

干法分提鸡油的贮藏稳定性

李 鹏¹, 孙京新^{1,*}, 王宝维¹, 李 静¹, 许梦珊¹, 黄 明², 王述柏¹, 左常熙³, 金 钧⁴,
秦燕兰¹, 周兴虎², 李国余⁵

(1.青岛农业大学食品科学与工程学院, 山东 青岛 266109; 2.南京黄教授食品科技有限公司, 江苏 南京 210095;
3.青岛三统万福食品科技股份有限公司, 山东 青岛 266700; 4.山东新和盛农牧集团有限公司, 山东 潍坊 261200;
5.江苏中和食品有限公司, 江苏 淮安 211700)

摘 要: 采用干法分提工艺将原料鸡油进行分离, 并在模拟快速氧化 (60 °C) 条件下测定原料鸡油、液态鸡油和固态鸡油的色差、熔点、过氧化值和丙二醛含量的变化趋势。结果表明: 液态鸡油的平均提取率为67.7%, 色泽浅暗, 亮度最低; 熔点由低到高为液态鸡油<原料鸡油<固态鸡油; 模拟快速氧化能够使鸡油亮度值降低, 过氧化值和丙二醛含量显著增加; 相同贮藏时间内液态鸡油的过氧化值增幅最大, 固态鸡油增加最慢; 而液态鸡油的丙二醛含量变化相对较小, 固态鸡油增幅最大。经过干法分提得到的鸡油产品能够更好地满足不同产品的加工需求。

关键词: 鸡油; 干法分提; 热稳定性; 过氧化值; 丙二醛

Storage Stability of Chicken Fat Obtained by Dry Fractionation

LI Peng¹, SUN Jingxin^{1,*}, WANG Baowei¹, LI Jing¹, XU Mengshan¹, HUANG Ming², WANG Shubai¹, ZUO Changxi³, JIN Jun⁴,
QIN Yanlan¹, ZHOU Xinghu², LI Guoyu⁵

(1.College of Food Science and Engineering, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China; 2.Nanjing Huangjiaoshou Food Science and Technology Co. Ltd., Nanjing 210095, China; 3.Qingdao STW Food Science and Technology Co. Ltd., Qingdao 266700, China; 4.Shandong Seahisun Agriculture and Husbandry Group Co. Ltd., Weifang 261200, China; 5.Jiangsu Zhonghe Food Co. Ltd., Huai'an 211700, China)

Abstract: In this paper, the separation of raw chicken fat was studied by dry fractionation. The changing pattern of color difference, melting point, peroxide value (POV) and malondialdehyde (MDA) content of raw chicken fat, liquid chicken fat and solid chicken fat was measured under simulated fast oxidation (60 °C). The results showed that the average extraction efficiency of liquid chicken fat was 67.7%, which showed the lowest lightness value (L^*). Simulated fast oxidation decreased L^* and markedly POV and MDA content of chicken fat. Liquid chicken fat showed the highest increase in POV after the same storage time, while solid chicken fat had the lowest increase in POV. In addition, MDA content of liquid chicken fat was little changed whereas the highest increase in MDA content was observed for solid chicken fat. To sum up, chicken fat obtained by dry fractionation can meet the demands for the development and utilization of chicken fat products.

Keywords: chicken fat; dry fractionation; heat stability; peroxide value; malondialdehyde

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201807010

中图分类号: TS225.2

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2018) 07-0054-05

引文格式:

李鹏, 孙京新, 王宝维, 等. 干法分提鸡油的贮藏稳定性[J]. 肉类研究, 2018, 32(7): 54-58. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201807010. <http://www.rlyj.pub>

LI Peng, SUN Jingxin, WANG Baowei, et al. Storage stability of chicken fat obtained by dry fractionation[J]. Meat Research, 2018, 32(7): 54-58. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201807010. <http://www.rlyj.pub>

与植物油脂相比, 动物油脂具有一种特殊的香味, 为消费者所喜爱, 被广泛应用于餐饮、烘焙、肉制品、

调味等行业^[1]。与家畜等动物油脂相比, 家禽类油脂不但具有特有的风味, 而且富含人体所必需的不饱和脂肪酸

收稿日期: 2018-03-12

基金项目: 山东省现代农业产业技术体系家禽创新团队项目 (SDAIT-11-11); 山东省农业重大应用技术创新项目 (6681301);

江苏省“双创计划”项目 (双创博士类) (苏人才办[2015]26号); 江苏省苏北科技专项 (富民强县) 项目 (BN2016083)

第一作者简介: 李鹏 (1980—), 男, 讲师, 博士, 研究方向为畜禽产品加工与质量控制。E-mail: lipengqd@126.com

*通信作者简介: 孙京新 (1970—), 男, 教授, 博士, 研究方向为畜禽产品加工与质量控制。E-mail: jxsun20000@163.com



和营养因子^[2],其中鸡油中富含的多不饱和脂肪酸远高于其他动物油脂^[3]。不饱和脂肪酸成分具有促进新陈代谢、降低血中胆固醇和甘油三酯水平、降低血液黏稠度、改善微循环等功能^[4],近年来引起了国内外研究者的广泛关注。我国是世界第二大肉鸡生产国,肉鸡产业的迅猛发展带来了大量鸡肉加工的副产物,如脂肪、骨骼、血液及羽毛等,为鸡油生产提供了丰富的原料来源^[5-6]。鸡油是鸡体内全部油脂类物质的总称,主要提取部位有鸡板油、鸡皮、鸡骨、鸡肉及鸡内脏等。鸡油具有重要的食用价值和保健功能,因此近年来关于鸡油的制备工艺及鸡油相关产品的开发越来越受到重视。

目前,对鸡油的加工研究主要集中在不同熬制方式和抗氧化剂对油脂品质的影响上^[7-9]。最常用的熬制方式主要包括湿法熬制和干法熬制2种,其原理是通过加热脂肪组织,使脂肪细胞破裂,油脂溢出^[10]。随着食品工业的发展,干法熬制和湿法熬制的工艺技术改善均有较大进展,但2种熬制工艺仍均有一定的优缺点。湿法熬制工艺技术比较先进,得到的产品质量较好,但设备投资较大,耗时较长,一般应用于大型动物油脂厂,不太适用于小型加工厂;而干法熬制工艺技术比较简单,设备简单,耗时也较短,比较适用于中小型加工厂,但对油脂质量影响比较大,需要严格控制^[8-11]。经过熬制得到的普通原料鸡油容易发生氧化,出现产生异味、酸价升高、颜色变深等问题,从而降低鸡油及含鸡油食品的商品和食用价值^[12-13]。此外,原料鸡油熔点较高,这也限制了其实际应用。为满足不同食品加工对鸡油的要求,对鸡油进行合理的改性,可以得到具有不同熔点等特性的鸡油产品。其中,干法分提技术是目前鸡油改性中常用的一种依据油脂形成晶体能力分离的纯物理工艺,不仅能够得到熔点较高的固态鸡油和熔点较低的液态鸡油,而且生产工艺经济环保^[4,14-15]。

本研究采用干法分提工艺对原料鸡油进行分离,通过测定模拟快速氧化和高温加热条件下原料鸡油、液态鸡油和固态鸡油的色差、熔点、过氧化值和丙二醛含量指标,分析3种不同状态鸡油的热稳定性变化规律,为开发高附加值鸡油产品及其应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

原料鸡油 泗水县泉乡农舍农业发展有限公司;食用油酸价速测盒、食用油过氧化值速测盒 北京智云达科技有限公司;丙二醛测试盒 南京建成生物工程研究所。

1.2 仪器与设备

HH-4数显恒温水浴锅 常州澳华仪器有限公司;
DHP-9052电热恒温培养箱 上海一恒科学仪器有限公司;

TDL-60C低速台式离心机 上海安亭科学仪器厂;
Minolta CR-400色差仪 日本Konica控股株式会社;
UV-2000分光光度计 尤尼柯(上海)仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 鸡油的干法分提

参考魏超昆等^[6]的方法,并稍作改进。称取100 g的原料鸡油装入250 mL烧杯中,水浴加热至80 ℃,保持30 min,之后置于60 ℃水浴中保持15 min;将处理好的油样以2 ℃/min的冷却速率降温至20 ℃以形成晶核,并保持10 h使晶体成熟;最后在3 500 r/min条件下离心20 min,分提出液态鸡油和固态鸡油。

1.3.2 鸡油提取率的计算

分别称取分提前后原料鸡油、液态鸡油和固态鸡油的质量,按照公式(1)~(2)计算鸡油提取率。

$$\text{液态鸡油提取率}/\% = \frac{m_1}{m_0} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{固态鸡油提取率}/\% = 100\% - \text{液态鸡油提取率} \quad (2)$$

式中: m_0 为分提前原料鸡油质量/g; m_1 为分提后液态鸡油质量/g。

1.3.3 鸡油的熔点测定

参考张东明等^[16]的方法,采用毛细管上升法测定。样品均重复测定3次,每次3个平行。

1.3.4 模拟快速氧化

参考张虹^[17]、郑良清^[18]等的方法,并稍作修改。为模拟油脂贮藏过程中的氧化,将不同状态的鸡油放置在60 ℃恒温培养箱中,每隔2 h取样测定相关指标。

1.3.5 鸡油的色差测定

将待测鸡油装入贴有标签的无色密封袋中,平放在色差仪镜头前,校正后分别测得原料鸡油、液态鸡油和固态鸡油的亮度值(L^*)、红度值(a^*)和黄度值(b^*)。样品均重复测定3次,每次3个平行。

1.3.6 鸡油的过氧化值测定

按照食用油过氧化值速测盒提供的说明书进行操作,与色阶卡比对。

1.3.7 鸡油的丙二醛含量测定

按照丙二醛测试盒提供的说明书进行操作,用蒸馏水调零,取上清液置于分光光度计的玻璃比色皿中,于532 nm波长处测其吸光度。

1.4 数据处理

采用SPSS 19.0软件对数据进行方差分析,并用多重比较分析法对数据进行比较。每个实验最少3次平行,结果均表示为平均值±标准差。

2 结果与分析

2.1 不同状态鸡油的提取率

表1 液态鸡油和固态鸡油的提取率

Table 1 Extraction efficiency of liquid chicken fat and solid chicken fat

鸡油状态	液态鸡油	固态鸡油
提取率/%	67.7±4.3 ^a	32.3±2.2 ^b

注：小写字母不同，表示差异显著（ $P<0.05$ ）。表2同。

由表1可知，原料鸡油经过干法分提后可以得到2种状态的鸡油：液态鸡油和固态鸡油，二者的提取率分别为67.7%和32.3%，液态鸡油的提取率显著高于固态鸡油（ $P<0.05$ ）。所得到的液态鸡油在室温下不凝固，澄清透明，无杂质。李红等^[8]在对原料鸡油进行干法分提的实验中得到液态鸡油和固态鸡油，得率分别为60%和40%，与本研究结果基本一致；而魏超昆等^[6]在对市售鸡油干法分提的研究中，液态鸡油和固态鸡油的得率分别为84.5%和15.5%。干法分提提取率的差异与原料鸡油组成及分提工艺等均有一定关系，在实际生产中应进一步优化工艺，以得到品质均匀稳定的鸡油产品^[19]。

2.2 不同状态鸡油的熔点

表2 不同状态鸡油的熔点

Table 2 Melting point of different states chicken fat

鸡油状态	原料鸡油	液态鸡油	固态鸡油
熔点/℃	28.70±0.03 ^b	14.95±0.01 ^c	39.65±0.01 ^a

由表2可知：原料鸡油的熔点为28.70℃，经过干法分提所得液态鸡油的熔点为14.95℃，显著低于原料鸡油（ $P<0.05$ ）；同时，所得固态鸡油的熔点为39.65℃，显著高于原料鸡油（ $P<0.05$ ），三者的熔点由低到高依次为液态鸡油<原料鸡油<固态鸡油。研究表明：油脂的熔点与其脂肪酸组成有直接关系，饱和脂肪酸含量越高熔点越高；反之，不饱和脂肪酸含量越高熔点越低^[20]。魏超昆等^[6]通过对干法分提鸡油性质进行研究发现，分提得到的固态鸡油和液态鸡油中分别含有42.15%和26.66%的总饱和脂肪酸；同时固态鸡油和液态鸡油中分别含有54.23%和69.57%的总不饱和脂肪酸，而原料鸡油的脂肪酸组成基本介于固态鸡油和液态鸡油之间，由此可见，鸡油中饱和脂肪酸含量的高低直接影响鸡油的熔点。经过分提后得到熔点较高的固态鸡油和熔点较低的液态鸡油，固态鸡油可以作为起酥油或人造奶油的基料油，但要得到符合特定加工要求的烘焙用起酥油产品可能还需对分提固态鸡油进行其他方式的改性，以满足起酥油或人造奶油的功能性质^[21]；液态鸡油可以作为低熔点动物油脂使用。总之，通过干法分提得到的鸡油产品扩大了鸡油的使用范围，提升了鸡油的利用价值和附加值。

2.3 模拟快速氧化（60℃）条件下鸡油的热稳定性

2.3.1 鸡油的色泽变化

鸡油或含鸡油的产品在贮藏和加工过程中容易发生氧化，产生异味，同时使鸡油的颜色发生变化，导致产品品质降低，因此，为提高鸡油的抗氧化性，往往向鸡油中添加适量的抗氧化剂^[22]。为模拟不同状态鸡油贮藏过程中的氧化情况，将鸡油放置在60℃恒温条件下贮藏一定时间，对不同状态鸡油的 L^* 、 a^* 和 b^* 进行测定。

表3 模拟快速氧化（60℃）条件下不同状态鸡油的 L^* 变化Table 3 Changes in L^* of chicken fat in different states at 60℃

贮藏时间/h	L^*		
	原料鸡油	液态鸡油	固态鸡油
0	40.82±0.38 ^{aB}	29.86±0.37 ^{aC}	52.81±0.23 ^{aA}
2	39.01±0.32 ^{aB}	29.18±0.44 ^{aC}	51.93±0.19 ^{bA}
4	37.85±0.29 ^{aB}	28.09±0.35 ^{bC}	48.18±0.25 ^{cA}
6	37.77±0.11 ^{aB}	28.29±0.33 ^{bC}	46.91±0.31 ^{dA}
8	37.02±0.24 ^{aB}	27.59±0.46 ^{bC}	45.27±0.56 ^{eA}

注：同列小写字母不同，表示不同贮藏时间的差异显著（ $P<0.05$ ）；同行大写字母不同，表示不同状态鸡油的差异显著（ $P<0.05$ ）。表4~5同。

表4 模拟快速氧化（60℃）条件下不同状态鸡油的 a^* 变化Table 4 Changes in a^* of chicken oil in different states at 60℃

贮藏时间/h	a^*		
	原料鸡油	液态鸡油	固态鸡油
0	-1.39±0.02 ^{aB}	-0.47±0.16 ^{aA}	-0.66±0.31 ^{aA}
2	-0.68±0.10 ^{aA}	-0.50±0.17 ^{aA}	-0.75±0.34 ^{abA}
4	-1.99±0.05 ^{aC}	-0.85±0.21 ^{aA}	-1.38±0.28 ^{bcB}
6	-1.12±0.14 ^{ba}	-0.58±0.22 ^{aA}	-1.98±0.45 ^{cB}
8	-2.88±0.22 ^{ab}	-2.04±0.44 ^{ba}	-1.94±0.36 ^{cA}

表5 模拟快速氧化（60℃）条件下不同状态鸡油的 b^* 变化Table 5 Changes in b^* of chicken fat in different states at 60℃

贮藏时间/h	b^*		
	原料鸡油	液态鸡油	固态鸡油
0	9.45±0.50 ^{bb}	1.35±0.25 ^{cC}	12.19±0.22 ^{aA}
2	9.62±0.47 ^{bb}	1.47±0.20 ^{cC}	12.45±0.37 ^{aA}
4	10.00±0.53 ^{bb}	1.64±0.49 ^{cC}	13.87±0.35 ^{ba}
6	10.01±0.55 ^{bb}	4.21±0.41 ^{bc}	15.15±0.27 ^{aA}
8	11.32±0.43 ^{ab}	6.64±0.32 ^{aC}	14.62±0.44 ^{aA}

由表3~5可知：刚分提的固态鸡油颜色较原料鸡油和液态鸡油更亮且偏黄（ $P<0.05$ ）；液态鸡油颜色较原料鸡油和固态鸡油稍暗且黄色较浅；原料鸡油较亮且有点偏绿。在模拟快速氧化过程中，随着贮藏时间的延长，鸡油的 L^* 均呈下降趋势（ $P<0.05$ ），其中，固态鸡油的降幅较大，液态鸡油和原料鸡油降幅较小；随着贮藏时间的延长，鸡油的 a^* 整体上呈下降趋势（ $P<0.05$ ），颜色逐渐偏绿；而鸡油的 b^* 随贮藏时间的延长则呈上升趋势（ $P<0.05$ ），即颜色逐渐偏黄。

可见，在模拟快速氧化过程中，鸡油产品的颜色容易发生不同程度的变化，其中固态鸡油在贮藏不同时间时的变化较大。研究表明，动物油脂在加工贮藏过程中比植物油脂更容易被氧化，产生劣变，这不仅与其脂

肪酸组成有关,也与动物油脂较植物油脂缺少天然抗氧化剂有一定关系^[23-24]。因此,在鸡油产品加工中,为了降低其因各种氧化导致的色泽劣变和其他品质的下降,除了控制原料鸡油的质量,还可以采取相应的措施,如低温、避光贮藏和添加适量的抗氧化剂等来提高其稳定性,维持较好的品质^[25]。

2.3.2 鸡油的过氧化值变化

食用油脂在存放过程中常会发生较为复杂的变化,其中最主要的变化是油脂受到光、热及空气等因素的影响分解成游离脂肪酸等产物,这种变化通常称之为酸败^[26]。过氧化物是油脂氧化酸败过程中生成的一种中间产物,过氧化物很不稳定,能继续分解生成醛、酮类及其他氧化物,不但破坏了食品的风味和营养,而且对人体健康也存在一定风险,过氧化值越高,油脂酸败越严重^[27]。

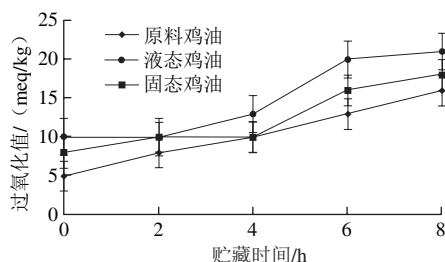


图1 模拟快速氧化(60 °C)条件下不同状态鸡油的过氧化值变化

Fig. 1 Changes in POV of chicken fat in different states at 60 °C

由图1可知:随着模拟快速氧化时间的延长,3种不同状态鸡油的过氧化值均呈现显著增加趋势($P<0.05$),其中液态鸡油的过氧化值增长幅度最大($P<0.05$),贮藏8 h时其过氧化值超过20.0 meq/kg;固态鸡油最初4 h内的过氧化值比较稳定,此后增幅较大,8 h时其过氧化值为17.0 meq/kg;原料鸡油最初的过氧化值最低,而所得液态鸡油和固态鸡油的过氧化值较高,这可能是由于在干法分提过程中由于加热的作用促进了油脂氧化,因此鸡油产品不易贮藏于较高的温度条件下,较低的贮藏温度可以延缓鸡油的氧化^[28]。

2.3.3 鸡油的丙二醛含量变化

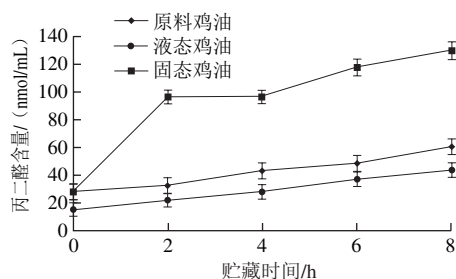


图2 模拟快速氧化(60 °C)条件下不同状态鸡油的丙二醛含量变化

Fig. 2 Changes in MDA content of chicken fat in different states at 60 °C

由图2可知:在60 °C模拟快速氧化条件下,随着贮藏时间的延长,3种不同状态鸡油中丙二醛的含量均呈上升趋势($P<0.05$);贮藏时间相同时,固态鸡油的丙二醛含量最高,原料鸡油次之,液态鸡油含量最低。丙二醛是动物油和植物油自身的不饱和脂肪酸过氧化后的标志性产物,油脂氧化后生成的丙二醛对食品风味和口感会产生不良影响,其还能与食品或生物体内的蛋白质反应生成席夫碱,对人体有害^[29]。一般新鲜油脂中丙二醛含量很低,随着时间推移或其他因素的影响,会导致丙二醛含量升高;油脂中丙二醛含量的增加容易导致油脂的裂变,从而影响其食用价值^[30],因此在鸡油生产和贮藏过程中应该对丙二醛的含量加以控制,降低其增加速率,特别是控制固态鸡油中丙二醛含量的增加,以维持鸡油及添加鸡油产品的品质。

3 结论

本研究通过对原料鸡油进行干法分提可以得到67.7%的液态鸡油和32.3%的固态鸡油2种鸡油产品,其中原料鸡油、液态鸡油和固态鸡油的熔点分别为28.70、14.95、39.65 °C。在60 °C模拟快速氧化过程中,液态鸡油的过氧化值变化幅度最大,固态鸡油增加最缓慢;而液态鸡油的丙二醛含量变化相对较小,固态鸡油增加幅度最大。经干法分提能够得到熔点不同、品质更加稳定的液态鸡油和固态鸡油,这些特性能够更好地满足不同的加工需求,拓宽鸡油的使用范围。但目前鸡油的精制及深加工等方面的研究还比较少,对鸡油分提工艺、品质改善、热稳定性及食用安全的保证等方面还有待进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 张佰帅, 王宝维. 动物油脂提取及加工技术研究进展[J]. 中国油脂, 2010, 35(12): 8-11.
- [2] FARMANI J, ROSTAMMIRI L. Characterization of chicken waste fat for application in food technology[J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2015, 9(2): 143-150. DOI:10.1007/s11694-014-9219-y.
- [3] 宋贤良, 成亚斌, 黄凯信, 等. 精炼盐焗鸡卤汁分离鸡油的基本特性[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(6): 155-158. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.201506029.
- [4] 张永刚, 印遇龙, 黄瑞林, 等. 多不饱和脂肪酸的营养作用及其基因表达调控[J]. 中国饲料, 2006, 27(13): 273-277. DOI:10.3969/j.issn.1004-3314.2006.13.006.
- [5] 文杰. 我国肉鸡产业现状与鸡肉安全[J]. 北方牧业, 2013(8): 13.
- [6] 魏超昆, 刘关瑞, 房想, 等. 鸡油干法分提固脂结晶行为表征[J]. 中国油脂, 2016, 41(12): 60-64.
- [7] 马娜, 朱胜华, 胡春梅, 等. VE复合抗氧化剂在鸡油中的抗氧化性能研究[J]. 中国粮油学报, 2012, 27(8): 48-51. DOI:10.3969/j.issn.1003-0174.2012.08.011.

- [8] 李红, 毕艳英. 鸡油的制取与精制[J]. 中国油脂, 2009, 34(10): 18-20. DOI:10.3321/j.issn:1003-7969.2009.10.006.
- [9] 殷比, 芮汉明, 张立彦. 微波熬炼制取鸡油的条件研究[J]. 现代食品科技, 2010, 26(11): 1223-1228. DOI:10.3969/j.issn.1673-9078.2010.11.015.
- [10] 李向阳, 赵飞, 孙思远, 等. 鸡油的化学成分及制备工艺研究[J]. 粮油食品科技, 2017, 25(3): 44-47. DOI:10.3969/j.issn.1007-7561.2017.03.009.
- [11] 王俊青. 调香鸡油的制作方法: 中国, CN 103431076 B[P]. 2014.
- [12] SHEU K S, CHEN T C. Yield and quality characteristics of edible broiler skin fat as obtained from five rendering methods[J]. Journal of Food Engineering, 2002, 55(3): 263-269. DOI:10.1016/S0260-8774(02)00100-0.
- [13] 陈杭君, 毛金林, 陈文煊, 等. 富含油脂食品的抗氧化研究现状[J]. 湛江农业科学, 2006(3): 335-337. DOI:10.3969/j.issn.0528-9017.2006.03.038.
- [14] ARNAUD E, COLLIGNAN A. Chicken fat dry fractionation: effects of temperature and time on crystallization, filtration and fraction properties[J]. European Journal of Lipid Science and Technology, 2010, 110(3): 239-244. DOI:10.1002/ejlt.200800174.
- [15] FARMANI J, ROSHANI S, GHABOOS H H. Physicochemical properties of chicken fat as affected by rendering condition[J]. Advances in Food Sciences, 2016, 38(1): 35-43. DOI:10.1186/s12919-018-0097-x.
- [16] 张东明, 马美湖. 干法分提制备液化猪油工艺[J]. 食品科学, 2012, 33(14): 78-84.
- [17] 张虹. 大豆油回味产生机理的研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2013.
- [18] 郑良清, 罗诗棋, 张荣, 等. 长时间高温加热对食用植物油脂肪酸价的影响[J]. 广东化工, 2016, 43(15): 31-32. DOI:10.3969/j.issn.1007-1865.2016.15.014.
- [19] DALZIEL C J, KLIEM K E, GIVENS D I. Fat and fatty acid composition of cooked meat from UK retail chickens labelled as from organic and non-organic production systems[J]. Food Chemistry, 2015, 179: 103-108. DOI:10.1016/j.foodchem.2015.01.118.
- [20] SONG J, KIM M J, KIM Y J, et al. Monitoring changes in acid value, total polar material, and antioxidant capacity of oils used for frying chicken[J]. Food Chemistry, 2017, 220: 306-312. DOI:10.1016/j.foodchem.2016.09.174.
- [21] ZHANG Q, SALEH A S, 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. DOI:10.1016/j.chemphyslip.2012.07.002.
- [22] 李杰, 赵声兰, 陈朝银. 食用油天然抗氧化剂的研究与开发[J]. 食品工业科技, 2015, 36(2): 373-378. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2015.02.073.
- [23] ALI M A, ISLAM M A, OTHMAN N H, et al. Effect of heating on oxidation stability and fatty acid composition of microwave roasted ground nut seed oil[J]. Journal of Food Science and Technology, 2017, 54(13): 4335-4343.
- [24] 谭念, 赵昕, 罗诗棋, 等. 稻米油高温加热脂肪酸的形成和变化[J]. 食品工业, 2015(8): 193-195.
- [25] 曹君. 不同脂肪酸结构食用油的氧化规律及其动力学研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2015.
- [26] 曹文明, 薛斌, 袁超, 等. 油脂氧化酸败研究进展[J]. 粮食与油脂, 2013, 203(3): 1-5. DOI:10.3969/j.issn.1008-9578.2013.03.003.
- [27] 郑翠翠, 刘军, 邹宇晓, 等. 油脂加工过程中氧化稳定性的研究进展[J]. 中国油脂, 2014(7): 53-57.
- [28] 刘春艳, 李昌模, 若文靓, 等. 加热过程甘油二酯油和调和油的氧化稳定性评价[J]. 粮油食品科技, 2012, 20(2): 15-18. DOI:10.3969/j.issn.1007-7561.2012.02.007.
- [29] 刘耀敏, 毛艳贞, 宋军, 等. 饲料用油脂新鲜度评价体系的研究[J]. 饲料工业, 2012, 33(7): 61-64. DOI:10.3969/j.issn.1001-991X.2012.07.017.
- [30] 宋俊杰, 张成, 管武太, 等. 饲用猪油的质量与氧化稳定性评定[J]. 中国畜牧杂志, 2017, 53(7): 61-66. DOI:10.19556/j.0258-7033.2017-07-061.