第7卷 无锡轻工业学院学报 Vol.7
第4期 JOURNAL OF THE WUXI INSTITUTE OF LIGHT INDUSTRY 1988 No.4

食用天然抗氧化剂的研究及其应用

王洪新 汤逢
（食工系） （粮油系）

摘 要

本文综述了迄今为止世界各国对天然食用抗氧剂研究的概况和进展，注意新颖性和实用性，并提供了最新的60余篇参考资料。

主题词：天然；食用；抗氧剂；进展；实用性

引 言

油脂酸败有多种原因，但在通常的贮存条件下主要是因脂肪的自动氧化。关于其自动氧化机理，已有许多研究报道[1,2,3]。油脂和含油食品因酸败缩短了保存期，降低了经济效益并影响食用。

防止油脂酸败变酣的方法有多种，如真空、充氮、添加抗氧剂、使用除氧剂[4,5]等。但真空与充氮都不易做到并维持，而除氧剂的使用方法还未根本解决。采用适当的抗氧剂，只需微量(≤0.02%)就可以获得满意的效果，因此目前世界各国仍采用加抗氧剂的方法。

食用抗氧剂可分为合成的与天然的两大类。由于人们日益担心合成抗氧化剂(如BHT和BHA)的安全性，并且确有许多科学家的研究在一定程度上证明了BHT、BHA很可能损害人体的酶系统[6,7,8]，因此食品科学家将研究的重心又转到天然的产物上来。所谓天然抗氧剂可以理解为那些从动植物组织中得到的以及在加工动植物组织过程中产生的抗氧活性物质。

国外有关天然抗氧剂研究的文章已经不少，但国内这方面的工作刚刚起步，对此进行综述很有必要。

天然抗氧剂的研究大致包括下列主要内容： 抗氧性组分的提取、分离和精制； 抗氧化性能的测试； 抗氧剂结构鉴定； 抗氧剂的应用研究； 抗氧化机理探讨； 毒理学检验。一般的结论是：从什么原料中得到怎样的抗氧剂。因此本文试图循着这条线索来窥探一下该领域至今为止所取得的进展。

1 天然抗氧剂的研究与应用

1.1 儿茶素类化合物(Catechins)

Kasimoto 研究了茶叶粉末和其水溶液抽出物的抗氧化性，指出在豆油、小麦油中，

本文1988年2月1日收到

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

水抽提物比醇抽提物的活性大[9]，其中的有效成分是表棓儿茶酸(EGC)、儿茶酸(Catechin)、棓酸(Gallic Acid)和棓酸表棓儿茶酸酯(EGCG)。EGC比其它三种化合物的抗氧作用强得多。

另一篇文章[10]对各种茶叶中的抗氧成分及活性大小进行了较详尽的综述。茶叶中几种儿茶素化合物的结构如图1所示。

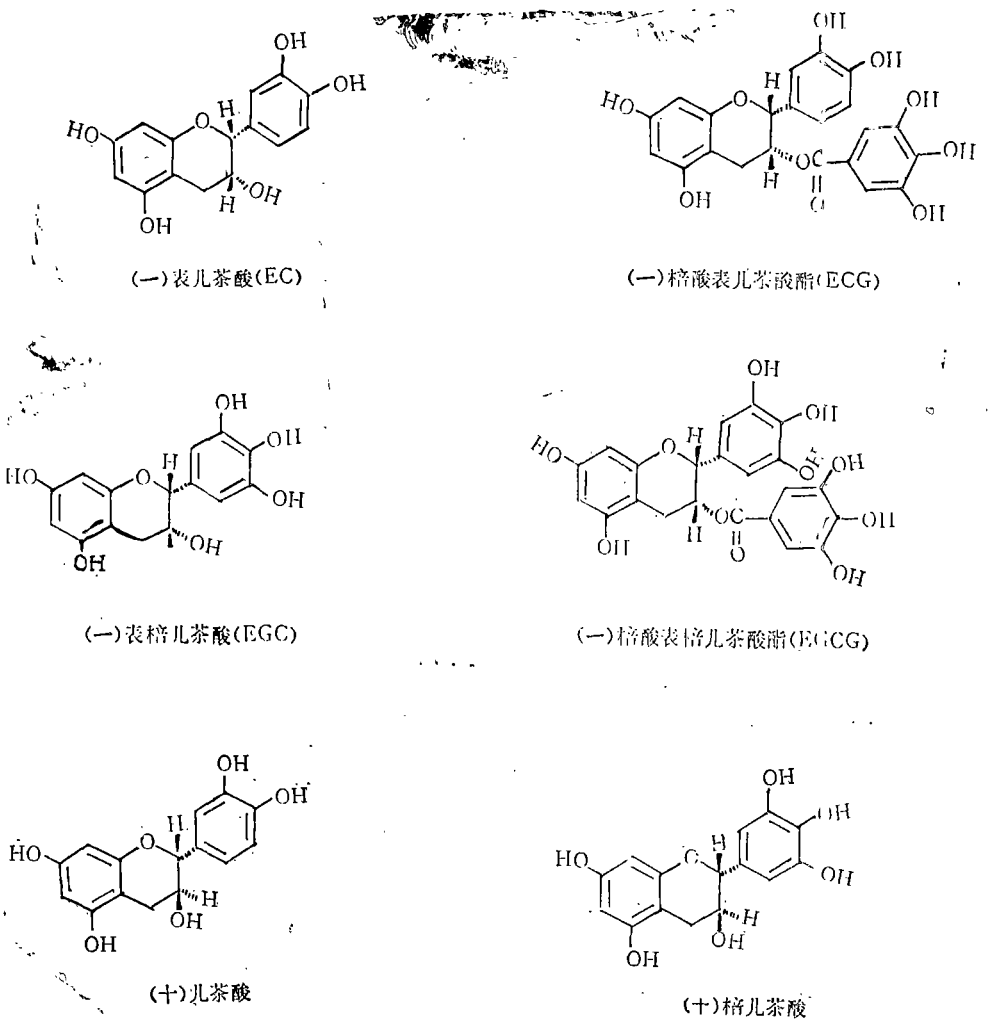


图 1 茶叶中儿茶素化合物结构

得自生长在印度的金合欢植物儿茶的心材中的金合欢儿茶酸(Aca—Catechin)对牛油、花生油和粗制芥子油都有抗氧化作用。野蔷薇种子的醇抽提物中含(－)表儿茶酸、(＋)儿茶酸，(＋)棓儿茶酸、类黄酮及花白素等抗氧有效成分。蔓越橘叶中含丹宁——儿茶酸复合物，在牛油、牛奶、人造奶油和氢化油中具有抗氧性。

出口直彦等从可可豆壳中分离得到儿茶酸等强抗氧成分[11]。

広濑裕子等研究了葡萄籽中的抗氧剂，得到(＋)儿茶酸和(－)表儿茶酸，它们对猪油的抗氧作用比BHA、BHT或*dl*—α—生育酚强得多[12]。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.2 肉桂酸衍生物(Cinnamic acid derivatives)

肉桂酸的结构如图 2 所示，它的衍生物包括香豆酸、阿魏酸、咖啡酸、绿原酸及它们的生物，也是自然界分布甚广的一类化合物。

已有人研究了大豆、棉籽、花生、白胡椒[13]、燕麦和金雀花种子[14]、唇形科鼠尾草属物种子[15]、可可壳、芝麻[16]、葵花籽饼粕[17]、忍冬叶[18]等原料中肉桂酸衍生物的抗氧性能。

Cort 曾用血红蛋白的过氧化实验来观察阿魏酸和咖啡酸在红花油——水乳化液中的作用，证明它们有好的抗氧性，但不如栎精或芝麻酚。上述化合物对猪油或沙丁鱼油也有好的抗氧作用。用烘箱贮存法测知咖啡酸和BHT对于豆油的活性相当[18]。

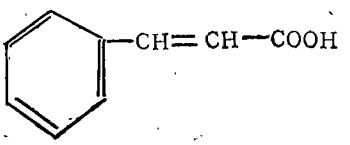


图 2　肉桂酸的化学结构

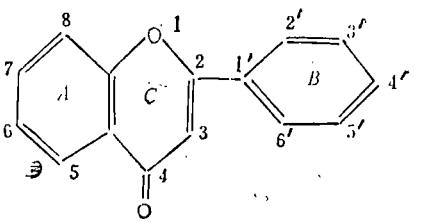


图 3　黄酮化合物的结构骨架

1.3 黄酮化合物(Flavonoids)

它们存在于大量的水果、蔬菜、植物叶、花卉、油料种子中，是一类广泛分布的天然化合物。黄酮化合物的一般结构骨架如图 3 所示。

已有人从下列植物中得到了具有抗氧化作用的黄酮化合物：洋葱、胡椒，花椒、柑桔属水果[19]、大豆、棉籽[20]、花生[21]、*Chia Seeds*[15]、忍冬叶、野牡丹[22]、毒麦——蚕豆—苜蓿叶子脂质[23]、苜蓿种子[24]、杨梅叶等。

在天然黄酮物质中，栎精(3,5,7,3′,4′—五羟基黄酮)的丰度最高。对于亚油酸(甲酯)猪油和豆油等底物抗氧化作用较强的是棉子皮亭、刺槐亭、杨梅酮、栎精和二氢栎精。

Mahgoud等研究了栎精对催化氧化的金属铜的抑制作用，指出铜在猪油中可催化产生过氧化物，缩短诱导时间，这种不良作用可因使用栎精而克服，但BHT不能使铜失去活性[25]。

许多人研究了黄酮化合物的结构与其抗氧性能之间的关系，总的结论是黄酮化合物的抗氧活性是其整个分子的功能，而不是羟基的累加结果。下列基团是它们抗氧性能的保障：吡喃酮环(C环)3—位上具有羟基；　C环4—位上的酮基；　C环2—3位上的双键；　B环3′,4′—位上的双羟基；　A环5,7—位上的羟基。而分子中羟基甲基化一般都使其抗氧活性降低。分子中特定羟基的抗氧化作用与它失去H原子形成的自由基的稳定性有关。

寻找黄酮化合物使用的最佳底物是比较有意义的。

1.4 迷迭醇和卡诺醇等二萜酚类化合物

对于此类化合物的研究可能源于Chipault 等人所做的工作。1976～1985年间，张驷祥、何其傥等较系统地研究了迷迭香(Rosemary)和鼠尾草中的抗氧成分，并找到一种制备色淡、味轻的抗氧剂的工艺过程[6][26,27,28,29]。Reiko Inatani等从迷迭香中得到了强抗氧性的迷迭醇和卡诺醇等组分[30,31,32]。他们指出，迷迭醇和卡诺醇等组分在猪油和亚油酸中都有强抗氧性，尤其迷迭醇在猪油中的活性比 BHT、BHA强 4 倍多。

几种得自迷迭香的抗氧组分的结构见图 4 。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

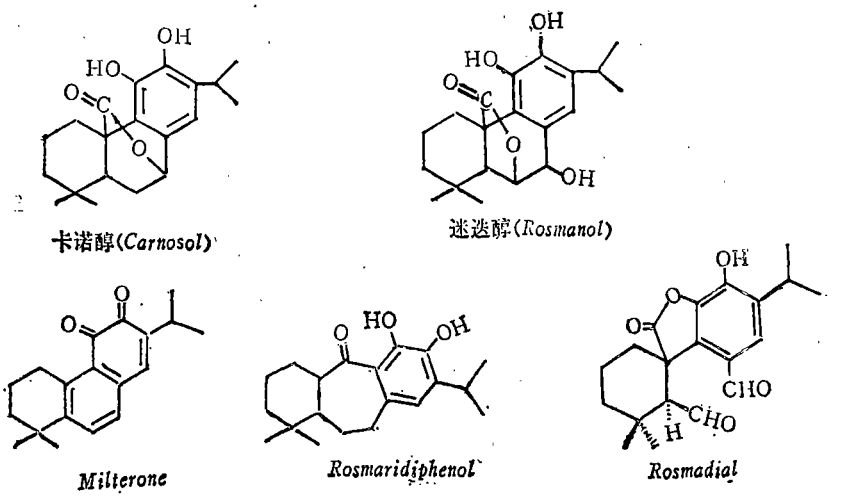


图 4 迷迭香中几种抗氧剂的结构

1.5 柑桔属水果中的有机酸

柑桔属水果包括柑桔、柠檬、葡萄柚，宜母子、香橼等。

抗坏血酸是一种主要的抗氧性有机酸，并作为天然抗氧剂使用已久，Bauernfield等对它进行了较全面的评述[33]。Klaui指出，抗坏血酸——棕榈酸酯在植物油中用量为0.01%时，抗氧活性优于BHA或BHT。Ayano等研究了*L*—抗坏血酸—硬脂酸酯与α—生育酚的协同效应，在猪油中两者有很好的协同作用，若再加入柠檬酸则效果更佳[34]。Yamauchi等研究表明，在淬灭单线态氧($^1O_2$)时，抗坏血酸与生育酚有协同效应[35]。

D—异抗坏血酸钠也有抗氧化作用[36]。

其它具抗氧作用的有机酸还有柠檬酸、苹果酸、富马酸、山梨酸等。应当指出，所有的有机酸单独使用都不很有效，但作为基本抗氧剂的增效剂或金属离子的螯合剂却起重要作用。

1.6 生育酚(Tocopherols)

生育酚(TOC)通常称维生素E，是由植物合成的8种化合物的总称。这8种化合物分作两类，每一类又都包括4种维生素，根据它们在色满环上的甲基数目不同，分别以α、β、γ和δ标记。

Bieri指出，TOC是最重要的肌体组织中的抗氧剂，可以阻止或控制非特殊性反应产生多种氧化物，并通过这种作用防止不饱和脂肪酸失去磷脂进而引起的细胞膜破裂[37]。

TOC主要存在于油料种子中，比较容易从大麦胚芽油和豆油脱臭阱中的渣物中得到。对咸肉、焙烤食品及各种油脂都有抗氧化作用，一般来说，其抗氧活性大小顺序是δ->γ->β->α-TOC。

TOC的用量在0.01～0.10%时较有效，再增大用量，它的抗氧活性反而降低。Cort指出当它们加到动物脂肪、类胡萝卜素和维生素*A*中时，具有最大的活性[38]。添加量为0.02%，对于鸡、猪和牛脂，γ—TOC比同浓度的BHA或BHT活性大。

仅用TOC常常不能满足食品抗氧化的要求，因此实际应用中将它与其它抗氧剂同时使用，既可减少它的用量，又可提高抗氧化能力。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Yuki E.在煎炸实验中发现，当不是正在煎炸时，用一金属浮体将油与空气隔绝，则TOC可提供满意的保护作用。在美国煎炸油的生产者大都使用1～2 ppm的甲基聚硅氧烷，使之在油——空气界面形成单分子层，以有效地排除氧气。

TOC抗氧化的机理至少有两条途径：　终止自由基链增长；　清除体系中单线态氧。TOC氧化以后产生酚醌及环氧化物的混合物，能发生多种聚合作用。

1.7　蛋白质水解物、氨基酸及褐变反应产物

得自大豆、酵母、鱼、某些叶子和其它资源的水解蛋白能增加食品的稳定性。蛋白质水解物及其萃取物已被用于稳定沙丁鱼油，并且它们与BHA、BHT和TOC都有协同效应。组织化植物蛋白的石油醚萃取物对亚油酸酯有好的抗氧作用。山口直彦等[39]用9种蛋白酶将大豆蛋白水解3.7～17.7%后，作为干燥模型食品的成分，抗氧化作用最强的是17.7%水解程度的组分，但添加量要大于3%。

Marcuse发现组氨酸和色氨酸对亚油酸及其甲酯、亚麻酸甲酯有好的抗氧化作用。Revankar的研究表明，脯氨酸对于沙丁鱼油使用量为0.02%时与BHA活性相当，而当使用量为0.1%时，活性将增加4倍。Merzametov等报道将0.2%色氨酸和0.15%或0.20%赖氨酸组合使用，对于牛油效果最佳。Sims和Fioriti证明蛋氨酸具有和胱氨酸类似的效应，这是由于蛋氨酸热分解而产生β—甲硫基丙醛，商品*Methional*就是它和它的二聚体、三聚体的混合物，虽然它们都有抗氧作用，也有GRAS*的身份资格，但由于它们的强烈气味而大大限制了其应用。Ahmad等[40]研究指出，实验用的27种氨基酸以其水溶液加入时，大多数对于红花油或葵花油——棉籽油都有抗氧活性，但半胱氨酸——盐酸和谷氨酸——盐酸会催化氧化；而以回态加入时，则其大多数将无抗氧作用。

Rheen和Kim发现在葡萄糖焦化过程中产生的溶于丙酮的组分对豆油有抗氧化作用，尤其是在焦糖化早期形成的无色还原酮和脱氢还原酮的抗氧性最强。另外还有报道，氨基已糖的还原酮可稳定玉米油、棉籽油和豆油。所有的氨基酸和糖的组合几乎给出相同的抗氧活性，它们褐变反应的产物在亚油酸中比BHT或BHA具有优越性，且比各种TOC异构体都有效。

将Maillard反应的几种产物加到糕点生面团上，当添加0.1%组氨酸——1.0%葡萄糖时比其它两种添加剂：0.0016%BHA—BHT和0.1%褐变产物要有效得多[41]。将Maillard反应的几种产物加到香肠上进行试验，得到结果完全不同：添加0.16%上述同样的Maillard反应产物比添加组氨酸——葡萄糖的抗酸败效果好得多[42]。文献[43][44]报道了具有抗氧活性的Maillard反应产物的最佳制备条件。

脱氢抗坏血酸——色氨酸的反应产物对于几种油/水乳化液都有很好的抗氧化作用，在较高水平的用量上强于BHA或α—TOC[45]。

Rhee等[46]将油料种子的脱脂粉和分离蛋白同葡萄糖(1∶1)混合，在100℃下加热2～6小时，然后用乙醇萃取该混合物，证明这种乙醇萃取物对红花油有很好的保护作用，并随着加热时间的延长而抗氧作用增强。

*GRAS(*Generally Recognized As Safe*)即“一般认为是安全的”。

1.8　类胡萝卜素(Carotenoids)

它们主要来自棕榈油、胡萝卜、蕃茄、柑桔、南瓜、黄玉米和某些藻类中。

它们常常只是一种短效抗氧剂，开始时可作为单线态氧的淬灭剂。而其净效应却是催化

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

氧化。Schuller指出，β—胡萝卜素在牛油中先有抗氧化作用，然后却提供了助氧化作用。Kroschel综述了胡萝卜素对食油的稳定作用。

Burton和Ingold将β—胡萝卜素列为特殊的抗氧化剂[2]，并相信β—胡萝卜素是一个有意义的抗癌剂，具有捕获自由基的抗氧化作用。新的实验在生物体内进行，结果表明β—胡萝卜素属于前所未知的生物抗氧剂，特别是只有当氧气分压比150*Torr*(大气中氧的分压)低很多时，才具有很好的捕获自由基的抗氧行为，而这样低的氧气分压在大多数的生理组织中都是正常的。其它含多共轭双键的化合物也可能具有这种依赖于氧气分压的特性。

1.9 磷脂 (Phospholipids)

粗制油比精炼油稳定性好，引起了人们对磷脂抗氧化作用的研究[47]。但总的说来，粗制或精制的磷脂作为抗氧剂单独使用其活性都很小，而若将它们与TOC等一起使用则抗氧作用将大大增强。

Lunde等证明了当油中含磷脂时，金属离子可以被从水相运送到油相中，从而解释了为什么磷脂有时显示助氧化作用。磷脂和许多有机酸一样可以络合催化性金属离子，所以它是一种很好的增效剂。

1.10 微生素和藻类(Microorganisms and Algae)

Forbes等从发面酵母和啤酒酵母的混合物中分离得到一种无色结晶抗氧剂。Meisinger等[48]证明了它的结构，如图5所示。

Smith等[49]对大量细菌的抗氧化成分进行了研究，共用了14种格兰氏阳性(G^+)和格兰氏阴性(G^-)细菌。几种细菌的甲醇或苯抽提物对猪油有相当强的抗氧性，但不如同等用量的BHA、BHT或α—TOC，但随着萃取物纯度的增大其抗氧能力变大。Zaika和Smith[50]对几种不同微生物的抗氧特性进行了广泛和彻底的研究，在猪油中是微菌黑霉菌No.172(Aspergillus nigerNo.172)的活性最大。Y. Ishikawa等从真菌Eurotium chevalieri的菌丝体的代谢物中分离得到一酚性化合物黄海罂粟碱(Flavoglaucine)。当加入0.05%的黄海罂粟碱后，植物油经180℃热处理25小时仍能保持原稳定性；对含0.04%TOC的猪油，在模拟深度煎炸条件下，它不能阻止TOC的损失，但能稳定油[51]。

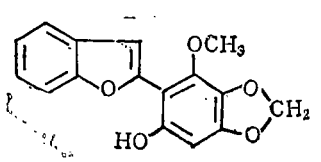


图5 酵母中发现的抗氧剂

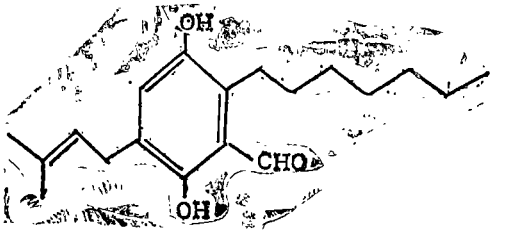


图6 真菌Eurotium chevalieri代谢物Flavoglaucine的结构

Fujimoto等研究了23种藻类的抗氧作用，结果是棕色海藻比红色海藻的抗氧能力强[52]。

1.11 其它天然抗氧剂

Takagi等[14]从金雀花种子和燕麦中得到咖啡酸的各种甾醇酯和三萜烯醇酯，它们对猪油和沙丁鱼油有很好的抗氧化作用。

Osawa等从按树属植物的叶子腊质中分离得新型的抗氧剂：正三十三碳烷—16,18—二

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

酮[53]、4—羟基三十三碳烷—16，18—二酮和16—羟基—18—三十三烷酮[54]。这3种物质在水/醇体系中有很好的抗氧化作用，但在油中无抗氧作用。根据 Lea 等的研究，脂肪降解产生的酪味物质的阈值在油中是在水——油食品中的1000倍，因此寻找水溶性抗氧剂是很有价值的。

从芝麻油中得到的芝麻酚在猪油中的活性比BHT、BHA 强[55]。Fukuda等从芝麻籽中又进一步分离得到3种芝麻酚林类似的化合物，其中一种是 P_1[16]，如图7 所示。

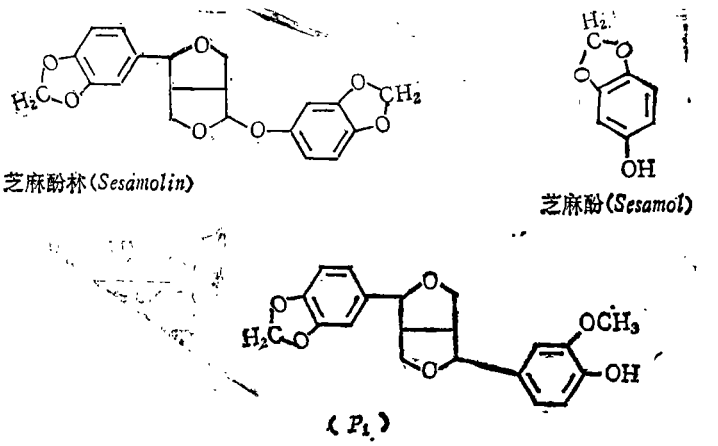


图7　芝麻中几种抗氧成分的结构

hsu[56] 和 Kramer[57] 从丁香中都得到了具有强抗氧性的丁香酚，其结构如图8所示。

王以群等[58]研究了中药丹参中的抗氧成分，它们是丹参醌ⅡA和隐丹参醌，其结构如图9所示。

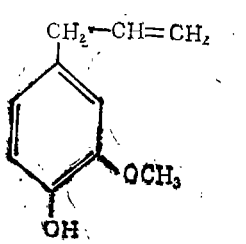


图8　丁香中丁香酚
(*Eugenol*)的结构

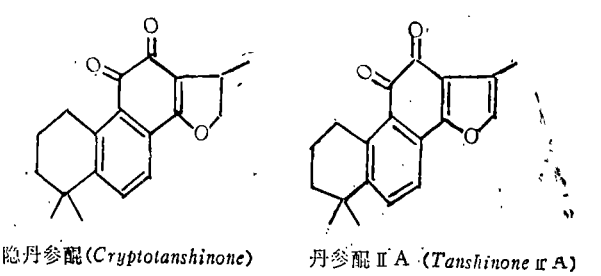


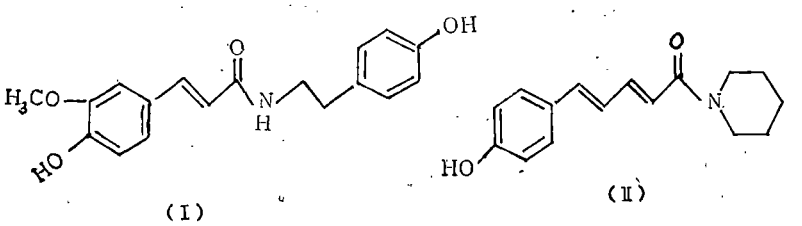
图9　丹参中抗氧成分的结构

某些树脂如愈疮树脂、玛琋脂等都有抗氧性能。玛琋脂含萜烯醇酸，用量为0.05%或0.1%时对棉籽油或红花油的抗氧效果优于BHA。

小林光宏等取得了一项专利[59]，即从天然胡椒中提取食用抗氧剂，得到5种主要成分是酚性酰胺化合物。白胡椒中2种酚性酰胺抗氧剂的结构如图10所示。

Stocker[60]研究指出，胆红素(Bilirubin)在生物体内以微克分子的浓度就可有效地清除过氧基团。在氧浓度2%的脂肪线粒体中，胆红素比α—TOC更有效，而从前只认为TOC是最好的生理抗氧剂。该研究表明胆红素是具有生理重要性的链断裂型(*Chain—breaking*)抗氧剂。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



(I) (II)

图10 白胡椒中两种酚性酰胺化合物的结构

许多香料不予以分离，直接碾成粉末使用，其抗氧效果往往优于它们的溶剂萃取物或其中的单个组分[61]。

最近，罗嗣良等将谷维素用作几种食品的抗氧剂，获得满意的结果[62]。

2 结论和展望

天然抗氧剂已吸引了众多的食品科学工作者。促使人们关注与从事此项研究有多种原因，如为了充分利用植物产品资源；为了避免对抗氧剂安全性的证明；为了迎合消费者心理行为需要等等。被用于食品的天然抗氧剂须具备下列特性：以符合规定的浓度(一般≤0.02%)使用时不产生异味和颜色； 有较好的脂溶性和分散性； 无毒； 渗透进入食品并维持的性能； 价格合理。

各种抗氧剂的活性与它本身的结构性质有关，还决定于它使用的底物、温度、溶解分散能力以及协同效应等因素。所以正确而有效地使用抗氧剂，需油脂化学等基本知识。绝大多数天然抗氧剂由于其生产成本高而无商业价值。

从上述观点出发，生产由具有协同作用的几种组分配合的“复合抗氧剂”将有比较实际的意义。研究天然抗氧剂的另一个意义在于为人工合成有效和有益的食品抗氧剂指引方向。

必须指出，“可以认为天然抗氧剂是安全的”仍然有必要谨慎地使用它们。许多天然物质都有很强的毒性，甚至过去一直被认为很好的天然抗氧剂——降二氢愈疮木酸(NDGA)也因有害而被禁止使用。因此，在决定使用某种天然物质作食品添加剂时，仍要通过毒理、诱变、致癌性等检验。

致 谢

感谢美国新泽西州Rutgers大学何其侃教授给予的宝贵建议。

参 考 文 献

[1] Sims R J, Fioriti J A. Antioxidants As Stabilizers For Fats, Oils, and Lipids-Containing Foods. *CRC Handbook of Food Additives*, 2nd ed, 1980; **2**: 13～57

[2] Burton G W, Ingold K U. *Science*, 1984; **224**: 569～573

[3] Pokorny J. Major Factors Affecting the Autoxidation of Lipids. *Autoxidation of Unsaturated Lipids*. London: Academic Press Inc, 1987: 141～207

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[4] 赵中原等.除氧剂贮油技术方法的探讨。天津粮油科技，1987；**6**
[5] 周秀琴.吸氧剂及其在食品保藏中的应用。天津一轻科技，1985；**2**
[6] Stephen Suchang, et al.*Journal of Food Science*, 1977；**42** (4)：1102～1106
[7] Shelef L A, Chin B. *Applied and Environmental Microbiology*, 1980；Dec：1039～1043
[8] Ito N, Fukushima S, et al. *Food Toxicology-Real or Imaginary Problems?* Printers：GB, 1985
[9] Dugan L R.Natural Antioxidants. *Autoxidation in Food and Biological Systems*. Plenum Press, 1980
[10] *Natural Antioxidants in Tea*, 1985
[11] 山口直彦等 *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 1982；**29** (9)：529～537
[12] 広濑裕子，岩间文男，油化学，1984；**33**(7)：435～438
[13] Nobuji Nakatani, et al. *Agric Biol Chem*, 1980；**44** (12)：2831～2836
[14] Takagi T, Iida T. *J AOCS*, 1980；**57**：326
[15] Taga M S, et al. *J AOCS*, 1984；**61** (5)：928～931.
[16] Fukuda Y, et al. *Agric Biol Chem*, 1985；**49** (2)：301～306
[17] 汤逢等.葵花籽粕中抗氧剂的研究。中国油脂，1988；(1)
[18] 王洪新等.忍冬(金银花)叶中抗氧成分的研究。食品与发酵工业，1988；(4)
[19] Houlihan C M, Ho C T. Natural Antioxidants. *Flavor Chemistry of Fats and Oils*. 1985：117～143
[20] Whittern C C, et al. *J AOCS*, 1984；**61** (6)：1075～1078
[21] Pratt D E. *J AOCS*, 1984；**61** (6)：1064～1067
[22] Su J D, et al. *Agric Biol Chem*, 1987；**51** (10)：2801～2803
[23] Hudson B J F, Mahgoub S E O. *J Sci Food Agric*, 1980；**31**：646
[24] Julio Maria de Andrade Araujo, A Natural Flavonoid Antioxidant Isolated from Alfalfa Seeds. Ph.D Thesis,Purdue University Graduate School, 1980
[25] Mahgoub S E O, Hudson B J F. *Food Chemistry*, 1985；**16**：97
[26] Chang S S, et al. *U S Patent*, 1976；3, 950, 266
[27] Wu J W, et al. *J AOCS*, 1982；**59**：339
[28] Houlihan C M, et al. *J AOCS*, 1984；**61**：1036
[28] Houlihan C M, et al. J *AOCS*, 1985；**62**：96
[30] Inatani R, et al. *Agric Biol Chem*, 1982；**46**：1661
[31] Inatani R, et al. *Agric Biol Chem*, 1983；**47**：521
[32] Nakatani N, InataniuR. *Agric Biol Chem*, 1983；**47**：353
[33] Bauernfield J C, Pinkert D M. *Adv Food Res*.1970；**18**：219
[34] Ayano Y, et al. *Nippon Shokuhin kogyo Gakkaishi*, 1977；**24** (7)：372～374
[35] Yamauchi B, et al. *Agric Biol Chem*, 1981；**45**：2855
[36] D--异抗坏血酸钠在食品中的应用，食品·饲料·添加剂信息，1987；**3**：9～10

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[37] Bieri J G. *J AOCS*, 1984; **62** (12): 1917～1918
[38] Cort W M. *J AOCS*, 1974; **51**: 321
[39] 山口直彦等.*Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 1980; **27** (2): 51～55
[40] Ahmad M M, et al. *J AOCS*, 1983; **60** (4): 837～840
[41] Lingnert H. *J Food Proc Pres*, 1980; **4**: 219
[42] Lingnert H, Lundgren B. *J Food Proc Pres*, 1980; **4**: 235
[43] Beckel R W, Waller G R. *J Food Sci*, 1983; **48**: 996
[44] Waller G R, et al. *The Maillard Reaction in Foods and Nutrition*. Washingtон D C: ACS Symposium Series, 1983: 125～140
[45] Namiki M, et al *Agric Biol Chem*, 1982; **46**: 1199
[46] Rhee K, Rhee K C. *Journal of Food Protection*, 1982; **45** (5): 452～454
[47] Hudson B J F, Mahgoub S E O. *J Sci Food Agric*, 1981; **32**: 208
[48] Meisinger M A P, et al. *J Am Chem Soc*, 1959; **81**: 4979
[49] Smith J L, Alford J A. *Lipids*, 1970; **5**: 795
[50] Zaika L L, Smith J L. *J Sci Food Agric*, 1975; **26**: 1357
[51] Ishikawa Y et al. *J AOCS*, 1984; **61** (12): 1864～1868
[52] Fujimoto K, Kaneda T. Abstract of Meeting. *J AOCS*. 1976; **53**: 460A
[53] Osawa T,Namiki M.*Agric Biol Chem*, 1981; **45** (3): 735～739
[54] Osawa T,Namiki M.*J Agric Food Chem*, 1985; **33** (5): 777～779
[55] Lyon C K. *J AOCS*, 1972; **49**: 245
[56] Hsu C. *Recent Advance in Food Science and Technology*. Taipei: Hua Shiang Yuan Publishing Co, 1981; 1: 75～78
[57] Kramer R E. *J AOCS*, 1985; **62** (1): 111～113
[58] 王以群等.中药丹参中抗氧成分的研究，郑州粮食学院硕士学位论文，1984
[59] 小林光宏，奥村烝司，公开特许公报(A).(JP)昭58—42686: 601～606
[60] Stocker R, et al.*Science*, 1987; **235**: 1043～1045
[61] Watanabe Y, Ayano Y. Food and Nutrition *J Japen Soc*, 1974; **27**: 181
[62] 罗嗣良等.谷维素对油脂抗氧化性及其应用研究，中国油脂，1987; (2)

The Research and Application of Edible Natural Antioxidants

Wang Hongxin Tang Feng

Abstract

The outline and the latest progress of the studies in the world on natural edible antioxidants are reviewed. Novelty and practicality of these studies are dealt with in this paper. More than sixty up-to-date references are provided.

Subjectwords: Natural; edible; antioxidant; progress; practicality

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net