

大豆油在油炸鸡米花过程中品质的变化

Study on the quality change of soybean oil in the frying process of Chicken rice

张根生 王芮 岳晓霞 张红蕾 池天奇

ZHANG Gen-sheng WANG Rui YUE Xiao-xia ZHANG Hong-lei CHI Tian-qi

(哈尔滨商业大学黑龙江省普通高等学校食品与工程重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150076)

(Key Laboratory for Food Science and Engineering of Heilongjiang Province, Harbin University of Commerce, Harbin, Heilongjiang 150076, China)

摘要:以大豆油为主要原料,鸡米花为炸制食品,通过测定大豆油的色泽、酸价、过氧化值、羰基价等理化指标,研究炸制时间、炸制温度,每批次炸制量对大豆油品质变化的影响,并结合低频核磁共振成像(MRI)技术对理化指标进行比较验证。研究结果表明:在油炸过程中,大豆油的色泽、酸价、羰基价均随油炸时间的延长、油炸温度的升高、鸡米花煎炸量的增大而上升;过氧化值随着油炸时间延长先快速升高,再缓慢下降,随着煎炸温度的升高、鸡米花煎炸量的增加而不断增大。根据MRI比较法进行验证,随着煎炸时间的延长,低频核磁为可见明显深红色氢质子堆积,存在密集絮凝,边缘模糊,液体流动性偏差。

关键词:大豆油;油炸;品质变化;低场核磁共振影像

Abstract: To soybean oil as the main raw material, chicken for the fried food. The effects of different frying time, frying temperature and the quality of each batch of fried chicken on the quality of soybean oil were studied by measuring the physical and chemical indexes, including color, acid value, peroxide value, carbonyl valence price and polar component of soybean oil. Moreover, the low-frequency nuclear magnetic resonance imaging (MRI) technology was used to verify the physical and chemical indicators. The results showed that the color, acid and carbonyl value of the frying oil increased with the frying time, temperature and the amount per batch; the peroxide value increased rapidly with the frying time, and then decreased slowly; the number of frying batches also increased with the frying temperature. According to the MRI comparison method, with the prolongation of the frying time, the dark red proton accumulation, dense flocculation, blurred edge, and liquid fluidity deviation were observed.

Keywords: mulberry; sweet berry-red wine; MRI

煎炸食品因其独特的色、香、味一直受到人们的喜爱。在中国,煎炸油的使用每年近 1.0×10^6 t,而且连年增长^[1]。煎炸用油的品质直接影响人们的健康,油炸食品的安全及营养更是受到人们的关注^[2]。大豆油虽然可以用于煎炸食品,但当前仍面临着其煎炸性能不好的难题,这是由于大豆油中富含多不饱和脂肪酸,在油炸时易产生氧化物,随食品进入人体危害健康^[3,7]。油脂还会因为水解而酸败,酸败油脂中含有醛、酮、脂肪聚合物、过氧化物和烃类等脂肪酸的氧化产物^[4],这些物质具有不愉快的气味及苦涩滋味。变质的油脂营养价值会下降,食用后容易引起免疫功能下降,导致器官病变,甚至增加致癌性。

宋丽娟等^[5]研究薯片在起酥油煎炸过程中理化指标变化及各指标间的相关性,结果表明:煎炸油的色泽、酸值、羰基值均随时间的延长而增大;过氧化值随着煎炸时间的延长先增大后减小。陈锋亮等^[6]在 (180 ± 2) °C 下以大豆油为原料煎炸面片,结果表明:油脂在间断煎炸 13 h 后就不能再继续使用,羰基值是食用油煎炸过程卫生标准中最易超出的指标;油样过氧化值、羰基值以及极性组分含量与煎炸时间之间存在极显著相关性。季敏等^[7]以油条为炸制食品,研究大豆油和棕榈油在油条油炸过程中品质变化规律,试验证明:棕榈油和大豆油都可作为煎炸油使用,且同等数量棕榈油可比大豆油煎炸更多油条。Warner K 等^[8]分别用玉米油、含高油酸玉米油对薯条进行了煎炸试验研究,结果表明:在经过 17.5 h 的高温油炸后,高油酸玉米油无论是感官评分还是理化性质都优于普通玉米油。

目前油炸食品的研究大多以油条、薯条为研究对象,而选择鸡米花为炸制食品研究对象的还没有。鸡米花由于其外酥里嫩的口感,深受消费者的喜爱,油炸鸡米花更是受到年轻人的追捧。本试验研究大豆油在鸡米花炸制过程的品质变化,对大豆油的色泽、酸价、过氧化值及羰基价在不同炸

基金项目:2016 年哈尔滨商业大学研究团队支持项目(编号:2016TD007)

作者简介:张根生(1964—),男,哈尔滨商业大学教授,硕士。

E-mail:zhanggsh@163.com

收稿日期:2017-05-19

制时间、温度、及批次炸制量时的变化进行深入的分析,并结合 LF-NMR 伪影影像进行比较验证。LF-NMR 是通过处于恒定磁场中的样品施加射频脉冲,使氢质子发生共振,质子以非辐射的方式释放所吸收的射频波能量后返回到基态,此过程称为弛豫过程。弛豫时间长短与样品内部氢质子的存在状态及所处物理化学环境有关。由于油脂含有丰富的水和有机化合物,LF-NMR 技术可用于分析油脂中水分的分布状态、不同状态水的含量以及迁移过程;同时还可以进行成像分析,获取样品内部水分的空间分布信息,从而可以分析肉与肉制品中水分与其他品质特性间的关系。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

三级浸出大豆油:黑龙江省建三江农垦荣氏粮油工贸有限公司;

鸡胸肉:市售;

炸鸡包裹粉:北京酱王食品调料厂;

三氯甲烷:分析纯,天津市富宇精细化工有限公司;

苯:分析纯,天津市凯通化学试剂有限公司;

浓硫酸:分析纯,西陇化工股份有限公司;

冰乙酸:分析纯,天津市永大化学试剂有限公司;

低场核磁共振分析仪:NM120 型,上海纽迈电子科技有限公司;

紫外分光光度计:UV-5200 型,上海元仪器有限公司;

测温仪:572-2 型,希玛仪表公司。

1.2 试验方法

1.2.1 鸡米花的制备 将冰冻的鸡胸肉放在空气中自然化开,切成长 1.5 cm,宽 1.0 cm,高 1.0 cm 的鸡肉块。腌制 30 min 后,均匀裹上炸鸡包裹粉,称量出相应克数后待用。

1.2.2 煎炸温度对炸用油理化指标的影响 在煎炸锅中加入 600 mL 大豆油,每隔 40 min 将 20 g 鸡米花放入锅中进行油炸,选取的油炸温度为 160,180,200,220,240 °C,加热升温至指定温度(±5) °C,待炸至鸡米花金黄酥脆时油炸结束。每天油炸 8 h,连续油炸 3 d。在油炸期间每隔 2 h 取油样储藏于-4 °C 下备测。

1.2.3 煎炸量对炸用油理化指标的影响 在煎炸锅中加入 600 mL 大豆油,每隔 40 min 分别将 5,10,15,20,25 g 鸡米花放入锅中进行油炸,选取的油炸温度为(180±5) °C,待炸至鸡米花金黄酥脆时油炸结束。每天油炸 8 h,连续油炸 3 d。在油炸期间每隔 2 h 取油样储藏于-4 °C 下备测。

1.2.4 色泽的测定 颜色变化是作为判断油脂煎炸程度的指标之一。以新鲜大豆油作为参比,计算其余油脂样品的相对明度、彩度和颜色差异。颜色差异可以按式(1)计算^[9]。

$$dE^* = \sqrt{dL^{*2} + da^{*2} + db^{*2}}, \quad (1)$$

式中:

dE^* ——两煎炸油脂样品间颜色的差异;

dL^* ——两煎炸油脂样品间的明度值的差;

da^* 、 db^* ——两煎炸油脂样品间的彩度值的差。

1.2.5 酸价的测定 按 GB 5009.229—2016《食品安全国家

标准 食品中酸价的测定》执行。

1.2.6 过氧化值的测定 按 GB 5009.227—2016《食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定》执行。

1.2.7 羰基价的测定 按 GB 5009.230—2016《食品安全国家标准 食品中羰基价的测定》执行。

1.2.8 MRI 法比较验证 MRI 参数为: $SF_1 = 18, O_1 = 429\ 712.45, RG_1 = 20, P_1 = 14, P_2 = 28, TW = 4\ 000, DRG = 3, SW = 200, NS = 4$ 。

2 结果与分析

2.1 油炸温度对炸用油理化性质的影响

2.1.1 对颜色的影响 由图 1 可知,大豆油煎炸鸡米花时,随着煎炸温度的提高,炸用油的颜色差异逐渐增大。煎炸温度在 160 °C 时, dE^* 值在 14 h 后趋于稳定。而 180 °C 在 8 h、200 °C 在 6 h、220 °C 在 4 h、240 °C 在 2 h 时,各 dE^* 值趋于稳定,随着煎炸时间的延长, dE^* 值逐渐增大达到了一定值之后保持不变。即随着大豆油煎炸时间的延长,炸用油的颜色与新鲜大豆油的差异越来越大,最后大豆油呈现黑色且发暗,所以颜色差异趋于平缓。

2.1.2 对酸价的影响 由图 2 可知,随着油炸时间的延长,炸用油的酸价呈波动上升趋势,与赵超敏^[10]在煎炸油使用极限研究中得出的酸价的变化分析结果一致。这是由于油脂水解产生游离脂肪酸导致酸价升高。除此之外在高温油炸下,鸡米花中的水分和蒸发后的水蒸气与大豆油接触发生

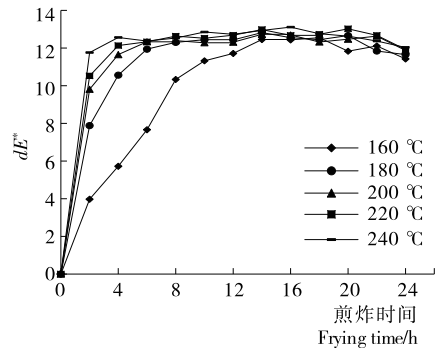


图 1 炸用油在不同油炸温度下颜色的变化

Figure 1 The color of the frying oil at different frying temperatures

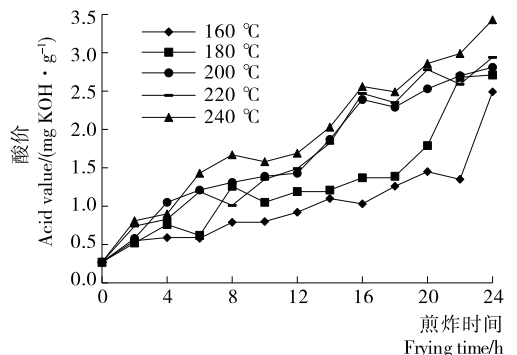


图 2 炸用油在不同油炸温度下酸价的变化

Figure 2 The change of acid value of frying oil at different frying temperatures

水解反应产生游离脂肪酸,油炸温度越高产生水蒸气越多,导致酸价不断提高^[11]。与马玉婷等^[12]在研究玉米油在油条煎炸过程中的品质变化得出的结论一致。另一方面,酸价下降主要是由于氢过氧化物分解产生的小分子酸挥发和脂肪酸聚合导致油脂中游离脂肪酸减少。故酸价呈现波动上升趋势,但是未超过 GB 7102.1—2003 食用油在煎炸过程中卫生标准(5 mg/g)。

2.1.3 对过氧化值的影响 由图 3 可知,在相同油炸时间下,过氧化值随着温度的升高而增加。油炸温度为 160 °C 时,在 0~2 h 内大豆油过氧化值显著增大,在 2~6 h 内缓慢下降,6~18 h 内又上升,并在 18 h 时达到最大值,但是仍符合 GB 7102.1—2003 食用油在煎炸过程中的卫生标准(19.7 meq/g)。氢过氧化物在高温油炸条件下很不稳定,极易分解形成醛、酮、酸等物质,该时间内大豆油中氢过氧化物快速增加而分解较慢。18~24 h 内过氧化值又逐渐减小,说明分解速率大于生成速率。随着油炸时间延长,过氧化值总体表现为先上升后下降的趋势。与穆昭^[3]¹²⁻¹³在研究加热过程对煎炸油过氧化值的影响时得到的结果一致。宋丽娟等^[5]在研究起酥油的煎炸品质时也发现,煎炸初期过氧化值呈先快速增加后慢速下降的趋势。

2.1.4 对羰基价的影响 大豆油在反复炸制过程中,油脂与空气接触,并且在高温下会发生热氧化变质,氧化产物是羰基化合物,它是油脂劣变比较灵敏的指标。由图 4 可知,羰基价

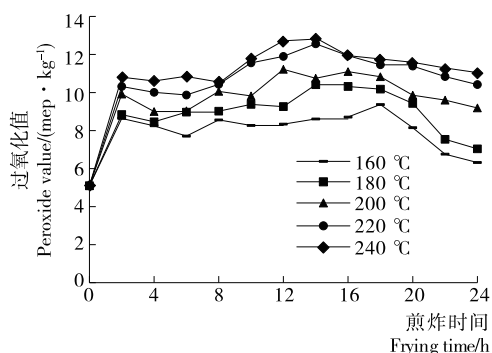


图 3 炸用油在不同油炸温度下过氧化值的变化

Figure 3 The change of peroxide value of frying oil at different frying temperatures

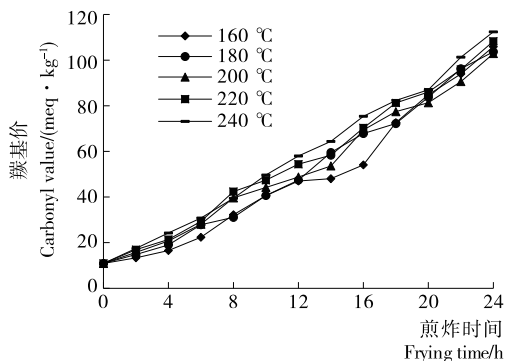


图 4 炸用油在不同油炸温度下羰基价的变化

Figure 4 The change of carbonyl valence at different frying temperatures

随着油炸时间的延长而逐渐增大。季敏等^[7]对棕榈油和 大豆油在油条煎炸过程中品质变化研究中得出结论:羰基值随煎炸时间的延长呈线性关系增加。Ramadan 等^[13]研究表明游离脂肪酸分子裂解和双键氧化形成羰基化合物,煎炸温度越高,热氧化产生的羰基化合物也越多,所以随着煎炸温度的升高,羰基价也逐渐增大。当煎炸温度 160 °C 时,煎炸 16 h 的羰基值超出 GB 7102.1—2003 限量值(≤ 50 meq/kg);当煎炸温度 180,200 °C 时,大豆油在煎炸 14 h 羰基价超标,220,240 °C 大豆油在煎炸 12 h 羰基价超标不能再继续使用,所以羰基值是食用油煎炸过程卫生标准中最易超出的指标。

2.2 每批次鸡米花炸制量对炸用油理化指标的影响

2.2.1 对颜色的影响 由图 5 可知,颜色随着每批次煎炸量的增大而快速加深。大豆油煎炸鸡米花过程中,开始油脂的颜色近似纯黄色,随着煎炸的进行,色泽变浅,并显现出一定的深红色,这主要与炸鸡包裹粉中的淀粉在高温下发生美拉德反应和焦糖化反应,产生一些褐红色的焦糖色素,融入到油脂中有关。另外也有报道^[14]称油脂在食物煎炸过程产生的红色和黄色来自于油脂组分的氧化产物——色满-5,6-醌类物质。由于鸡胸肉中含量较高的蛋白质在煎炸过程中溶出,长时间煎炸后,油样中也积累了较高含量的蛋白质,并发生美拉德反应,形成大量的类黑精降低了油样的明度值。所以随着煎炸批次的加大,颜色差异更大。

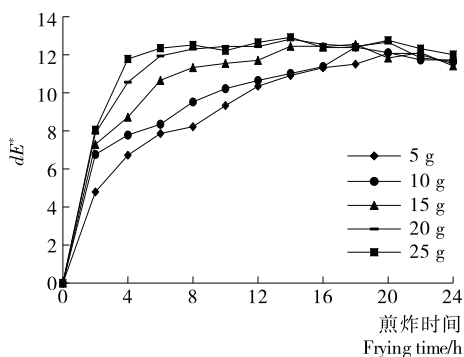


图 5 每批次煎炸量对炸用油颜色的影响

Figure 5 The effect of each batch of frying on the color of the frying oil

2.2.2 对酸价的影响 由于食品中含有较多的水分,因此在煎炸过程中煎炸油水解程度较大^[15]。由图 6 可知,在煎炸时间为 24 h 时,每批次鸡米花量为 20 g(新鲜大豆油与鸡米花质量比 30:1)的酸价比 10 g(新鲜大豆油与鸡米花质量比 60:1)的增大了 0.75 mg/g。所以在相同油炸温度下,随着每批次鸡米花量的增加,鸡米花中蒸发的水分也增加且与大豆油反应产生更多的游离脂肪酸,酸价逐渐增大。

2.2.3 对过氧化值的影响 鸡米花中含有近 40% 的饱和脂肪酸和约 60% 的不饱和脂肪酸,随着每批次量的增加,这些脂肪酸溶入大豆油脂中,会发生氧化裂解或水解的化学反应,在加热过程中发生自动氧化产生氢过氧化物,由于氧化过程是动态的,同时存在着氢过氧化物分解^[16]。由图 7 可知,大豆油煎炸时间相同且煎炸温度为 180 °C 时,随着每批次鸡米花量的增加,过氧化值逐渐增大。在煎炸时间为 24 h

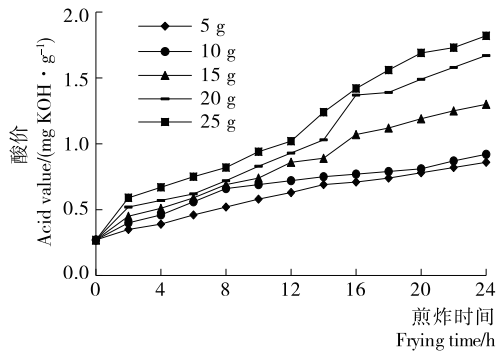


图6 每批次煎炸量对炸用油酸价的影响

Figure 6 The effect of the amount of frying per batch on the acidity of frying oil

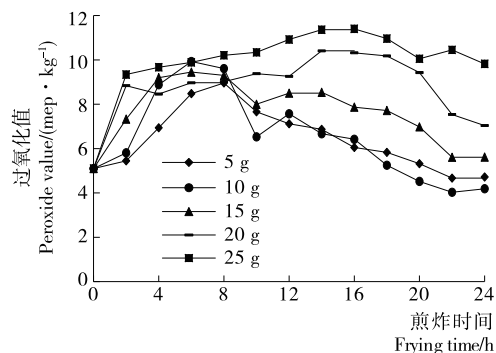


图7 每批次煎炸量对炸用油过氧化值的影响

Figure 7 The effect of the amount of frying per batch on the peroxide value of the frying oil

时,每批次鸡米花量为20g的过氧化值比10g的增大了2.85 meq/kg。即在相同油炸温度和时间下,过氧化值随着煎炸鸡米花批次量的增加不断增高。

2.2.4 对羰基价的影响 鸡胸肉中含有60%的不饱和脂肪酸,不饱和酸氧化产生氢过氧化物,而氢过氧化物化学性质不稳定,极易分解产生醛、酮等小分子化合物。煎炸油中羰基类化合物的形成主要是由于油脂氧化产生氢过氧化物的分解^[17]。如图8所示,油炸温度为180℃,每批次鸡米花量为20g的羰基价比10g的增大了1.095 meq/kg。即在相同煎炸温度和时间下,羰基价随着煎炸批次量的增加不断升高。

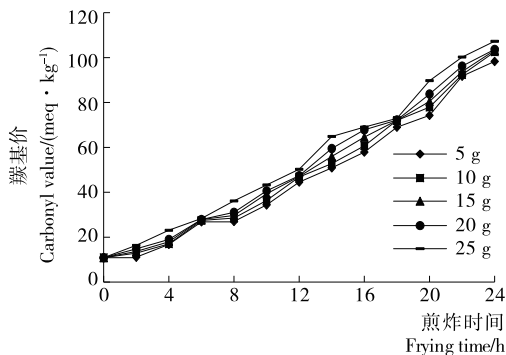


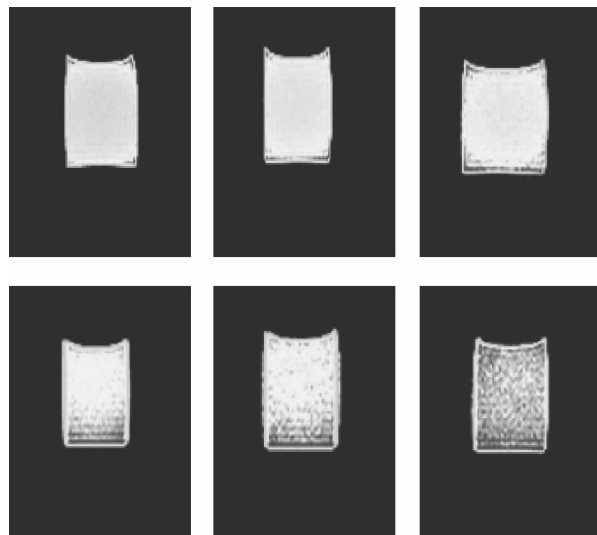
图8 每批次煎炸量对炸用油羰基价的影响

Figure 8 The effect of the amount of frying per batch on the carbon content of frying oil

每批次煎炸量为25g的羰基价在12h时超标,比20g的提前了2h。大豆油煎炸温度为180℃时,煎炸了24h的羰基价随着每批次鸡米花量的增加,也在逐渐增大。

2.3 MRI法比较验证

为更加直观严谨表征大豆油在炸制过程中的品质变化,利用低场核磁共振成像及伪彩影像技术对炸用油随着炸制时间的增加,大豆油内部的变化情况进行检测比对。由图9可知,在炸制前期(4~8h)的成像清晰,氢质子分布均匀,无堆积现象,完整性也较好;在炸制中期,成像边缘迷糊,可见明显挂壁现象,氢质子堆积分布;在炸制后期,可见明显深红色氢质子堆积,存在密集絮凝,边缘模糊,液体流动性偏差。主要是由于随着煎炸时间的延长,油脂水解产生游离脂肪酸,导致氢质子堆积,所以酸价、羰基价上升^[18-19]。大豆油在油炸鸡米花的过程中,由于油脂内部发生了氧化、聚合、水解等化学反应,产生一些不同于甘油三酯的物质,这不仅使理化指标发生了变化,也使得油脂的内部磁场发生了改变,氢质子偏移或堆积,导致氢原子在油脂内存在状态发生改变。



自左至右依次为大豆油在160℃批次炸制15g鸡米花,炸制4,8,12,16,20,24h的低频核磁共振扫描伪彩图

图9 各方案组的低频核磁伪彩成像

Figure 9 Low frequency magnetic imaging of every program group

3 结论

在大豆油油炸鸡米花过程中,大豆油的色泽、酸价、羰基价均随油炸时间的延长、油炸温度的升高、鸡米花煎炸量的增大而上升;过氧化值随着油炸时间延长先快速升高,再缓慢下降,随着煎炸温度的升高、鸡米花煎炸量的增加而不断增大。根据MRI比较法进行验证,随着煎炸时间的延长,低频核磁伪彩成像为可见明显深红色氢质子堆积,存在密集絮凝,边缘模糊,液体流动性偏差。

(下转第77页)

著水平),聚类分析结果显示古丈、石门和安化3个产地样品聚类正确率分别为78.26%,94.44%,92.10%,判别分析结果显示3个产地的样品判别正确率分别为86.96%,94.44%,97.37%,且2种鉴别方法错判样品个体较为一致。由此可见,采用同位素比值的差异性结合SAS软件的聚类分析和判别分析,均能较好地对茶叶产地进行鉴别。

本试验虽然在一定程度上能较好地对茶叶产地进行鉴别,但由于采集的样品数量有限,而一个有效的产地鉴别方法,需要有大量的测定数据作为基础,因此,在后续工作还需进一步加大样本量的采集,深入分析不同品种、不同产地间同位素比值的差异与联系,建立同位素指纹图谱,为中国茶叶原产地保护、产地溯源及产业发展提供参考。

参考文献

- [1] 许咏梅. 中国茶叶区域生产、消费和流通[J]. 茶叶, 2011, 37(3): 152-156.
- [2] 管曦. 我国茶叶消费相关数据的讨论: 基于消费者层面的分析[J]. 中国茶叶, 2015(10): 11-12.
- [3] 袁玉伟, 胡桂仙, 邵圣枝, 等. 茶叶产地溯源与鉴别检测技术研究进展[J]. 核农学报, 2013, 27(4): 452-457.
- [4] BIZJAK B K, ELER K, MAZEJ D, et al. Isotopic and elemental characterisation of Slovenian apple juice according to geographical origin: Preliminary results[J]. Food Chemistry, 2016, 203: 86-94.
- [5] HORACEK M, MINJ S. Discrimination of Korean beef from beef of other origin by stable isotope measurements[J]. Food Chemistry, 2010, 121(2): 517-520.

(上接第46页)

参考文献

- [1] 李阳, 钟海燕, 李晓燕, 等. 煎炸用油品质变化及测定和方法研究进展[J]. 食品与机械, 2008, 24(6): 148-151.
- [2] 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(36): 45-50.
- [3] 穆昭. 煎炸油加热过程品质变化与评价[D]. 无锡: 江南大学, 2008.
- [4] 王晨颖. 煎炸用油的品质管理的研究[D]. 上海: 华东理工大学, 2011: 2.
- [5] 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(5): 70-74.
- [6] 陈锋亮, 魏益民, 钟耕. 大豆油高温煎炸变质过程的研究[J]. 中国油脂, 2006(8): 19-22.
- [7] 季敏, 吴文民. 棕榈油和大豆油在油条煎炸过程中品质变化研究[J]. 粮食与油脂, 2009(4): 12-14.
- [8] WARNER K, KNOWLTON S. Frying quality and oxidative stability of high-oleic corn oils[J]. American Oil Chemists'society, 1997(10): 1 317-1 322.
- [9] 张清. 大豆油在不同煎炸体系中的特征理化性质的变化研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2014: 27-30.
- [10] 赵超敏. 煎炸油使用极限研究[D]. 成都: 西华大学, 2009: 30-33.

- [6] PILGRIM T S, WATLING R, GRICE K. Application of trace element and stable isotope signatures to determine the provenance of tea (*Camellia Sinensis*) samples [J]. Food Chemistry, 2010, 118(4): 921-926.
- [7] 汪海波, 罗莉, 吴为, 等. SAS统计分析与应用从入门到精通[M]. 2版. 北京: 人民邮电出版社, 2013.
- [8] 李晓燕, 李忠海, 杨代明, 等. 基于模糊聚类分析的辣椒制品表观辣度分级研究[J]. 食品与机械, 2009, 25(2): 42-47.
- [9] 刘晓伟, 李忠海, 杨代明, 等. 高效液相指纹图谱对食醋的掺伪判定研究[J]. 中国调味品, 2010, 35(6): 96-98, 105.
- [10] 康海宁, 杨妙峰, 陈波, 等. 利用矿质元素的测定数据判别茶叶的产地和品种[J]. 岩矿测试, 2006, 25(1): 22-26.
- [11] 申丽娟, 丁恩俊, 谢德体, 等. 电感耦合等离子体原子发射光谱法测定不同产地山银花金属元素主成分及其聚类分析[J]. 食品科学, 2014, 35(2): 173-176.
- [12] 课净璇, 黎杉珊, 申光辉, 等. 基于双指标分析法和聚类分析法的花椒红外指纹图谱研究[J]. 食品与机械, 2017, 33(3): 55-61.
- [13] 胡国梁, 徐立荣, 许生陆, 等. 基于电子鼻的食用油氧化判别分析[J]. 食品科学, 2016, 37(20): 141-145.
- [14] 王同珍, 陈孝建, 安爰, 等. 气相色谱-质谱技术结合化学计量学对5种动物油进行判别分析[J]. 分析测试学报, 2016, 35(5): 557-562.
- [15] 谭超, 戴波, 刘华戎, 等. 不同品种红茶及茶膏的 Fisher 判别分析[J]. 食品科学, 2016, 37(7): 62-65.
- [16] 张玥, 王朝辉, 张亚婷, 等. 基于主成分分析和判别分析的大米产地溯源[J]. 中国粮油学报, 2016, 31(4): 1-5.
- [17] 陈辰, 鲁晓翔, 张鹏, 等. 基于电子鼻技术的玫瑰香葡萄贮藏期快速判别[J]. 食品与机械, 2015, 31(6): 137-141.

- [11] 毕艳兰. 油脂化学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 70, 78, 80, 208.
- [12] 马玉婷, 侯利霞, 刘玉兰, 等. 玉米油在油条煎炸过程中的品质变化[J]. 食品与机械, 2016, 32(2): 16-19.
- [13] RAMADAN M F, AMER M M A, SULIEMAN A E M. Correlation between physicochemical analysis and radical-scavenging activity of vegetable oil blends as affected by frying of French fries[J]. Eur J Lipid Sci Technol, 2006, 108(8): 670-678.
- [14] PAUT S, MITTAL G S, CHINNAN M S. Regulating the use of degraded oil/fat in deep-fat/oil food frying[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 1997, 37(7): 635-662.
- [15] FERREIDON Shahidi. Bailey's industrial oil and fat products: Six Volume Set[J]. 6th ed. [S.l.]: John Wiley & Sons, Inc, 2005: 13.
- [16] 李桂花, 刘振涛, 霍华美. 煎炸条件对玉米油品质裂变的影响研究[J]. 粮油加工, 2012(8): 69-72.
- [17] 周婷, 李志健. 不同介质热处理对油脂酸值和羰基值的影响[J]. 粮油食品科技, 2015, 23(2): 40-43.
- [18] 王永巍, 王欣, 刘宝林, 等. 低场核磁共振技术检测煎炸油品质[J]. 食品科学, 2012, 33(6): 171-175.
- [19] 史然, 王欣, 刘宝林, 等. 油脂低场核磁(LF-NMR)检测参数的优化试验[J]. 分析测试学报, 2012, 31(11): 1 365-1 372.