

茶籽油煎炸过程中的品质变化研究

郭巧红, 庞敏*, 操丽丽, 姜绍通, 潘丽军, 郭锐

(合肥工业大学食品科学与工程学院, 安徽省农产品精深加工重点实验室, 安徽合肥 230009)

摘要 [目的] 研究高温煎炸条件下茶籽油各理化指标的变化及酚类物质的损耗规律, 为合理食用茶籽油提供科学参考。[方法] 检测茶籽油在煎炸过程中酸值、过氧化值、羰基值、茴香胺值、极性化合物含量、脂肪酸组成以及多酚类物质含量等指标来判断茶籽油煎炸过程中的品质变化。[结果] 随煎炸时间的延长及煎炸温度的升高, 茶籽油的酸值、过氧化值、羰基值、茴香胺值、极性化合物含量均逐渐升高, 碘值和多酚类物质含量逐渐降低; 煎炸过程中茶籽油中饱和脂肪酸与单不饱和脂肪酸含量升高, 多不饱和脂肪酸含量降低; 煎炸温度在 160、180 和 200 °C 时, 煎炸 20 h 后多酚类物质含量急剧减少, 32 h 时酚类物质损耗率分别达 82.93%、85.22%、92.13%。[结论] 茶籽油营养成分随煎炸时间的延长和煎炸温度的升高而不断损失, 油脂品质下降明显, 因此要严格控制茶籽油的煎炸时间及煎炸温度以延长茶籽油的煎炸寿命。

关键词 茶籽油; 煎炸; 品质变化

中图分类号 TS225.1*6 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)11-0075-05

Study on Changes in Qualities of Camellia Oil during Frying

GUO Qiao-hong, PANG Min*, CAO Li-li et al (Key Laboratory for Agricultural Products Processing of Anhui Province, School of Food Science and Engineering, Hefei University of Technology, Hefei, Anhui 230009)

Abstract [Objective] To provide scientific reference for consuming camellia oil reasonably through study on the changes of physical and chemical properties and the law of loss of the phenolic compounds in camellia oil during high temperature frying. [Method] Changes of the acid value, peroxide value, carbonyl value, anisidine value, polar component, FFA, total phenols content of camellia oil were studied to judge the quality of camellia oil during frying. [Result] It was proved that during frying process with prolonged frying time and elevated frying temperature, the acid value, peroxide value, carbonyl value, anisidine value and polar compounds content in camellia oil increased, iodine value and total phenols content displayed a decrease. And the saturated fatty acid and monounsaturated fatty acid contents in camellia oil increased, the content of polyunsaturated fatty acids reduced. After 20 h, the total phenols content decreased quickly at 160, 180 and 200 °C, and at 32 h the loss ratio of the total phenols content was 82.93%, 85.22%, 92.13%. [Conclusion] With prolonged frying time and elevated frying temperature, more nutrients in camellia oil will lose, and oil quality will decrease significantly, so it is necessary to strictly control frying time and temperature.

Key words Camellia oil; Frying; Change of quality

煎炸是以油脂作为传热介质使食物熟化和干燥的过程, 往往赋予食品特有的色泽、风味, 以及酥脆的质构和口感, 是食品工业及家庭烹饪广为采用的食品加工手段^[1-3]。由于油脂在煎炸过程中受氧气、水分、高温及食品组分等因素的作用会发生一系列水解、氧化和热聚合的复杂反应, 产生的挥发性组分、聚合物、过氧化物等则存在健康安全风险^[4-6]。煎炸过程中油脂品质的下降速度体现了煎炸油的煎炸稳定性, 目前对油脂煎炸稳定性的评价主要通过分析煎炸过程中油脂各项理化指标的变化来进行。一般情况下, 煎炸油的品质评价会结合多个理化指标, 从不同角度综合分析以确定煎炸油的劣变程度^[7-11], 其中包括色泽、黏度、酸值、过氧化值、碘值、羰基价、皂化值、极性组分、脂肪酸组成等。于新华等^[12]研究表明, 煎炸油质量的好坏直接影响到油炸食品的质量安全与消费者的健康。关注并研究煎炸用油和煎炸过程的质量与安全, 对保障煎炸食品的消费安全具有重要的意义^[13]。

茶籽油是我国特有的木本油脂, 是从山茶科植物油茶 (*Camellia oleifera* Abel) 成熟种子中提取的油脂, 因具有和橄

榄油类似的高油酸含量、富含 V_E 、角鲨烯等特点, 号称东方橄榄油^[14-15]。此外, 茶籽油中富含多酚类物质, 具有抗氧化、抗病毒、抗炎症、抑菌作用及提高人体免疫力等多种功效^[16-17], 营养价值高, 是备受我国市场青睐的优质食用油^[16]。茶籽油烟点高, 热稳定性好, 不易因油温的升高和重复使用而产生对人体有害的物质, 是一种理想的烹饪油^[18]。研究表明, 油脂内源性酚类物质在常温下安全性较好, 并能保持脂质体系维持较好的抗氧化活性^[19-22], 食用安全性高, 但在高温煎炸条件下, 油脂体系中各类物质易发生氧化反应, 油脂中内源性酚类物质也易发生损耗降解等^[23-24], 导致油脂品质大大下降, 甚至造成食用风险。因此, 研究茶籽油的煎炸特性及煎炸条件下内源性酚类物质氧化特性, 对保障富含多酚类茶籽油的营养与食用安全具有重要意义。

针对中餐食用油及家庭烹饪主要以高温煎、炸为主的使用习惯, 笔者系统研究了茶籽油在高温煎炸条件下的各理化特性变化, 并分析茶籽油中酚类物质在高温煎炸条件下的损耗规律, 以期合理食用茶籽油, 最大限度发挥茶籽油营养价值提供科学的建议。

1 材料与方法

1.1 材料 原料: 初级压榨茶籽油, 安徽舒城华银茶油有限公司; 马铃薯条, 购于家乐福超市。

主要仪器: 紫外可见分光光度计, 北京普析通用仪器有限责任公司; HC-3018R 高速冷冻离心机, 安徽中科中佳科

基金项目 国家自然科学基金项目(31371729); 合肥工业大学青年教师创新项目(JZ2015HGQC0208); “十三五”国家重点研发计划(2016YFD0401401)。

作者简介 郭巧红(1992—), 女, 浙江台州人, 硕士研究生, 研究方向: 功能成分生物化学。* 通讯作者, 副教授, 博士, 从事粮食、油脂及蛋白工程研究。

收稿日期 2017-02-28

学仪器有限公司;气浴恒温振荡器,江苏金坛市金城国胜实验仪器厂;金利牌超声清洗器,上海杰理科技有限公司;电子万用调温电炉,兴化市宏业电热电器厂;煎炸锅,广州维利安西设备制造有限公司。

主要试剂:无水乙醇(AR)、甲醇(AR)、正己烷(AR)、异辛烷、碘化钾、冰乙酸、一氯化碘、氢氧化钾、硫代硫酸钠。

1.2 方法

1.2.1 煎炸与取样。马铃薯条与茶籽油的比例为 25 g/L 放入煎炸锅中。毛油脱胶后,在 160 °C 下煎炸,煎炸时间 8 min,中间间隔 7 min,每小时煎炸 4 次,上午煎炸 4 h,下午煎炸 4 h,每天共煎炸 8 h,煎炸期间不更换煎炸油。煎炸 1、2、4、8、12、16、20、24、28 和 32 h 时分别取样 100 mL 备用,油样放入 150 mL 的磨口棕色瓶中冷却至室温后,储藏于 4 °C 下保存备用。180、200 °C 煎炸温度下参照上述方法进行。

1.2.2 油脂理化性质测定方法。酸价的测定:参照 GB/T 5530—2008;过氧化值的测定:参照 GB/T 5538—2005;茴香胺值的测定:参照 GB/T 2430—2009;碘值的测定:参照 GB/T 5532—2008;极性组分:参照 GB/T 5009.202—2003;羰基值:参照 GB/T 5009.37—2003。

1.2.3 脂肪酸测定。在 10 mL 离心管中滴入 2 滴茶籽油,加入 2 mL 正己烷充分溶解,再加 50 μ L 1 mol/L 的 KOH-甲醇溶液,剧烈摇晃 5 min,贴壁加入 4 mL 蒸馏水,静置分层取上层,加入无水硫酸钠干燥后过 0.45 μ m 滤膜,进行 GC 检测^[23]。

气相色谱条件:色谱柱为 DB-WAX(30 m \times 0.25 mm \times 0.25 μ m),程序升温为 100 °C 保持 1 min,以 20 °C/min 升温至 200 °C,再以 3 °C/min 升温至 230 °C,保持 12 min。进样口温度 230 °C, FID 温度 250 °C,分流比 1:50,进样量 1 μ L。载气 N₂,载气流速 0.8 mL/min。

1.2.4 固相萃取提取茶籽油多酚。准确称取 2.5 g 待测茶籽油,溶解在 6 mL 正己烷中,并将固相萃取柱置于真空洗脱设备中,分别连续过 6 mL 甲醇和 6 mL 正己烷,再释放真空,将油溶液过柱,用 3 mL 正己烷过柱清洗 2 次,接着用 4 mL 正己烷-乙酸乙酯(9:1)过柱,最后用 10 mL 甲醇洗柱,洗脱液室温下蒸干,残渣溶于 2 mL 甲醇-水(1:1)中,用注射器过 0.45 μ m 滤膜^[25]。

1.2.5 茶籽油总酚检测方法。标准曲线的建立^[26]:精确称取没食子酸标准品 100 mg,可用少量的甲醇溶解,用蒸馏水定容至 100 mL,得浓度为 1.0 mg/mL 的标准溶液。再分别量取上述标准液 2.5、5.0、7.5、10.0、15.0、20.0、25.0 mL 到 50 mL 容量瓶中,用蒸馏水定容,得到浓度为 0.05~0.50 mg/mL 的没食子酸标准液。吸取 0.5 mL 各浓度标准液到 50 mL 容量瓶中,另取 1 支做空白组,各加 25.0 mL 蒸馏水,振荡均匀后分别加入 0.5 mL 福林酚试剂,充分摇匀。等待 3 min,加入 1.0 mL 10% 碳酸钠溶液,混匀定容。35 °C 水浴 120 min,765 nm 波长下检测吸光度。

样品检测:取 0.5 mL 待测溶液用蒸馏水稀释定容至 25 mL,加入 0.5 mL 福林酚试剂,静置 3 min,10% 碳酸钠溶

液 1.0 mL,蒸馏水定容到 50 mL。35.0 °C 水浴 120 min,在 765 nm 波长下测定吸光度,根据标准曲线计算出待测样品的多酚含量。

2 结果与分析

2.1 煎炸过程中茶籽油酸价的变化 由图 1 可知,茶籽油随煎炸时间的延长、煎炸温度的升高,酸值逐渐增大。160、180 和 200 °C 煎炸 32 h 后,酸值由 0.60 mgKOH/g 分别增加到 2.72、3.11 和 4.01 mgKOH/g,均未超过国家关于煎炸油酸值(AV)标准 5.00 mg/g;煎炸 20 h 时,酸值的增长速率加快,可能与其抗氧化能力下降有关。酸值升高主要原因为油脂在高温煎炸过程中甘油三酯水解和氧化产生小分子酸性物质^[9]。李阳等^[10]认为,在深层煎炸中,由水解产生的脂肪酸非常少,酸值升高主要是甘油三酯的氧化产生了游离脂肪酸。

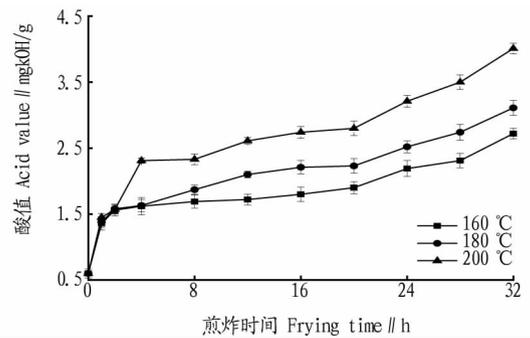


图 1 茶籽油煎炸过程中酸值的变化

Fig. 1 Changes of acid value in camellia oil during frying

2.2 煎炸过程中茶籽油过氧化值的变化 由图 2 可知,160 °C 煎炸时,过氧化值在煎炸 16 h 后从 3.07 mmol/kg 增加到 10.06 mmol/kg,说明在煎炸过程中氢过氧化物的生成速率较快;之后呈下降趋势,说明氢过氧化物的形成速率低于其分解速率,形成的氢过氧化物逐渐减少;在 20 h 后,过氧化值随时间的延长而增加。180 °C 时,过氧化值在煎炸 12 h 后从初始的 3.07 mmol/kg 增加到 6.94 mmol/kg;12~20 h 呈下降趋势;在 20 h 后,过氧化值随时间的延长而增加。200 °C 时,过氧化值在煎炸 8 h 后从初始的 3.07 mmol/kg 增加到 6.11 mmol/kg;8~16 h 呈下降趋势;在 16 h 后,过氧化值随时间的延长而增加。3 个温度下的过氧化值比较,180 °C 下的过氧化值明显比 160 和 200 °C 下的值小且稳定。过氧化物随着煎炸时间的延长变动比较大,其主要原因为过氧化物化学性质不稳定,极易分解产生醛、酮、酸等小分子化合物;随着煎炸温度增高,反应程度加剧;另外,也可能与茶籽油中抗氧化活性物质抑制油脂氧化有关^[5-6]。油脂在煎炸后的过氧化值显著高于煎炸前,这与前人研究的结论一致^[10-11]。

2.3 煎炸过程中茶籽油碘值的变化 由图 3 可知,160、180、200 °C 煎炸时,茶籽油的碘值随煎炸时间的延长都逐渐降低,分别从初始 886.7 g/kg 下降到 693.7、685.6、667.6 g/kg,其中 200 °C 煎炸时降低最明显,160 和 180 °C 煎炸下的碘值相差不大。其碘值下降的原因可能是在高温煎炸过程中,油脂中的不饱和键发生氧化分解、氧化聚合等化学反应,油脂中

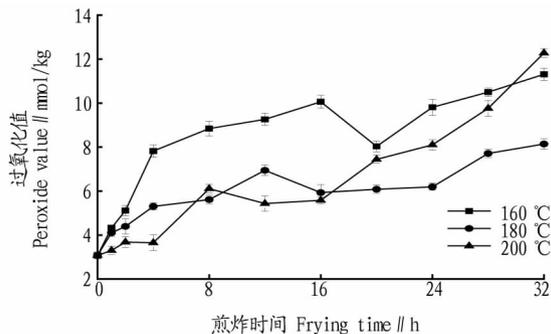


图2 茶籽油煎炸过程中过氧化值的变化

Fig. 2 Changes of peroxide value in camellia oil during frying

的双键数目不断下降,从而使油脂的不饱和度相对于原油有所降低,导致碘值降低。该试验的研究结果与朱圣陶等^[27]的研究结果相一致,即油脂在200 °C加热6 h与280 °C加热3 h都可以使碘值降低30%以上,加热温度越高,油脂的热聚合和热氧化聚合进行得越迅速,碘值降低的越快。

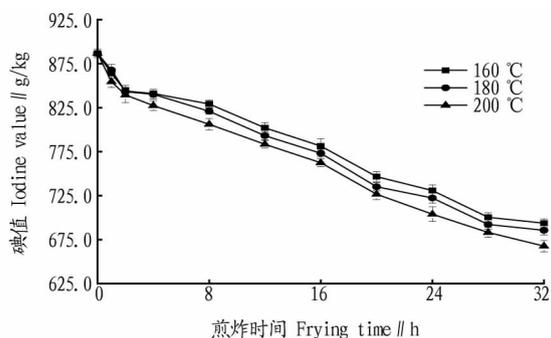


图3 茶籽油煎炸过程中碘值的变化

Fig. 3 Changes of iodine value in camellia oil during frying

2.4 煎炸过程中茶籽油羰基值的变化 由图4可知,茶籽油初始羰基值为2.55 meq/kg,但随着煎炸时间的延长均逐渐增大。200 °C煎炸下的羰基值增长速度明显比160、180 °C的快,在20 h时羰基值为48.48 meq/kg,接近国家关于煎炸油羰基值的标准。在20 h时,各温度下的羰基值增长速率明显加快。24 h时,160、180 °C下的羰基值分别为48.92、54.79 meq/kg,非常接近或已经超过国家关于煎炸油羰基值(CV)标准50 meq/kg。因此,就羰基值而言,茶籽油在160和180 °C时的煎炸时间不宜超过24 h。

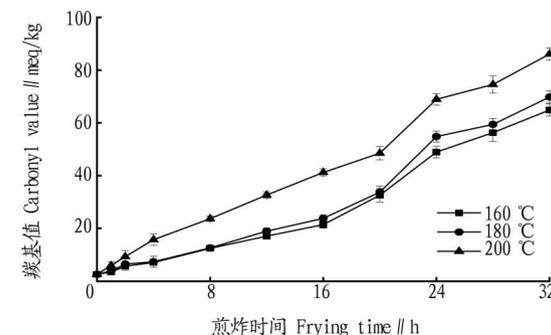


图4 茶籽油煎炸过程中羰基值的变化趋势

Fig. 4 Changes of carbonyl value in camellia oil during frying

2.5 煎炸过程中茶籽油茴香胺值的变化 由图5可知,

160、180和200 °C时,煎炸过程中茶籽油的茴香胺值随时间的延长而不断上升,分别从初始2.86上升到94.03、100.45、116.64;茶籽油在0~20 h,随煎炸时间延长,茴香胺值缓慢增加;20 h后,茴香胺值增加明显加快;其中200 °C煎炸增加最明显,160和180 °C煎炸下的茴香胺值相差不大。茴香胺值增加的原因是:加热过程中不饱和油脂发生自动氧化反应产生氢过氧化物,氢过氧化物受热分解生成醛类化合物^[5],故煎炸温度的升高、时间的延长会使茴香胺值增大。而20 h前茴香胺值比20 h后的茴香胺值增加慢的原因可能与茶籽油中抗氧化活性物质抑制油脂氧化有关。

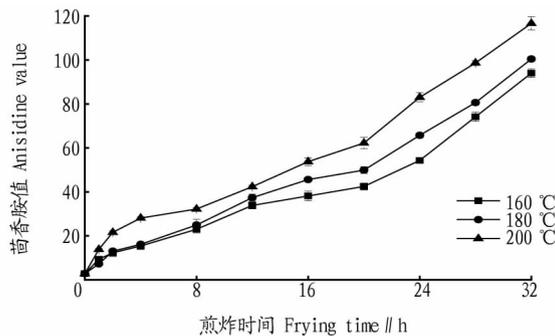


图5 茶籽油煎炸过程中茴香胺值的变化趋势

Fig. 5 Changes of anisidine value in camellia oil during frying

2.6 煎炸过程中茶籽油极性化合物含量的变化 由图6可知,随着煎炸时间的延长,茶籽油中的极性物质含量均显著增加。其中,160、180和200 °C时,茶籽油的极性化合物含量随时间的延长而不断上升,分别从初始值1.98%上升到33.56%、35.34%、39.79%;其中200 °C煎炸时增加最明显,160和180 °C煎炸下的极性化合物含量相差不大;茶籽油在4~20 h,随着煎炸时间的延长,极性化合物的含量缓慢增加;20 h后,极性化合物的含量增加明显加快。160 °C煎炸28 h时,极性化合物含量达到29.35%,已超过国家关于煎炸油极性化合物含量标准(27%);180 °C煎炸24 h时,极性化合物含量达到27.18%,已超过国家标准;200 °C煎炸24 h时,极性化合物含量达到30.54%,也超过国家标准。

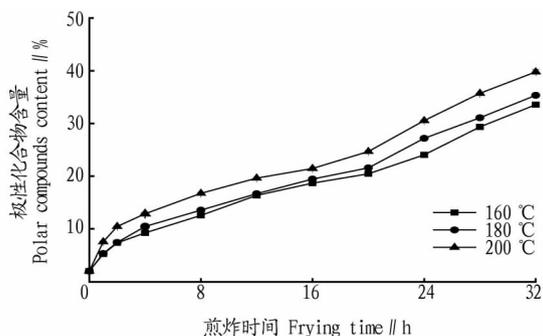


图6 茶籽油煎炸过程中极性化合物含量的变化

Fig. 6 Changes of polar compounds content in camellia oil during frying

2.7 煎炸过程中茶籽油主要脂肪酸组成的变化 由表1、2、3可知,随着煎炸时间的延长,煎炸温度为160、180和200 °C时,煎炸32 h后,茶籽油中饱和脂肪酸(SFA)的含量由

10.68% 分别增加至 12.26%、13.20%、14.73%；油酸的含量无明显变化；亚油酸的含量从 9.05% 分别下降至 5.84%、5.54%、4.08%，但无明显的突跃点。在相同煎炸温度下，SFA 的含量随着煎炸时间的延长而上升；在相同煎炸时间下，煎炸温度的升高加剧了 SFA 的形成。在相同煎炸温度下，亚油酸含量随着煎炸时间的延长而下降；在相同煎炸时间下，煎炸温度的升高加剧了亚油酸含量的减少。

表 1 茶籽油煎炸过程中油酸(C18:1)组成的变化

Table 1 The changes of C18:1 composition in camellia oil during frying %

煎炸时间 Frying time//h	煎炸温度 Frying temperature//℃		
	160	180	200
0	79.34 ± 0.01	79.34 ± 0.01	79.34 ± 0.01
1	79.45 ± 0.02	79.42 ± 0.06	79.61 ± 0.03
2	79.31 ± 0.01	79.36 ± 0.02	79.75 ± 0.04
4	79.58 ± 0.04	79.44 ± 0.04	80.03 ± 0.01
8	79.79 ± 0.01	79.49 ± 0.01	80.00 ± 0.03
12	80.11 ± 0.03	79.53 ± 0.06	80.44 ± 0.01
16	80.20 ± 0.01	79.67 ± 0.01	80.27 ± 0.02
20	80.47 ± 0.02	79.20 ± 0.03	79.91 ± 0.01
24	80.36 ± 0.01	79.12 ± 0.02	79.56 ± 0.02
28	80.37 ± 0.05	79.17 ± 0.01	77.45 ± 0.01
32	80.40 ± 0.01	79.06 ± 0.05	78.63 ± 0.02

表 2 茶籽油煎炸过程中亚油酸(C18:2)组成的变化

Table 2 The changes of C18:2 composition in camellia oil during frying %

煎炸时间 Frying time//h	煎炸温度 Frying temperature//℃		
	160	180	200
0	9.05 ± 0.02	9.05 ± 0.04	9.05 ± 0.06
1	8.95 ± 0.03	8.85 ± 0.03	8.73 ± 0.01
2	8.85 ± 0.03	8.66 ± 0.01	8.55 ± 0.05
4	8.72 ± 0.04	8.50 ± 0.04	8.05 ± 0.03
8	8.38 ± 0.01	7.98 ± 0.01	7.15 ± 0.02
12	8.12 ± 0.05	7.51 ± 0.05	6.26 ± 0.04
16	7.69 ± 0.01	7.18 ± 0.03	5.52 ± 0.03
20	7.30 ± 0.03	6.63 ± 0.02	4.89 ± 0.01
24	6.87 ± 0.02	6.30 ± 0.01	4.23 ± 0.05
28	6.41 ± 0.01	5.90 ± 0.02	3.91 ± 0.01
32	5.84 ± 0.02	5.54 ± 0.01	4.08 ± 0.02

表 3 茶籽油煎炸过程中饱和脂肪酸(SFA)组成的变化

Table 3 The changes of SFA composition in camellia oil during frying %

煎炸时间 Frying time//h	煎炸温度 Frying temperature//℃		
	160	180	200
0	10.68 ± 0.02	10.68 ± 0.01	10.68 ± 0.03
1	10.67 ± 0.01	10.71 ± 0.02	10.76 ± 0.01
2	10.92 ± 0.04	10.85 ± 0.04	10.87 ± 0.02
4	10.79 ± 0.03	10.92 ± 0.02	11.08 ± 0.05
8	10.94 ± 0.01	11.28 ± 0.03	11.54 ± 0.06
12	11.14 ± 0.02	11.58 ± 0.05	12.04 ± 0.03
16	11.35 ± 0.03	11.80 ± 0.02	12.53 ± 0.02
20	11.47 ± 0.05	12.40 ± 0.01	13.32 ± 0.01
24	11.63 ± 0.02	12.65 ± 0.04	14.01 ± 0.05
28	11.89 ± 0.01	12.91 ± 0.01	14.73 ± 0.01
32	12.26 ± 0.03	13.20 ± 0.02	14.73 ± 0.04

出现上述现象的原因可能是煎炸过程中由于氧化聚合、热聚合及分解的影响^[9]，含双键较多的脂肪酸容易被氧化形成饱和脂肪酸；而饱和脂肪酸由于不含双键，性质比较稳定，不易被氧化分解^[28]。

2.8 煎炸过程中茶籽油总酚含量的变化 由图 7 可知，煎炸温度为 160、180 和 200 ℃ 时，在煎炸过程中茶籽油的总酚化合物含量随时间的延长而不断降低，从初始 411.10 μg/g 分别降到 70.18、60.75、32.36 μg/g，多酚化合物损失率分别为 82.93%、85.22%、92.13%；茶籽油在 0~20 h，随着煎炸时间的延长，总酚含量损失速率缓慢；20 h 后，总酚含量损失速率明显加快，之后维持在一定范围内；200 ℃ 煎炸下降速度最明显，160 和 180 ℃ 下无明显差异，这与 Pellegrini 等^[29]、Brenes 等^[30] 的研究结果一致，高温煎炸过程会使酚类物质含量降低，抗氧化活性降低等。由于多酚类物质能保持脂质体系维持较好的抗氧化活性，在 0~20 h 间，其耗损率不大，使酸值、过氧化值、羰基值、茴香胺值、极性化合物含量等增加比较缓慢，可能跟茶籽油中含有丰富的多酚类物质，其具有较强的抗氧化活性，能够降低茶籽油的氧化变质程度有关^[18-19]。而 20 h 后耗损率加快，其抗氧化活性作用明显降低，导致酸值、过氧化值、羰基值、茴香胺值、极性化合物含量增加，从而导致茶籽油的品质下降。

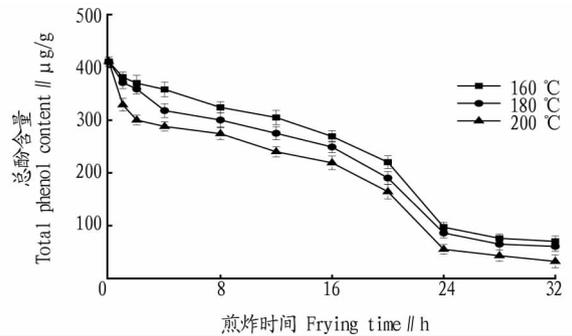


图 7 茶籽油煎炸过程中总酚含量的变化

Fig. 7 Changes of total phenol content in camellia oil during frying

3 结论

通过对茶籽油连续 32 h 煎炸过程中多酚类物质含量及理化指标的检测分析可知，茶籽油中的多酚类物质含量随煎炸时间的延长和煎炸温度的升高而降低，其在 160、180 和 200 ℃ 煎炸时，20 h 后多酚类物质损失急剧加快，32 h 时损耗率分别 82.93%、85.22%、92.13%；茶籽油的酸值、过氧化值、羰基值、茴香胺值、极性化合物含量均随煎炸时间的延长及煎炸温度的升高而逐渐升高，碘值逐渐降低；饱和脂肪酸与单不饱和脂肪酸含量升高，多不饱和脂肪酸含量降低。即茶籽油的煎炸时间越长，煎炸温度越高，其营养成分的损失越多，而有害物质积累的也越多，油脂品质下降明显。因此在煎炸过程中要严格控制茶籽油的煎炸时间及煎炸温度以延长茶籽油的寿命。该试验通过对茶籽油煎炸过程中各指标所发生的变化研究，对进一步探讨如何减缓油脂煎炸过程中氧化变质及延长煎炸食品的货架寿命具有重要的意义。

参考文献

- [1] 王莉蓉,金青哲,冯国霞,等.国内外食物煎炸良好操作规范的实施要点[J].食品安全质量检测学报,2015(10):4091-4095.
- [2] 赵建春,刘改顺,张可,等.煎炸过程食用油的品质变化及控制措施研究进展[J].食品与机械,2013(5):261-264.
- [3] 宋丽娟,于修焯,张建新,等.煎炸油在薯片煎炸过程中的品质变化[J].食品科学,2011,32(5):70-74.
- [4] ZHANG Q,SALEH A S M,CHEN J,et al. Chemical alterations taken place during deep-fat frying based on certain reaction products:A review[J]. Chemistry and physics of lipids,2012,165(6):662-681.
- [5] 王进英,钟海雁,周波.油脂在深度煎炸过程中发生的化学反应及其主要产物[J].中国油脂,2015,40(11):37-43.
- [6] 王斌,杨冠军,叶志能.油炸过程中油的质量变化及其检测方法[J].食品工业科技,2007,28(10):232-234.
- [7] 吴晓华,刘玉兰,黄勤生.煎炸油及煎炸专用棉籽油的研究进展[J].农业机械,2012(24):45-50.
- [8] 张铁英,姜元荣,陈雅琼.煎炸油在煎炸过程中脂肪酸组成的变化[J].食品科学,2013,34(5):132-136.
- [9] 李东锐,毕艳兰,肖新生,等.食用油煎炸过程中的品质变化研究[J].中国油脂,2006,31(6):34-36.
- [10] 李阳,钟海雁,李晓燕,等.煎炸用油品质变化及测定方法研究进展[J].食品与机械,2008,24(6):148-151.
- [11] FARHOOSH R,KENARI R E,POORAZRANG H. Frying stability of canola oil blended with palm olein,olive,and corn oils[J]. Journal of the american oil chemists' society,2009,86(1):71-76.
- [12] 于新华,孙红文,徐文柏,等.关于开发应用食品专用煎炸油的讨论[J].粮食流通技术,2009(2):37-40.
- [13] 吴时敏.煎炸用油和油炸食品的质量安全问题及对策[J].食品科学技术学报,2015,33(1):6-12.
- [14] 龙正海,王道平.油茶籽油与橄榄油化学成分研究[J].中国粮油学报,2008,23(3):121-123.
- [15] 毛方华,王鸿飞,周明亮.山茶油的功能特性[J].食品科技,2010,35(1):181-185.
- [16] 张东生,金青哲,王兴国.油茶籽及油营养品质研究现状[J].粮油食品科技,2013,21(4):53-56.
- [17] 姜楠,王蒙,韦迪哲,等.植物多酚类物质研究进展[J].食品安全质量检测学报,2016,7(2):439-442.
- [18] 龙奇志,钟海雁,李阳,等.茶油深层煎炸稳定性的研究[J].中国食品学报,2012,12(4):208-213.
- [19] 黄佳聪,阙欢,刘云.腾冲红花油茶籽油中多酚类物质对自由基清除作用的研究[J].中国油脂,2011,38(12):54-57.
- [20] 刘雳,赵正惠.茶籽毛油中极性抗氧化物质的研究[J].中国粮油学报,2002,17(3):4-9.
- [21] 徐俐,耿阳阳,张红梅.油茶籽油抗氧化及对自由基清除作用[J].食品研究与开发,2013,34(17):4-8.
- [22] 袁英姿,曹清明,钟海雁,等.油茶籽多酚对茶油的抗氧化性的研究[J].食品工业科技,2009,30(6):103-105.
- [23] GÓMEZ-ALONSO S,FREGAPANE G,SALVADOR M O,et al. Changes in phenolic composition and antioxidant activity of virgin olive oil during frying[J]. J Agric Food Chem,2003,51(3):667-672.
- [24] ZHONG H Y,BEDGOOD JR D R,BISHOP A G,et al. Effect of added caffeic acid and tyrosol on the fatty acid and volatile profiles of camellia oil following heating[J]. J Agric Food Chem,2006,54:9551-9558.
- [25] 罗凡,费学谦,方学智,等.固相萃取/高效液相色谱法测定茶油中的多种天然酚类物质[J].分析测试学报,2011,30(6):696-700.
- [26] 丁明,钟冬莲.茶油中总酚的测定方法[J].浙江农业科学,2010,1(6):1369-1371.
- [27] 朱圣陶,江伟威,杨秀鸿,等.碘价在煎炸油卫生质量控制中应用探讨[J].中国公共卫生,2000,16(8):734.
- [28] 杨雅新,汪学德,郑永战.冷榨芝麻油在煎炸过程中的品质变化[J].粮食与油脂,2016,29(7):35-38.
- [29] PELLEGRINI N,VISIOLI F,BURATTI S,et al. Direct analysis of total antioxidant activity of olive oil and studies on the influence of heating[J]. J Agric Food Chem,2001,49(5):2532-2538.
- [30] BRENES M,GARCÍA A,DOBARGANES M C,et al. Influence of thermal treatments simulating cooking processes on the polyphenol content in virgin olive oil[J]. J Agric Food Chem,2002,50(21):5962-5967.

(上接第34页)

更细微的划分比较其不同的影响。在其生长及结果指标上的选择有一定的局限性,不能表达出树体生长及结果的各方面,且树体的生长发育系统复杂,其影响生长及结果状况的因素繁多,不能一一保持其他因素的一致性,故还需反复试验比较深入研究。

参考文献

- [1] 兰士波.欧洲甜樱桃研究进展及开发利用前景[J].中国林产特产,2012(2):89-94.
- [2] 孔旭.中国果树栽培学[M].北京:农业出版社,1987:558-559.
- [3] 于霞.大樱桃修剪依时期不同剪法有异[J].果树实用技术与信息,2012(5):30-31.
- [4] 朱雪荣.不同修剪程度对盛果期苹果树生长结果的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2013.
- [5] 李敏敏,安贵阳,张雯,等.不同冬剪强度对乔化富士苹果成花、枝条组成和结果的影响[J].西北农业学报,2011,20(5):126-129.
- [6] 郭俊强,宋建伟,刘俊年.不同修剪程度对紫薇新梢生长的影响[J].安徽农业科学,2012,40(31):15310-15311.
- [7] 孙华美,曹庆波.猕猴桃冬季不同修剪程度对产量的影响[J].湖北农业科学,1985(12):19-21.
- [8] 黄贞光.我国甜樱桃种植业的区域布局及发展技术路线[J].果农之友,2003(12):3-4.
- [9] 柴芳芳.果树修剪方法[J].现代农业科技,2013(11):114,116.
- [10] 金方伦,黎明,教学熙,等.不同修剪方法对樱桃树体生长的影响[J].贵州农业科学,2011,39(7):174-176.
- [11] 王舜仁,茹华南.浅论果树修剪的意义及技术要领[J].现代园艺,2012(24):33.
- [12] 常兰,夏志颖,张建亮.甜樱桃修剪时期及方法[J].天津农林科技,2011(4):35-36.
- [13] 裴佩显,路超,薛晓敏,等.不同时期一次性疏花疏果对苹果花序坐果率和果实品质的影响[J].河北农业科学,2013,17(2):27-29.
- [14] WORLEY R E,MULLINIX B G,DANIEL J W. Selective limb pruning, tree removal, and paclobutrazol growth retardant for crowding pecan trees[J]. Scientia horticulturae,1996,67(1/2):79-85.
- [15] YIN X H,SEAVERT C F. Feasibility of using polypropylene ground cover upon consideration of long-term responses of sweet cherry nutrition and profitability[J]. Agricultural sciences,2012,3(4):594-601.
- [16] 姜作庆,白克军,王浩,等.汉源县引种欧洲甜樱桃栽培技术[J].四川林业科技,2010,31(6):118-119.
- [17] 罗来水.梨树萌芽率和成枝力变化的初步观察[J].园艺学报,1965(1):49-52.
- [18] 王少山.甜樱桃的树形培育与修剪技术[J].现代农业科技,2010(8):151,154.
- [19] 李勃,李淑平,谢兆森,等.上海和烟台地区甜樱桃生物学特性及花芽分化进程研究[J].果树学报,2010,27(3):349-354.