

蛋白质水解物提高乳化体系稳定性的研究进展

何健南

(黑龙江省农业科学院,黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘要:**蛋白质用适当的酶水解后,产生的蛋白质水解物具有很好的生物活性。将其作用到乳化体系中,不仅可以抑制脂质氧化,而且还可以提高食品的功能特性。为探究蛋白质水解物如何提高乳化体系的稳定性,综述了蛋白质水解物提高乳化体系稳定性(物理稳定性和氧化稳定)的机理、对食品功能性质的影响,从而为蛋白水解物在食品加工生产中提供理论参考。

**关键词:**乳化体系;蛋白质水解物;抗氧化作用;协同抗氧化作用

**中图分类号:**TS24 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2015)12-0177-05 **DOI:**10.11942/j.issn1002-2767.2015.12.0177

O/W型乳化体系存在很多的食品中,如咖啡、香肠、饮料、汤。由于其是个复杂体系,大量的不饱和脂肪酸、蛋白质、维生素等成分以及加工和保藏过程采用的高温、高剪切、辐射、微波等手段,使食品稳定性变差,容易发生氧化变质<sup>[1]</sup>。而氧化会给食品质量带来一系列的负面影响,比如:外观、味道、质地发生改变,营养价值下降等;随着氧化程度的不断加深会使食品发生酸败变质,甚至可能产生有毒有害的物质,对人体造成伤害。因此,适当地添加一些效果好、安全性高的天然抗氧化剂是防止食品氧化的一条捷径<sup>[2]</sup>。目前,利用不同蛋白资源开发功能多肽已成为研究热点,在过去的几十年中,大量的研究发现将蛋白质用适

当的酶水解后,产生的蛋白质水解物不仅具有很好的抗氧化能力,还有一些其它的功能特性,如增强稳定性、溶解度变大等等。但这些研究只局限在简单的应用试验如牛肉<sup>[3]</sup>和鱼肉乳化香肠<sup>[4]</sup>中。因此,蛋白质水解物如何提高乳化体系的稳定性非常值得进一步研究和探索。本文综述了不同来源的蛋白质水解物提高乳化体系稳定性的机理及对食品功能性质的影响,以期为食品加工生产中应用蛋白质水解物提供理论参考。

1 O/W型乳化体系的简介

O/W型乳状液是指油滴以球形小液滴的形式分散在另一种与它不混溶的水溶液中而形成的多相分散体系。油滴称分散相(内相或不连续相);另一种连成一片的水溶液,称分散介质(外相或连续相)。乳状液一般不透明,呈乳白色。液滴直径一般大于0.1 μm,对于食品体系,分散相的液滴直径大约在10 μm~100 nm。

收稿日期:2015-10-15  
作者简介:何健南(1982-),男,黑龙江省哈尔滨市人,硕士,助理研究员,从事食品营养与安全研究。E-mail:641038444@qq.com。

Research Progress on Forecast and Prevention of Notodontidae in *Populus×euramericana*

LIU Jiu-dong<sup>1,2,3</sup>, LIU Geng-sheng<sup>1</sup>, GAO Yu-long<sup>2</sup>, WANG Chun-jun<sup>2</sup>, ZHOU Hou-gao<sup>3</sup>  
(1. Yizheng Baiyang Mountain Forestry Working Station, Yizheng, Jiangsu 211400;  
2. Yizheng Forestry Production Technology Guidance Station, Yizheng, Jiangsu 211400;  
3. Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou, Guangdong 510225)

**Abstract:** In order to control the harm of Notodontidae effectively, the forecast and prevention of Notodontidae in *Populus×euramericana* were discussed, specially the advances in four main prevention methods were summarized including forest culture and management, physical management, natural enemy release, chemical control of Notodontidae in China. Meanwhile some suggestion were put forward on the prevention and control of Notodontidae in *Populus×euramericana*.

**Keywords:** Notodontidae; forecast; prevention; life history; research

O/W 型乳状液分为 3 个不同的区域:液滴的内部,水相,界面层<sup>[5]</sup>,因为油和水的密度不同、正自由能需要增加油相和水相之间的表面区域,所以属于热力学不稳定体系<sup>[6]</sup>。其稳定性包括物理稳定性和氧化稳定性。一方面,液滴的浓度、大小、带电情况;界面膜的特性;各成分的相互作用都对乳状液的物理稳定性产生重要的影响。另一方面,水相中过渡金属和位于液滴表面脂质过氧化物之间的相互作用是乳状液氧化不稳定的最常见的原因<sup>[7]</sup>,过渡金属能够直接把不饱和脂质分解成氧烷基(RO·)自由基,但这种反应发生得非常慢;加速乳状液中脂质氧化的主导机制就是脂质过氧化物(ROOH)被过渡金属离子和其它促氧化剂分解成高活性过氧化氢(ROO·)和氧烷基(RO·)自由基;这些自由基可以在油水界面中与不饱和的脂质发生反应,从而生成脂质自由基;脂质自由基与其邻近的脂质发生反应,最终导致脂质氧化连锁反应的进行<sup>[5]</sup>。

## 2 蛋白质水解物的生物活性

目前,大量研究表明许多动物和植物来源的蛋白质用适当的酶水解后产生的蛋白质水解物,不仅可以提高蛋白质的生物活性,改善蛋白质的一些功能性质,如溶解度、乳化性等<sup>[8]</sup>,还能获得完整蛋白质所不具备的其它生理活性。经酶水解的蛋白质水解物除具有很强的抗氧化活性外,还具有显著抑制 ACE 酶活力<sup>[9]</sup>、抗高血压<sup>[10]</sup>、抗恶性肿瘤增值<sup>[11]</sup>、免疫调节的能力<sup>[12]</sup>。Peng 等人<sup>[13]</sup>通过测定水解物的还原能力、清除自由基能力和金属螯合能力研究了乳清抗氧化肽水解物的抗氧化活性,结果表明碱性蛋白酶水解乳清蛋白的产物具有显著的抑制脂肪氧化的作用。Nasri 等<sup>[9]</sup>用不同的鱼胃蛋白酶水解虎鱼蛋白,通过比较发现,灰色引金鱼蛋白酶所产生的水解产物显示最高的 ACE 抑制活性;金黄色乌鱼粗蛋白酶处理得到水解产物显示出最明显的 DPPH 自由基清除效果。

## 3 蛋白质水解物对乳化体系稳定性的提高

### 3.1 蛋白质水解物对乳化体系物理稳定性的提高

#### 3.1.1 蛋白质水解物对乳状液微观结构的影响

在乳状液中,脂质氧化容易发生在油-水界面上,而油-水界面是一个极薄的二维平面,且界面区域/膜在本质上是动态的<sup>[14]</sup>,因此可通过产生

围绕液滴的界面层来提高乳状液中脂质氧化的稳定性。界面层可以作为物理屏障把连续相中促氧化剂和油相中氢过氧化物分离<sup>[15]</sup>,从而阻止自由基链式反应。而蛋白质能强烈地吸附到油/水界面,在液滴周围产生坚硬的屏障,形成有效的阻隔层,防止油滴絮凝/聚结,同时也阻止了液滴内部的脂质氧化,从而提高了 O / W 型乳状液的稳定性<sup>[16-20]</sup>。Kargar 等人<sup>[15]</sup>指出,界面上的颗粒能够减慢脂质氧化的速率。这是因为围绕液滴厚的界面层度可以将金属离子从液滴表面分开,减少油滴和水相的接触面积。Cheng 等人<sup>[21]</sup>将马铃薯蛋白水解物(PPH)加入到 O / W 乳状液中,用相差显微镜观察含有 PPH 的 Tween20 乳状液,发现在油滴颗粒表面形成了一层弥散的界面膜,且液滴之间很少发生聚集和絮凝;从透射电镜中观察到,在含有 PPH 的 Tween 20 乳状液中油滴分散在由多肽构成的深色基质中,而这种网状结构可以作为物理屏障限制氧化剂的扩散。

3.1.2 蛋白质水解物对乳化颗粒的电位和粒径分布的影响 在乳状液中部分液滴表面的电荷可通过催化金属离子如  $\text{Fe}^{2+}$  来控制脂质氧化的稳定性<sup>[22]</sup>。在以蛋白质为乳化剂的乳状液中,当围绕液滴表面的蛋白质膜带正电荷时,可通过静电排斥作用和空间位阻降低过渡金属离子对过氧化物的催化作用,从而阻碍液滴聚集。Randy 等人<sup>[23]</sup>分别用胰凝乳蛋白酶水解的 WPI 与未水解的 WPI 制备纳米乳状液,并比较了两种乳状液的电势,酶解 WPI 的纳米乳状液的液滴之间含有较高的静电排斥力,而且在乳化剂浓度为 4% 时,增加高分子量肽段的分布能够提高他们的空间位阻稳定性能,从而能更好的抑制脂质氧化。Farvin 等人<sup>[24]</sup>使用超滤膜系统根据分子质量将鳕鱼蛋白水解产物分成  $> 5 \text{ kDa}$ ,  $3 \sim 5 \text{ kDa}$  和  $< 3 \text{ kDa}$  的肽段,并作用在 5% 的鱼油水包油乳状液中。研究发现  $< 3 \text{ kDa}$  肽段的乳状液性能变差相比其它的乳状液,这是因为  $< 3 \text{ kDa}$  的肽段有较高的负电荷,而含有高负电荷的液滴会吸引  $\text{Fe}^{2+}$ ,增加氧化反应的发生。

乳状液中液滴颗粒的大小会影响乳状液的物理稳定性。液滴的粒径越小,分布越均一,则乳状液越稳定。Frede 等人<sup>[25]</sup>报道,小油滴对乳浊层有更高的抵抗力,可以保证乳状液的物理稳定性。Jiang 等<sup>[26]</sup>指出,乳状液的液滴颗粒变小会增加其氧化稳定性,这是因为小颗粒表面可以吸附到更多的乳化剂分子。Joye<sup>[27]</sup>分别用碱性蛋白

酶(alcalase)和胰蛋白酶(trypsin)将面筋水解成水解度(DH)为 3-6-10 和 1-2-3 的面筋水解物,并将其加入到玉米 O / W 乳状液中,在储存 7 d 后发现 DH 3、2.0 wt% 的碱性蛋白酶水解物和 DH 3、1.0 wt% 的胰蛋白酶水解物的颗粒尺寸比其它的水解物小,并表现出最好的稳定性。

**3.1.3 蛋白质水解物对乳状液乳化稳定性的提高** 蛋白质作为良好的乳化剂,通过其疏水和亲水成分可以强烈的结合在油-水界面上,并根据其结构/构象,将极性和非极性的氨基酸基团溶解在各相中,从而减少界面张力<sup>[28]</sup>,增强乳化稳定性。此外,水解的蛋白质还可以增加其溶解度来提高乳化性能,原因是氨基酸暴露出隐藏的疏水性基团,增加其表面疏水性并降低其分子量,可以更好地附着到油-水界面<sup>[29]</sup>。程宇<sup>[30]</sup>用不同浓度(2.5、5.0、10.0 和 20.0 mg·mL<sup>-1</sup>)的马铃薯蛋白水解物(PPH)制备 O / W 乳状液,发现随着蛋白浓度的增加,不仅乳状液的浊度增加,乳状液的稳定性也随之增加,这可能是由于蛋白浓度较高时,PPH 的乳化活性提高,可以更好地乳化油脂而得到更多乳化的颗粒。

### 3.2 蛋白质水解物对乳化体系氧化稳定性的提高

氧化稳定性一般以过氧化物值(POV)和丙二醛反应物值(TBARs)为评价指标,因为这两种方法测定得到的结果分别反映了脂质氧化的初级产物和次级产物含量,同时这两种指标可以较为可靠地反映脂质氧化的程度<sup>[21]</sup>。彭新颜等<sup>[31]</sup>通过测定水解物对卵磷脂脂质氧化体系的硫代巴比妥酸值(TBARS)和过氧化物值(POV)的抑制作用,研究了乳清蛋白水解物在不同条件下的抗氧化作用,结果表明碱性蛋白酶水解乳清蛋白的产物在底物浓度为 5%、蛋白酶的添加量为 2%、水解时间为 5 h 时具有最强的抗氧化能力。程宇等<sup>[32]</sup>以脂质氧化产物丙二醛为指标,研究了不同水解时间(0.5、1.0、6.0 h)马铃薯蛋白水解物对大豆油 O / W 氧化稳定性的影响。结果表明 1 h 马铃薯蛋白水解物制备的乳状液显示了较好的氧化稳定性。并用 G15 凝胶色谱对 1 h 马铃薯蛋白水解物分级得到了 3 个不同分子量,分子量较小的组分显示更高的自由基清除能力和亚铁螯合能力。对这些组分进行的氨基酸分析表明,酪氨酸、苯丙氨酸、甲硫氨酸和组氨酸等易于氧化的氨基酸对抗氧化功能的贡献较大。刘骞等<sup>[33]</sup>用碱性蛋白酶水解得到不同水解度的猪血浆蛋白,测定水解

物对卵磷脂脂质氧化体系的 TBARs(硫代巴比妥酸值)抑制作用,研究结果表明水解度为 6.2%、12.7%和 17.6%时的猪血浆蛋白水解物对脂质氧化的抑制作用与未水解的猪血浆蛋白相比,分别下降了 44.92%、46.29%和 50.40%,而且抑制脂质氧化的能力随着水解度的增加而逐渐增大。

### 3.3 蛋白质水解物在油水界面的分布情况

乳状液中抗氧化剂的分布会影响脂质的氧化速率<sup>[34]</sup>,这可能是由于抗氧化剂在不同系统中的极性所致,即极性物质在水相中有一定的分布,而非极性物质更容易分布在油水界面上<sup>[35]</sup>。水解蛋白由于分子量降低、带电荷量增多,倾向于分配在水相及油水界面,从而抑制水溶性氧化剂对油脂氧化的引发作用<sup>[36]</sup>。Elias R J 等<sup>[37]</sup>将具有抗氧化活性的蛋白水解物只作用在水相中,发现这些蛋白水解物能提高乳状液的氧化稳定性。脂质氧化容易发生在油水界面上,而分布在界面上蛋白水解物可以更好地抑制脂质氧化。程宇等<sup>[38]</sup>采用离心法分析了大豆蛋白水解物、乳清蛋白水解物和马铃薯蛋白水解物在乳状液两相中的分布,所有乳状液中都有一部分蛋白质水解物分布在乳状液界面上。其中乳清蛋白水解物在界面上的分布量最高,达到了 27.9%。分布在界面上的蛋白水解物通过物理作用(屏蔽和静电作用)和化学作用(清除自由基)延缓了脂肪的氧化。同样,Zhao Qiang 等<sup>[39]</sup>研究了大米蛋白水解物(RDPH)在玉米 O / W 乳状液中的分布情况,发现大部分 RDPH 都存在于水相中,只 7.4%~19.6%分布在油水相,RDPH 在水相中的相应分配系数范围为 0.67~2.02。集中在油-水界面的 RDPH 作为亲水性抗氧化剂通过清除自由基、螯合氧化金属、阻碍自由基在水相中的链式反应而抑制脂质氧化。

## 4 蛋白质水解物与其它物质协同作用提高稳定性

虽然水解蛋白具有极高的抗氧化活性,但是因大部分分布于水相环境,无法有效作用于氧化反应最为集中的界面相和油相环境,因此,需要在其它抗氧化剂的辅助作用下才能获得理想的抗氧化效果<sup>[35]</sup>。Yin Jie 等<sup>[40]</sup>也指出一些组合抗氧化剂的整体效果比单独效果的简单相加的预期效果更显著。Rossawan Intarasiri Sawat 等<sup>[41]</sup>通过在乳化前/后加入 1%氧化单宁酸(OTA),测定含不同水平(10%、5%)的鲑鱼籽蛋白水解产物(SR-

PH)的鲱油水包油乳液的稳定性。结果表明当乳化后加入1%OTA时,含10%SRPH的乳状液表现出较低的聚结和絮凝,并且随着OTA浓度的升高,颗粒尺寸( $d_{43}$ 和 $d_{32}$ ),聚结指数 $C_i$ 和絮凝因子( $F_f$ )均下降,原因是少量的氧化单宁酸能够同氨基酸如色氨酸、半胱氨酸、蛋氨酸、组氨酸等的亲核基团反应,从而产生肽的诱导交联,提高乳液的氧化稳定性。Zhang等人<sup>[42]</sup>研究了水解豌豆蛋白(PPH)和甘草提取物(LE)在氧化脂质体体系中的联合抗氧化作用,透射电镜结构表明,甘草提取物通过与水解蛋白物发生非共价作用强化了脂质体表面网状结构的厚度和致密程度,显著改善了脂质体对外界氧化胁迫的抵抗能力。

## 5 结论与展望

目前,利用蛋白质水解物作为抗氧化剂应用到乳化体系中受到越来越广泛的关注。而且还有大量试验表明蛋白质水解物还能与其它抗氧化物质相互作用,提高乳化体系的稳定性。大多数蛋白质水解物除具有抗氧化活性外,还能够改变食品的物理特性,例如作为乳状液体系的稳定剂。在以后的研究中应主要集中在两方面:(1)深入研究蛋白质水解物提高乳化体系稳定性的机制;(2)将含有蛋白质水解物的乳化体系添加到食品中,研究对食品品质(包括颜色、风味、质地、感官等)产生的影响。希望能够为人们提高乳状液类型食品的品质奠定理论依据。

## 参考文献:

- [1] 陈洁,胡晓赞.蛋白水解物的抗氧化性[J].中国食品学报,2011,9(11):111-119.
- [2] 姜爱莉,孙丽芹,王文,等.四种植物天然抗氧化剂活性初探[J].食品科学,2002,6(23):35-38.
- [3] Senji Sakanaka,Yumi Tachibana. Active oxygen scavenging activity of egg-yolk protein hydrolysates and their effects on lipid oxidation in beef and tuna homogenates [J]. Food Chemistry,2006,95:243-249.
- [4] Rossawan Intarasirisawat, Soottawat Benjakul, Wonnop Visessanguan, et al. Effects of skipjack roe protein hydrolysate on properties and oxidative stability of fish emulsion sausage[J]. LWT-Food Science and Technology,2014,58:280-286.
- [5] McClements D J, Decker E A. Lipid Oxidation in Oil-in-Water Emulsions; Impact of Molecular Environment on Chemical Reactions in Heterogeneous Food Systems[J]. Journal of Food Science,2000,65(8):1270-1282.
- [6] Basaran T K, Coupland J N, McClements D J. Monitoring molecular diffusion of sucrose in xanthan solutions using ultrasonic velocity measurements[J]. Food Science,1999,64:125-130.

- [7] Yoshida Y, Niki E. Oxidation of methyl linoleate in aqueous dispersions induced by copper and iron[J]. Archives of Biochemistry and Biophysics,1992,295:107-114.
- [8] Leila Najafian, Abdul Salam Babji. Isolation, purification and identification of three novel antioxidative peptides from patin (*Pangasius sutchi*) myofibrillar protein hydrolysates[J]. LWT-Food Science and Technology, 2015,60:452-461.
- [9] Rim Nasri, Islem Younes, Mourad Jridi, et al. ACE inhibitory and antioxidative activities of Goby (*Zosterisessor ophiocephalus*) fish protein hydrolysates; Effect on meat lipid oxidation[J]. Food Research International,2013,54:552-561.
- [10] Bougategat A, Nedjar-Arroume N, Ravallec-Ple R, et al. Angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory activities of sardinelle (*Sardinella aurita*) by-products protein hydrolysates obtained by treatment with microbial and visceral fish serine proteases [J]. Food Chemistry, 2008, 111(2):350-356.
- [11] Picot L, Bordenave S, Didelot S, et al. Antiproliferative activity of fish protein hydrolysates on human breast cancer cell lines [J]. Process Biochemistry, 2006, 41 (5): 1217-1222.
- [12] Kitts D D, Weiler K. Bioactive proteins and peptides from food sources. Applications of bioprocesses used in isolation and recovery [J]. Current Pharmaceutical Design, 2003, 9(16):1309-1323.
- [13] Peng X Y, Xiong Y L, Kong B H. Antioxidant activity of peptide fractions from whey protein hydrolysates as measured by electron spin resonance[J]. Food Chemistry,2009, 113:196-201.
- [14] Baier S K, McClements D J. Influence of cosolvent systems on the gelation mechanism of globular proteins; Thermodynamic, kinetic, and structural aspects of globular protein gelation[J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety,2005,4:43-54.
- [15] Maryam Kargar, Fotios Spyropoulos, Ian T Norton. The effect of interfacial microstructure on the lipid oxidation stability of oil-in-water emulsions[J]. Food Chemistry, 2011,357:527-533.
- [16] Sun C, Gunasekaran S, Richards M P. Effect of xanthan gum on physicochemical properties of whey protein isolate stabilized oil-in-water emulsions[J]. Food Hydrocolloids, 2007,21 (4):555-564.
- [17] Nicolas Decourcelle, Claire Sabourin, Gaëlle Dauer, et al. Effect of the Maillard reaction with xylose on the emulsifying properties of a shrimp hydrolysate (*Pandalus borealis*) [J]. Food Research International,2010,43:2155-2160.
- [18] Aewsiri T, Benjakul S, Visessanguan W, et al. Emulsifying property and antioxidative activity of cuttlefish skin gelatin modified with oxidized linoleic acid and oxidized tannic acid[J]. Food and Bioprocess Technology,2013,6(4):870-881.
- [19] Aewsiri T, Benjakul S, Visessanguan W, et al. Antioxidative activity and emulsifying properties of cuttlefish skin gelatin modified by oxidised phenolic compounds[J]. Food

- Chemistry, 2009, 117(1): 160-168.
- [20] Maryam Kargara, Fotis Spyropoulos, Ian T Norton. Microstructural design to reduce lipid oxidation in oil-in-water emulsions[J]. *Procedia Food Science*, 2011, 1: 104-108.
- [21] Cheng Yu, Xiong Youling L., Chen Jie. Antioxidant and emulsifying properties of potato protein hydrolysate in soybean oil-in-water emulsions[J]. *Food Chemistry*, 2010, 120: 101-108.
- [22] Mei L, McClements D J, Decker E A. Lipid oxidation in emulsions as affected by charge status of antioxidants and emulsion droplets[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1999, 47: 2267-2273.
- [23] Randy Adjonu, Gregory Doran, Peter Torley, et al. Formation of whey protein isolate hydrolysate stabilised nano-emulsion[J]. *Food Hydrocolloids*, 2014, 41: 169-177.
- [24] Sabeena Farvin K H, Lisa Lystbæk Andersen. Antioxidant activity of Cod (*Gadus morhua*) protein hydrolysates: In vitro assays and evaluation in 5% fish oil-in-water emulsion[J]. *Food Chemistry*, 2014, 149: 326-334.
- [25] Katja Frede, Andrea Henze, Mahmoud Khalil. Stability and cellular uptake of lutein-loaded emulsions[J]. *Journal of functional foods*, 2014, 8C: 118-127.
- [26] Jiang J, Zhu B, Liu Y, et al. Interfacial structural role of pH-shifting processed pea protein in the oxidative stability of oil/water emulsions[J]. *J Agric Food Chem*, 2014, 62: 1683-1691.
- [27] Joye Iris J., McClements David J. Emulsifying and emulsion-stabilizing properties of gluten hydrolysates[J]. *Food Chemistry*, 2014, 62: 2623-2630.
- [28] Bos M A, van Vliet T. Interfacial rheological properties of adsorbed protein layers and surfactants: A review[J]. *Advances in Colloid and Interface Science*, 2001, 91: 437-471.
- [29] Govindaraju K, Srinivas H. -Studies on the effects of enzymatic hydrolysis on functional and physico-chemical properties of arachin[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2006, 39: 54-62.
- [30] 程宇. 马铃薯蛋白水解物在水包油乳状液中的抗氧化作用及机理研究[D]. 无锡: 江南大学, 2014.
- [31] 彭新颜, 孔保华, 熊幼翎. 乳清蛋白水解物抗氧化活性的研究[J]. *食品科学*, 2009, 3(30): 167-172.
- [32] 程宇, 冯英委, 熊幼翎. 马铃薯蛋白水解物的抗氧化性与其组成的相关性[J]. *食品工业科技*, 2010, 09(31): 98-100.
- [33] 刘骞, 孔保华, 张立娟, 等. 猪血浆蛋白水解物抗氧化活性和功能特性的研究[C]//中国农业机械学会论文集, 2008: 1042-1049.
- [34] Chen J, Dickinson E. Protein/surfactant interracial interactions Part 3. Competitive adsorption of protein+surfactant in emulsions[J]. *Colloids Surf A Physicochem Eng Asp*, 1995, 101: 77-85.
- [35] Frankel Edwin N, Huang Shu-Wen, Joseph Kanner, et al. Interfacial Phenomena in the Evaluation of Antioxidants: Bulk Oils vs Emulsions[J]. *J Agric Food Chem*, 1994, 42(5): 1054-1059.
- [36] 张欣. 甘草提取物与水解豌豆蛋白在乳化体系中的协同抗氧化性研究[D]. 无锡: 江南大学, 2014.
- [37] Elias R J, Bridgewater J D, Vachet R W, et al. Antioxidant mechanisms of enzymatic hydrolysates of  $\beta$ -lactoglobulin food lipid dispersions [J]. *J Agric Food Chem*, 2006, 54(25): 9565-9572.
- [38] 程宇, 陈洁, 马海乐, 等. 不同蛋白水解物在大豆油水包油乳状液中的抗氧化作用[J]. *食品工业科技*, 2012, 16(33): 108-112.
- [39] Zhao Qiang, Selomulya Cordelia, Wang Shenqi. Enhancing the oxidative stability of food emulsions with rice dreg protein hydrolysate[J]. *Food Research International*, 2012, 48: 876-884.
- [40] Yin Jie, Becker Eleonora Miquel, Andersen Mogens L, et al. Green tea extract as food antioxidant. Synergism and antagonism with  $\alpha$ -tocopherol in vegetable oils and their colloidal systems [J]. *Food Chemistry*, 2012, 135: 2195-2202.
- [41] Rossawan Intarasirisawat, Soottawat Benjakul, Wonnop Visessanguan. Stability of emulsion containing skipjack roe protein hydrolysate modified by oxidised tannic acid[J]. *Food Hydrocolloids*, 2014, 41: 146-155.
- [42] Zhang Xin, Xiong Youling L, Chen Jie, et al. Synergistic Inhibition of Lipid Oxidation by Pea Protein Hydrolysate Coupled with Licorice Extract in a Liposomal Model System[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2013, 61: 8452-8461.

## Research on Improvement of the Stability of Emulsion System by Protein Hydrolyzate

HE Jian-nan

(Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086)

**Abstract:** Protein hydrolysate has stronger biological activity by enzyme hydrolysis appropriate. Added it to the emulsion system not only can inhibit lipid oxidation, but also can improve the function properties of food. The protein hydrolyzate to improve the mechanism of stability (physical stability and oxidation stability) in emulsion system, the impact on the functional properties of food was reviewed, in order to provide the theory reference for the application of protein hydrolysates in food industry.

**Keywords:** emulsion system; protein hydrolyzate; stability; synergistic antioxidant