



布鲁克白皮书系列 (microESR 在食用油抗氧化性检测中的应用)

不断创新，优化食用油稳定性预测

引言

食用油中含有约 96% 的三酰基甘油酯，以及游离脂肪酸、磷脂、植物甾醇、生育酚和多种其他抗氧化剂。它们是人类饮食中不饱和脂肪和维生素 E 的主要来源，可促进新陈代谢、增强细胞壁稳定性等。

纵观食品制造业，食用油目前被广泛用于提升食品的风味和功能性。然而，食用油必须要小心使用，因为他们在储存过程中极易变质。食用油腐败后会产生异味，其颜色、粘度、密度和溶解度也会发生变化¹。

由于油脂在室温下易被氧化，这一点也成为决定食用油在不损失品质的情况下能储存多久的主要因素²。

因此，评估食用油氧化稳定性以确定其货架期，同时评估添加抗氧化剂能否延长货架期，均具有重要意义³。储存测试是确定食品货架期最可靠的方法，但这种方式需要数月才能得到测试结果，出于经济考虑，可行性不够。

若综合使用一系列分析技术，也可获取充分评估，但这些技术往往需要使用不同方法进行一系列分析，才能得出所有重要特征信息^{4,5}。由此看来，利用先进的波谱技术来分析食用油，以确定其功能和储存特性，确是一项革命性的改变。

食用油氧化

氧化是引起食品变质的关键机理，因此食品生产商们一直在努力限制氧化反应的发生。在食用油的氧化过程中，会形成短链香味活性成分，进而导致油脂变质时产生异味。

食用油的氧化过程本质上是自由基链式反应，其氧化变质的难易程度取决于组成脂肪酸的成分⁷。不饱和程度越高和饱和程度越低的脂肪，其氧化反应就越快⁸。

氧化稳定性的测定是食用植物油的重要品质指标之一。目前也在不断探索如何通过添加抗氧化剂等方法以提高食用油抗氧化性。通常而言，合成抗氧化剂混合物（以酚类居多）比单一抗氧化剂能提供更好的抗氧化保护⁶。

评估食用油氧化倾向可让生产商了解如何控制氧化过程，保证其产品的最佳口感和外观，并研发在出厂后能更加长久地保持品质和新鲜度的产品。若能轻松获取评估结果，生产商的研发进展将更富成效，从而在保持竞争力的同时提高客户满意度。

油类的氧化评估

在食品行业中，许多方法曾被用来测定油类的氧化稳定性。尽管储存测试是最可靠的货架期测试方法，但测试周期过长，因此现在很少使用。取而代之的是恒温测试和化学稳定性测定，如 Rancimat 测试和 Schaal 烘箱测试等。

恒温器测试将温度设定在 30-63°C，尽可能接近自然储存条件下的温度变化情况。然而，在这样的温度下，脂肪氧化仍需数周时间。

Rancimat 测试可以更快地测定油类的氧化稳定性，但其缺点是需要高温来产生挥发物和高强度曝气，这会改变氧化过程的性质⁹。不过，与差示扫描量热法（DSC）等其他方法相比，Rancimat 法更适用于分析、评估油类的氧化稳定性⁴。

评估氧化稳定性也可通过测量自由基实现，这些自由基通过与脂肪酸链中的双键发生反应开始氧化降解。自由基检测方法包括分光光度法、化学发光法和荧光分析法。电子自旋共振（ESR）波谱法是检测食用油中自由基最直接有效的方法，已广泛应用于食品分析中^{6,10,11}。

ESR 在油类氧化稳定性评估中的应用 (与 Rancimat 测试对比)

电子自旋共振波谱法已被用于促进自由基产生的各类研究中，其应用范围十分广泛，包括食品科学、癌症化学疗法、纳米技术等领域^{4,12}。ESR 拥有出色的灵敏度，还可在原位识别自由基生成，这也是该技术得以逐步普及的主要原因。

目前，ESR 可以快速检测、评估不同食用油的氧化稳定性和若干种抗氧化剂的效果。¹³使用布鲁克 ESR 波谱仪可检测出花生油、棕榈油、菜籽油、大豆油、葵花籽油和玉米油中自由基的浓度，添加了抗氧化剂时同样适用。而其诱导期通过玻尔兹曼方程来测定，并与用 Rancimat 法测定的诱导期进行比较。

结果表明，两种方法之间存在高度的线性关联，说明 ESR 快速检测可以预测由 Rancimat 法得出的氧化稳定性¹³。

因此，该最新研究表明，ESR 是一种能快速并灵敏地评估食用油氧化稳定性的方法。

作者由此得出结论，ESR 是研究食用油和其它食品货架期的一种有效而准确的方法。

参考

- [1] Kapich AN 等。Enzyme Microb Technol 2010; 46:136-140.
- [2] Xie Y 等。LWT-Food Science and Technology 2019;104:24-29.
- [3] Chen Q 等。Food Chemistry 2018; 243: 58-64.
- [4] Ghosh M 等。Food Chemistry 2019; 272: 471-477.
- [5] Tan CP 等。Food Chemistry 2002; 76(3): 385-389.
- [6] Sanna D 等。Food Chemistry 2019;271: 753-761.
- [7] Costa de Camargo A 等。J. Am. Oil Chem. Soc. 2016;93:1101-1109.
- [8] Kamaleldin A & Pokorny, J. Analysis of lipid oxidation. Urbana: Illinois: AOCS Press 2005
- [9] Li X 等。Food Research International 2019;120, 756-762.
- [10] Ghorbani Gorji S 等。Trends in Food Science & Technology 2016;56:88-102.
- [11] Escudero R, Food Chemistry 2019; 276:315-321.
- [12] Nikolantonaki M 等。Food Chemistry 2019; 270:156-161.
- [13] Jiang H 等。Food Chemistry 202;309:125714

● 布鲁克 BioSpin

info@bruker.com
www.bruker.com

布鲁克（北京）科技有限公司
北京市海淀区西小口路66号中关村
东升科技B-6号楼C座8层
邮编：100192
电话：(010) 58333000
传真：(010) 58333299

上海办公室
上海市闵行区合川路2570号1号楼9楼
邮编：200233
电话：(021) 51720800
传真：(021) 51720810

广州办公室
广州市海珠区新港东路618号南丰汇
6楼A12单元
电话：(020) 22365885/
(020) 22365886



布鲁克BioSpin微信公众号