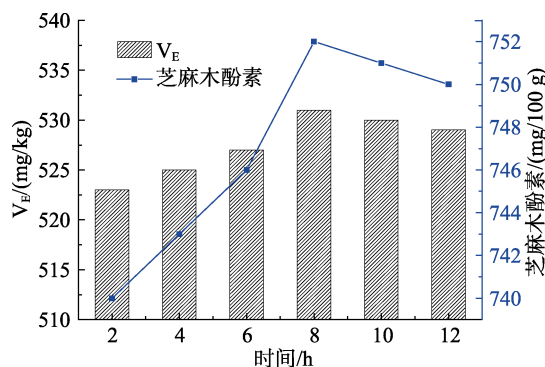


图 3 萌发时间对芝麻中 V_E 和芝麻木酚素的影响

2.4 芝麻萌发工艺正交实验结果

通过正交实验,分析三种主要因素对芝麻木酚素含量的影响,结果见表 2。因素的主次顺序依次为萌发温度(因素 B)、料液比(因素 A)、萌发时间(因素 C)。主要因素应取最好的水平,而次要因素则可根据成本、时间、收益等方面的统筹考虑选取适当的水平。由此得到各因素的最佳搭配为 $A_2B_2C_2$,即料液比为 50 : 50 g/g,萌发温度为 35 ,萌发时间为 8 h。按此条件的实验在正交表的 9 次实验中并没有出现,通过做补充实验,得到该条件下芝麻木酚素的含量达到 748.83 mg/100 g,大于正交实验结果中的最高

表 2 $L_9(3^3)$ 正交实验结果

序号	A	B	C	空白	芝麻木酚素/(mg/100 g)
1	1	1	1	1	703.24
2	1	2	2	2	728.55
3	1	3	3	3	706.89
4	2	1	2	3	723.15
5	2	2	3	1	741.73
6	2	3	1	2	728.68
7	3	1	3	2	703.07
8	3	2	1	3	735.39
9	3	3	2	1	722.44
\bar{k}_1	712.893	709.820	722.437	722.470	
\bar{k}_2	731.187	735.223	724.713	720.100	
\bar{k}_3	720.300	719.337	717.230	721.810	
R	18.294	25.403	7.483	2.370	

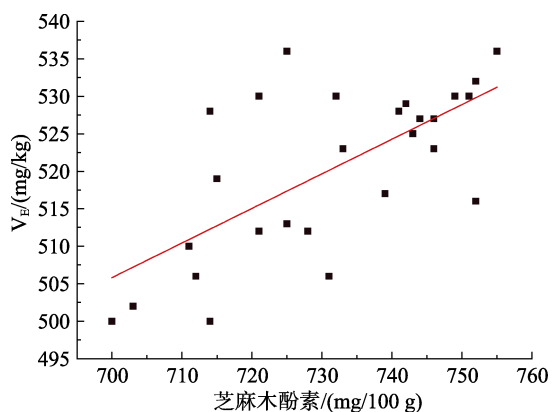


图 4 芝麻木酚素与 V_E 含量相关性分析

值 741.73 mg/100 g，说明利用正交实验优化芝麻萌发工艺是可行的。

2.5 芝麻中芝麻木酚素与 V_E 相关性分析

对芝麻中活性抗氧化物质含量进行分析，研究不同萌发工艺下芝麻中芝麻木酚素和 V_E 的含量，建立芝麻木酚素和 V_E 含量的对应关系，结果见图 4，图中散点表示不同工艺条件下 V_E 含量和芝麻木酚素的含量，通过 Origin8.5 SR4.0 数据分析软件对图中散点进行线性拟合，拟合方差分析结果见表 3。由表可知，相关系数为 0.67，表明芝麻木酚素含量和 V_E 含量呈正相关。芝麻中特有的抗氧化成分芝麻木酚素具有较高的抗氧化活性，能够优先与活性氧原子结合，有效阻碍 V_E 的氧化分解。因此，提高芝麻中木酚素的含量有利于 V_E 含量的提高。

表 3 芝麻木酚素与 V_E 含量相关性分析

项目	数值	标准误差
残差平方和	1 764.428 86	
相关系数	0.672 74	
校正的相关系数平方	0.430 69	
截距	182.875 3	74.228 07
斜率	0.461 35	0.101 48

注：方程式为 $y=a+bx$ 。

2.6 优化工艺条件对抗氧化物质含量的影响

通过优化实验，确定萌发工艺参数为料液比 50 : 50 g/g，萌发温度为 35℃，萌发时间为 8 h。从表 4 可以看出，工艺优化后测得的芝麻木酚素的含量为 748.83 mg/100 g，较萌发工艺改进前提高了 5.39%； V_E 含量达到 546.3 mg/kg，较萌发工

艺改进前提高了 4.50%。该工艺下 V_E 流失率由原来的 9.94%降为 5.89%。

表 4 优化工艺条件对抗氧化物质含量的影响

项目	芝麻木酚素/(mg/100 g)	V_E /(mg/kg)
芝麻原料	704.81	580.5
改进工艺前	710.55	522.8
工艺优化后	748.83	546.3
提高百分比/%	5.39	4.50

3 结论

通过单因素实验和正交实验优化芝麻萌发工艺，优化后工艺参数为：料液比为芝麻 : 水=50 : 50 g/g，萌发温度 35℃，萌发时间 8 h。工艺优化后芝麻木酚素含量达到 748.83 mg/100 g，较优化前提高了 5.39%。实验结果表明，芝麻中芝麻木酚素和 V_E 含量呈正相关。工艺优化后 V_E 含量达到 546.3 mg/kg，较优化前提高了 4.50%。

参考文献：

- [1] 李娜. 芝麻的营养成分与食疗保健作用[J]. 中国食物与营养, 2008(5): 55-57.
- [2] KIM J H, SEO W D, LEE S K, et al. Comparative assessment of compositional components, antioxidant effects, and lignan extractions from Korean white and black sesame(*Sesamum indicum* L.) seeds for different crop years[J]. Journal of Functional Foods, 2014(7): 495-505.
- [3] 朱秀灵, 戴清源, 木朝丽, 等. 安徽不同产地芝麻中木酚素和总酚含量及芝麻提取物抗氧化能力比较[J]. 农产品加工, 2018 (8): 38-43.
- [4] KUMAR C M, SINGH S A. Bioactive lignans from sesame (*Sesamum indicum* L.): Evaluation of their antioxidant and antibacterial effects for food applications [J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(5): 2934-2941.
- [5] 李亚会, 汪学德, 李晨曦, 等. 黑芝麻与白芝麻各组分抗氧化物质及抗氧化活性研究[J]. 中国油脂, 2018, 43(4): 37-47.
- [6] 韩亚飞, 梅鸿献, 魏安池, 等. 萌发处理对芝麻及其蛋白质的影响[J]. 中国油脂, 2018, 43(6): 19-22.
- [7] 张丽霞, 芦鑫, 宋国辉, 等. 萌芽对芝麻品质及芝麻酱风味的影响[J]. 中国食物与营养, 2016, 22(2): 54-58.
- [8] LIU B, GUO X, ZHU K, et al. Nutritional evaluation and antioxidant activity of sesame sprouts [J]. Food Chemistry, 2011, 129: 799-803.
- [9] HAHMA T S, PARK B S J, LOC Y M. Effects of germination on chemical composition and function properties of sesame (*Sesamum indicum* L.)[J]. Bioresource Technology, 2009, 100: 1547-1643.
- [10] 刘玉兰, 王丹, 刘瑞花, 等. 萌动芝麻及萌动芝麻油的品质研究[J]. 粮食与油脂, 2015, 28(3): 51-54.
- [11] 许兰杰, 余永亮, 杨红旗, 等. 芝麻素和芝麻林素在芝麻种子萌发阶段变化规律的研究[J]. 中国农学通报, 2015, 31(24): 106-110.
- [12] 刘玉兰, 陈刘杨, 汪学德, 等. 不同压榨工艺对芝麻油和芝麻饼品质的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(6): 382-386.
- [13] 李丹丹, 曾晓雄. 高效液相色谱法测定芝麻油中木酚素的含量[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(4): 821-824. ☉