

油茶籽美拉德反应产物及其抗氧化能力

Effect of maillard reaction on antioxidation of *Camellia oleifera* seed oil

杨楠^{1,2} 罗凡¹ 费学谦¹ 钟海雁²

YANG Nan^{1,2} LUO Fan¹ FEI Xue-qian¹ ZHONG Hai-yan²

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 杭州 311400;

2. 中南林业科技大学食品学院, 湖南 长沙 410004)

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Hangzhou, Zhejiang 311400, China; 2. School of Food Science and Technology, Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004, China)

摘要:采用不同加热时间与温度处理的油茶籽油,测定加热前后油茶籽油的氧化稳定时间、水分、褐变程度、色值以及美拉德反应产物含量及其抗氧化性等指标。结果表明:压榨油茶籽油的氧化稳定时间随加热时间延长呈先增大后趋于平稳的变化规律,在加热前期(20 min),氧化稳定时间上升最显著,在加热 20 min 时 30, 60, 90, 120, 150 °C 下的氧化稳定时间分别比加热前增加 2.10, 4.46, 4.93, 5.20, 6.17 倍。随着加热时间的延长油茶籽油中水分呈下降趋势,褐变程度加剧,颜色加深。采用高效液相色谱测定油茶籽油中的美拉德产物,发现加热前后油茶籽油中未检测到羟甲基糠醛;随着加热时间的延长,丙酮醛的含量呈先增加后趋于降低,150 °C 加热 20 min 时含量最多达到 0.76 µg/g,是加热前的 3.35 倍。在 150 °C 加热 60 min 时油茶籽油中开始检测出 3-脱氧奥苏糖和乙二醛,含量分别为 1.114, 7.030 µg/g。油茶籽油在 150 °C 加热 60 min 时产生美拉德产物最多且具有明显抗氧化能力, DPPH 自由基清除率为 95.27%; 抗氧化活性系数为 64.17%。说明美拉德反应后其产物的抗氧化能力增强,推测发生美拉德反应的油茶籽油中起到抗氧化作用的产品可能是乙二醛、3-脱氧奥苏糖和丙酮醛等。

关键词:油茶籽油;美拉德反应;抗氧化

Abstract: In order to study the relationship between Maillard reaction products and antioxidant activity of *Camellia oleifera* seed oil, determined the *Camellia* seed oil treated with different heat-

ing time and temperature before and after heating was used to determine its oxidation stability time, moisture, browning degree and color value, and the content and oxidation resistance of Maillard reaction products. The results showed that the oxidation stability time of pressed *Camellia* seed oil after heating first increased and then stabilized. In the early stage of heating (20 min), the oxidation stability time increased most significantly. It increased by 2.10, 4.46, 4.93, 5.20 and 6.17 times, respectively, when heating at 20 min, the oxidation stability time at 30, 60, 90, 120 and 150 degrees. As the heating time was extended, the moisture in the *Camellia oleifera* seed oil tended to decrease. The Maillard reaction product in *Camellia oleifera* L. was determined by high performance liquid chromatography. It was found that no hydroxymethylfurfural was detected in the *Camellia oleifera* seed oil before and after heating. With the prolongation of heating time, the content of pyruvic aldehyde increased first and then decreased. The content at 150 °C is up to 0.76 µg/g when heated to 20 min, which is 3.35 times before heating. 3-Deoxyosese and glyoxal were detected in *Camellia oleifera* seed oil at 150 °C for 60 min, and the contents were 1.114 and 7.030 µg/g, respectively. *Camellia* seed oil heated at 150 °C for 60 min produced the most Maillard reaction products and has significant antioxidant capacity, DPPH. Free radical scavenging rate was 95.27%; antioxidant activity coefficient was 64.17%. It is preliminarily understood that the antioxidant capacity of *Camellia* seed oil increases after Maillard reaction. It is concluded that the anti-oxidation product of *Camellia* seed oil in Maillard reaction may be glyoxal, 3-deoxy sucrose and acetone aldehyde.

Keywords: tea seed oil; maillard reaction; antioxidant activity

基金项目:国家自然科学基金项目(编号:31700605);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(编号:CAFYBB2017ZA004-10)

作者简介:杨楠,女,中南林业科技大学在读硕士研究生。

通信作者:罗凡(1980—),女,中国林业科学研究院亚热带林业研究所助研,博士。E-mail:luofan329@163.com

收稿日期:2018-09-05

美拉德反应(maillard reaction, MR)是食品中的还原糖与氨基酸之间发生的非酶褐变反应^[1],该反应会产生

美拉德反应产物 (maillard reaction products, MRPs), 其中包括早期的挥发性化合物, 中间产物和大分子量的聚合物^[2]。美拉德反应不仅会改善食品的色泽和风味, 也会产生抗氧化性物质^[3]。

Durmaz 等^[4]研究了焙烤对杏仁油氧化稳定性和抗氧化能力的影响, 结果表明: 180 °C 下, 随着焙烤时间延长, 杏仁油氧化稳定性和抗氧化能力呈增强趋势, 得出可以通过适当的烘烤来改善油性坚果和种子的保质期。陈海光等^[5]研究了模式美拉德体系产物对油脂抗氧化性能的影响, 结果表明制得的美拉德反应产物向油脂中添加 1%, 测得油脂的抗氧化性最好。李志晓^[6]研究了加工过程对油茶籽油微量营养成分和抗氧化性的影响, 结果表明, 130 °C 下发生美拉德反应的热榨油茶籽油对 DPPH、ABTS、ORAC 和 FRAP 4 种自由基的清除能力最强, 抗氧化性最强。

油茶籽在生产和压榨过程中会经过剥壳、破碎、蒸炒^[7]等高温工艺, 具有产生美拉德反应的温度条件。油茶籽油中含有氨基酸和还原糖等营养成分^[8], 因此具有发生美拉德反应的底物。本试验拟对油茶籽油中美拉德反应发生的温度条件, 美拉德反应发生的指标及其产物含量与抗氧化性进行探索, 以期研究油茶籽油在加工过程中物化特性的变化规律, 为优化油茶籽油加工工艺以及油茶籽油营养品质及抗氧化性的研究提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 仪器

自动液压榨油机: 6YY-190 型, 洛阳金厦液压机械有限公司;

紫外分光光度计: UV-2550 型, 日本岛津公司;

电子天平: S-114 型, 北京赛多利斯仪器系统有限公司;

离心机: Avanti J-E 型, 美国贝克曼库尔特公司;

分光测色计: CM-3600A 型, 柯尼卡美能达(中国)投资有限公司;

液相色谱仪: LC-10AT 型, 日本岛津公司;

紫外检测器: SPD-10A 型, 日本岛津公司。

1.2 样品与试剂

葡萄糖标准品: 纯度 98%, 上海源叶生物科技有限公司;

2,2-联苯基-1-苦基肼基: 纯度 96%, 美国 Sigma-Aldrich 公司;

羟甲基糠醛(HMF): 纯度 98%, 美国 Sigma-Aldrich 公司;

3-脱氧奥苏糖(3-DG): 纯度 75%, 加拿大 Toronto Research Chemicals 公司;

乙二醛(GO): 纯度 60%, 加拿大 Toronto Research

Chemicals 公司;

丙酮醛溶液(MGO): 纯度 98%, 上海麦克林生化科技有限公司;

β -胡萝卜素: 纯度 96%, 上海阿拉丁生化科技股份有限公司;

亚油酸(纯度 95%)、甲醇: HPLC 级, 上海阿拉丁生化科技股份有限公司;

吐温-20: 分析纯, 国药集团化学试剂有限公司;

其他试剂均为分析纯;

试验用水为超纯水。

1.3 试验方法

1.3.1 样品处理与提取 选取新鲜成熟的浙江省普通油茶籽经干燥后分别经过 30, 60, 90, 120, 150 °C 烘箱加热处理 0, 20, 40, 60 min 后分别液压压榨得到油茶籽油, 冷藏备用, 将油茶籽饼粕粉碎、浸提、干燥后冷藏备用。美拉德反应产物提取: 称取 5 g 的油茶籽油, 并用甲醇萃取 3 次后定容至 10 mL, 取上清液, 冷藏备用。

1.3.2 氧化稳定时间的测定 按 GB/T 21121—2007 执行。

1.3.3 水分、褐度、色值的测定

(1) 水分测定: 按 GB 5009.3—2016 执行。

(2) 褐度的测定: 取 1 g 油茶籽油, 加入 50% 乙醇 20 mL, 在高速均质机作用下, 冰浴中提取 10 min。提取液于 4 °C、10 000×g 离心 10 min, 过滤脱脂, 收集滤液。分别在 294 nm 处测定美拉德反应产物的紫外吸光度和 420 nm 处测定美拉德反应产物的吸光值^[9]。

(3) 色值的测定: 采用投射模式, 光路长度为 10 mm, 测量面尺寸为 55 mm×57 mm 的光学清洁玻璃制成的比色皿^[10]。在仪器校正时, 以去离子水作为校正标尺。校正完毕后, 取 1.3.1 中压榨油 20 mL 倒入比色皿中, 进行测定。

1.3.4 美拉德反应产物测定 采用高效液相色谱法。检测条件: 流动相 A 为 0.1% 冰醋酸溶液, 流动相 B 为甲醇; 流速 0.7 mL/min; 柱温 40 °C; 进样量 10 μ L; 羟甲基糠醛检测波长 280 nm; 二羰基化合物检测波长 314 nm; 色谱柱型号 ZORBAX SB-Aq(4.6 mm×250 mm, 5 μ m); 检测器为 SPD 紫外检测器; 液相色谱洗脱程序如表 1、2 所示^[11]。

表 1 羟甲基糠醛的液相色谱洗脱程序

Table 1 Liquid chromatographic elution procedure for hydroxymethylfurfural

时间程序/min	B 液浓度/%
0.01~50.00	3~5
50.01~52.00	5~3
52.01~60.00	3

表 2 二羰基化合物的液相色谱洗脱程序
Table 2 Liquid chromatographic elution procedure for dicarbonyl compounds

时间程序/min	B 液浓度/%
0.01~15.00	28~43
15.01~31.00	43~75
36.01~38.00	75~28
38.01~60.00	28

1.3.5 美拉德反应产物的抗氧化活性

(1) DPPH 自由基清除率测定: DPPH 法^[12]。按式(1)计算 DPPH 自由基清除活性。

$$DPPH = \frac{A_0 - (A_1 - A_2)}{A_0} \times 100\%, \tag{1}$$

式中:

DPPH——自由基清除率,%;

A₀——未加 MRPS 时 DPPH 溶液的吸光度;

A₁——MRPS 反应一定时间后 DPPH 溶液的吸光度;

A₂——美拉德反应产物的吸光度。

(2) β-胡萝卜素的测定:亚油酸法^[13]。按式(2)计算油茶籽油中抗氧化活性系数(the percent antioxidant activity, AA)。

$$AA = (1 - \frac{A_0 - A_t}{A_0^0 - A_t^0}) \times 100\%, \tag{2}$$

式中:

A₀、A₀⁰——分别表示初始的样品和对照的吸光度;

A_t、A_t⁰——分别为 t = 60 min 时样品和对照的吸光度;

AA——抗氧化活性系数,%。

1.4 数据处理

各项指标重复测定 3 次,运用 Excel、SPSS 进行数据处理和分析。

2 结果与讨论

2.1 油茶籽油氧化稳定性

油茶籽经过不同热处理后其压榨油的氧化稳定时间如图 1 所示。

从图 1 可以看出,压榨油茶籽油的氧化稳定时间随加热时间的延长呈先增大后趋于平稳的变化规律,在加热前期(20 min),氧化稳定时间上升最显著,分别比加热前增加了 2.10、4.46、4.93、5.20、6.17 倍;加热中期(20~40 min)是氧化稳定时间缓慢变化期。在所考察的加热温度范围内,随加热温度的增加油茶籽油的氧化稳定性增强,其中 150 ℃加热 60 min 时,油茶籽油的氧化稳定时间最长。得出适当加热处理可以提高油茶籽油的氧化稳定性,与 Vaidya^[14]的研究结果类似。美拉德反应产物是

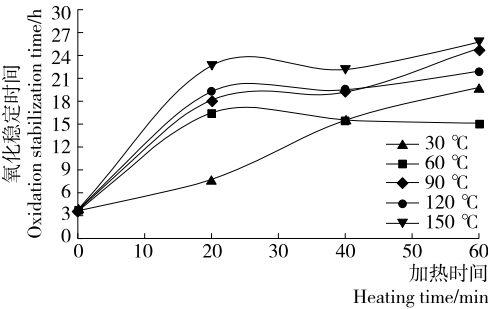


图 1 热处理后压榨油茶籽油氧化稳定时间的变化
Figure 1 Changes in oxidation stabilization time of pressed oil seed oil after heat treatment

提高油茶籽油氧化稳定性的主要因素,此外还可能有其他物质,如茶皂素、多酚、多糖、甾醇、V_E等天然抗氧化成分提高了油茶籽油的氧化稳定性。

2.2 美拉德反应指标

2.2.1 水分 含水量也是研究美拉德反应进程的一个指标,油茶籽油加热前后水分变化如图 2 所示。

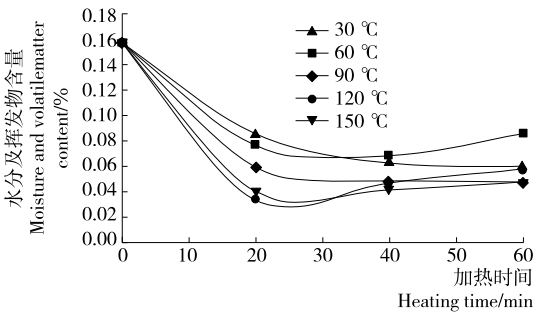


图 2 美拉德产物水分的变化
Figure 2 Changes in the moisture of Maillard products

从图 2 可以看出,经过不同温度和时间加热可以降低油茶籽油的水分,在加热初期(20 min),不同加热温度油茶籽油中水分的变化趋势相同;经 SPSS 分析得知,温度对油茶籽油水分有极显著影响,但时间对后者影响不显著;当在 30、60、90、120、150 ℃下加热 1 h 后,油茶籽油中的水分分别降至 0.05%、0.08%、0.04%、0.05%、0.04%。因此油茶籽经过加热处理后其水分含量降低,可能会提高茶油的抗氧化性^[15]。

2.2.2 褐度 美拉德反应中间产物主要是酮类及醛类物质,此类物质在 294 nm 处具有特征吸收峰^[16]。本研究选取了 0、20、40、60 min 4 个反应时间,在 294 nm 测定油茶籽油美拉德反应中间产物来探讨加热时间对其形成的影响,结果见图 3。

美拉德反应后期产物主要是一类棕褐色的、结构复杂的大分子化合物,油茶籽油美拉德产物在 420 nm 处的吸光值可以作为美拉德反应程度的指标^[17]。在 420 nm 测定油茶籽油美拉德反应最终产物来探讨加热时间对其形成的影响,结果见图 4。

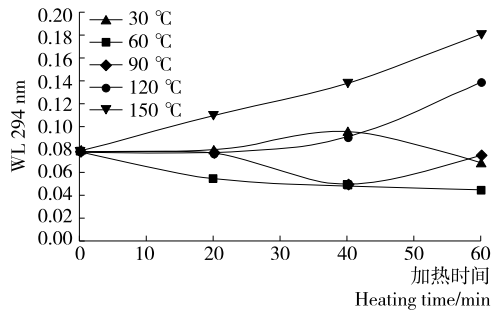


图 3 美拉德反应中间产物的变化

Figure 3 Changes of the Maillard reaction intermediates

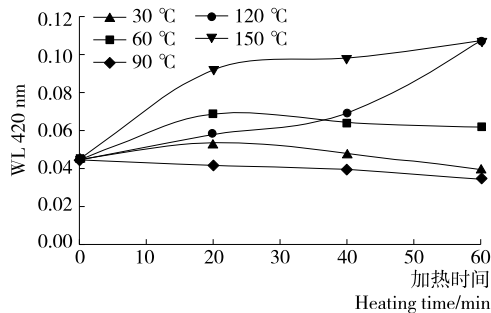


图 4 美拉德反应最终产物的变化

Figure 4 Changes of the final product of the Maillard reaction

试验结果表明,经加热处理后油茶籽的吸光度明显增加,其中较为明显的是 120,150 °C。随着加热时间的延长,油茶籽油美拉德反应产物在 420 nm 下的吸光度逐渐增加,溶液颜色加深,表明形成了褐色的聚集体——类黑精。随着美拉德反应时间的延长,产物的抗氧化能力也显著增强^[18]。美拉德反应产生中间产物如酮类物质和醛类物质与最终产物如类黑素均能提高油茶籽油的抗氧化性。

2.2.3 色值 美拉德反应产物并非单一物质,而是十分复杂的物质体系,所以单一的波长并不能完全反应美拉德反应产物的真实颜色。本研究通过色差计测定反应体系的颜色变化^[19](表 3),以期能全面反映美拉德反应不同阶段产物的色泽指标。

从表 3 可以看出,随着反应时间的延长 L^* 值、 b^* 值先增大后减少, a^* 值先减小后增大。随着加热时间的延长,油茶籽油颜色逐渐加深,在 30,60,90 °C 时 40 min 之前变化的不是特别明显,90 °C 在 40 min 后颜色急剧加深尤其是在 150 °C 加热后颜色比较深。结果表明,加热温度会导致油茶籽油颜色的变化,温度越高颜色越深;加热时间也会影响油脂颜色变化,但没有温度影响明显。因为油茶籽油中的磷脂,以及可能混入的蛋白和淀粉均会影响油茶籽油的色泽,其中磷脂通过加热容易变黑,从而加深油茶籽油的色泽。

表 3 美拉德产物色值的变化

Table 3 Changes in the color value of Maillard products

温度/ °C	时间/ min	明暗度 L^* (D65)	红绿值 a^* (D65)	黄蓝值 b^* (D65)
—	0	33.23	-2.52	18.39
30	20	33.31	-2.66	17.61
30	40	33.29	-2.79	19.58
30	60	37.40	-3.14	18.14
60	20	32.93	-2.75	20.10
60	40	33.47	-2.94	18.43
60	60	32.71	-2.86	17.56
90	20	33.12	-3.18	23.43
90	40	35.39	-3.72	23.12
90	60	56.77	-5.70	42.90
120	20	36.99	-4.02	37.78
120	40	42.52	-5.32	39.24
120	60	33.57	-3.73	33.88
150	20	54.12	-6.02	50.82
150	40	36.00	-4.23	37.28
150	60	31.21	-3.39	32.48

2.3 美拉德反应产物及其抗氧化性

2.3.1 美拉德产物含量 在美拉德反应的中期反应阶段形成众多活性中间体,如羟甲基糠醛^[20]、葡萄糖醛酮^[21]、3-脱氧奥苏糖、还原酮类等。美拉德反应的中间产物二羰基化合物具有很强的抗氧化性,目前已经发现的二羰基化合物的种类很多,本试验以 3 种最常见的二羰基化合物(3-脱氧奥苏糖、乙二醛、丙酮醛)为研究对象。油茶籽油美拉德产物丙酮醛含量如图 5 所示。

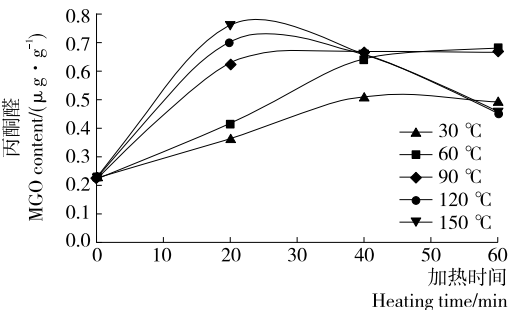


图 5 美拉德产物丙酮醛含量

Figure 5 Maillard product pyruvic aldehyde content

试验结果表明,随着加热时间的延长,120,150 °C 下丙酮醛的含量呈先增加后趋于降低,丙酮醛含量降低是因为在加热 20 min 后转化成了下一阶段的美拉德产物;30,60,90 °C 下丙酮醛的含量呈先增加后趋于平缓,丙酮醛含量趋于平稳说明 90 °C 以下未达到转化为下一阶段美拉德产物的温度。丙酮醛含量在加热中期(40 min)之

前随着温度的升高而增加,120,150℃在加热到20 min时含量最多达到0.701,0.760 μg/g,分别是加热前的3.08,3.35倍。丙酮醛含量与氧化稳定时间结合分析发现,其含量变化与氧化稳定时间变化规律相似;与抗氧化活性系数结合分析,发现在30℃下,线性相关性最好 $R^2=0.7663$ 。

油茶籽油中美拉德产物乙二醛、3-脱氧奥苏糖含量见表4。

表4 美拉德产物乙二醛、3-脱氧奥苏糖含量[†]
Table 4 Maillard product glyoxal, 3-deoxyosurose content

温度/℃	时间/min	乙二醛/ (μg·g ⁻¹)	3-脱氧奥苏糖/ (μg·g ⁻¹)
—	0	—	—
30	20	—	—
30	40	—	—
30	60	—	—
60	20	—	—
60	40	—	—
60	60	—	—
90	20	—	—
90	40	—	—
90	60	—	—
120	20	—	—
120	40	—	—
120	60	—	—
150	20	—	—
150	40	—	—
150	60	7.030	1.114

[†] “—”为小于最小检出限。

在150℃加热60 min时油茶籽油中开始检测出乙二醛和3-脱氧奥苏糖,含量分别为7.030,1.114 μg/g。而且此时的氧化稳定时间也是最高的。

2.3.2 美拉德反应产物抗氧化性 DPPH 自由基清除力可以用于反映物质的抗氧化性。加热前后油茶籽中美拉德反应产物清除 DPPH 自由基的能力见图6。

由图6可知,不同反应温度和反应时间提取的美拉德反应产物都具有一定的清除 DPPH 自由基作用,并且清除自由基能力随着反应时间延长先降低后增加。加热40~60 min时美拉德产物的自由基清除率显著增加,在150℃下反应60 min时达到最高为95.27%。与Sahin等^[22]的研究结果相似,从而证明适当热处理可以提高抗氧化性。在加热0~40 min时,清除自由基能力下降,可能是加热使油茶籽油中一些天然抗氧化物质分解。而在40 min后其清除自由基能力增强,就是因为发生了美拉

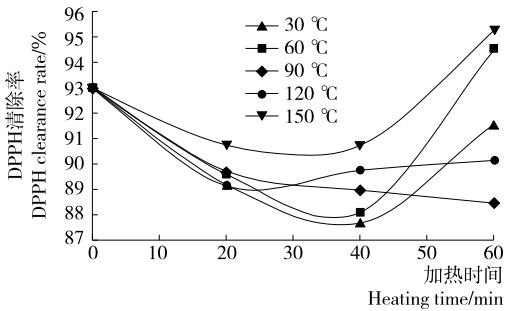


图6 美拉德产物清除 DPPH 自由基能力的变化
Figure 6 Maillard products remove DPPH · Capacity changes

德反应,其产物具有清除自由基能力。

由图7可知,油茶籽油美拉德产物的抗氧化活性随着加热时间的延长逐渐增强。其中150℃下美拉德产物的抗氧化能力最强,40~60 min时清除自由基能力显著增加,在反应60 min时达到最高为64.17%。其抗氧化能力增强主要是在150℃下加热60 min产生了3-脱氧奥苏糖、丙酮醛、乙二醛等美拉德产物。综上所述,油茶籽油中3-脱氧奥苏糖、丙酮醛、乙二醛等美拉德产物能提高其抗氧化能力。

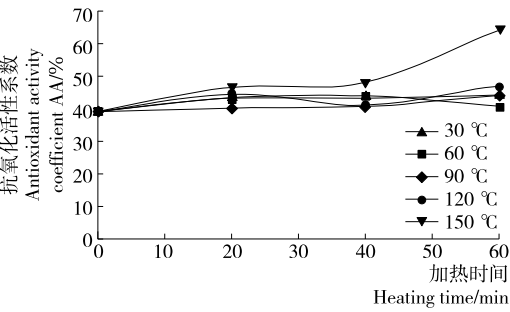


图7 抗氧化活性系数
Figure 7 Antioxidant activity coefficient

3 结论

本研究通过测量不同加热温度及反应时间处理油茶籽油美拉德反应的产物,发现其水分含量随着时间的延长而减少;而颜色随着加热时间延长而加深;相同温度下加热时间越长,油茶籽油的氧化稳定性越好。采用高效液相色谱测定油茶籽油中的美拉德产物,发现加热前后油茶籽油中未检测到羟甲基糠醛;随着加热时间的延长,丙酮醛的含量呈先增加后趋于降低,150℃加热到20 min时含量最多,达到0.76 μg/g,是加热前的3.35倍。在150℃加热60 min时油茶籽油中开始检测出3-脱氧奥苏糖和乙二醛,含量分别为1.114,7.030 μg/g。油茶籽油在150℃加热60 min时产生美拉德产物最多且具有明显抗氧化能力,DPPH 自由基清除率为95.27%;抗氧化活性系数为64.17%。

综上,油茶籽发生美拉德反应后其产物是具有一定抗氧化性,可能延长油茶籽油的氧化稳定性。在油茶籽油中起抗氧化作用的美拉德产物可能是乙二醛、3-脱氧氧苏糖和丙酮醛等。美拉德反应是一个复杂的反应体系,MRPs 的具体组成及对其的抗氧化物质和抗氧化机理有待进一步研究。

参考文献

- [1] 李丽,吴雪辉,寇巧花.茶油的研究现状及营养前景[J].中国油脂,2010(3):10-13.
- [2] JING H, KITTS D D. Antioxidant activity of sugar-lysine Maillard reaction products in cell free and cell culture systems[J]. Arch. Biochem. Biophys, 2004(429): 154-163.
- [3] 鲁珍,穆利霞,刘军,等.蚕蛹酶解液美拉德反应产物的制备和风味成分分析[J].食品与发酵工业,2013,39(4):119-124.
- [4] DURMAZ G, KARABULUT I, TOPÇU A, et al. Roasting-related changes in oxidative stability and antioxidant capacity of apricot kernel oil [J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 2010, 87(4): 401-409.
- [5] 陈海光,黄敏,于立梅.模式美拉德体系产物对油脂抗氧化性能的影响研究[J].安徽农业科学,2010,38(20):10 898-10 900.
- [6] 李志晓,金青哲,叶小飞,等.精炼过程中油茶籽油活性成分和抗氧化性的变化[J].中国油脂,2015,40(8):1-5.
- [7] 罗晓岚,朱文鑫.油茶籽油加工和油茶资源综合利用[J].中国油脂,2010,35(9):13-17.
- [8] 陈哲,何东平,胡传荣,等.用美拉德反应方法制备浓香型油茶籽油新工艺的研究[J].食品工业,2014,35(6):94-97.
- [9] CALLIGARIS S, MANZOCCO L, ANESE M, et al. Effect of heat-treatment on the antioxidant and pro-oxidant activity of milk[J]. International Dairy Journal, 2004, 14(5): 421-427.
- [10] 任夏,邱军,段苏珍,等.色差仪在烤烟烟叶中颜色检测中的应用[J].江苏农业科学,2014,42(7):335-337.
- [11] 谢凡.烤鸭中美拉德反应的研究[D].上海:上海应用技术学院,2015:28.
- [12] SINGH N, RAGINI P S. Free radical scavenging activity of an aqueous extract of potato peel[J]. Food Chemistry, 2004, 85(4): 611-616.
- [13] 罗凡,费学谦,李康雄,等.加工工艺对油茶籽油氧化稳定性及酚类物质含量的影响[J].农业工程学报,2016,32(14):293-299.
- [14] VAIDYA B, EUN J B. Effect of roasting on oxidative and tocopherol stability of walnut oil during storage in the dark[J]. European Journal of Lipid Science and Technology, 2013, 115(3): 348-355.
- [15] LERTITTIKUL W, BENJAKUL S, TANAKA M. Characteristics and antioxidative activity of Maillard reaction products from a porcine plasma protein-glucose model system as influenced by pH[J]. Food Chemistry, 2007, 100(2): 669-677.
- [16] RUFIAN-HENARES J A, GUERRA-HERNANDEZ E, GARCIA-VILLANOVA B. Color measurement as indicator for controlling the manufacture and storage of enteral formulas[J]. Food Control, 2006, 17(6): 489-493.
- [17] YEN G C, CHAU C F, LII D J. Isolation and characterization of most antimutagenic Maillard reaction products derived from xilose and lysine[J]. Food Chemistry, 1993, 41(5): 771-776.
- [18] 侯银菊.美拉德反应及其产物的抗氧化性研究[D].保定:河北大学理学院,2006:8.
- [19] 师萱,陈娅,符宜谊,等.色差计在食品品质检测中的应用[J].食品工业科技,2009,30(5):373-375.
- [20] 赵玲,陈建平,李琳,等.5-羟甲基糠醛抗氧化性及其抗细胞增殖活性的研究[J].现代食品科,2013,29(11):2 638-2 641.
- [21] 胡燕,袁晓晴.食品体系中活性碳基物质的研究进展[J].粮食与油脂,2017,30(5):1-3.
- [22] SAHIN H, TOPUZ A, PISCHETSRIEDER M, et al. Effect of roasting process on the phenolic, antioxidant and browning properties of carob powder[J]. Europe Food Research Technology, 2009, 230(1): 155-161.

信息窗

欧盟评估来自一种转基因枯草芽孢杆菌的 1,4- β -内切木聚糖酶的安全性

2019 年 1 月 21 日,欧盟食品安全局发布关于来自转基因枯草芽孢杆菌(XAS 菌株)的食品酶 1,4- β -内切木聚糖酶(endo-1,4- β -xylanase)安全性的评估结果。

这种食物酶拟用于烘焙过程。根据烘焙过程中推荐的最大使用量和欧盟食品安全局综合欧洲食品消费数据库中的个人消费数据,估计欧洲人口每天膳食暴露于食物酶—总有机固体(TOS)的量为 0.014 mg TOS/k·体

重。最终专家组得出结论,在预期的使用条件下,不能排除因饮食接触而引起过敏和诱发反应的风险,但发生的可能性很低。由于食物酶中是否存在活细胞尚未得到充分证实,因此专家组无法得出这种转基因菌株可能带来的相关风险。

(来源: <http://news.foodmate.net>)