

红外光谱在定性表征饲用鸡油氧化度方面的应用

包郁明, 宣有瑶, 范志影, 赵维香, 朱超, 李亮, 谷旭

(中国农业科学院饲料研究所, 北京 100081)

摘要: 本文通过红外光谱检测技术, 定性表征不同温度热处理的饲用鸡油。我国是鸡油生产消费大国, 氧化度是评价饲用鸡油质量的重要指标。目前饲用鸡油氧化程度主要用过氧化值、酸值、醛值等化学检测等方法, 这些方法存在着检测时间长、耗费试剂等问题, 不适用于现场检测。本文以不同氧化处理的饲用鸡油为研究对象, 通过红外光谱技术表征不同氧化处理样品中氧化相关的官能团变化, 为其鸡油等油脂氧化度定性评价提供参考。

关键词: 红外光谱; 氧化鸡油; 氧化程度

Abstract: In this paper, we qualitatively characterized the heat-treated fed chicken oil at different temperatures by infrared spectroscopy detection technology. China is a large chicken oil producing and consuming country, and the oxidization degree is an important index for evaluating fed chicken oil. At present, the oxidation degree of fed chicken oil is mainly detected by peroxide value, acid value, aldehyde value and other chemical detection methods, and the modified method has the problem of long detection time, which is not suitable for on-site detection. In this paper, we take different oxidized chicken oil as the research target, and analyze the changes of different functional groups by infrared spectroscopy, so as to provide reference for the qualitative evaluation of the oxidation degree of other oils and fats.

Keywords: infrared spectroscopy, oxidized chicken oil, oxidation degree

我国是鸡油生产和消费大国, 鸡油年产量愈百万吨。鸡油具有独特风味, 富含必需脂肪酸, 在食品和饲料原料方面均有广泛应用^[1]。油的氧化程度是油类品质评价的重要指标, 目前行业内鸡油氧化度检测方法的研究主要分为常规化学分析法, 包括过氧化值、酸值、醛值等指标的测定, 这些方法耗费化学试剂多、测试时间长, 不适用于现场检测的行业实际需求^[2]。近年来光谱技术在不同项目中的快检技术迭代过程中起到重要作用^[3], 但红外技术在动物油脂氧化方面应用未见报道。本研究以不同氧化处理的鸡油为目标, 基于氧化反应在油品中可能会产生过氧化物、醛类和其他挥发性化合物, 进行油品不同氧化度定性研究, 为鸡油

及其他动物油脂氧化度评价，提供理论参考。

1 实验部分

1.1 材料与设备

傅立叶红外光谱仪(美国珀金埃尔默有限公司 Spotlight400)、砷化锌液体检测池(天津光学仪器厂)、电热炉(天津市泰斯特仪器有限公司 DK-98-11)，鸡油来源：山东亚太中慧集团有限公司。

1.2 样品处理方法：

样品 1、2、3、4、5 为在不同温度(20°C、50°C、80°C、110°C、140°C)进行氧化处理的鸡油样品，样品在不同处理温度下恒温 1 个小时后冷冻到室温，取 2ul 样品放入砷化锌液体检测池，上机检测。

1.3 红外光谱采集

用 Frontier FT-IR Spectrometer 光谱仪采集红外光谱，光谱分辨率 4cm^{-1} ，2 次扫描，波数范围 $4000\text{-}500\text{cm}^{-1}$ 。每个样品重复两次，采集两次，用 Spectrum 10 软件进行波段分析。

2 结果与分析

红外光谱是基于分子对特定波长红外光吸收特性的分析技术，用于鉴定化合物中的化学键和官能团，其波长是介于可见光区和微波区之间的光源波长，分析原理是根据物质吸收红外波长的光能量并引起分子的振动，有机物分子中 C-H 和 C-O 键在中红外光谱区的振动频率以及振动方式不同^[5]。该方法广泛地适用于对含有 C、H、O 基团的有机物包括食品农产品等的快速分析检测技术^{[6][7]}。氧化鸡油的红外光谱由检测样品中存在的各种官能团的振动产生的不同波段组成，在 $3043\text{-}2815\text{cm}^{-1}$ 、 $1688\text{-}1796\text{cm}^{-1}$ 、 $1504\text{-}1092\text{cm}^{-1}$ 的红外光谱，见图 1 及图 2，振动频带响应值代表该波段的官能团或化学键发生变化，见表 1。

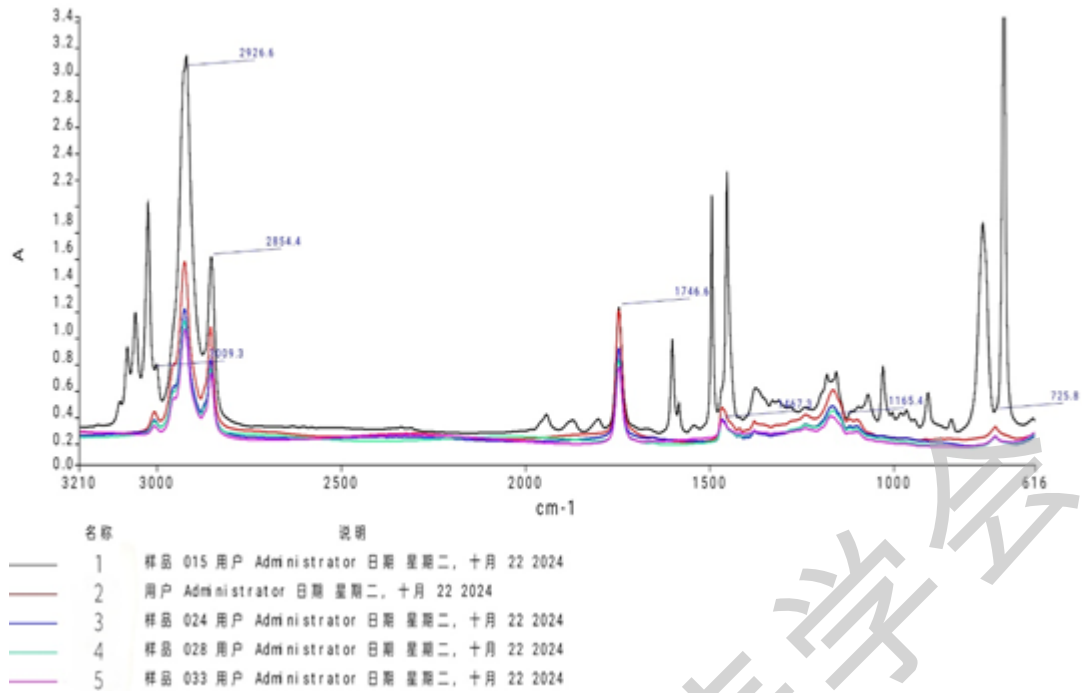
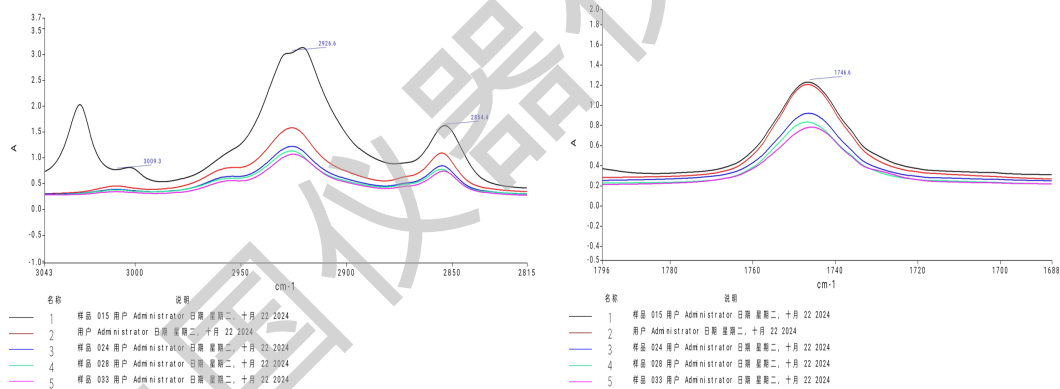


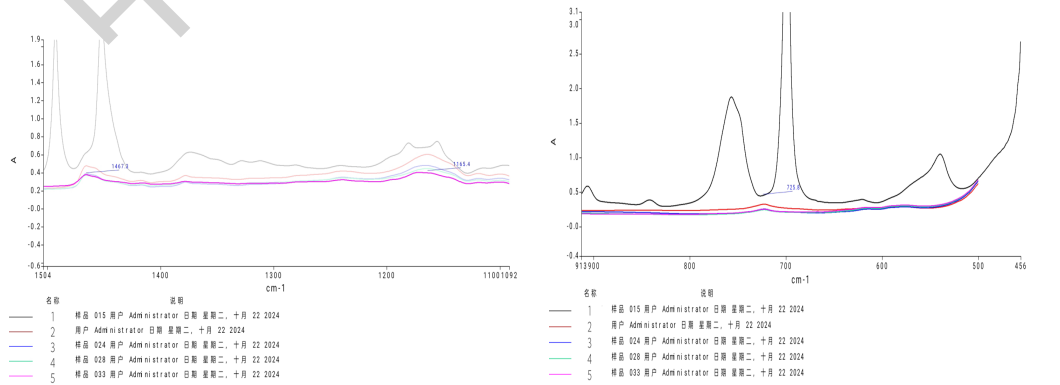
图 1 616~3210 cm^{-1} 波段光谱

Fig.1. Infrared spectra of chicken fat with different treatments



A 3043~2815 cm^{-1}

B 1688~1796 cm^{-1}



C 1504~1092 cm^{-1}

D 900~500 cm^{-1}

图 2 不同处理的鸡油红外分段光谱图

Fig.2. Infrared segmented spectra of chicken fat with different treatments

表 1 鸡油红外光谱不同波数官能团及化学键注释^[9]

Table 1: Distribution of MIR Spectra Bands in Oxidized Chicken Fat Oil

波数 (cm ⁻¹)	注释
3009.3	顺式双键的 C-H 对称拉伸振动
2926.6	脂肪族 CH ₂ 基团 C-H 反对称拉伸振动
2854.4	脂肪族 CH ₂ 基团 C-H 反对称拉伸振动
1746.6	甘油三酯的羰基酯 (C=O) 拉伸振动
1467.3	CH ₂ 脂肪族基团的弯曲振动
1165.4	酯基的 C-O 拉伸振动和 CH ₂ 基的弯曲振动
725.8	顺式二取代烯烃的 CH ₂ 摇摆振动与平面外振动的重叠

由表 1 及图 1-A 表明鸡油热氧化过程中, 波数为 3009.3 cm⁻¹ 的不饱和脂肪酸的顺式双键可能发生变化。样品 1 为室温下鸡油, 2、3、4、5 为温度递增处理鸡油, 可见随着油处理温度升高, 表征双键面积的峰面积逐渐减小。这可能与在氧化条件下, 鸡油中双键发生变化有关, 且有研究表明, 面积比为 A_{3009.3}/A_{2854.4} 用于评估顺式烯烃双键数量的变化^[8], 如图所示, 加热过程促使鸡油中不饱和脂肪酸的顺烯烃双键的含量减少。

由表 1 可知, 在波数为 1746.6cm⁻¹ 可表征羰基酯 (C=O) 拉伸振动变化, 可能与脂质氧化过程中, 一级氧化产物的分解会形成酯、酸、酮和醛等不同类型的二级氧化产物有关, 有研究表明, C=O 和 C=C 拉伸振动相关的谱带还可能与挥发性硫化物高度相关^[9], 酯、酸、酮、醛及硫化物都是表征风味的重要因子, 该官能团的变化可能与鸡油氧化过程中风味变化有一定关系。如图 1-B 所示, 鸡油加热氧化过程中后, 随着温度升高, 峰面积减小, 可能与加热过程中油脂特征风味变化有关。

3 结论与讨论

通过红外光谱表征不同温度处理的鸡油样品, 可发现在不饱和双键、羰基酯等特征官能团波峰和峰面积存在规律性变化, 因此红外光谱可在一定范围内进行在鸡油氧化程度定性评价。同时, 在饲料企业面临数质化转型的时代背景下, 红外光谱和近红外拉曼等光谱配合使

用,尤其是仪器小型化和模块功能联机使用,必将在饲用油品控尤其适合现场检测方面发挥更大的作用。

参考文献:

- [1] 李向阳,赵飞,孙思远,王家升. 鸡油的化学成分及制备工艺研究. 粮油食品科技, 2017, 25(3): 44.
- [2] 陈佳,于修焯,刘晓丽,徐立荣,李孟俊,呼延宗尧. 基于傅里叶变换红外光谱的食用油质量安全检测技术研究进展. 食品科学, 2018, 39(07): 270.
- [3] 原喆. 基于近红外光谱的油料油脂检测技术研究[D]. 中国农业科学院油料作物研究所, 2018.
- [4] Suleiman Abdulrahman Haruna. Rapid nondestructive testing of peanut and peanut oil quality and safety indexes based on spectral technology. Jiangsu University, June 2023.
- [5] Poiana M A, Alexa E, Munteanu M F, et al. Use of ATR-FTIR spectroscopy to detect the changes in extra virgin olive oil by adulteration with soybean oil and high temperature heat treatment[J]. Open Chemistry, 2015, 13(1): 689-698.
- [6] Guillen M D, Cabo N. Some of the most significant changes in the Fourier transform infrared spectra of edible oils under oxidative conditions[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2000, 80(14): 2028-2036.
- [7] 王飞艳,于修焯,吕曼曼等. 2011. 基于电导率的地沟油快速定性及半定量分析. 食品科学. (18) 39
- [8] Liu H ,Chen Y ,Shi C , et al.FT-IR and Raman spectroscopy data fusion with chemometrics for simultaneous determination of chemical quality indices of edible oils during thermal oxidation[J].LWT,2020,119108906-108906.
- [9] 吕静雯.基于拉曼和红外光谱的食用油热降解表征及煎炸废油掺入识别[D].武汉轻工大学,2023.DOI:10.27776/d.cnki.gwhgy.2023.000095.

项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(Y2023PT21)