国内外香辛料抗氧化效果最新研究进展

杜红霞, 李洪军*, 李小勇, 穆莎茉莉
(西南大学食品科学学院, 重庆 400716)

摘要: 综述了国内外香辛料来源的天然抗氧化剂应用于食品工业的起源、发展、抗氧化性的影响因素、存在问题及发展趋势。重点对香辛料的抗氧化效果及其影响因素、存在问题进行了详细深入的探讨, 以期对香辛料天然抗氧化剂的开发和在食品工业中的应用有所贡献。

关键词: 香辛料; 抗氧化效果; 影响因素; 存在问题

New Development on Antioxidant Effects of Natural Spices Antioxidants

DU Hong-xia, LI Hong-jun*, LI Xiao-yong, MU Sha-moli
(College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400716, China)

Abstract: The antioxidant properties of the essential oil from spices are reviewed in this paper. This contains the origin and development of the antioxidants, antioxidant affecting factors, existing problems and future research direction. The antioxidant effects and affecting factors and existing problems are particularly emphasized in order to help the application of spice antioxidants in food industry.

Key words spices; antioxidant effect; affecting factors; existing problems

中图分类号: TS202.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2008)01-0359-05

目前, 世界各国广泛使用添加抗氧化剂的方法来控制油脂和富油食品的氧化酸败。传统的抗氧化剂是以丁基羟基茴香醚(BHA)、二丁基羟基甲苯(BHT)、没食子酸丙酯(PG)及特丁基对苯二酚(TBHQ)等为主的合成抗氧化剂。但自20世纪70年代以来, 人们对一些合成抗氧化剂的安全性提出了质疑, 于是越来越多的食品工作者把目光转移到安全性更高的天然抗氧化剂的研究、开发和利用上来。香辛料和中草药主要作为油脂和富油食品的添加剂, 以延长食品的保质期, 它们是两类极其重要的天然抗氧化剂。

本文对国内外香辛料来源天然抗氧化剂的抗氧化效果、影响因素的研究进展进行综述, 同时, 探讨了香辛料抗氧化剂研究中存在的不足、未来的研究方向, 以期能更深入的研究和利用香辛料的抗氧化性为食品工业服务。

1 香辛料抗氧化效果的研究起源和发展

远古时期, 人们已经从生活经验中得知某些具有香气植物的草、木、枝、叶、果实或花蕾制成的香料可用于食品的保藏。对香辛料抗氧化作用的科学研究始

于20世纪30年代, 其研究对象是各种食用油脂(如猪油和花生油)、蛋黄酱、调味汁等, 并已发现有一些香辛料可延缓花生油过氧化物的生成^[1]。1938年, 美国的Maveety将香辛料、油树脂、精油等物质的抽提物和残渣分别添加到油脂中, 发现其具有抑制油脂氧化的作用, 并申请了专利。从此, 在世界范围内掀起了香辛料对含油脂食品抗氧化作用研究的热潮。1951年, Chipault等人在前人基础上对32种香辛料的抗氧化性进行分析总结, 发现蒲桃科的丁子香、多香果, 紫苏科的迷迭香、洋苏叶, 生姜科的姜、姜黄都具有较强的抗氧化效果, 其中抗氧化性能最好的是迷迭香和鼠尾草。1952年, Chipault等人又将6种粉碎的香辛料加到猪油、O/W乳液、蛋黄酱、碎猪肉和沙拉调料6种食品中, 以抗氧指数为指标考察了他们的抗氧化性。然而, 1954年, 化学抗氧化剂BHA的出现以及1956年相继创出的BHT, 在一定程度上取代了香辛料抗氧化剂的应用^[2]。

自1960年起, 迷迭香便以其独特的抗氧化功能在世界范围内声名鹊起。法国从迷迭香干叶粉中提取出两种晶体抗氧化物质(鼠尾草酚和迷迭香酚), 它们比人工

收稿日期: 2006-11-17

作者简介: 杜红霞(1980-), 女, 硕士研究生, 研究方向为肉类科学与酶工程。E-mail: dhx13@163.com

*通讯作者: 李洪军(1961-), 男, 教授, 主要从事肉类科学与酶工程的研究。E-mail: hongjunli@yahoo.com.cn

合成氧化剂BHT和BHA的抗氧化能力强4倍多。日本田边株式会社也从迷迭香酚中提取出RM-21A(水溶性)和RM-21B(脂溶性)两种抗氧化剂产品。这一时期,人们研究采用AOM(active oxygen method)法,总结出30种香辛料对猪油的抗氧化性。结果表明:迷迭香、鼠尾草具有很强的抗氧化效果;牛至、麝香草、肉豆蔻也具有较强的活性;有些香辛料的抗氧化性可与BHA、BHT、VE匹敌。以具有最强抗氧化活性的迷迭香为基质,加入其他香辛料的提取物,将此混合的香辛料添加在鱼油中发现,迷迭香与桂皮、丁香、鼠尾草按一定比例并用具很好的协同效果。因此,配合使用这些香辛料,同时具有抗氧化和除臭效果,其实用性相当高。

1960~1999期间,科研人员重点研究香辛料中具有抗氧化作用的具体成分的分离和鉴定,并发现其主要抗氧化成分是酚类及其衍生物,其中包括精油组分中的酚类物质和非挥发组分中的单宁和黄酮类物质。1983年Nakatani等从牛至草中分离出5种具有抗氧化作用的酚类化合物:原儿茶酸、香芹酚、百里香素、麝香草酚和咖啡酸等,他们均比 α -VE的抗氧化性高,与BHA类似。Barbut等指出添加迷迭香可有效降低香肠TBA值以及增加豆油的抗氧化性。Barbut等研究显示添加香辛料鼠尾草、丁香、肉桂、迷迭香、麝香、大蒜以及姜等都能增加产品的抗氧化效果。杨晓泉等^[3]研究了小茴香甲醇提取物的抗氧化性质,采用硫氰酸铁法测定,发现12种组分中占45%的香豆素和萜类内酯两种组分(小茴香甲醇提取物的主要成分)表现出很强的抗氧化活性,分别达 $97\% \pm 2.4\%$ 及 $86.2\% \pm 3.6\%$,优于BHA。中谷正二乙从迷迭香中分离出六种具有松香烷骨架的酚系二萜化合物,其中鼠尾草酚、迷迭香酚、表迷迭香酚和异迷迭香酚的抗氧化活性是BHA和BHT的四倍。广未等人研究了48种商品香辛料的不同抽提物对亚油酸甲酯的抗氧化能力,证实白栎木、樟脑草和除蚤薄荷等均有较强的抗氧化能力。国外研究者从牛至干叶的甲醇提取物中分离得到一种糖甙化合物和四种酚酸类物质,抗氧化作用与BHA相当。日本YAYO等人从百里香的丙酮提取液中分离得6种黄酮类物质,其中4'-羟基-7-甲氧基黄酮等三种化合物的抗氧化能力与BHA相当。Kikuzaki和Nakatani^[4]发现生姜中的姜酮和姜醇等12种化合物具有比生育酚更强的抗氧化能力。唐薰等人用香紫苏的油提取物代替BHA对猪油的抗氧化。Lee等^[5]指出胡椒的类黄酮、亲脂酚类和其他非极性化合物具有抗氧化活性。大蒜中的烯丙基硫化物、丁香中的丁香酚等物质都有抗氧化性。黄雪松等^[6]认为生姜甲醇提取物的抗氧化效果最好,也有人认为生姜乙醇提取物对猪油的抗氧化作用与BHT相当;Yanishlieva等^[7]报道夏日薄荷的乙醇提取物可抑制葵花油的氧化。综上可见,香辛料

中多含有黄酮类、类萜、有机酸等多种抗氧化成分。

自20世纪90年代末起至今,香辛料活性物质的抗氧化活性的研究侧重于不同来源的香辛料的抗氧化能力的比较(包括抗氧化成分提取方法、植物品种、部位和年龄、气候条件、采摘季节及采摘地点表现出的差异)、香辛料精油的化学和生物学性质、香辛料功能特性的延伸(抗氧化性、抑菌性、抗辐射、抗HIV病毒、抗肿瘤以及对有害物质如腌制食品的亚硝胺、煎炸肉食品的杂环胺的抑制上)。如Balogh等研究表明VE和迷迭香油树脂均可抑制油炸牛肉饼中杂环胺的形成。Botsoglou等^[8]在鸡饲料内添加牛至精油(以 α -VE为对照),比较了二者对在冰箱贮存期间的生鸡肉和煮鸡肉的抗脂肪氧化的效果。T Kulisica等^[9]采用不同方法评价了牛至精油的抗氧化效果,并分析了对抗氧化性影响的因素。G Sacchetti等^[11]以商品百里香精油为对照,评价了11种不同来源的香辛料精油的抗氧化性。G Singh等^[12]研究了肉豆蔻精油及其丙酮提取物对贮藏期内的菜籽油的抗氧化性和抑菌性,通过测定固定间隔的菜籽油的PV、TBA和总羰基化合物得出,二者都比BHA和BHT具有更强的抗氧化性,并采用GC-MS分析鉴定出精油中占总量96.49%的49种成分及提取物中占总量71.66%的23种成分。Tzung-HSun Tsai等^[13]研究认为5种常见的抗癌香辛料(红辣椒、蒜、绿色圆葱和韭菜)均具有抗氧化性和抑菌性,且抗氧化性与总酚类化合物的含量之间有重要的联系(但它并不是抑菌性的重要决定因素)。S Fellah等^[10]比较了不同地区的鼠尾草精油的化学成分和抗氧化性。B Tepe等^[14]比较了2种不同来源的百里香的抗脂肪氧化和清除自由基的能力。L Gachkar等^[15]分析了姜黄和迷迭香的化学成分和抗氧化性的关系。

2 香辛料抗氧化效果的影响因素

香辛料抗氧化剂的抗氧化效果受很多因素影响,如抗氧化剂的理化性质、提取方法、提取物的极性、氧化作用引发者的类型、受体种类、贮存条件以及抗氧化剂本身的成分等都会不同程度的影响香辛料的抗氧化效果,同一种香辛料在不同的条件下抗氧化性不同。

2.1 抗氧化剂的理化性质(主要是溶解性)^[33]

香辛料天然抗氧化剂分为油溶性和水溶性两大类。一般认为,油溶性抗氧化剂对以油为主体的系统有较好的抗氧化效果,同理,水溶性抗氧化剂应对以水为主体的系统有较好的抗氧化效果。然而,实践证明并不完全如此。Frankel等人发现水溶性抗氧化剂在以油为主体的系统中比油溶性抗氧化剂有较好的抗氧化效果,而在乳化系统中结果恰恰相反,原因是水溶性抗氧化剂在油体系统中可有效分布在空气和油分子的界面,从而防止油脂的氧化作用;当在水为主体的乳化系统中,水溶

性抗氧化剂会被水稀释而减低其有效浓度;同理,油性抗氧化剂在乳化系统中能维持有效浓度,因而比相同系统中的水溶性抗氧化剂有最佳的抗氧化效果。

2.2 香辛料抗氧化剂制备方法和抗氧化剂的成分

香辛料抗氧化剂多为自然来源的植物萃取物,其抗氧化成分依植物品种、部位、年龄、气候条件、地理位置、采摘季节、提取方法、提取溶剂类型和极性等不同^[10,16-17]。香辛料精油和提取物制备方法很多,如精油主要采用水蒸汽蒸馏法、提取物主要采用溶剂提取、固相萃取、超临界萃取、微波辅助萃取、高压液相萃取等方法。溶剂提取法中,提取溶剂的极性对抗氧化性有很大影响。Madsen等^[19]研究了香辛料的抗氧化性,认为不同的香辛料,有的提取物极性越大抗氧化性越好(如迷迭香酚和鼠尾草^[20]等);有的提取物极性越小,抗氧化性越好(如生姜等)。何文珊等^[21]研究了6种香辛料的不同有机溶剂提取物对猪油和花生油的抗氧化能力,结果表明:甲醇提取物的抗氧化效果最好,而石油醚提取物的抗氧化效果最差。Milan Suhaj^[18]综述了提取溶剂对香辛料抗氧化性的影响:常见提取溶剂如石油醚、甲苯、丙酮、甲醇、乙醇、乙醚、乙酸乙酯和水等具有不同的抗氧化性(一般来说甲醇最好)。

2.3 氧化作用引发者的种类

香辛料抗氧化剂还受氧化作用引发者的影响,表现出不同程度的抗氧化效果。Fakourelis等^[22]在研究橄榄油的氧化稳定性时,证明叶绿素是引起油脂单氧化作用的助氧化剂,抗氧化剂本身的性质会因实验氧化方法不同及所使用浓度高低而表现出助氧化和抗氧化性。Jung等^[23]比较不同浓度的 α -生育酚、 γ -生育酚和 δ -生育酚在大豆油中的抗氧化效果发现,超过一定的浓度范围,三者都由抗氧化性转变为助氧化性,只是 α -生育酚的临界浓度稍高。Madsen等^[19]人认为贮藏初期,硫代巴比妥酸反应物质(TBARS)大量减少,但是到了后期TBARS又会增加到样品中未添加香辛料水平。石阶平、韩雅珊等^[24]研究发现,随桂皮提取物添加量的增加,对猪油氧化的抗氧化效能增大,但是在添加量大的情况下,桂皮提取物自身发生了氧化反应,激发了油脂氧化。

2.4 受体种类

香辛料抗氧化剂的效果不能单用油脂作为受体,因单一油脂所测得的抗氧化效果并不一定适用于最终加工产品。如饼干、巧克力等产品,除含有油脂成分外,还含有钠、铁离子、乳化剂等非油脂成分,它们均可影响抗氧化效果。因此,要应用天然抗氧化剂,应尽量将各种受体及组分一起考虑。

2.5 贮存条件

香辛料抗氧化剂的抗氧化效果还取决于贮存条件,

包括贮藏温度、光照等。首先,香辛料精油都必须贮存于密封、避光且低温条件下,否则,香辛料本身极易发生氧化,使抗氧化效果减弱甚至发生促氧化。其次,添加到食品中后,该食品的贮藏条件同样会影响其抗氧化性。如国内有人研究发现,贮藏温度对大蒜精油的抗氧化作用有很大影响,添加大蒜精油的花生油应尽量贮存于低温条件下。

3 香辛料抗氧化剂应用于食品工业存在的问题及发展趋势

3.1 香辛料的抗氧化效果评估

香辛料活性成分随诸多因素而不同,加上评价抗氧化性方法(两类:清除自由基和抑制脂肪氧化)的不统一^[25,32],因此,评价清除自由基能力常用:二苯代苦味肼基自由基(DPPH)法、荧光光谱测定法(oxygen radical absorbance capacity, ORAC)、过氧化物歧化酶生物传感器法(SOD biosensor)、酪氨酸酶生物传感器法、氧吸附法(OXY-Absorbent test)、脱氧核糖分析法、硫氰酸铁法(FRAP)、 β -胡萝卜素漂白法(BCB)或 β -胡萝卜素-亚油酸检测法和发光化学发光法(PCL)等;评价抑制脂肪氧化常用:过氧化值(PV)法、硫代巴比妥酸反应物质(TBARS)法、总羰基化合物法、游离脂肪酸(FFA)或多聚物含量法、多不饱和脂肪酸(PUFA)含量法和脂肪衍生挥发物法等。不同评价方法对抗氧化性有很大影响^[11,26],给正确评估抗氧化活性造成困难,如DPPH法和FRAP法评价的罗勒糖苷配基和精油的抗氧化性不一致^[27]。因此,应尽量将萃取方式固定,将评价方法标准化,然后将其抗氧化效果与纯的合成标准品抗氧化剂相比较,以客观准确的评价其抗氧化效果。

3.2 对香辛料抗氧化剂提纯或部分纯化后的单体和精油的抗氧化性之间关系的研究

目前已报道的仅有:M Milos等^[28]以PV值为指标、 α -生育酚为对照,研究发现牛至精油和牛至糖苷配基的抗氧化性明显好于其主要抗氧化单体麝香草酚和百里醌单独作用;Giuseppe Ruberto等^[29]研究100种纯精油组分在两种脂系统中的抗氧化性。因此,应对其单体、单体与精油的关系、不同精油相乘作用或者精油与其他抗氧化剂协同作用的效果进行研究,给人工合成高效抗氧化剂提供指导。

3.3 国内对各类油脂的抗氧化作用及其他受体物质的研究

国外对香辛料抗氧化性的检测更加专一化,如各种食品如肉制品中的咸肉、咸鱼、火腿、香肠、油脂等的研究很多^[30-31],而国内对香辛料抗氧化性的研究大部分还是以油脂为受体,目前已报道仅猪肉馅和鸡肉

馏等, 研究人员可多关注天然抗氧化成分在生物体系和食品中抗氧化作用的差异, 评价其抗氧化性, 并用不同的受体进行专一性检测^[18]。

3.4 理论研究现状

大多数精油在各类食品中的应用在国内仅为香精的作用, 对它的功能性尚未有系统研究, 而国外已知报道很多。因此, 我们应研究其增加免疫力、抗癌、抗病毒(如HIV)、抗辐射、和抗炎等作用并开发出相应的保健食品, 以提高产品的附加值, 将更多的香辛料商品化。

3.5 食品安全标准短缺^[33]

香辛料天然抗氧化剂并非完全安全无毒。Lima等^[34]经毒理学试验发现低于0.02%的鼠尾草精油安全无毒, 但0.2%(V/V)就可显著损伤小鼠细胞活性。Manabe等研究得出丁香酚、薄荷醇和百里香酚均表现出对牙龈根管的刺激性; 肉桂醛、香芹酚和百里香酚均在体外细胞实验中表现出低毒性。因此, 植物提取物、混合物和分离浓缩物必须保证人们安全, 在决定使用某种天然抗氧化剂时仍需通过全面毒理学进行检验。

3.6 成分的分离鉴定

成分分离鉴定方法很多, 国内几乎没有报道采用GC-MS以外的方法, 而国外对成分分析方法的研究很多^[35-36], 主要为: HPLC、GC-MS、LC-MS、静电离子质谱(electrospray ionization mass spectrometry, ESI-MS)、毛细管电泳-电气化学检测(CE-ED)、毛细管区域电泳-紫外检测(capillary zone electrophoresis, CZE-UV)和毛细管电泳-紫外二极管检测(CE-UV-diode)等。多种方法之间的比较和使用范围也都有报道。

3.7 香辛料精油生产中母液利用

水蒸汽蒸馏法制备精油会产生具有潜在抗氧化性的大量母液, Rocha-Guzma等^[37]认为牛至精油及其乙酸乙酯提取母液具有抗氧化性, Elzaawely等^[38]报道产生生姜精油的废液具有抗氧化性。因此应研究利用这部分资源。

4 结论

21世纪是一个追求食品安全与可持续发展的绿色世纪。以天然食品抗氧化剂取代化学合成抗氧化剂是今后食品抗氧化剂工业发展的趋势, 开发实用、高效、成本低廉的天然抗氧化剂仍是研究重点。在我国, 香辛料是非常丰富的天然抗氧化剂资源, 因此, 香辛料抗氧化剂将有广阔的应用前景。

参考文献:

[1] 蔡奕文, 赵谋明, 彭志英. 天然抗氧化剂发展近况[J]. 中国油脂, 1999, 24(4): 45-47.
[2] 杨洋, 韦小英, 阮征. 国内外天然食品抗氧化剂的研究进展[J]. 食品

科学, 2002, 23(10): 137-140.

- [3] 杨晓泉, 张水华, 高建华, 等. 小茴香甲醇提取物的抗氧化性质研究[J]. 中国粮油学报, 1998, 13(3): 37-40.
[4] KIKUZAKI, NAKATANI. Antioxidant effects of some ginger constituents[J]. J Food Sci, 1993, 58(6): 1407-1410.
[5] LEE Y, HOWARD L R, VILLALON B. Flavonoids and antioxidant activity of fresh pepper (*Capsicum annuum*) cultivars[J]. J Food Sci, 1995, 60(3): 473-476.
[6] 黄雪松, 王建华, 路福绥. 生姜抗氧化作用的研究[J]. 食品工业科技, 1997(4): 16-17.
[7] YANISHLIEVA N V, MARINOVA E M, MAREKOV I N, et al. Effect of an Ethanol Extract from Summer Savory (*Satureja hortensis* L.) on the stability of Sunflower Oil at Frying Temperature[J]. J Sci Food Agric, 1997, 74(4): 524-530.
[8] BOTSOGLOUA N A, CHRISTAKIA E, FLETOURIS B D J, et al. The effect of dietary oregano essential oil on lipid oxidation in raw and cooked chicken during refrigerated storage[J]. Meat Science, 2002, 62: 259-265.
[9] KULISICA T, RADONIC A, KATALINIC V, et al. Use of different methods for testing antioxidative activity of oregano essential oil[J]. Food Chemistry, 2004, 85: 633-640.
[10] FELLAH S, DIOUF P N, PETRISSANS M, et al. Chemical composition and antioxidant properties of *Salvia officinalis* L. oil from two culture sites in Tunisia[J]. J Essent Oil Res, 2006(18): 553-556.
[11] SACCHETTI G, MAIETTI S, MUZZOLI M, et al. Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods[J]. Food Chemistry, 2005, 91: 621-632.
[12] SINGH G, MARIMUTHU P, CHROLA S, et al. Antimicrobial and antioxidant potentials of Essential oil and Acetone extract of *Myristica fragrans* Houtt. (Ariol Part)[J]. J of Food Sci, 2005, 70(2): M141-M148.
[13] TSAI I H, TSI P J, HO S C. Anti-inflammatory activities of several commonly used spices[J]. J of Food Sci, 2005, 70(1): C93-C97.
[14] TEPE B, SOKMEN M, AKPULAT H A, et al. Antioxidative activity of the essential oils of *Thymus sippyleus* subsp. *sippyleus* var. *sippyleus* and *Thymus sippyleus* subsp. *sippyleus* var. *rosulans*[J]. J of Food Engineering, 2005, 66: 447-454.
[15] GACHKAR L, YADEGARI D, REZAEI M B, et al. Chemical and biological characteristics of cumin, cumymin and rosemary essential oils[J]. Food Chemistry, 2006(6): 35-41.
[16] BETTS T J. Chemical characterisation of the different types of volatile oil constituents by various solute retention ratios with the use of conventional and novel commercial gas chromatographic stationary phases[J]. Journal of Chromatography A, 2001, 936: 33-46.
[17] BURT S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review[J]. International Journal of Food Microbiology, 2004, 94: 223-253.
[18] SUHAJ M. Spice antioxidants isolation and their antiradical activity: a review[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2006(19): 531-537.
[19] MADSEN H L, BERTELSEN G. Spices as antioxidants (review)[J]. Trends in Food Science & Technology, 1995(6): 271-277.
[20] TEPE B, DAFERERA D, SOKMEN A, et al. Antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and various extracts of salvia tomentosa miller (*Lamiaceae*) [J]. Food Chemistry, 2005, 90: 333-340.
[21] 何文珊, 李炎, 李琳, 等. 几种香辛料对油脂抗氧化效果的评价[J]. 中国调味品, 1998(7): 12-15.
[22] FAKOURELIS N, LEE E C, MIN D B. Effects of chlorophyll and beta-carotene on the oxidation stability of olive oil[J]. J Food Sci, 1987, 52

- (1): 234-235.
- [23] JUNG M Y. Effects of quenching mechanism of carotenoids on the photosensitized oxidation of soybean oil[J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 1991, 68: 653-658.
- [24] 石阶平, 韩雅珊, 蒋修学. 桂皮抗氧化成分的研究[J]. 食品与发酵工业, 1995, 21(2): 36-40.
- [25] BONANNI A, CAMPANELLA L, GATTA T, et al. Evaluation of the antioxidant and prooxidant properties of several commercial dry spices by different analytical methods[J]. Food Chemistry, 2007, 102(3): 751-758.
- [26] MANTLE D, ANDERTON J G, FALCOUS G, et al. Comparison of methods for determination of total antioxidant status: application to analysis of medicinal plant essential oils[J]. Comparative Biochemistry and Physiology (Part B), 1998, 121: 385-391.
- [27] POLITEO O, JUKIC M, MILOS M. Chemical composition and antioxidant capacity of free volatile aglycones from basil (*Ocimum basilicum* L.) compared with its essential oil[J]. Food Chemistry, 2007, 101: 379-385.
- [28] MILOS M, MASTELIC J, JERKOVIC I. Chemical composition and antioxidant effect of glycosidically bound volatile compounds from oregano (*Origanum vulgare* L. ssp. *hirtum*) [J]. Food Chemistry, 2000, 71: 79-83.
- [29] RUBERTO G, BARATTA M T. Antioxidant activity of selected essential oil components in two lipid model systems[J]. Food Chemistry, 2000, 69: 167-174.
- [30] GOULAS A E, KONTOMINAS M G. Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*): biochemical and sensory attributes[J]. Food Chemistry, 2007, 100: 287-296.
- [31] JAYATHILAKAN K, SHARMA G K, RADHAKRISHNA K, et al. Effect of natural antioxidants on the lipid stability of fluidized bed-dried mutton[J]. Food Chemistry, 2007, 100: 662-668.
- [32] ESTEVEZ M, RAMIREZ R, VENTANAS S, et al. Sage and rosemary oils versus BHT for the inhibition of lipid oxidative reactions in liver pate[J]. LWT, 2007, 40: 58-65.
- [33] 钟瑞敏, 王羽梅, 曾庆孝, 等. 芳香精油在食品保藏中的应用性研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(3): 93-98.
- [34] LIMA C F, CARVALHO F, FERNANDES E, et al. Evaluation of toxic/protective effects of the essential oil of *Salvia officinalis* on freshly isolated rat hepatocytes[J]. Toxicology in Vitro, 2004, 18: 457-465.
- [35] PENG Y, YUAN J, LIU F, et al. Determination of active components in rosemary by capillary electrophoresis with the electrochemical detection[J]. J of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 2005, 39: 431-437.
- [36] MOLLER J K S, CATHARINO R R, EBERLIN M N. Electrospray ionization mass spectrometry fingerprinting of essential oils: spices from the labiatae family[J]. Food Chem, 2007, 100: 1283-1288.
- [37] ROCHA-GUZMAN N E, GALLEGOS-INFANTE J A, GONZALEZ-LAREDO R F, et al. Antioxidant effect of oregano (*Lippia berlandieri* v. *Shauer*) essential oil and mother liquors[J]. Food Chem, 2006(5): 24-29.
- [38] ELZAAWELY A A, XUAN T D, TSWATA S. Essential oils, kava pyrones and phenolic compounds from leaves and rhizomes of *Alpinia zerumbet* (Pers.) BL Burt & R M Sm and their antioxidant activity[J]. Food Chem, 2007, 103(2): 486-494.