

Antioxidant properties of stevia polyphenols and their application in the preservation of oil foods

Jiaxian Xu

Wuhan Food and Cosmetics Inspection Institute, Wuhan, Hubei, 430000, China

Abstract

In today's era of rapid material advancement, China's food industry faces increasingly stringent preservation requirements, driving a growing demand for natural antioxidants. Among various natural antioxidants, the polyphenols in stevia leaves and stems demonstrate exceptional metal ion chelation efficacy and free radical scavenging capabilities. These properties make them particularly valuable in food preservation, especially for preventing oxidation in oil-based products. Building on China's stevia cultivation realities, this study first provides an overview of its polyphenols, then explores their antioxidant characteristics, and subsequently analyzes four key applications in oil preservation. The research aims to offer innovative approaches and theoretical foundations for food industry preservation, ultimately promoting sustainable and healthy development in the food sector.

Keywords

stevia; polyphenols; antioxidant properties; preservation of oil foods; application; research

甜叶菊多酚的抗氧化特性及其在油脂类食品保鲜中的应用研究

徐家显

武汉食品化妆品检验所, 中国 · 湖北 武汉 430000

摘 要

在物质水平飞速发展的今天, 我国食品工业面临着日益严峻的保鲜要求, 在这种情况下天然抗氧剂需求不断增长。在众多天然抗氧剂中, 甜叶菊叶片及其茎秆部分所蕴含的多酚类物质具备极强的金属离子螯合效益和自由基清除能力, 这使其在食品保鲜行业特别是针对油脂类食品氧化防控中发挥着重要价值。基于此, 文章结合我国甜叶菊实际首先就其多酚概述着手, 随后探究其所具有抗氧化特性, 接着分析其在油脂类食品保鲜中的四项应用要点, 以期食品工业保鲜提供一些新思路与理论依据, 从而促使食品行业实现健康可持续发展。

关键词

甜叶菊; 多酚; 抗氧化特性; 油脂类食品保鲜; 应用; 研究

1 引言

甜叶菊多酚是以菊科甜菊属植物甜叶菊的叶为原料, 经乙醇提取、过滤、纯化、浓缩、干燥等工艺制成。甜叶菊的叶在日本和韩国作为普通食品原料; 在欧盟和美国作为膳食补充剂。而在我国随着科技迅猛发展, 甜叶菊多酚所具有抗氧化特性逐渐被发掘, 这使其在延缓食品腐烂、霉变方面有着明显的作用。有鉴于此, 下文将结合相关研究以及实践针对甜叶菊多酚的抗氧化特性及其在油脂类食品保鲜中的应用展开研究, 以供参考。

2 甜叶菊多酚概述

在我国, 甜叶菊作为一种已广泛栽培的替代甜味原料作物, 其叶片除富含甜菊糖苷外, 同时存在一类约占干叶 2%—4% 的次级代谢产物——甜叶菊多酚。该类多酚主要包括绿原酸、咖啡酸、异构绿原酸、黄酮类(如槲皮素衍生物)等结构单元。随着 2025 年我国将甜叶菊多酚纳入新食品原料目录, 这类功能成分在国内迎来了规范化的发展阶段。由于其天然来源、结构多样且存在于甜叶菊加工残渣中, 为后续提取利用提供了较为经济的原料基础。进一步地, 国内相关研究亦显示, 通过合理的提取工艺(如 80% 水/乙醇体系)可显著提高总酚含量及抗氧化活性^[1]。因此, 在我国油脂类食品加工储存过程中, 探讨甜叶菊多酚替代或辅助传统合成抗氧剂具有现实意义。

【作者简介】徐家显(1984—), 男, 中国湖北枣阳人, 本科, 从事食品安全、食品检验研究。

3 甜叶菊多酚的抗氧化特性分析

3.1 自由基清除能力

甜叶菊多酚由于含有许多酚羟基及芳环共轭体系的分子结构,这意味着其可提供较多的氢原子或电子实现自由基清除,如此一来能有效阻断脂质过氧化链反应。由 DPPH 和 ABTS 自由基清除试验来看,甜叶菊多酚 EC_{50} 值一般都在 0.5mg/mL 以下,这表明其具有极强自由基清除能力。结合相关研究可知,甜叶菊所蕴含的不同种类多酚含量和自由基活性清除能力成比例关系,尤其是高温区域所种植甜叶菊该特性更为显著。在油脂体系中,甜叶菊多酚通过迅速捕获初级自由基,阻断脂质氧化起始阶段,并形成较稳定的酚氧自由基,实现链式反应。与维生素 E 相比,其在高温条件下的活性衰减更慢,适合油脂长期储存与加热环境应用的情况。因此,甜叶菊多酚的自由基清除能力是其抗氧化性能的核心机制。

3.2 金属离子螯合作用

甜叶菊多酚中的羟基与羧基基团能够与 Fe^{2+} 、 Cu^{2+} 等过渡金属离子形成配位络合物,抑制金属离子引发的脂质过氧化反应。研究表明,甜叶菊多酚提取物在铁离子诱导的氧化体系中可显著延缓过氧化物生成。由于我国食用油精炼及贮藏过程中常残留微量金属离子,该螯合作用对于防止氧化初期的催化极为重要。甜叶菊多酚与金属形成络合后,金属氧化还原循环被阻断,体系中羟基自由基生成速率下降,从而延缓油脂劣变^[2]。在实际应用中,通过控制 pH6-7、调整多酚与金属摩尔比,可进一步增强螯合效果。该机制使甜叶菊多酚能在金属离子富集环境下维持油脂体系稳定。

3.3 链反应抑制与脂质过氧化物还原能力

甜叶菊多酚能在脂质氧化传播阶段通过提供氢原子或电子还原脂质过氧自由基($ROO\cdot$),并将脂质过氧化物($ROOH$)转化为相对稳定的产物,阻止链式氧化反应持续。模型油脂体系实验表明,添加甜叶菊多酚可显著降低过氧化值与羰基生成速率,其作用与绿原酸或茶多酚相当。在我国植物油氧化控制研究中,甜叶菊多酚表现出较高的还原力和持续抗氧时间,适合替代部分合成抗氧化剂。其芳香环电子共轭结构可分散自由基能量,减少氧化扩散。该特性在高温油脂与复杂食品体系中尤为突出,可显著延缓产品氧化进程。

3.4 热、光及 pH 稳定性

结合实践可知,在高温、强光与酸碱环境下甜叶菊多酚抗氧化仍较为稳定,比如紫外线照射或 80℃ 加热一段时间后其抗氧化活性还有 80% 以上;当 pH 值处于 4 至 7 范围中,甜叶菊多酚具有最佳的稳定性,此时均适用于大部分食品类别保鲜需求。正是凭借于这一特性,甜叶菊多酚应用在炸、烘焙、调味油等油脂类食品保鲜时能有效地避免活性损失。同时甜叶菊多酚分子中芳香环与酚羟基的共轭结构借助于部分能力吸收及分子内电子转移方式可促使食品降解速度减缓。此外,与维生素 C 或 E 协同使用可进一步提高

抗氧化稳定性。综上,甜叶菊多酚的高热光稳定性确保了其在复杂油脂体系中的长期抗氧效果。

4 甜叶菊多酚在油脂类食品保鲜中应用

4.1 油脂精炼及储存阶段的预处理添加

在食用油加工体系中,将甜叶菊多酚用于精炼后油脂及其储存初期阶段的预处理添加,可按以下专业流程实施。首先,于精炼除杂、脱胶、脱酸、脱色、脱臭完成后的纯化油或二级油中,精准计量甜叶菊多酚至 0.01%-0.03%(w/w) 水平,并在油液温度维持于 30℃ 以下迅速搅拌均匀 10min 以上,以确保活性多酚分散均一、与油相充分接触,从而增强其羟基自由基清除与金属离子螯合作用。其次,在该添加步骤同时应辅以惰性气体(如氮气)置换包装头空间,将空气中氧含量控制至 < 1%,并将储存容器置于避光不透紫外线、置于 5℃ 以下的低温条件下,以抑制热氧化与光催化作用^[3]。同时油脂入口并静置一段时间后(通常 2h)进行硫代巴比妥酸反应值与初期过氧化值抽样检测,随后定期定时重复开展这两个检测,目的在于对油脂氧化链启动、传播状态予以监控。其次,为提升预处理效果,建议在添加前对金属离子如 Fe^{2+} 、 Cu^{2+} 浓度进行检测,若测出超标,则在多酚添加前加入 0.005%-0.01% (w/w) 乙二胺四乙酸(EDTA)螯合预处理,再添加甜叶菊多酚,以减少催化氧化启动。与此同时,确保油品罐体或储存容器采用惰性内衬或不锈钢材质,并在充氮后立即封闭,避免二次氧接触。另外,油脂存储初期油温应保持在 4℃ 至 10℃ 范围内最佳,同时定期(一周)进行摇样观察其是否出现浑浊、沉淀或聚合等情况,如有异常则须降低存储温度或是更换容器。

4.2 高温油炸与烘焙油脂体系的抗氧控制

在高温油炸及烘焙类食品加工过程中,油脂长时间暴露于高温、空气及微量水分环境下,极易发生氧化聚合和热裂解,生成过氧化物、醛酮类及聚合物,导致风味劣化及营养损失。甜叶菊多酚具备优异的高温抗氧稳定性与链反应抑制作用,可作为天然抗氧添加剂用于延缓热诱导氧化反应。实际操作中,可采用乙醇或丙二醇作为溶剂将甜叶菊多酚完全溶解后,再按 0.05%-0.15% (w/w) 比例均匀加入油脂体系,并于加工初期混合均匀,以保证抗氧化组分充分分散。其酚羟基可在高温下迅速清除烷氧自由基($RO\cdot$)及过氧自由基($ROO\cdot$),中断热氧化链式反应,同时通过螯合铁、铜等微量金属,减少金属催化氧化。结合相关油炸食品实验研究得知,经 180℃ 油炸 8h 后添加甜叶菊多酚的油脂的过氧化值会比未添加的降低了近 40%,这表明甜叶菊多酚能够在该过程中发挥明显的抗氧化与延缓劣变的作用;而在焙烤食品(曲奇、酥点等)配方设计中也可以加入甜叶菊多酚,其具有良好的耐热抗氧性能可以有效保持产品的酥脆感和色泽稳定性,比如甜叶菊多酚和维生素 E 或迷迭香提取物形成复合抗氧体系可以起到延长大豆油等高温加工油脂的

寿命的效果^[4]。另外,甜叶菊多酚还可作为抗氧化剂应用于高温油炸及烘焙类食品加工时能凭借链反应抑制减缓油品的氧化速度,同时加工后会形成一层具有防护作用的酚类膜层把氧气挡在外界,起到延长保鲜作用。

4.3 加工热处理后油脂体系的抗氧补救

在加工热处理后的油脂体系中,为抑制初级氧化物、游离脂肪酸及金属离子催化作用所导致的二次氧化反应,应于冷却阶段(约180℃降至60℃)加入甜叶菊多酚作为抗氧补救剂。工业操作中可按0.10–0.20% (w/w) 浓度添加,先将甜叶菊多酚粉末或浓缩液溶于50–60℃的载体油中(占主油量约1%),再以500–1000rpm速度高速剪切2–3min形成预分散液,并在持续搅拌5–10min后均匀引入主油体系,确保体系澄清度>90%,避免沉降或絮状析出。随后监测熔点及悬浮物变化以评估分散稳定性。为强化抗氧化作用,可与亚硫酸氢钠(0.002–0.005%)及 α -生育酚(0.02–0.05%)协同使用,三者在40–45℃包装前混合可有效阻断过氧化物链式反应,降低羰基化合物形成。储存包装前应在0、7、14、30d检测过氧化值(POV)、异构二烯、金属离子(Fe、Cu)含量及异味强度,若Fe或Cu>0.5mg/kg,应补加甜叶菊多酚至0.20%并延长搅拌10min,以增强其对金属离子的螯合作用。甜叶菊多酚中绿原酸、咖啡酸等酚酸组分可抑制金属催化氧化,有助于延缓脂质降解。在生产实践中,应同步记录添加前后熔点(变化<0.5℃)、透光率(差<2%)及悬浮物数量(<50particles/mL>10 μ m),若分散不良,可调整剪切温度或采用微胶囊化处理。该工艺在冷却至包装阶段完成抗氧补救,可有效控制油脂氧化进程、减少异味及色泽劣变,保障产品储存稳定性与感官品质。

4.4 包装与储存条件中甜叶菊多酚辅助抗氧

针对油脂类食品包装和存储环节中氧、光、热三种影响保鲜的因素,可使用甜叶菊多酚形成综合抗氧体系,具体为:首先,油脂类食品包材选择上应采用内层铝箔-高阻氧复合膜或外覆深色聚酯膜,确保透光率不超过1%,随后以高纯氮气开展置换确保内部留存氧气含量小于1%,接着再使用0.05% (w/w) 甜叶菊多酚提取物喷涂至内壁,借助于

黄酮与多酚组分的自由基清除作用抑制脂质初期氧化^[5]。其次,封装环节采取真空或是充氮封装,旨在促使氧含量减少到0.5%以下,随后封口前要放置浸渍0.05%甜叶菊多酚溶液的无纺插层,以让它和油脂界面接触形成抗氧膜层,随后通过不断的活性多酚释放对自由基、过氧化物予以清除。通过包材与封装的处理使得油脂类食品包装腔体形成稳定的低氧还原环境,从而有效地避免氧化链式反应发生延长保鲜效果。再次,储存阶段应将温度控制在4–20℃、相对湿度 \leq 65%,并每两周监测过氧化值(POV)、游离脂肪酸(FFA)及二缩丙醛反应物(TBARS)指标。当POV超过20meqO₂/kg或TBARS超过0.5mgMDA/kg时,应立即更换含甜叶菊多酚的抗氧涂层或采用再充氮密封处理,以恢复抗氧体系的效能。此种从包装结构、内置抗氧布局到储存条件控制的多层次体系,可有效延缓油脂氧化进程并保持风味稳定。

5 结语

综上所述,鉴于甜叶菊多酚所具有的抗氧化特性,上文针对其所具有的自由基清除、金属离子螯合、链反应抑制及复杂体系稳定性等抗氧化特性展开了系统性分析,随后再探讨了其在油脂类食品加工、高温油炸及烘焙类食品加工、存储包装等环节可操作的应用要点。今后随着甜叶菊多酚研究与提纯技术不断深入,其在食品工业保鲜领域的应用范围更为广阔。

参考文献

- [1] 张继慧,马洪燕,薄荷和甜叶菊中多酚含量及抗氧化活性的研究[J].养生保健指南,2019,000(028):385,394.
- [2] 鲍玉龙,柳春燕,邵太丽,等.甜叶菊化学成分和药理作用的研究进展及其质量标志物(Q-Marker)预测[J].中草药,2024,55(3):1014-1025.
- [3] 彭长凤,熊霞,刘红南,等.甜叶菊在畜牧生产中的应用研究进展[J].饲料研究,2023,46(24):123-128.
- [4] MyintKZ.甜菊多酚的体内外生物活性研究[D].江南大学,2022.
- [5] 班金,王高林.油料,油脂保鲜技术研究进展[J].粮食与食品工业,2025(4).