

菜籽油 - DHA 藻油调和油在不同 鸡肉烹饪方式下的品质变化

朱芷茜, 孙雪梅, 黄健花, 宋志华, 王小三, 金青哲, 王兴国

(江南大学食品学院, 江苏无锡 214122)

摘要:为了对 DHA 藻油调和油的开发和合理烹饪提供相关指导, 将 DHA 藻油分别按菜籽油质量的 2%、3%、5%、10%、15% 与菜籽油复配制成菜籽油 - DHA 藻油调和油, 并以蒸、炒、烧三种不同方式烹饪鸡肉, 测定烹饪前后油样的脂肪酸组成、酸值和过氧化值的变化, 分析探讨 DHA 藻油比例及烹饪方式对调和油脂肪酸组成及理化指标的影响。结果表明: 烹饪后, 调和油的单不饱和脂肪酸含量减少, 饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸含量增加; 三种主要脂肪酸油酸、亚油酸、亚麻酸含量随 DHA 藻油比例增加呈不规则波动变化; 除 DHA 藻油比例为 2% 的调和油外, 其余调和油的酸值均在烹饪后增加, 其中, DHA 比例为 3%、5% 和 10% 的调和油炒鸡肉后酸值增加最大, 蒸和烧这两种烹饪方式对酸值的影响相对较小; 纯菜籽油、DHA 藻油比例为 15% 的调和油的过氧化值增加量明显大于其他的调和油, 总体上炒较另外两种烹饪方式更易导致过氧化值增加。综上, 建议蒸鸡肉或烧鸡肉宜采用 DHA 藻油比例为 2%、3%、5% 的调和油, 炒鸡肉则不宜采用 DHA 藻油调和油。

关键词: DHA 藻油; 菜籽油; 调和油; 酸值; 过氧化值; 脂肪酸; 烹饪方式

中图分类号: TS225; TS201.4 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2023)10-0142-06

Quality changes of rapeseed oil - DHA algal oil blended oil under different cooking methods of chicken

ZHU Zhiqian, SUN Xuemei, HUANG Jianhua, SONG Zhihua,
WANG Xiaosan, JIN Qingzhe, WANG Xingguo

(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, Jiangsu, China)

Abstract: To provide relevant guidance for the development and reasonable cooking of edible blended oil of DHA algal oil, DHA algal oil was blended with rapeseed oil at the mass ratios of 2%, 3%, 5%, 10% and 15%, respectively. The blended oil was used to cook chicken with different methods (steaming, stir-frying and boiling). The fatty acid composition, acid value and peroxide value of the blended oil before and after cooking were measured, and the effects of DHA algal oil ratio and cooking methods on fatty acid composition and physical and chemical indexes of blended oil were analyzed and discussed. The results showed that after cooking, the content of MUFA in blended oil decreased, while the contents of SFA and PUFA increased. The contents of three main fatty acids, oleic acid, linoleic acid and linolenic acid, fluctuated irregularly with the increase of DHA algal oil ratio. Except for the blended oil with 2% DHA algal oil, the acid value of the other blended oil increased after cooking. The blended oil with 3%, 5%

and 10% DHA algal oil after stir-frying chicken showed the largest increase, and the cooking methods of steaming and boiling had relatively little effect on the acid value. The peroxide value increments of rapeseed oil without DHA and blended oil with 15% DHA algal oil were significantly greater than that of other blended

收稿日期: 2022-11-01; 修回日期: 2023-07-11

基金项目: 江苏省高等教育教改研究重点课题 (2021JSJG058); 江南大学教改项目 (JG2021027)

作者简介: 朱芷茜 (2001), 女, 在读本科, 食品科学与工程专业 (E-mail) 2353597613@qq.com。

通信作者: 黄健花, 副教授, 博士 (E-mail) huangjianhua1124@126.com。

oils, and stir-frying was more likely to lead to an increase in peroxide value than the other two cooking methods. In summary, it is recommended that steaming or boiling chicken should use blended oil with 2%, 3% and 5% DHA algal oil, while stir-frying chicken should not use DHA algal oil blended oil.

Key words: DHA algae oil; rapeseed oil; blended oil; acid value; peroxide value; fatty acid; cooking method

二十二碳六烯酸(DHA),属于 $\omega-3$ 多不饱和脂肪酸,其在促进和维持神经系统细胞生长、减缓智力衰退等方面具有独特的生理功能^[1-2]。诸多国家提倡日常饮食摄入DHA,如《中国居民膳食营养素参考摄入量(2013版)》推荐成年人DHA每日摄入量为160~220 mg。微藻来源的DHA因脂肪酸组成相对简单、DHA含量高等优势,成为膳食补充DHA的主要原料,其中DHA藻油与大宗食用油调和后使用,是居民补充DHA的常用方式^[3]。

我国居民的饮食习惯决定DHA调和油常经历高温烹饪。因此,烹饪过程中DHA调和油的氧化劣变情况是决定此类产品是否可以广泛应用的关键之一,也是DHA调和油应用研究领域的焦点^[4]。复配比例、烹饪方式等均会影响DHA调和油的氧化稳定性^[5-6],如:Huang等^[7]研究比较了DHA藻油比例在0%~15%时,蒸、炒、烧三种不同方式烹饪鸡块时DHA-大豆调和油的品质变化,结果发现,DHA藻油的比例为3%时最佳,表现出最理想的氧化稳定性,就烹饪方式而言,则以蒸这一烹饪方式最佳;孙雪梅等^[8]将DHA藻油分别与大豆油、花生油、菜籽油按不同比例调和后用于炒土豆丝,以过氧化值为指标考察了调和油的氧化稳定性,结果发现,当DHA藻油的比例在2%~10%时,与菜籽油复配最佳,当DHA藻油的比例为15%时,与大豆油复配更理想。

食用油加热过程中具有较强参考价值的理化指标为脂肪酸组成、酸值和过氧化值,同时还可以通过色泽、黏度、碘值、羰基值、皂化值等因素分析其应用价值^[9]。为此,本文以脂肪酸组成、酸值和过氧化值为指标,分析蒸、炒、烧三种不同方式烹饪鸡块时菜籽油-DHA藻油调和油的品质变化,以期DHA藻油调和油的开发和合理烹饪提供相关指导。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 原料与试剂

DHA藻油[豆蔻酸5.14%、棕榈酸15.25%、油酸12.53%、二十碳五烯酸(DPA)17.85%、DHA40.09%],美国DSM营养产品公司;菜籽油(棕榈

酸4.05%、硬脂酸1.80%、油酸62.81%、亚油酸19.47%、 α -亚麻酸7.95%),中粮东海粮油工业(张家港)有限公司;鸡胸肉,购自无锡市滨湖区欧尚超市。

40种脂肪酸甲酯混合标准品, Sigma公司;二十二碳六烯酸甲酯标准品溶液(DHA 9.99 mg/mL), Supelco公司;正己烷、甲醇、氢氧化钾等,均为分析纯,国药集团化学试剂有限公司;氢气、氮气、氦气,纯度均为99.99%,无锡太湖气体厂。

1.1.2 仪器与设备

SZ26B5蒸锅,苏泊尔公司;Agilent 7820A气相色谱仪,美国Agilent公司;旋涡混合仪,离心机,分析天平等。

1.2 实验方法

1.2.1 调和油配制

将DHA藻油分别按照菜籽油质量的2%、3%、5%、10%和15%与菜籽油复配混匀,得到不同DHA藻油含量的调和油,依次记为调1、调2、调3、调4、调5。

1.2.2 鸡肉烹饪

参考文献[7]的方法进行鸡肉烹饪,其中鸡肉200 g,植物油25 g。蒸鸡肉:在蒸锅中加入200 mL水烧至沸腾,同时将鸡肉(1 cm厚片)和植物油混匀后置于盘中,将盘置于蒸锅中开始蒸煮计时,时长25 min。炒鸡肉:锅中加入植物油,油温达到(180±3)℃时放入鸡肉(5 cm×0.5 cm×0.5 cm),不断翻炒至熟,加热时长3 min。烧鸡肉:锅中加入植物油,油温达到(180±3)℃时放入鸡肉(2 cm×2 cm×2 cm),翻炒2 min后加入200 mL水,继续闷煮7 min。

1.2.3 菜肴中油脂的提取及检测

参考文献[7]的方法提取烹饪鸡肉中的油脂,并分别进行脂肪酸组成、酸值和过氧化值的测定。

脂肪酸组成测定:参照文献[7]的方法首先对油样进行甲酯化,再利用GC测定脂肪酸组成。GC测定条件:TR-TRACE FAME色谱柱(60 m×2.5 mm×2.5 μm);柱升温程序为60℃保持3 min,以5℃/min升温至175℃并保持15 min,再以2℃/min

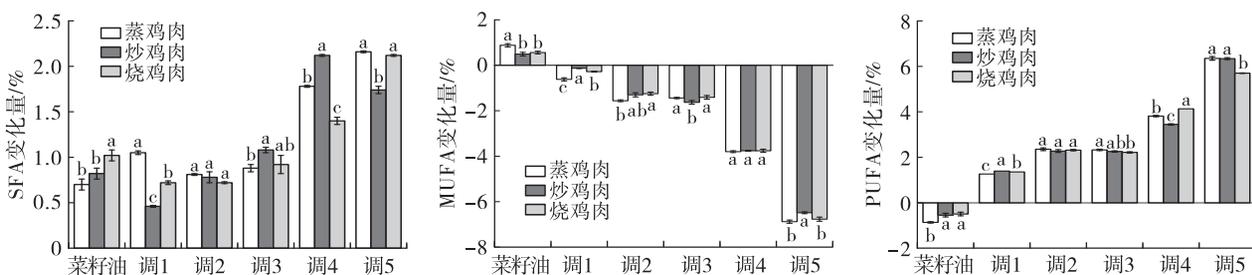
升温至 220 ℃ 并保持 10 min; 进样口和检测器的温度均为 220 ℃。以标准品的保留时间定性, DHA 采用外标法定量, 其余脂肪酸采用峰面积归一化法定量。

酸值测定: 按 GB 5009. 229—2016 测定。

过氧化值测定: 按 GB/T 5009. 37—2003 测定。

1.2.4 数据处理

每个样品进行三次平行实验, 取其平均值作为测定结果^[10]。采用 Excel 2016 对实验结果进行数据分析, 并用 SPSS 26.0 中单因素 ANOVA 分析方法



注: 不同字母表示不同烹饪方式间有显著性差异 ($p < 0.05$)。下同

图 1 不同油样烹饪鸡肉后 SFA、MUFA、PUFA 的变化量

由图 1 可知, 蒸、炒、烧鸡肉三种烹饪方式均使 SFA 含量增加, 且随着 DHA 藻油含量的增加, SFA 的增加量总体呈上升趋势。高温烹饪下, 性质稳定的 SFA 不易发生反应, 不饱和脂肪酸 (UFA) 则较易发生氧化等反应, 尤其是高不饱和度的 DHA, 极易被氧化生成氢过氧化物^[11], 进而形成自由基, 激发 UFA 发生氧化反应^[12], 推测随着 DHA 藻油含量的增加, 调和油中 UFA 的氧化反应加强^[13], 从而导致油样中 UFA 含量减少, SFA 的相对含量增加, 这也是 DHA 藻油比例较高的 10% 和 15% 两种调和油 (调 4、调 5) 中 SFA 增加效应显著高于 DHA 藻油比例较低调和油的重要原因。对于不同的烹饪方式, 蒸的温度比烧和炒的低, 而炒制过程中加热更为迅速。在温度、烹饪时间、氧气接触量、水分含量等因素的共同影响下, 油样在不同烹饪方式下会产生不同的变化。相对于其他两种烹饪方式菜籽油烧鸡肉后 SFA 增加量显著增加, 推测烧鸡肉时由于温度较高 (与蒸鸡肉比) 并且时间较长 (与炒鸡肉比), 鸡肉中纤维状结构受热收缩并受到压力而破碎, 提油时 SFA 大量溢出所致^[14]。DHA 藻油比例为 2% (调 1) 和 10% (调 4) 时, 三种烹饪方式之间 SFA 增加量均存在显著性差异; DHA 藻油比例为 3% (调 2) 时, 三种烹饪方式之间 SFA 增加量不存在显著性差异; DHA 藻油比例为 5% (调 3) 时, 蒸鸡肉和炒鸡肉中 SFA 增加量存在显著性差异; DHA 藻油比例为 15% (调 5) 时, 烧鸡肉和蒸鸡肉中 SFA 增加量不存在显

进行显著性差异分析, 显著性水平设定为 $p < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 烹饪后调和油的脂肪酸组成

2.1.1 饱和脂肪酸 (SFA)、单不饱和脂肪酸 (MUFA) 和多不饱和脂肪酸 (PUFA) 含量变化

将菜籽油、菜籽油 - DHA 藻油调和油按三种不同方式分别烹饪鸡肉, 提油后测定其 SFA、MUFA 和 PUFA 含量, 并将所测脂肪酸含量与烹饪前进行比较, 以两者差值为评价指标, 探讨比较各油样在烹饪过程中的脂肪酸变化情况, 结果见图 1。

著性差异, 而炒鸡肉中 SFA 增加量则显著低于这两种烹饪方式的。

由图 1 可知, 三种烹饪方式均使调和油中 MUFA 含量下降, 且 DHA 藻油比例越高, MUFA 含量下降越多。说明在高温条件下, 随着 DHA 藻油比例的增加, 其引发链式氧化反应的能力增强, 使 MUFA 因氧化和分解等作用导致其含量降低的速度加快。DHA 的这一引发氧化作用也可以由纯菜籽油中 MUFA 含量烹饪后不降反升所佐证。就不同烹饪方式而言, 当 DHA 藻油比例较低 (调 1) 时, 三种烹饪方式间 MUFA 增加量均存在显著性差异; DHA 藻油比例为 10% (调 4) 时, 三种烹饪方式间 MUFA 增加量无显著性差异; DHA 藻油比例为 3% (调 2) 时, 蒸和烧鸡肉中 MUFA 增加量存在显著性差异; DHA 藻油比例为 5% 和 15% (调 3 和调 5) 时, 烧和蒸鸡肉的 MUFA 增加量不存在显著性差异, 而炒鸡肉中 MUFA 增加量则与这两种烹饪方式存在显著性差异。

由图 1 可知, 三种烹饪方式均使调和油中 PUFA 含量增加, 且总体上 DHA 藻油含量越高, PUFA 含量增加越多, 结合 MUFA 含量变化数据, 推测体系中的 DHA 可能仅仅起到了引发链式反应的作用, DHA 含量越高, 生成自由基越多, 导致调和油的脂肪酸氧化越快。MUFA 作为含量最多的一类脂肪酸, 因其底物浓度较大而产生了更多的氧化减少效应; 而 PUFA 因其在油脂中的总量较少, 底物浓度

远小于 MUFA,其发生氧化作用的反应量相对较少,表现出的氧化减少效应远弱于 MUFA。即油样中 PUFA 的减少远小于 MUFA 的,从而使得油样中 PUFA 的相对含量随着 DHA 藻油调和比例的增加而增加。有研究证实,PUFA 的浓度会影响其高温热氧化,当 PUFA 含量较低、MUFA 含量较高时,PUFA 不易发生氧化,因为少量的 PUFA 主要参与组成膜状结构,并非参与氧化反应^[15]。就不同烹饪方式对 PUFA 相对含量变化的影响而言,DHA 藻油比

例为 2% (调 1) 和 10% (调 4) 时,三种烹饪方式间存在显著性差异,菜籽油、DHA 藻油比例为 5% (调 3) 和 15% (调 5) 时,蒸鸡肉和烧鸡肉的 PUFA 变化量存在显著性差异,当 DHA 藻油比例为 3% 时(调 2),不同烹饪方式之间无显著性差异。

2.1.2 油酸、亚油酸、亚麻酸含量变化

为进一步分析具体脂肪酸的变化情况,详细比较了三种主要不饱和脂肪酸油酸、亚油酸、亚麻酸在烹饪前后其含量的变化情况,结果见图 2。

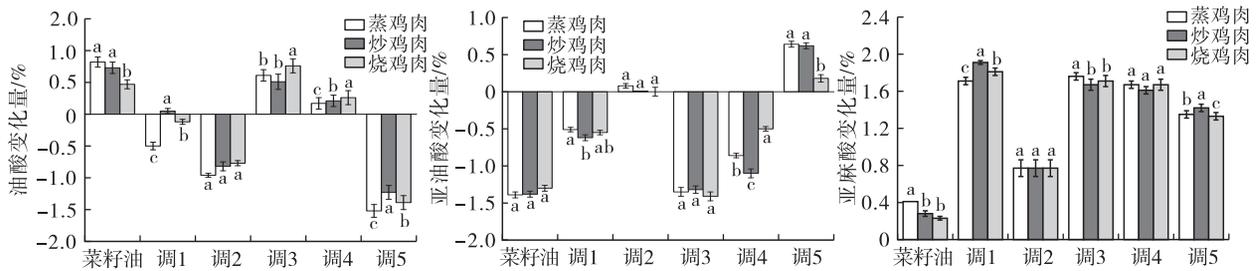


图 2 不同油样烹饪鸡肉后油酸、亚油酸和亚麻酸变化量

由图 2 可知:随着 DHA 藻油比例的增加,三种烹饪方式油酸含量总体呈现先减少后增加再减少的变化趋势(除调 1 中炒鸡肉油酸稍有增加外);菜籽油中缺少 DHA 引发氧化反应(由 MUFA 变化趋势图可知),而亚油酸的氧化速率比油酸快得多^[16],故三种烹饪方式使菜籽油中油酸含量增加、亚油酸含量减少;DHA 藻油比例为 2% (调 1)、3% (调 2) 时,自动氧化反应被引发,油酸参与氧化反应导致三种烹饪方式下其含量降低(除调 1 炒鸡肉油酸稍有增加外)。亚油酸的减少量降低(与纯菜籽油比),原因可能是 MUFA 的氧化反应保护了亚油酸,使亚油酸参与氧化反应的量减少所致。在 DHA 藻油比例为 5% (调 3)、10% (调 4) 时,DHA 氧化产生大量自由基,由于 MUFA 含量降低(见图 1)使其对 PUFA 保护作用减弱,亚油酸大量参与氧化反应,亚油酸含量下降使油酸相对含量升高,结合 2.1.1 的数据,可进一步推测调和油中除油酸外的其他 MUFA 在该调和比例下发生了更多的氧化反应,使得 MUFA 整体依然表现为减少,油酸相对含量的增加同时也得益于其他 MUFA 的减少。DHA 藻油比例为 15% (调 5) 时,DHA 损失进一步增多^[3],可能引发以油酸为主的氧化,使油酸在三种烹饪方式下含量降低。分析烹饪方式对油酸变化量的影响可知,在 DHA 藻油比例为 2% (调 1)、10% (调 4) 和 15% (调 5) 时,三种烹饪方式间存在显著性差异,而 DHA 藻油比例为 3% (调 2) 时,三种烹饪方式间不存在显著性差异,DHA 藻油比例为 5% (调 3) 时,三种烹饪方式间只有两种烹饪方式存在显著性差异。

由图 2 可知,与烹饪前相比,除 DHA 藻油比例为 3% (调 2) 和 15% (调 5) 的调和油外,亚油酸含量均降低。在 DHA 藻油比例为 3% 时,亚油酸含量增加较少,而在 DHA 藻油比例为 15% 时则增加较多,这可能是因为 DHA 比例很高的情况下更容易引发链式反应,MUFA 氧化增加,PUFA 在 MUFA 的保护下参加氧化反应较少(见图 1)所致。DHA 藻油比例为 5% (调 3)、10% (调 4) 时,由 PUFA、油酸和亚油酸的变化可知,此条件下 DHA 的链式反应引发作用主要促进油酸之外的其他 MUFA 和亚油酸发生氧化反应。在 DHA 藻油比例为 15% (调 5) 时,由于油酸氧化,亚油酸含量升高。分析烹饪方式对亚油酸变化量的影响可知,在 DHA 藻油比例较低时,三种烹饪方式对亚油酸含量影响较小,而当 DHA 藻油比例为 10%、15% (调 4、调 5) 时,三种烹饪方式对亚油酸含量影响较大。

由图 2 可知,亚麻酸含量在烹饪后均上升。这可能是因为 MUFA 和亚油酸参与氧化反应,含量极低的亚麻酸被保护,而其他脂肪酸大量反应,因而亚麻酸变化量增加^[15]。推测烹饪期间亚麻酸在 DHA 参与的氧化过程中仅仅起到引发链式反应作用,并未发生大量的链传播,这一点从菜籽油烹饪后其亚麻酸变化量不大可以推测印证。分析不同烹饪方式对亚麻酸变化量的影响可知,在 DHA 藻油比例为 2% (调 1) 和 15% (调 5) 时,三种烹饪方式间存在显著性差异,在 DHA 藻油比例为 5% (调 3) 时,只有两种烹饪方式间存在显著性差异,在 DHA 藻油比例为 3% (调 2) 和 10% (调 4) 时,三种烹饪方式间不

存在显著性差异。

2.2 烹饪后调和油的酸值

将菜籽油、菜籽油-DHA藻油调和油按三种不同方式分别烹饪鸡肉,提油后测定其酸值,并将所测酸值与烹饪前进行比较,以两者差值为评价指标,探讨比较各油样烹饪鸡肉后酸值的变化情况,结果见图3。

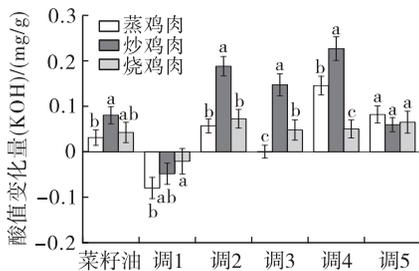


图3 不同油样烹饪鸡肉后酸值变化量

由图3可知,仅当DHA藻油比例为2%(调1)时,酸值变化呈现负值,即酸值下降,其余油样的酸值变化均为正值,即在烹饪后酸值均呈增加趋势。这是因为油脂在烹饪时会发生水解反应生成游离脂肪酸,使酸值上升;而另一方面,游离脂肪酸在高温下发生氧化反应,再加上高温下挥发,使酸值减小^[17]。当游离脂肪酸生成量小于氧化和挥发量时,酸值会降低,反之,酸值会升高。就烹饪方式、DHA添加比例对酸值的影响而言,烹饪方式的影响更大,但各油样的酸值(KOH)仍处于食用植物油国家标准限量值3 mg/g以内。

2.3 烹饪后调和油的过氧化值

将菜籽油、菜籽油-DHA藻油调和油按三种不同方式分别烹饪鸡肉,提油后测定其过氧化值,并将所测过氧化值与烹饪前进行比较,以两者差值为评价指标,探讨比较各油样烹饪鸡肉后过氧化值的变化情况,结果见图4。

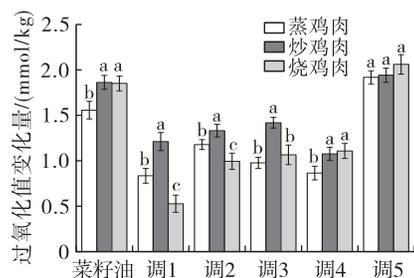


图4 不同油样烹饪鸡肉后过氧化值变化量

油脂氧化首先生成一级氧化产物氢过氧化物,氢过氧化物会分解生成醛、酮等二级氧化产物,过氧化值取决于一级氧化产物生成和分解的速率。由图4可知,烹饪鸡肉后各油样的过氧化值均大幅度升高,这是因为在三种烹饪方式下脂肪酸的氧化速率

高于过氧化物的分解速率,故过氧化值升高。本研究中,DHA添加比例和烹饪方式对过氧化值均有影响。DHA藻油比例为2%(调1)、3%(调2)、5%(调3)和10%(调4)时过氧化值增加较少,而DHA藻油比例为15%(调5)时过氧化值变化量明显高于上述四种调和油。结合图3可知,当DHA藻油比例很低(调1)时,水解和氧化反应均相对更弱,当DHA藻油比例较低(调2、调3、调4)时水解反应更明显,水解所得游离脂肪酸的增加,加剧了油脂的氧化,所以当DHA藻油比例大幅增加(调5)时,氧化反应明显增强,此时DHA在高温下引发自动氧化,产生较多的氢过氧化物等有害物质^[11]。分析烹饪方式对过氧化值变化量的影响可知在DHA添加比例为10%(调4)及以下(菜籽油、调1、调2、调3)时,炒鸡肉的过氧化值增加量显著高于蒸鸡肉的,推测可能是炒制中温度迅速升高,油脂发生聚合和缩合反应,产生大量自由基,加速了氧化^[18]。在DHA藻油比例为15%(调5)时,三种烹饪方式间过氧化值变化量无明显差异。经不同方式烹饪后油样的过氧化值仍处于食用植物油国家标准限量值0.25 g/100 g(9.85 mmol/kg)以内。

3 结论

采用三种烹饪(蒸、炒、烧)方式,以菜籽油-DHA藻油调和油烹饪鸡肉后,其MUFA含量下降,SFA和PUFA含量上升,酸值(KOH)及过氧化值均处于食用植物油国家标准限量值3 mg/g和0.25 g/100 g(9.85 mmol/kg)以内,其中,蒸鸡肉和烧鸡肉酸值增加不大,DHA藻油比例为3%、5%、10%的调和油在炒鸡肉后酸值增加较高,而三种烹饪方式在DHA藻油比例为2%、3%、5%和10%时过氧化值增加不大。根据实验结果,建议蒸鸡肉或烧鸡肉采用DHA藻油比例为2%、3%、5%的调和油,炒鸡肉则不宜采用DHA藻油调和油。

参考文献:

- [1] DYALL S C. Long-chain ω -3 fatty acids and the brain: a review of the independent and shared effects of EPA, DPA and DHA [J/OL]. *Front Aging Neurosci*, 2015, 7: 52[2022-11-01]. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2015.00052>.
- [2] MOHAIBES R J, FIOL-DE ROQUE M A, TORRES M, et al. The hydroxylated form of docosahexaenoic acid (DHA-H) modifies the brain lipid composition in a model of Alzheimer's disease, improving behavioral motor function and survival [J]. *BBA - Biomembranes*, 2017, 1859(9): 1596-1603.
- [3] 孙雪梅. 基于烹饪及储存稳定性评价的DHA藻油调和

- 油配方研究[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2016.
- [4] 曹维, 尹佳, 陈明镨, 等. DHA藻油与植物食用油调配及其生理活性研究(I) DHA藻油与植物食用油的研制[J]. 中国粮油学报, 2017, 32(6): 107-112.
- [5] KAVUNCUOGLU H, DURSUN CAPAR T, KARAMAN S, et al. Oxidative stability of extra virgin olive oil blended with sesame seed oil during storage: an optimization study based on combined design methodology[J]. J Food Meas Charact, 2017, 11(1): 173-183.
- [6] NADEEM M, IMRAN M, IQBAL Z, et al. Enhancement of the oxidative stability of butter oil by blending with mango (*Mangifera indica* L.) kernel oil in ambient and accelerated oxidation[J/OL]. J Food Process Pres, 2017, 41(3): e12957 [2022-11-01]. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12957>.
- [7] HUANG J, ZHAO Z, SHAOL, et al. Steaming, boiling after pre-frying, and stir-frying influence the fatty acid profiles and oxidative stability of soybean oil blended with docosahexaenoic acid algal oil [J]. J Am Oil Chem Soc, 2021, 98: 747-756.
- [8] 孙雪梅, 白长军, 王小三, 等. DHA藻油调和油用于炒土豆丝的品质评价[J]. 中国油脂, 2016, 41(6): 39-44.
- [9] 李铁纯, 侯冬岩, 回瑞华, 等. 食用油加热过程中稳定性变化的研究[J]. 鞍山师范学院学报, 2020, 22(2): 39-41.
- [10] 许晓栋, 吴鹏飞, 周茂鑫, 等. 基于不同存储条件的高油酸花生油过氧化值变化规律研究[J/OL]. 中国油脂: 1-12 [2023-03-10]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1099.ts.20220915.1748.010.html>.
- [11] AHONEN E, DAMERAU A, SUOMELA JP, et al. Oxidative stability, oxidation pattern and α -tocopherol response of docosahexaenoic acid (DHA, 22:6n-3)-containing triacylglycerols and ethyl esters[J/OL]. Food Chem, 2022, 387: 13288 [2022-11-01]. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132882>.
- [12] NAIN C W, BERDAL G, THAO P T P, et al. Green tea extract enhances the oxidative stability of DHA-rich oil [J/OL]. Antioxidants - Basel, 2021, 10(6): 982 [2022-11-01]. <https://doi.org/10.3390/antiox10060982>.
- [13] 熊倩, 杜玥, 李可瑶, 等. 中式烹饪方式和食品原料对烹饪过后的亚麻籽油品质的影响[J/OL]. 中国油脂: 1-11 [2023-03-10]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1099.TS.20220511.1653.00.html>.
- [14] 刘登勇, 谭阳, 盖圣美, 等. 猪五花肉红烧过程中脂肪和脂肪酸的变化规律[J]. 食品科学, 2015, 36(23): 28-32.
- [15] SALCEDO-SANDOVAL L, COFRADES S, RUIZ-CAPILLAS C, et al. Effect of cooking method on the fatty acid content of reduced-fat and PUFA-enriched pork patties formulated with a konjac-based oil bulking system [J]. Meat Sci, 2014, 98(4): 795-803.
- [16] CHOTIMARKORN C, SILALAI N. Addition of rice bran oil to soybean oil during frying increases the oxidative stability of the fried dough from rice flour during storage [J]. Food Res Int, 2008, 41(3): 308-317.
- [17] 刘素君, 任炳旭, 杨会军, 等. 4种食用油煎炒过程中品质变化研究[J]. 中国油脂, 2018, 43(10): 26-31.
- [18] 王俊丁. 浅谈食用植物油氧化变质及食品加工中的控制[J]. 现代食品, 2020(23): 52-54.
-
- (上接第126页)
- [8] AKKAYA M R. Prediction of fatty acid composition of sunflower seeds by near-infrared reflectance spectroscopy [J]. J Food Sci Technol, 2018, 55(6): 2318-2325.
- [9] 张良波, 刘汝宽, 廖博爱, 等. 蓖麻籽含油率测定的近红外模型[J]. 农学学报, 2014, 4(7): 78-81.
- [10] 刘汝宽, 肖志红, 姜莎, 等. 近红外光谱法无损测定光皮树果实内含物含量[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(9): 120-123.
- [11] 马文强, 张漫, 李源, 等. 核桃仁脂肪含量的近红外光谱无损检测[J]. 农业机械学报, 2019, 50(S1): 374-379.
- [12] PENG D, LIU Y L, YANG J S, et al. Nondestructive detection of moisture content in walnut kernel by near-infrared diffuse reflectance spectroscopy [J/OL]. J Spectroscop, 2021, 2021: 9986940 [2022-06-29]. <https://doi.org/10.1155/2021/9986940>.
- [13] 仇逊超. 红松仁脂肪的近红外光谱定量检测[J]. 江苏农业学报, 2018, 34(3): 692-698.
- [14] 仇逊超, 张麟. 红松籽中脂肪的近红外光谱快速检测研究[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(3): 159-163.
- [15] FEARN T. Assessing calibration: SEP, RPD, RER and R^2 [J]. NIR News, 2002, 13: 12-14.