

抗氧化可食膜在食用油和肉品保鲜中的应用

阮程程, 张钰萌, 熊国远, 梁进

(安徽农业大学 安徽省农产品加工工程实验室, 合肥 230036)

摘要: **目的** 综述抗氧化可食膜在食用油和肉品中的保鲜包装研究进展。**方法** 食用油脂和肉品富含大量脂质和蛋白质类物质, 易氧化酸败, 需要适宜的保鲜包装材料来延长其保质期。抗氧化可食膜可以通过阻隔氧气和释放天然活性抗氧化剂来延缓脂质氧化及蛋白质变质, 进而有效延长油脂和肉品的贮藏期, 以达到保鲜目的。主要介绍可食膜的分类和国内外抗氧化可食膜在食用油和肉品保鲜包装中的应用研究进展, 并对其发展趋势进行预测和展望。**结果** 针对食用油脂和肉品的保鲜包装, 富含天然抗氧化剂的可食性膜与当前的塑料包装相比具有其独特的应用优势。**结论** 抗氧化可食膜在油脂和肉品类食品的保鲜包装应用方面将具有广阔的发展前景。

关键词: 抗氧化; 可食膜; 食用油; 冷鲜肉; 肉制品; 保鲜

中图分类号: TS206.4; TS205.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)23-0032-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.23.005

Application of Antioxidant Edible Film in Preservation of Edible Oil and Meat

RUAN Cheng-cheng, ZHANG Yu-meng, XIONG Guo-yuan, LIANG Jin

(Anhui Engineering Laboratory for Agro-products Processing, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

ABSTRACT: The work aims to review the research progress of antioxidant edible film in fresh-keeping packaging of edible oil and meat. Edible oil and meat were rich in lipids and proteins and easily oxidized and rancid, so suitable fresh-keeping packaging was needed to prolong their shelf life. Antioxidant edible film could delay lipid oxidation and protein deterioration by blocking oxygen and releasing natural active antioxidants, thus effectively prolonging the storage period of edible oil and meat and achieving the purpose of preservation. The classification of edible film and the application of antioxidant edible film in the packaging of edible oil and meat at home and abroad were introduced, and the development trend was predicted and prospected. For fresh-keeping packaging of edible oil and meat, edible film rich in natural antioxidants had its unique application advantages compared with current plastic packaging. Antioxidant edible film will have broad prospects in the application of fresh-keeping packaging of edible oil and meat.

KEY WORDS: antioxidant; edible film; edible oil; fresh meat; meat products; preservation

近年来,很多合成塑料包装难以降解,对环境造成了一定的污染。随着人们对环保和食品安全意识的提高,一些可降解、无污染的可食性包装材料已引起

国内外的广泛关注,并成为当前的研究热点。可食膜是通过包裹食品或直接涂抹于食品的表面等形式来阻隔水蒸气、氧气等气体保护食品的一种绿色包装材

收稿日期: 2019-06-14

基金项目: 安徽省科技重大专项 (17030701020, 17030701021, 17030701036); 安徽省自然科学基金 (1708085MC86); 安徽省高校优秀青年人才支持计划 (gxyqZD2018018); 安徽省农产品加工产业技术体系专项 (AHCYJSTX-16)

作者简介: 阮程程 (1994—), 女, 安徽农业大学硕士生, 主攻农产品加工与综合利用。

通信作者: 梁进 (1979—), 男, 博士, 安徽农业大学副教授, 主要研究方向为农产品加工与综合利用。

料，能够有效延长食品的货架期^[1]。可食膜通常对人体无害，还能被机体所吸收利用，因此可食膜的应用会有效减少环境污染^[2]。

油脂类食品的氧化通常是影响其质量损失和货架期缩短的主要因素^[3]。肉及肉制品富含丰富的蛋白质和脂肪，一直以来是人们获取蛋白质和脂肪的主要来源，但肉品中丰富的脂肪和蛋白质也使肉品在贮藏期间极易发生氧化变质。食品氧化会导致脂肪和蛋白质的降解，进而导致其产品的风味、质地和色泽变化。脂肪氧化酸败和蛋白质的氧化还会产生不良气味，并降低其产品的营养和感官质量^[4]，因此，延缓脂质和蛋白质的氧化对油脂类食品和肉品的贮藏包装尤为重要。

近年来，国内外有关可食膜的研究也较为深入。很多研究者开始向可食膜基质中添加一些天然活性成分来抑制食品氧化、延长食品货架期。在过去 10 年里，已经发表了大量关于抗菌和抗氧化可食膜在模拟食品体系或真实食品体系中的活性作用^[5]。文中主要介绍可食膜的研究和应用现状，并对其在油脂和肉品保鲜中的应用进行综述，以期可为可食膜在油脂类食品的产业化开发利用提供参考。

1 可食膜研究概述

可食膜是一种对食品有一定保护功能的可食性包装材料，它与塑料合成包装材料的最大区别是，可食膜主要以天然可食用的大分子为原料，通过分子间的相互作用形成薄膜层，通过包裹、浸渍、涂抹或喷淋的方式覆盖于食品的表面^[6]。可食膜可以通过阻隔水蒸气、氧气和二氧化碳等气体，从而对其包装食品起到一定的保护作用，保证食品的品质，并延长其货架期^[7]。可食膜的最大优点是可降解性，对环境友好，其在保护食品的同时一般不会改变食品本身的成分。

1.1 可食膜的分类

可食膜根据其组成成分可以分为多糖类、蛋白质类、脂质类和复合型可食膜等四大类^[8]。可食膜一般具有良好的性能，如力学性能和阻隔性能等^[9]。单一成分可食膜的某些性能可能会存在一些缺陷，因此，复合型可食膜结合各单一天然大分子材料的优点，克服单一膜的缺点，制备出功能更广泛的包装材料。这里列举了可食膜的类型及其包装特性，见表 1。

1.2 抗氧化可食膜

近年来，为了更好地保障食品品质，延长其货架期，越来越多的学者们开始研究功能性可食膜。功能性可食膜属于一种活性包装，主要是在可食膜的成膜基质中加入某种或某些天然活性成分使得可食膜具有特定活性和功效，常加的活性物质有抗氧化剂、抗菌剂、营养物质等^[6,17]。天然抗氧化可食膜是一种添加天然抗氧化剂的可食膜，这类可食膜是一种动态、主动性的包装系统，它可通过膜中的天然抗氧化剂让食品与环境有一定的互动性，如释放可食膜中的抗氧化剂来吸收环境中的氧气、清除自由基氧化物或金属离子等不利于食品品质的物质，延缓食品中的脂质氧化，从而延长食品保质期，提高食品安全性^[17—18]。

2 抗氧化可食膜在食用油中的应用

食用油作为日常必需的食品之一，其质量及安全性与人体健康也息息相关^[19]。近些年来，很多高发疾病也与食用油的摄入有关，如高血脂、高血压等^[20]。食用油因含有大量双键和不饱和脂肪酸，其性质不稳定，易发生氧化酸败，使油品质量降低、营养价值受损，进而产生对机体有害的物质^[21—22]。为保障食用油的质量安全，其在包装储运过程中的品质变化也显得尤其重要。现阶段市场上大多食用油都是用塑料桶或

表 1 可食膜的分类及其包装特性
Tab.1 Classification and packaging characteristics of edible film

可食膜类型	常见膜基质	优点	缺点	参考文献
多糖类	淀粉（天然淀粉和改性淀粉）、纤维素及其衍生物、壳聚糖、动植物胶等	资源丰富、成本低廉；结构稳定；透明均一；阻气性好；适合长期贮藏	含有大量—OH，易溶于水，阻水性差	[9—10]
蛋白质类	动植物蛋白，如：乳清蛋白、明胶、胶原蛋白、小麦面筋蛋白、玉米醇溶蛋白、大豆蛋白等	成膜性优良；力学性能和阻油性能优异	热稳定性差；水蒸气阻隔性差	[11—12]
脂质类	动物脂肪或植物脂肪，如天然蜡质及其衍生物、乙酰甘油酯、表面活性剂等	有良好的阻水性	成膜不均匀，易碎；透明度差；会产生蜡味和不良口感	[13—14]
复合型	多糖、蛋白质和脂质不同比例复配	克服单一膜的缺点，可满足多种需求，应用范围更广	工艺复杂；影响因素较多	[15—16]

塑料小袋包装的,虽然为油脂运输提供了一定的便利,但塑料包装存在一些安全问题,如塑料包装中的某些成分会释放到食品中,存在一定安全风险^[23]。

随着人们对食品安全与健康的关注,越来越多的研究者们开始研究油脂的抗氧化可食包装,见表2。包装油脂的抗氧化可食膜大多是释放型抗氧化可食膜。这类抗氧化可食膜主要是在膜的制作过程中将天然活性物质直接加入可食膜中,在贮藏时天然活性物质可以通过扩散作用缓慢释放出来,到达食品表面或膜的顶部空间,从而抑制食品的氧化酸败^[24]。

马越等^[25]用含花青素的大豆蛋白膜来包装新鲜的猪油,并检测了油脂贮藏5周内油品的变化情况,结果表明,该可食膜在贮藏期间的油脂酸价、过氧化值和羰基价检测指标与其他膜有显著性差异,显示其能有效延缓猪油酸败。Jongjareonrak等^[26]和Ou等^[27]研究了猪油的保鲜包装,结果发现含有天然抗氧化剂维生素E的明胶可食膜和含有阿魏酸的大豆蛋白可食膜可有效降低猪油的过氧化值和硫代巴比妥酸值,能有效地预防猪油氧化。PANCHUTI等^[28]和王丽岩等^[29]研究了含有不同植物多酚的可食膜对大豆油保鲜包装的效果,结果发现含有绿茶提取物的可食膜具有更强的抗氧化性能,可延长大豆油的贮藏期。REIS等^[30]用添加不同浓度的巴拉圭茶提取物或芒果提取物的木薯淀粉膜包裹棕榈油进行贮藏研究,观察棕榈油在贮藏期间过氧化值(POV)和总类胡萝卜素含量(TC)的变化,结果表明,含有抗氧化剂包装的棕榈油TC和POV的变化率要比对照组的低很多,说明含芒果提取液和巴拉圭茶提取物的可食膜可以有效地保护包装产品不被氧化。刘飞等^[31]分析了明胶膜、明胶-茶多酚膜和不同含量明胶-茶多酚纳米粒复合膜对葵花籽油的保护效果,结果显示富含茶多酚的明胶纳米粒复合膜对葵花籽油具有相对较强的保护效果。Seung Yong Cho等^[32]用玉米醇溶蛋白-大豆分

离蛋白膜对橄榄油进行袋包装,在实际贮藏条件下,橄榄油经过该双层膜的包装可控制油脂的酸败,减少氧化。陈妮娜等^[33]用含有茶树油的藕粉和羧甲基纤维素可食膜对花生油进行60d的包装贮藏实验,结果发现藕粉-羧甲基纤维素-茶树油可食膜包裹的油脂过氧化值比PE塑料膜和空白组低,说明含有天然抗氧化剂的可食膜比塑料膜阻氧性能更好,比PE塑料膜更有优势。周正光等^[9]以空白膜和PE膜作为对照,研究了添加Vc、茶多酚和VE的海藻酸钠-琼胶-结冷胶复合膜对花生油贮藏的效果,发现含Vc的复合膜对油脂的保护效果最好。陈达佳等^[12]及刘莉莉等^[34]也研究出有效延长花生油贮藏期、符合应用要求的抗氧化可食膜。

3 抗氧化可食膜在肉品中的应用

随着人们对食品安全重视度的提升,越来越多消费者更注重高营养价值的新鲜天然产品。肉类产品因其不饱和脂肪酸和蛋白质含量较高,在加工、运输及贮藏过程中极易引起氧化,从而使肉品变质腐败^[36]。而脂质氧化和蛋白质变质是影响肉品品质变化的主要因素。在脂质和蛋白质氧化过程中会使肉品的风味、质构和颜色都发生变化,其中肌红蛋白的氧化会导致肉品褪色,从而影响消费者的选择^[37]。除此之外,脂质和蛋白质的氧化除了会引起肉品感官方面的变化外,还可能使营养损失,产生乙醛这样的有毒化合物^[37-38]。因此阻止肉品中脂肪和蛋白质的氧化对肉品的贮藏有着重大意义。近年来国内外一直致力于开发新的包装保鲜材料来阻止其氧化,延长食品保质期^[39-40]。当前含有活性物质的可食性包装膜是研究的热点^[41]。通过向可食性包装膜中添加抗氧化剂类功能成分提高其可食膜包装保鲜性能,从而可以延长其肉品的产品保质期^[42],见表3。

表2 抗氧化可食膜在食用油保鲜中的应用

Tab.2 Application of several antioxidant edible films in preservation of edible oil

应用食品	成膜基质	天然抗氧化剂	检测指标	参考文献
猪油	大豆分离蛋白	VE、BHA、花青素	POV, CV, AV	[25]
		阿魏酸	POV	[27]
	明胶	BHT、VE	POV, TBARS	[26]
大豆油	纤维素	肉桂、丁香酚、绿茶	POV, 游离脂肪酸	[28]
	壳聚糖	茶多酚、金银花	POV	[29]
葵花籽油	明胶	茶多酚	POV, TBARS	[31]
花生油	藕粉、羧甲基纤维素	茶树油	POV	[33]
	海藻酸钠、琼胶、结冷胶	VC、VE、茶多酚	POV	[9]
	胶原蛋白、壳聚糖	茶多酚	POV	[13]
植物油	结冷胶、琼胶	茶多酚	POV, AV, CV	[35]

注:POV表示油脂过氧化值;CV表示羰基价;AV表示酸价;TBARS表示硫代巴比妥酸值

表 3 抗氧化可食膜在肉品保鲜中的应用
Tab.3 Application of several antioxidant edible film in preservation of meat

应用食品	成膜基质	天然抗氧化剂	检测指标	参考文献
冷鲜肉	鲑鱼	海藻酸钠	茶多酚、Vc	TBARS、TVB-N [43]
	牛肉	马铃薯淀粉	绿茶提取物	TBARS [44]
		玉米淀粉	柠檬酸	TBARS、颜色 [45]
		海藻酸钠	迷迭香、牛至精油	POV、颜色、水分 [46]
		乳清蛋白	牛至精油	TBARS [47]
	猪肉	谷物蛋白	绿茶、红茶和乌龙茶提取物	POV、TBARS [48]
	对虾	壳聚糖	橘皮精油	脂肪、水分、游离氨基酸、颜色 [49]
肉制品	牛肉饼	大豆分离蛋白	百里香、牛至精油	游离脂肪酸、颜色 [50]
		海藻酸钠	柠檬酸、Vc	TBA、pH [51]
		玉米醇溶蛋白	丁香油酚	TBARS、颜色 [52]
	香肠	乳清蛋白	肉桂、迷迭香	TBARS [53]
	狮子头	壳聚糖	茶多酚	TBARS、肌红蛋白 [54]
	蒜肠	乳清蛋白	牛至提取物	TBARS [55]

注：TBARS 表示硫代巴比妥酸值；TVB-N 表示挥发性盐基氮值；POV 表示油脂过氧化值

抗氧化可食膜能够解决肉品腐败的问题,使肉品质量得到提高,推测可能是可食膜中的抗氧化类活性成分缓慢释放到肉的表面并与空气中的氧气相结合,减少了脂肪和蛋白质与氧气的接触量,进而减缓了肉品氧化的进程^[56]。除此之外,可食膜有一定的阻隔性,可以调控水分和氧气的渗透,从而能在一定程度上减少肉品在贮藏过程中的汁液流失和营养损失,减少与腐败微生物的接触,使肉品质量相对有所提高^[6]。

3.1 抗氧化可食膜在生鲜肉的应用

近年来的一些研究成果发现,使用抗氧化可食用膜涂膜或包裹生鲜肉可有效延缓生鲜肉的氧化,延长保质期,见表 3。Song 等^[43]以海藻酸钠为基质分别向其中加入茶多酚和 Vc 制成可食膜,研究其对鲑鱼品质的影响,结果表明与未涂膜的鲑鱼相比,涂膜处理显著降低了化学物质的变质,主要表现在挥发性盐基氮、硫代巴比妥酸值、感官品质的变化;除此之外涂膜处理还能延缓鱼的水分损失,提高鱼的整体感官质量。Vital 等^[46]用添加天然抗氧化剂的海藻酸钠可食膜对牛排进行涂膜保鲜研究,探索 14 d 贮藏期内牛排的氧化程度、颜色保留率、水分流失率、质地等指标变化情况,结果表明,与对照组相比,可食膜涂抹的牛排氧化程度较低,能降低牛排的颜色损失和水分流失,保留牛排的风味,提高牛排的整体接受度,由此可见,含有天然抗氧化剂的可食膜的涂抹可提高肉类产品的稳定性。Inam 等^[44]将丁基羟基甲苯和绿茶提取物分别加入马铃薯淀粉可食膜中,研究其对牛肉的保鲜效果,结果表明,加入抗氧化剂的可食膜可有效降低牛肉的硫代巴比妥酸值,延缓牛肉的氧化,延

长其贮藏期。同样的,Junior 等^[45]用添加柠檬酸的玉米淀粉可食膜对牛肉进行包装,研究发现与对照组相比,含有柠檬酸的可食膜的硫代巴比妥酸值显著降低,颜色保留率也更理想,能有效延缓脂质的氧化,提高肉类品质。类似的,Yang 等^[48]分别用添加绿茶、红茶和乌龙茶提取物的谷物蛋白膜对新鲜的猪肉进行保鲜研究,研究发现含有茶提取物的可食膜抗氧化活性显著高于对照组,可有效减缓脂质氧化,延长猪肉的贮藏期,其中含有绿茶提取物的可食膜抗氧化活性最大,尤其可作为猪肉的抗氧化包装。这可能是因为可食膜的涂抹或包裹会阻隔氧气等气体与肉类接触,从而阻止肉类的氧化酸败,减少风味的损失^[57];推测还有可能是由于抗氧化可食膜中的活性成分在贮藏期间缓慢释放到肉品中,与肉中的一些活性自由基作用使其稳定^[6]。

3.2 抗氧化可食膜在肉制品中的应用

随着经济的快速发展、生活节奏的加快,越来越多的人更倾向于速食方便食品,因此也有越来越多的即食肉制品出现在大众视野中。这些肉制品因为极易被氧化产生不良风味,保质期非常短暂^[58]。Regiane 等^[53]向乳清蛋白中加入肉桂和迷迭香精油制成可食膜,研究其对腊肠的贮藏保鲜作用;结果表明,所制得的可食膜能有效地降低脂质氧化,延长腊肠的贮藏期。Marcelo 等^[55]向乳清蛋白中加入牛至提取物制成可食膜,研究其在葡萄牙蒜肠中的贮藏保鲜效果,研究发现,涂抹抗氧化可食膜的蒜肠的酸性和抗褪色能力较强,且抗氧化效果要显著优于对照组,可使蒜肠的贮藏期延长 15~20 d。Betül 等^[50]以大豆分离

蛋白为成膜基质,以牛至或百里香精油为抗氧化剂制成可食膜对牛肉饼进行贮藏保鲜研究,结果发现利用含有天然植物提取物的可食用膜进行包装,可有效控制食品在贮藏过程中的氧化,在肉制品生产包装中具有巨大的工业应用潜力。沈晓峰等^[59]研究天然抗氧化剂与壳聚糖可食膜的协同作用对干腌火腿贮藏过程中脂质的抗氧化效果,结果表明含茶多酚与VE的抗氧化可食膜抗氧化效果最好,可使火腿在15℃下贮藏3个月。罗宁宁等^[60]用壳聚糖、肉桂精油为原料制备功能性可食膜,并对酱卤牛肉进行包装,研究其对酱卤牛肉的贮藏保鲜性;通过对酱卤牛肉的感官、色泽、pH值、挥发性盐基氮和微生物等指标进行综合考察,发现含肉桂精油的可食膜可以有效延长酱卤牛肉的保质期。这可能是因为壳聚糖具有抗菌性,富含壳聚糖的可食膜对食品贮藏本身就有很好的作用,肉桂精油的添加改变了壳聚糖膜的表征,使膜结构更加致密,透气性降低,阻隔性能更好,阻隔氧气,降低脂质氧化,同时也使其抑菌性能得到有效增强^[60—61]。

4 结语

抗氧化可食膜能否产业化、商业化主要由其成本、包装性能及功能特性等多方面共同决定。近年来,已经有大量文献报道添加一些天然抗氧化剂制备抗氧化可食膜,以期提高其包装保鲜性能。目前针对抗氧化可食膜在其保鲜包装方面,还存在膜材成本相对较高、包装性能还需要改进以及富含天然抗氧化剂膜的控释特性与活性稳定性等问题,因而制约了其产业化应用。由此可见,未来仍需更深入地研究膜基质与抗氧化剂等成分间的相互作用及机理,制备出更符合市场要求的抗氧化性可食膜。除此之外,部分含有精油的抗氧化可食膜由于气味限制了其应用,解决精油气味问题会使可食膜的应用更广泛。同时关于活性成分在可食膜中的释放也是未来发展的重要趋势,可食膜与纳米技术相结合可以使活性成分缓慢释放,达到缓慢抗氧化的作用,这也是目前国内外的研究热点。为了更好地延长食用油与肉品的货架期,将抗氧化可食膜与气调包装等其他保鲜包装技术联合使用也是必然趋势。在人们环保意识日益提高、食品安全问题逐渐受到重视的发展趋势下,未来在开发油脂及肉品类食品的抗氧化可食膜的包装保鲜研究方面将具有更为广阔的产业化发展前景。

参考文献:

- [1] VICTOR F, QUINTERO J P, ALBERTO J, et al. Edible Films and Coatings: Structures, Active Functions and Trends in their Use[J]. Trends in Food Science & Technology, 2011, 22(6): 292—303.
- [2] 张云. 海藻酸钠—羧甲基纤维素钠—刺槐豆胶三元共混膜的制备及性能研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2017: 1—2.
ZHANG Yun. Preparation and Properties of SA-CMC-LBG Ternary Blend Film[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2017: 1—2.
- [3] 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, 26(3): 1—5.
CAO Wen-ming, XUE Bin, YUAN Chao, et al. Research Progress on the Oxidative Rancidity of Oils and Fats[J]. Cereals & Oils, 2013, 26(3): 1—5.
- [4] 林新月, 朱松, 李玥. 拉曼光谱测定食品油脂的氧化[J]. 食品与生物技术学报, 2017, 36(6): 610—616.
LIN Xin-yue, ZHU Song, LI Yue. Evaluation of Edible Oils Oxidation by Raman Spectroscopy[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2017, 36(6): 610—616.
- [5] BENBETTAAEB N, KARBOWIAK T, DEBEAUFORT F. Bioactive Edible Films for Food Applications: Influence of the Bioactive Compounds on Film Structure and Properties[J]. Critical Reviews Food Science Nutrition, 2017, 30(4): 1—17.
- [6] 马青青, 曹锦轩, 周光宏. 功能性可食用膜在生鲜肉和肉制品保鲜中的应用研究进展[J]. 食品科学, 2012, 33(7): 331—335.
MA Qing-qing, CAO Jin-xuan, ZHOU Guang-hong. Recent Advances in Functional Edible Coating Film and its Applications in Preservation of Fresh Meat and Meat Products[J]. Food Science, 2012, 33(7): 331—335.
- [7] DEGHANI S, HOSSEINI S V, REGENSTEIN J M. Edible Films and Coatings in Seafood Preservation: A Review[J]. Food Chemistry, 2018, 240: 505—513.
- [8] PATRICIA C, VELAZQUEZ G, RAMIREZ J A, et al. Polysaccharide-Based Films and Coatings for Food Packaging: a Review[J]. Food Hydrocolloids, 2016, 68: 136—148.
- [9] 周正光. 海藻酸钠-琼胶-结冷胶复合膜的制备、储藏及应用[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2014: 1—4.
ZHOU Zheng-guang. Preparation, Storage and Application of Sodium Alginate-Agar-Gellan Composite Films[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2014: 1—4.
- [10] 阳晖. 仙草胶对可食性蛋白膜功能特性的影响及作用机理[D]. 广州: 华南农业大学, 2016: 1.
YANG Hui. Effects of Hsian-tsao Gum upon Functional Properties of Edible Protein-based Films and Their Mechanism[D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2016: 1.
- [11] 鲁亚楠. 可食性玉米醇溶蛋白复合膜性能的研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2013: 2—4.
LU Ya-nan. Research on the Properties of Edible Zein Composite Films[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2013: 2—4.
- [12] 陈达佳. 胶原蛋白—壳聚糖可食用复合膜的制备、改性及应用[D]. 南昌: 江西科技师范大学, 2014: 1—3.

- CHEN Da-jia. The Preparation, Modification and Application of Collagen-Chitosan Edible Film[D]. Nanchang: Jiangxi Science and Technology Normal University, 2014: 1—3.
- [13] 赵丽美. 变性淀粉—壳聚糖可食性膜的包装性能研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2010: 6—7.
- ZHAO Li-mei. Study on Performance of Modified Starch-chitosan Edible Film[D]. Tianjin: Tianjin University of Science & Technology, 2010: 6—7.
- [14] MIA K, MARIO S, KATA G, et al. Edible Coatings Minimize Fat Uptake in Deep Fat Fried Products: a Review[J]. Food Hydrocolloids, 2017, 71: 225—235.
- [15] HASSAN B, CHATHA S, HUSSAIN A I, et al. Recent Advance on Polysaccharides, Lipids and Protein Based Edible Films and Coatings: a Review[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2018, 109: 1095—1107.
- [16] TAVASSOLIKAFRANI E, SHEKARCHIZADEH H, MASOUDPOURBEHABADI M. Development of Edible Films and Coatings from Alginates and Carrageenans[J]. Carbohydrate Polymers, 2016, 137(1): 360—374.
- [17] PABLO R S, CRISTIAN M O, YANINA S M, et al. Edible Films and Coatings Containing Bioactives[J]. Current Opinion in Food Science, 2015, 5: 86—92.
- [18] GANIARI S, EVANTHIA C, VASSILIKI O. Edible and Active Films and Coatings as Carriers of Natural Antioxidants for Lipid Food[J]. Trends in Food Science and Technology, 2017, 68: 70—82.
- [19] 季万兰, 杨亚兵. 食用油与人体健康的关系[J]. 食品安全导刊, 2013(9): 76—78.
- JI Wan-lan, YANG Ya-bing. Relationship Between Edible Oil and Human Health[J]. China Food Safety Magazine, 2013(9): 76—78.
- [20] 季敏, 刘忠义, 张剑, 等. 食用油使用过程中贮藏条件对其氧化稳定性的影响研究[J]. 中国油脂, 2018, 43(5): 92—94.
- JI Min, LIU Zhong-yi, ZHANG Jian, et al. Effect of Storage Conditions of Edible Oils on its Oxidative Stability during Using[J]. China Oils and Fats, 2018, 43(5): 92—94.
- [21] 胡国梁. 食用油氧化定性检测方法研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2016: 5—10.
- HU Guo-liang. Determination Methods for Qualitative Analysis of Edible Oil Oxidation[D]. Yangling: Northwest A&F University, 2016: 5—10.
- [22] 邓鹏, 王守经, 王文亮. 食用油氧化机理及检测方法研究[J]. 中国食物与营养, 2008(8): 17—19.
- DENG Peng, WANG Shou-jing, WANG Wen-liang. Study on Oxidation Mechanism and Detection Method of Edible Oil[J]. Food and Nutrition in China, 2008(8): 17—19.
- [23] 王永涛, 陈默, 范国超, 等. 基于塑料桶装食用油的迁移分析及消费者的安全认知行为[J]. 塑料包装, 2018(1): 52—57.
- WANG Yong-tao, CHEN Mo, FAN Guo-chao, et al. Migration of Harmful Compounds from Packaging Plastic into Vegetable Oil and Consumers' Safety Awareness[J]. Plastics Packaging, 2018(1): 52—57.
- [24] 陈晨伟, 段恒, 杨福馨, 等. 释放型食品抗氧化活性包装膜研究进展[J]. 包装工程, 2014(13): 36—42.
- CHEN Chen-wei, DUAN Heng, YANG Fu-xin, et al. Research Progress in Release-type Food Antioxidant Active Packaging Film[J]. Packaging Engineering, 2014(13): 36—42.
- [25] 马越, 张超, 赵晓燕, 等. 含花青素大豆蛋白可食膜对油脂贮藏的影响[J]. 中国粮油学报, 2010, 25(3): 22—25.
- MA Yue, ZHANG Chao, ZHAO Xiao-yan, et al. Effect of Edible Film of Soybean Protein Containing Anthocyanins on Oil Storage[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2010, 25(3): 22—25.
- [26] JONGJAREONRAK A, BENJAKUL S, VISESSANGUAN W, et al. Antioxidative Activity and Properties of Fish Skin Gelatin Films Incorporated with BHT and α -Tocopherol[J]. Food Hydrocolloids, 2008, 22(3): 449—458.
- [27] OU S, WANG Y, TANG S, et al. Role of Ferulic Acid in Preparing Edible Films from Soy Protein Isolate[J]. Journal of Food Engineering, 2005, 70(2): 205—210.
- [28] PANCHUTI P, MASUBON T, RANGRONG Y, et al. Antioxidant Properties of Selected Plant Extracts and Application in Packaging as Antioxidant Cellulose-Based Films for Vegetable Oil[J]. Packaging Technology and Science, 2012, 25(3): 125—136.
- [29] 王丽岩. 壳聚糖基活性包装膜的性能及其在食品贮藏中应用的研究[D]. 长春: 吉林大学, 2013: 73—77.
- WANG Li-yan. Studies on Performance of Chitosan Based Activity Packaging Films and Applications in Food Storage[D]. Changchun: Jilin University, 2013: 73—77.
- [30] REIS L C B, de SOUZA C O, da SILVA J B A, et al. Active Biocomposites of Cassava Starch: The effect of Yerba Mate Extract and Mango Pulp as Antioxidant Additives on the Properties and the Stability of A Packaged Product[J]. Food and Bioproducts Processing, 2015, 94: 382—391.
- [31] 刘飞. 茶多酚—壳聚糖纳米粒明胶复合膜的制备及抗氧化应用特性研究[D]. 无锡: 江南大学, 2017: 67—71.
- LIU Fei. Research on the Preparation and Antioxidant Characteristics of Tea Polyphenol-chitosan Nano-particle Gelatin Composite Films[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2017: 67—71.
- [32] CHO S Y, LEE S Y, RHEE C. Edible Oxygen Barrier Bilayer Film Pouches From Corn Zein and Soy Protein Isolate for Olive Oil Packaging[J]. LWT-food Science and Technology, 2010, 43(8): 1234—1239.

- [33] 陈妮娜, 曾稍稍, 王美容. 藕粉-羧甲基纤维素-茶树油可食膜的制备及在食品内包装上的应用[J]. 粮食与油脂, 2017, 30(11): 45—50.
CHEN Ni-na, ZENG Shao-qiao, WANG Mei-rong. Preparation of the Edible Films Based on Lotus Root Starch, Carboxymethyl Cellulose and Tea Tree Oil and the Application in Food Inner Packaging[J]. Cereals & Oils, 2017, 30(11): 45—50.
- [34] 刘莉莉. 壳聚糖/明胶复合膜的制备及性能研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2014: 39—42.
LIU Li-li. Preparation and Properties of Chitosan/gelatin Composite Films[D]. Zhanjiang: Guangdong Ocean University, 2014: 39—42.
- [35] 李梦琦. 结冷胶-琼胶可食复合膜的制备与应用研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012: 55—58.
LI Meng-qi. Study on Preparation and Application of the Edible and Composite Film Based on Gellan and Agar[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2012: 55—58.
- [36] RUBEN D, FRANCISCO J B, BELEN G, et al. Active Packaging Films with Natural Antioxidants to Be Used in Meat Industry: a Review[J]. Food Research International, 2018, 113: 93—101.
- [37] LORENZO J M, PATEIRO M, DOMINGUEZ R, et al. Berries Extracts as Natural Antioxidants in Meat Products: A Review[J]. Food Research International, 2018, 106: 1095—1104.
- [38] GUILLEN M D, GOICOECHEA E. Formation of Oxygenated α,β -unsaturated Aldehydes and Other Toxic Compounds in Sunflower Oil Oxidation at Room Temperature in Closed Receptacles[J]. Food Chemistry, 2008, 111(1): 157—164.
- [39] RODEIGO B, NEI F, ÁLVAROI V J, et al. Gelatin-coated Paper with Antimicrobial and Antioxidant Effect for Beef Packaging[J]. Food Packaging & Shelf Life, 2017, 11: 115—124.
- [40] LORENZO J M, BATLLE R, GOMEZ M. Extension of the Shelf-life of Foal Meat with Two Antioxidant Active Packaging Systems[J]. LWT-food Science and Technology, 2014, 59(1): 181—188.
- [41] HORITA C N, BAPTISTA R C, CATURLA M Y R. Combining Reformulation, Active Packaging and Non-thermal Post-packaging Decontamination Technologies to Increase the Microbiological Quality and Safety of Cooked Ready-to-eat Meat Products[J]. Trends in Food Science & Technology, 2018, 72: 45—61.
- [42] BARBOSA P L, ANGULO I, LAGARON J M, et al. Development of New Active Packaging Films Containing Bioactive Nanocomposites[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2014, 26: 310—318.
- [43] SONG Y, LIU L, SHEN H, et al. Effect of Sodium Alginate-based Edible Coating Containing Different Antioxidants on Quality and Shelf Life of Refrigerated Bream (*Megalobrama amblycephala*)[J]. Food Control, 2011, 22(3/4): 608—615.
- [44] INAM U N, BILAL A A, ASIMA S, et al. Development of Potato Starch Based Active Packaging Films Loaded with Antioxidants and Its Effect on Shelf Life of Beef[J]. Journal of Food Science and Technology-mysore, 2015, 52(11): 7245—7253.
- [45] JUNIOR, ALVARO V, FRONZAN, et al. Biodegradable Duo-functional Active Film: Antioxidant and Antimicrobial Actions for the Conservation of Beef[J]. Food & Bioprocess Technology, 2015, 8(1): 75—87.
- [46] VITAL A C P, GUERRERO A, MONTESCHIO J D O. Effect of Edible and Active Coating (with Rosemary and Oregano Essential Oils) on Beef Characteristics and Consumer Acceptability[J]. Plos One, 2016, 11(8): e0160535.
- [47] OUSSALAH M, CAILLET S, SALMIERI S, et al. Antimicrobial and Antioxidant Effects of Milk Protein-based Film Containing Essential Oils for the Preservation of Whole Beef Muscle[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52(18): 5598—5605.
- [48] YANG H J, LEE J H, WON M, et al. Antioxidant Activities of Distiller Dried Grains with Solubles as Protein Films Containing Tea Extracts and their Application in the Packaging of Pork Meat[J]. Food Chemistry, 2016, 196: 174—179.
- [49] ALPARSLAN Y, TACNUR B. Effect of Chitosan Film Coating Combined with Orange Peel Essential Oil on the Shelf Life of Deepwater Pink Shrimp[J]. Food & Bioprocess Technology, 2017, 10(5): 842—853.
- [50] BETUL K C, EDA Ç, ZEHRRA K E, et al. Antioxidant Active Packaging with Soy Edible Films and Oregano or Thyme Essential Oils for Oxidative Stability of Ground Beef Patties[J]. Journal of Food Quality, 2014, 37(3): 203—212.
- [51] CHIDANANDIAH, KESHRI R C, SANYAL M K. Effect of Sodium Alginate Coating with Preservatives on the Quality of Meat Patties During Refrigerated (4 ± 1)°C Storage[J]. Journal of Muscle Foods, 2009, 20(3): 18.
- [52] PARK H Y, KIM S J, KIM M K, et al. Development of Antioxidant Packaging Material by Applying Corn-Zein to LLDPE Film in Combination with Phenolic Compounds[J]. Journal of Food Science, 2012, 77(10): 273—279.
- [53] REGIANE R S, NATHALIA de M, MARIANA A, et al. Whey Protein Active Films Incorporated with A Blend of Essential Oils: Characterization and Effectiveness[J]. Packaging Technology and Science, 2018, 31(1): 27—40.
- [54] QIN Y Y, YANG J Y, LU H B, et al. Effect of Chitosan Film Incorporated with Tea Polyphenol on Quality and Shelf Life of Pork Meat Patties[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2013, 61: 312—316.
- [55] MARCELO D, JORGR M A S, RUI P F, et al. Development and Performance of Whey Protein Active Coatings

- with *Origanum Virens* Essential Oils in the Quality and Shelf Life Improvement of Processed Meat Products[J]. *Food Control*, 2017, 80: 273—280.
- [56] 王乐田, 贾娜. 植物多酚对肉制品脂肪氧化和蛋白氧化的抑制机理及应用[J]. *中国食品学报*, 2016, 16(8): 205—210.
- WANG Le-tian, JIA Na. Inhibition Mechanism and Application of Plant Polyphenols on Fat Oxidation and Protein Oxidation in Meat Products[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2016, 16(8): 205—210.
- [57] UMARAW P, VERMA A K. Comprehensive Review on Application of Edible Film on Meat and Meat Products: An Eco-friendly Approach[J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2017, 57(6): 10.
- [58] 赵子瑞, 苑冰冰, 张苏苏, 等. 酱卤肉制品加工技术研究进展[J]. *肉类研究*, 2016(12): 41—47.
- ZHAO Zi-rui, YUAN Bing-bing, ZHANG Su-su, et al. Recent Advances in Processing Technologies for Soy Sauce and Pot-Roast Meat Products[J]. *Meat Research*, 2016(12): 41—47.
- [59] 沈晓峰. 天然抗氧化剂和可食性膜对腌腊肉制品抗氧化效果的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2010: 38—40.
- SHEN Xiao-feng. Study on the Effect of Natural Antioxidant and Edible Film for Day-cured Meat Products[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2010: 38—40.
- [60] 罗宁宁. 壳聚糖—肉桂精油可食性膜的制备、性能及应用研究[D]. 上海: 上海应用技术学院, 2016: 26—34.
- LUO Ning-ning. Research on Preparation, Performance and Applications of Chitosan-Cinnamon Oil Edible Film[D]. Shanghai: Shanghai Institute of Technology, 2016: 26—34.
- [61] 吴京蔚, 王玉田, 查恩辉. 可食用膜制备及在酱牛肉保鲜中应用的研究[J]. *食品工业科技*, 2012, 33(4): 353—356.
- WU Jing-wei, WANG Yu-tian, ZHA En-hui. Edible Membrane Preparation and Application in Sauce Beef Preservation Research[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2012, 33(4): 353—356.