



中国肉类食品综合研究中心
CHINA MEAT RESEARCH CENTER

www.cmrc.com.cn

肉类研究

MEAT RESEARCH

2009.4

食品中蛋白质的功能(一)

Protein Functionality in Food Systems(I)



江南大学
JIANGNAN UNIVERSITY

食品中蛋白质的重要性

孙 敬¹, 董赛男²

(1. 江南大学 食品学院, 无锡 214122; 2. 江南大学 化学与材料工程学院, 无锡 214122)

摘 要: 蛋白质是食品中的重要成分。针对食品蛋白质具有多种功能性质以及极高的营养价值, 本文阐述了蛋白质在食品中的重要性, 描述了蛋白质在不同食品中的功能作用以及与其结构的相互关系; 介绍了食品中的主要功能性蛋白质及其在各种食品中的应用; 文中对食品蛋白质的主要改性手段进行了介绍。

关键词: 蛋白质; 食品; 功能性质; 改性

The Importance of Protein in Food Industry

SUN Jing¹, DONG Sainan²

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;

2. School of Chemical and Material Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: Protein is one of the most important components in food system. Considering food proteins having a variety of functional properties as well as higher levels of nutritive value, this article elaborated the significance of protein in food system; summarized its main functional properties and its correlation with the structure in different food. It also introduced the functional proteins and their applications in food industry. The modification methods of food proteins were also reviewed in this chapter.

Key words: protein; food; functional properties; modification

中图分类号: TS201.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-8123(2009)04-0066-08

主要论点:

1. 蛋白质的功能性质应用于食品中, 其影响食品的色泽、风味、外形、质构等食品品质。
2. 食品加工引起蛋白质的物理、化学和营养变化, 从而最终影响食品蛋白质的功能性质。
3. 食品中的功能性蛋白质主要包括肌肉蛋白、乳蛋白、卵蛋白、小麦蛋白和大豆蛋白等。
4. 采取改性方法改变食品蛋白质的固有结构, 可有效提高其功能性质, 拓宽蛋白质在食品中的应用领域。

0 引言

蛋白质是生物体细胞的重要组成成分, 在细胞的结构和功能中起着重要的作用; 蛋白质具有重要的营养特性, 提供能量和必需氨基酸; 蛋白质

也是食品中最重要的组成成分之一, 对食品品质产生重大影响^[1]。蛋白质所具有的多样化功能与它们的化学组成有关。蛋白质是由20种氨基酸构成的聚合物, 这些构成单元通过取代的酰胺键连接,

收稿日期: 2009-03-20

作者简介: 孙敬(1985-), 江南大学食品学院硕士研究生, 攻读专业: 农产品加工与贮藏, 研究方向: 肉品品质控制. E-mail: sunjing19850525@163.com

并且蛋白质分子中的酰胺键具有部分双键的性质。通过改变氨基酸顺序、氨基酸种类和比例以及多肽的链长能够合成无数的具有独特功能的蛋白质。蛋白质组成的复杂性以及结构的多样化,使其表现出多种不同的生物特性和食品功能。

所有由生物产生的蛋白质理论上都可作为食品蛋白质而加以利用。然而,在实际上食品蛋白质是那些易于消化、无毒、富有营养、在食品产品中显示功能性质和来源丰富的蛋白质。乳、畜禽、鱼、蛋、谷物、豆类等是食品蛋白质的主要来源。

1 蛋白质在食品中的重要性

蛋白质是食品的重要成分。它不但能提高食品的营养价值,而且对食品的质量也起着重要的作用。各种蛋白质都有不同的功能性质,在食品加工过程中发挥出不同的功能,赋予产品引人注目的商品特征。根据功能性质不同,选定适宜的蛋白质,加入到食品中,使之与其它成分(碳水化合物、脂肪和水)反应,加工的成品便具有很大的优点。美国莫尔斯顿公司的普利拉蛋白产品,基本品种只有5~6种,而通过功能性和配方特点生产的产品多达几十种,其中一种保水性很好的大豆分离蛋白,在火腿中添加2%,不仅能保持鲜肉的水分和风味,而且由于蛋白质的吸水、油性很高,可以增重15~20%^[2]。

将蛋白质的功能性质应用于食品的成分时,它的大部分功能性质影响食品的色泽、风味、外形、质构等食品品质,特别是结构特性,而且对食品或食品成分在加工及储藏的物理或化学性质起着极为重要的作用。例如:焙烤食品的感官性质与小麦面筋蛋白质的黏弹性和面团形成性质有关;肉制品的质构和多汁性主要取决于肌肉蛋白质;乳制品的质构特性和凝乳块形成性质取决于酪蛋白胶束独特的胶体结构;蛋糕的结构以及甜食的搅打起泡性质取决于蛋清蛋白的性质等。

食品蛋白质的功能性质指的是对人们所期望的食品特征产生影响的那些物理化学性质,它对于食品或食品成分在制造、加工或保藏中的理化性质起重要的作用。例如:面粉的谷蛋白(面筋)的粘弹性;牛奶的酪蛋白的凝乳性;鸡蛋的卵白蛋白的发泡性和乳化性;肌肉蛋白的组织性;大豆蛋白质的水溶性和乳化性。可以将食品蛋白质的功能性质分为三个类别^[3]:1)水化性质(hydration

properties),取决于蛋白质-水的相互性质,包括溶解度、吸水与持水性、湿润性、粘着性、肿胀和粘度;2)与蛋白质-蛋白质相互作用有关的性质,这对产生凝胶作用、沉淀作用和组织化形成各种其他结构(如面团)时具有重要意义;3)表面性质(interfacial properties),这与蛋白质的表面张力、乳化性、风味结合和发泡性紧密相关。食品体系的蛋白质所具有的代表性功能性质如表1所示。

表1 食品体系中蛋白质具有的功能性质

Tab.1 Functional roles of proteins in food systems

	功能性质	作用方式	食品体系
水化性质	吸水与持水性能	与水的氢离子键结合;水的滞留	肉制品、面包、酱类
	溶解度	蛋白质溶解性能,与pH相关	饮料
	粘度	增稠作用以及水的吸附	汤料、肉汁
	粘着性	蛋白质作为粘着剂	香肠、焙烤食品、面条
与蛋白质-蛋白质相互作用有关的性质	胶凝作用	蛋白质基质的形成与凝固	重组肉制品、香肠、凝乳、奶酪
	弹性	谷蛋白的疏水性结合;凝胶内二硫键的连接	肉制品、焙烤食品
	组织化(或质构化)	热凝结和膜形成、纤维形成、热塑挤压	豆奶、人造肉
表面性质	乳化性	脂肪乳状液的形成与稳定	蛋黄酱、沙拉、糕点、肉糜
	脂肪吸收	结合游离脂肪酸	肉制品、油饼、炸圈、面包
	发泡性	形成稳定膜、固定气体	冰淇淋、发泡点心、蛋糕
	风味结合	吸附、捕捉、释放	人造肉、焙烤食品

2 食品蛋白质的功能性质

2.1 水化性质

大多数食品是水化的固态体系,水的存在以及水分活度(water activity)能明显影响食品中蛋白质的物理化学和流变性质。蛋白质成分吸收和保留水的能力对各种食品,尤其是肉制品和焙烤食品以及其它凝胶类食品的结构起着重要的作用。蛋白质吸收水而不溶解会导致膨胀,这会影响到质构、粘度和粘着等性质。

不同条件下蛋白质的溶解度为其可应用性提供了重要的指标。溶解度是影响蛋白质在食品加工中利用程度的重要问题,不溶性蛋白质在食品中的应用非常有限。乳清蛋白质、酪蛋白和其他蛋白质必须具有相当高的最初溶解度才能在乳状液、泡沫和凝胶中表现出良好的功能性质。蛋白质的溶解度受到很多因素的影响,如溶液pH值、温度、离子强度、蛋白质本身组成成分等。

一些液体和半固体型食品(如肉汁、饮料)的

可接受性取决于产品的粘度。蛋白质体系的粘度和稠度是流体食品如饮料、肉汤、汤汁、沙司和奶油的主要功能性质^[4]。蛋白质分散体的主要功能性质对于最适加工过程也同样具有实际意义,例如在输送、混合、加热、冷却和喷雾干燥中都包括质量或热的传递。

存在于小麦谷粒胚乳中的面筋蛋白质具有形成粘弹性面团的特殊能力。面筋蛋白质富含谷氨酰胺和羟基氨基酸,易形成氢键和疏水相互作用,因此面筋蛋白质具有较强的二硫交联的能力^[5]。由于面筋蛋白质的粘着性质,它也被作为结合剂应用于各种肉制品。

2.2 蛋白质作用的相关性质

蛋白质分子的表面存在很多亲水基团,溶于水可形成较稳定的亲水胶体。而凝胶则可看成水分散于蛋白质所形成的具有部分固体性质的胶体。大多数蛋白质的凝胶,首先是蛋白分子变性,然后变性蛋白分子互相作用,形成蛋白质的凝固态。凝胶作用在许多食品的制备中起着至关重要的作用^[6]。例如乳品、凝结蛋白、加热和剁碎的肉和鱼产品、大豆蛋白凝胶以及面包面团等。生鸡蛋蛋白溶液受热凝固和牛奶变酸结成奶块,血清受热成为血豆腐等现象都是典型的蛋白质凝胶。

凝胶中的水分蒸发后成为具有多孔结构的干凝胶,吸水则变为柔软而富有弹性的凝胶,该过程称为膨润。膨润在食品加工中是常见的过程,如谷类和豆类的浸泡,面团的调制,泡发明胶、鱿鱼等制品。低温干燥脱水蔬菜、喷雾干燥的奶粉,加水后能接近新鲜品的状态。膨润过程受pH影响,在等电点左右时由于水化作用弱,膨润程度差,使面筋变得坚硬。而在远离等电点的pH下,面筋加速膨润,变得易于拉长。中性盐减小水化作用,可使面筋凝胶的韧性加强,若和面时加点食盐,则使面团更富于弹性。

蛋白质具有胶体特性,其胶体稳定的原因主要是蛋白质分子有水合膜和带有电荷。酸、醇、盐或生物碱试剂等物质的存在破坏水合膜,除去胶粒的电荷,因此蛋白质产生沉淀。豆浆点卤制成豆腐的过程就是利用盐析作用(胶体溶液中加入高浓度的中性盐)^[7]:由于盐析而沉出的蛋白质,当将盐的离子除去时(采取半透膜渗析)则又可形成胶体。

蛋白质构成一些食品的结构和质地的基础,例如肉和鱼中的肌纤维、面包、大豆凝胶、香肠乳状液等;可溶性植物蛋白或乳蛋白质在经过组织

化的过程之后,产生具有咀嚼性和良好持水性的膜状或纤维状产品;组织化蛋白质常被用作肉制品的填充料,也可以使动物蛋白质再组织化或再形成。在95℃下保持数个小时后豆奶的表面形成了薄的蛋白质-脂膜,这正是由于蛋白质热凝结和水的表面蒸发的结果。在人造肉制作时,加热前加入结合剂,如谷蛋白、明胶或鸡蛋白等,滚筒间纤维细束经切割、调集和压缩等处理之后产生了类似于火腿或鱼肌肉的产品。

2.3 表面性质

乳状液的形成使食品具有期望的口感,有助于包含油溶性和水溶性的配料,同时能掩盖不理想的风味,不断出现的新的低脂食品的可接受性也取决于能否在加工中成功运用乳化技术。许多传统食品,例如:奶油、冰淇淋、蛋黄酱等都是乳状液,而许多新的加工食品,如非乳制品搅打浇头,是含乳状液的多相体系^[8-9]。

在加热条件下蛋白质吸油,并产生与油脂均匀结合的功能性质。吸油性高的蛋白质在制作香肠时,可使制品在热烹调时不发生油脂的过多流失;吸油性低的蛋白质用于油炸食品的制作可以减少对油的吸留量。对食品的风味来说,蛋白质的吸油性是重要的功能特性,可以提高食品对脂肪的吸收和保留能力,减少脂肪在加工过程中的损失,进而改善食品的适口性和风味。

泡沫是有一个连续的水相和一个分散的气相组成的。许多加工食品是泡沫类型产品,主要包括搅打奶油、冰淇淋、蛋糕、面包等^[10]。这些食品所具有的独特质构和口感源于分散的微细气泡,其中的大部分食品均是重要的表面活性剂,有助于分散气相的形成和稳定。

蛋白质本身风味很弱,但是它能够通过结合或吸附风味成分而影响食品的风味。例如,合理利用蛋白质作为风味的载体,经过组织化后能产生肉的风味。风味化合物的化学性质、温度、食品蛋白质的解离状态、结构及其加工状况决定着蛋白质和食品风味物质之间相互作用程度^[11]。牛奶变质呈苦味是由于蛋白质水解产生了苦味的短链多肽和氨基酸的缘故。

3 食品蛋白质的功能性质与结构的相关性

蛋白质的功能性质反映出它在受到蛋白中其他成分,如水、蛋白质、脂肪、糖和香味成分、金属离子和环境因素(温度、pH和离子强度)的作用下所具有的物理和化学性质(见表2)^[12]。蛋白质

的结构决定其在食品体系中的功能性质。外界因素改变蛋白质的天然结构，其功能也就发生变化，有的会完全丧失。在食品加工过程中，合理利用结构与功能的关系，可以保护蛋白质的天然结构，不致遭到高温、极端pH、离子强度等因素的破坏，使食品蛋白质发挥出功能性质。

表2 影响食品蛋白质功能性质的因素

Tab.2 Factors affecting the functional properties of food proteins

内在因素	环境因素	加工处理
蛋白质的氨基酸组成	水	加热
	离子	pH、盐类
蛋白质的构象	pH、温度	氧化/还原剂
单一或多组成	氧化/还原剂、磷脂类、风味类、糖类	干燥
单相/多相		物理改性、化学改性

3.1 食品中蛋白质的功能性质与结构的关系

蛋白质的功能结构主要包括：氨基酸组成、各级结构（一级结构和高级结构）、分子的大小与形状、电荷分布（表面电荷、疏水性 / 电极性）、分子内与分子间的键（如二硫键）以及环境（pH、氧化还原、盐类、温度）对它们的作用。

可以将蛋白质的各种功能性质归结为蛋白质两类分子性质的表现形式：1）流体动力学性质；2）与蛋白质表面有关的性质。表3 为食品蛋白质的功能性质与结构的关系。

表3 食品蛋白质的主要功能性质与其结构的关系

Tab.3 Correlation of the functional properties for food proteins with their structure

蛋白质的表现形式	食品蛋白质的功能性质	蛋白质的结构与功能的关系
流体动力学性质	粘度、胶凝作用和组织化	取决于蛋白质分子的大小、形状和柔性
与蛋白质表面相关的性质	润湿性、分散性、溶解性、起泡性、乳化性以及风味结合	取决于蛋白质表面的化学性质和地形形状 (topographical properties)

3.2 食品加工对蛋白质的影响^[3] [12-14]

食品加工主要涉及热处理、冷却、干燥和化学处理等，这将引起蛋白质的物理、化学和营养变化，从而改变食品蛋白质的功能性质，因此食品加

工过程中需要避免蛋白质发生不利的变化而促进蛋白质发生有利的变化。

大多数蛋白质加热后营养价值得到提高；能防止食品产生不理想的色泽，也可防止风味、质地变化和维生素的损失；在热处理中易发生羰氨反应，使产品带有焙烤色泽。但过度的加热如煎炸和烧烤时，蛋白质可产生热分解，形成环状衍生物。而低温冷冻可抑制酶活有利于食品的储藏，但易导致蛋白质变性，如鱼肉在解冻后持水性下降。

食品经脱水干燥处理后水活度降低，稳定性增加，有利于保藏，但对蛋白质品质会产生不利影响。脱水干燥时，如果温度过高、时间过长，蛋白质中的结合水遭到破坏引起蛋白质变性，导致食品的复水性降低、硬度增加、风味变差。研究发现，正确的使用冷冻干燥技术不会损伤食品的蛋白质质量。

含有还原性糖或羰基化合物的蛋白质食品，在加工和贮藏过程中可能发生美拉德反应。例如焙烤食品、炒花生和采用滚筒干燥的奶粉发生褐变反应。美拉德反应及其反应产物与蛋白质作用的结果是消化率下降，有效氨基酸损失。

食品加工中经常加入过氧化氢等作为灭菌剂和漂白剂，可引起蛋白质发生氧化，导致蛋白质营养价值下降并产生有害物质。腌腊肉制品（如培根、火腿、香肠）中通常添加硝酸盐（ NaNO_2 / NaNO_3 ）作为发色剂，在一定温度下会与蛋白质分解产生的胺类物质（主要是仲胺）反应形成亚硝胺（N-nitrosamines）^[15-16]。如何控制并减少肉制品中亚硝胺形成的可能性，已成为许多国家共同关注的食品安全性问题。

4 食品中的功能性蛋白质

在食品中起着功能作用的蛋白质，称作功能蛋白质。例如：香肠的肌肉蛋白、蛋糕的卵蛋白、豆腐的大豆蛋白。近年来，蛋白质的功能性质逐渐应用到肉类、乳品和谷物食品加工过程中，新型食品的开发取得显著进展。例如：用脱脂豆粕生产组织化蛋白、浓缩蛋白、分离蛋白以及豆乳饮料；利用廉价蛋白质去代替部分乳制品、肉类食品和奶油产品；开发新型的胶凝剂、发泡剂、乳化剂和醇溶蛋白质。各类食品中的主要功能性蛋白质见表4。

表4 食品中的主要功能性蛋白质

Tab.4 Main functional proteins in various food

来源	功能蛋白质	作用机制
乳品	酪蛋白、乳清蛋白	H、SS、Hp、E
蛋类	蛋清蛋白、卵黄脂蛋白	E、Hp
肉类	胶原蛋白、肌动蛋白、肌红蛋白	H、SS、Hp
谷物	谷蛋白(面筋)、玉米醇溶蛋白	Hp、H
油料籽	大豆蛋白、花生蛋白	H、SS、Hp、E
鱼类	胶原蛋白、肌球蛋白	Hp、H

H代表:氢键结合;Hp代表:疏水性结合;E代表:静电作用;SS代表:二硫键结合

4.1 肉类蛋白质^{[1][3]}

食品中肉制品的原料主要取自肉禽类和鱼类等肌肉,一般肌肉中含有20%左右的蛋白质。肌浆蛋白含有大量糖解酶和其它酶,参与肌肉纤维的物质代谢以及肌肉收缩;另外还含有肌红蛋白和血红蛋白,这两种蛋白质影响肉的颜色。肌纤维蛋白含有肌球蛋白和肌动蛋白,它们与肉和肉制品的物性(凝胶、黏着性以及肌肉功能等)密切相关。基质蛋白质主要包括胶原蛋白和弹性蛋白,形成肌肉的结缔组织骨架。

肌肉蛋白的保水性是影响鲜肉味道、嫩度和颜色的重要功能特性,也是肉类加工质量的决定性因素。在进行肉的乳化时,肌肉蛋白的乳化性极为重要。肌肉中具有乳化作用的功能蛋白质主要是水溶性肌浆蛋白质和盐溶性肌纤蛋白。此外,肌肉蛋白的溶解性、溶胀性、黏着性和凝胶性在食品加工中也很重要,其具体功能见表5。

表5 肌肉蛋白质的功能

Tab.5 Functional properties of muscle protein

1. 增强均质乳化系的形成和稳定;
2. 凝胶作用提高产品的强度、韧性和组织性;
3. 切片光滑;
4. 蛋白质的吸水以及保水性、保油性,使烹饪食品时,减少油水的流失,阻止食品收缩;
5. 防止脂分离;
6. 促使肉糜结合,不需要粘合剂;
7. 改善口感;
8. 加强抗氧化作用。

4.2 乳蛋白质

乳蛋白是乳中最重要的成分,主要包括酪蛋白和乳清蛋白。利用酪蛋白的营养特性,在肉制品、烘焙食品、人造奶饮料中可强化蛋白质。在冰淇淋生产中,添加酪蛋白酸钠做稳定剂,利于提高脂肪乳化、保温、改善粘度等作用,去磷酸根的酪蛋白有良好的凝胶性,使干酪更有弹性^[17]。在饮料工业中,酪蛋白可以作为酒的澄清剂、苹果汁的脱色剂使用。利用酪蛋白制品的乳化性能,可用来生产含较高脂类的食品,如生产含80%黄油的喷雾干燥黄油粉。酪蛋白具有凝胶性,可提高肉制品的质地口感,增加出品率,并可充分利用脂肪^[18]。酸奶凝胶的网络结构是由酪蛋白组成的,辅助添加蛋白会增加总蛋白质含量,形成更密集的网状结构;乳清浓缩蛋白(WPC)有益于风味、改善质地、减少乳清析出以及保持有益菌发酵剂。

乳清蛋白具有低脂、低胆固醇的优点,可以替代焙烤食品中的鸡蛋白、脂肪,同时保证产品的色泽、口感^[19]。乳清蛋白的胶凝性质在干酪生产中具有广泛的应用性。WPC可以强化乳蛋白质,能缩短干酪的成熟期、改善感官性能以及增加干酪的出品率。在冰淇淋生产中,WPC良好的乳化和滞水作用能使冰淇淋水分的分布更加均匀并且有效提高其抗融性。WPC和乳清分离蛋白(WPI)能取代高达50%的脂肪,这给生产低脂低热量的冰淇淋带来可能。乳清蛋白含有丰富的钙质和微量元素,补充了大豆蛋白在肉制品应用中的不足,可以作为增加蛋白质的肉类替代品^[3]。乳清蛋白具有黏着性,在香肠和午餐肉中作为结合剂有助于整体的黏结。

4.3 卵蛋白质

卵类蛋白质主要由蛋清蛋白质和蛋黄蛋白质组成。蛋清蛋白质的主要功能是促进食品的凝结、胶凝、发泡和成形。蛋黄蛋白的主要功能是乳化及乳化稳定性。加工过程中,它是亲水性的胶体,常常被吸附在油水界面上,促使产生并稳定水包油乳化系。

鸡蛋清中存在溶菌酶等,能抑制微生物的生长,这对鸡蛋的贮藏十分有利。鸡蛋清中的卵黏蛋白和球蛋白分子具有良好的搅打起泡性,食品中常用鲜蛋清来形成泡沫^[12]。乳化性作为蛋黄蛋白最重要的性质,对保持焙烤食品的网状结构具有重要意义。卵黄中加入食盐和糖时,由于对脂磷蛋白的盐溶效应,形成均匀乳化的乳化体系;但添加浓度过大时,卵黄发生凝胶化,无法制成蛋黄酱。蛋

黄蛋白质具有凝胶性质,这在煮蛋和煎蛋中很重要。鸡蛋在调味汁和牛奶蛋糊中不但起增稠作用,还可作为粘结剂和涂料,把易碎食品(如油炸丸子)连结在一起使其在烹调时不至散裂。

4.4 小麦蛋白质

小麦蛋白质的主体是面筋。小麦粉形成面筋的优良机能特性,主要是麦胶蛋白和麦谷蛋白的作用。麦胶蛋白表现出黏性、延伸性,得到一定的面筋粘弹性;麦谷蛋白形成强有力的交联,保持有弹性。小麦蛋白制品的特色在于它所具有的独特粘弹性^[20]。在焙烤面包时,影响面包膨胀的要素之一是小麦粉中的面筋含量和品质。使用含大量优质面筋的小麦粉是加工优质面包的重要因素。因此,添加优质活性面筋作为面包改良剂是一种行之有效的方法。在鱼糕中添加活性面筋时,活性面筋吸水复原为富于延展性的水面筋,同时经过捏和,面筋均匀地延伸混合到鱼肉中,其结果形成了面筋的网状结构,通过加热,面筋不断吸水、热变性,出现了强化鱼糕弹性的效果。在制作鱼肉香肠时,通过向活性面筋中加水使之复原为水面筋,然后填充到肠衣中,在经过高温杀菌后,凝胶强度仍未下降。将小麦蛋白制成糊状、纤维状可用于取代饺子和烧麦等食品中的肉糜。防止加热中的脂肪、肉汁的流失以及改良产品品质^[21]。

4.5 大豆蛋白质

大豆蛋白质营养成分非常丰富,在食品加工中可起到氨基酸互补作用,是一种优质的植物蛋白质。在食品的加工中,大豆分离蛋白可以作乳化剂使制品状态稳定。采用大豆分离蛋白制得的冰淇淋,蛋白质能够均匀分布于整个体系中,增加了蛋白含量,并且冰淇淋组织形态完整^[22]。当大豆分离蛋白加入肉制品中时,能形成乳状液和凝胶基质,防止脂肪向表面移动,减少肉制品加工过程中脂肪和汁液的损失,有助于维持外形的稳定^[21]。英国、西班牙等国将大豆分离蛋白添加到肉肠、肉糜中,减少了脂质析出,组织风味得到改善。由于蛋白质的胶凝作用使产品的组织结构加强,将大豆分离蛋白用于各种肉制品中,不仅降低产品中的脂肪含量而且提高产品外观。大豆分离蛋白也可以起到控制脂肪吸收的作用,如能防止在煎炸时过多的吸收油脂。在加工过程中大豆蛋白起到酥松作用,利用大豆蛋白的泡沫稳定性,将其水解后,可用作啤酒中的泡沫稳定剂。大豆蛋白用于饮料,增加饮料蛋白质含量,例如人造乳、豆奶、豆奶酪等饮料^[23]。应用于面制食品中,大豆分离蛋白

可以增加面筋强度,改善面团的吸水性和提高产品风味及营养成分。

4.6 新型蛋白质资源

新的蛋白质资源是否适用于食品取决于它们的成本和它们能否满足作为加工食品和家庭烧煮食品的蛋白质配料所应具备的条件。目前已开发新的蛋白质资源,包括单细胞蛋白、昆虫蛋白、叶蛋白等^[24]。

昆虫蛋白质中氨基酸组分比例与FAO制定的蛋白质必需氨基酸比例模式非常接近,是一种高品质的蛋白质资源。目前,国内外已大规模生产昆虫蛋白系列食品,例如德国汉堡“康福林”昆虫联合加工企业、我国“油炸金蝉罐头”等。单细胞蛋白是一种浓缩的蛋白类产品,其中氨基酸组分齐全,开发潜力很大。英国培养出镰刀霉菌属真菌,而且加工成近似畜肉口感的食品。霉菌主要用于发酵食品,使产品具有特殊的质地及风味,也作为大豆、小麦、鱼等的发酵菌种,能产生蛋白质丰富的营养食品^[25]。许多国家已有商业化叶蛋白浓缩物生产。我国有丰富的叶蛋白资源,开发叶蛋白资源具有极大的前景。茶叶蛋白质的吸油性、乳化性稳定性较高,而吸水性、乳化性、发泡性稍低。茶叶蛋白质应用于西式香肠中,在感官品质上与添加大豆分离蛋白质的西式香肠相比没有明显区别,是一种较好的功能性蛋白质资源^[26]。

5 食品蛋白质的改性

一些食品蛋白质由于受到固有结构的限制,使其缺乏必需的功能特性,为改善食品蛋白质的特性而采取了很多改性方法,如化学、酶学等方法。表6为食品蛋白质的主要改性方法^[27]。其目的在于:1)消除蛋白质中一些有毒或抗营养成分;2)提高或降低蛋白质的溶解性;3)提高蛋白质在加工过程中的稳定性。对蛋白质改性可有效提高其功能性质,不仅拓宽蛋白质的应用领域,而且可以作为一些昂贵原料的替代品。

改性的植物蛋白的分散溶解性和吸脂乳化性,不仅能改变肥瘦肉的比例,有效利用肥肉,而且在肉制品中显示它的粘弹性^[28]。改性后的大豆分离蛋白加到普通奶粉和啤酒中,可以提高它们的营养价值及口感;利用改性后大豆分离蛋白乳化性的提高可将它用于冰淇淋、奶油面包及蛋糕的生产加工中^[29]。牛乳酪蛋白酶法改性后,部分酪蛋白转化为和乳清蛋白相似的类乳清蛋白,从而应用于婴儿配方奶粉^[30]。用外加木瓜蛋白酶能使肉嫩化,

表6 食品蛋白质主要的改性方法

Tab.6 Modification methods of food proteins

改性手段	常用方法	改性后的优点
化学	酸/碱水解	蛋白质部分降解后,增加蛋白质的溶解性,从而提高持水性、乳化性和起泡性。
	磷酸化	磷酸基具有较高的亲水性,增加蛋白质的水化能力,改善乳化性和起泡性。
	酰基化	蛋白质的静电荷增加,分子展开,蛋白质的乳化性、溶解度和吸油性得到改善。
酶学	蛋白酶水解	非专一性酶如木瓜蛋白酶水解能蛋白质增溶,并降低凝胶化、起泡性和乳化性质;专一性酶如胰蛋白酶能改性起泡性和乳化性。
	胃合蛋白反应	通过木瓜蛋白酶等的作用形成新的蛋白质结构,功能性质发生变化;L-蛋氨酸能共价结合,提高蛋氨酸缺乏的蛋白质的营养。
	蛋白质交联	赖氨酸残基经异肽键与谷氨酰胺残基形成共价交联,产生新结构形式的蛋白质以满足食品加工的需要,提高蛋白质的营养价值。

凝乳酶或霉菌蛋白酶能使酪蛋白凝结,细菌或微生物蛋白酶可从鱼或植物蛋白质制备可溶性水解蛋白质^[31]。采用木瓜蛋白酶和链球菌生产的蛋白酶等能将热变性或溶剂变性的鱼或植物蛋白质部分水解,提高溶解度,这些部分水解的蛋白质可应用于酸性饮料或热加工饮料^[32]。

6 食品蛋白质的营养特性

蛋白质的质量主要取决于它的必需氨基酸组成和消化率。谷类和豆类蛋白质往往缺乏至少一种必需氨基酸,而将谷类和豆类蛋白质混合就能提供完全和平衡的必需氨基酸,营养质量得到改进。蛋白质消化率是指人体从食品蛋白质吸收的氮占摄入的氮的比例。蛋白质的质量主要受到氨基酸在体内被利用的程度的影响,也就是消化率影响蛋白质的质量。表7为各种食品蛋白质的消化率。动物蛋白质比植物蛋白质具有较高的消化率^[3]。蛋白质的构象、抗营养因子、与其它化合物的结合以及食品加工均会影响食品蛋白质的消化率^[33]。(表7)

7 展望

蛋白质的功能性质在食品中具有极其广泛的应用,其意义十分重大。研究食品蛋白质的功能性质与结构的相互关系,在加工过程中合理利用食品蛋白质的功能性质,就可以研究新的食品配方和新的加工工艺。运用各种有效手段对食品蛋白

表7 各种食品蛋白质的消化率

Tab.7 Digestibility of various food proteins

蛋白质来源	食品蛋白质	消化率/%
动物蛋白质	鸡蛋	97
	牛乳、奶酪	95
	肉、鱼	94
植物蛋白质	玉米	85
	大米	88
	小麦	86
	燕麦	86
	花生	94
	大豆蛋白	95

质进行改性,可以改善其功能性质,同时对新的蛋白质资源的开发,提高蛋白质的利用率。

参考文献

- [1] 阙建全.食品化学[M].中国农业大学出版社,2002:145-200.
- [2] 杨凯,童正明.大豆分离蛋白的性质测定与改性研究[J].化学与生物工程,2006,23(6):36-39.
- [3] 王璋,许时婴,汤坚.食品化学[M].中国轻工业出版社,1999:123-186.
- [4] Owen R. Fennema.食品化学(第三版)[M].中国轻工业出版社,2003:267-358.
- [5] 张锐昌,徐志宏,刘邻渭.小麦蛋白改性技术的研究进展[J].粮食与饲料工业,2006,2:25-27.
- [6] Gupta R B, Macritchie F. Allelic. Variation at glutenin subunit and gliadin loci, Glu-1, Glu-3 and Gli-1 of common wheats II. biochemical basis of the allelic effects on dough properties[J].Journal of cereal science, 1994,19:19-29.
- [7] Rohricht P. Transgenic protein production. Process economics [J]. Biopharm, 1999, 9: 4-52.
- [8] Kingsley K. Agyarea, Kwaku Addob, Youling L. Xiong. Emulsifying and foaming properties of transglutaminase-treated wheat gluten hydrolysate as influenced by pH, temperature and salt[J]. Food Hydrocolloids, 2009, 23: 72-81.

- [9] Hayakawa, S., Nakai, S. Relationships of hydrophobicity and net charge to the solubility of milk and soy proteins [J]. *Journal of Food Science*, 1985, 50: 486-491.
- [10] Damodaran, S. Protein stabilization of emulsions and foams [J]. *Journal of Food Science*, 2005, 70(3): R54-R66.
- [11] 尹春明, 周瑞宝, 李瑜. 食品蛋白质与风味物质的结合作用[J]. *郑州工程学院学报*, 2002, 23(3): 85-89.
- [12] 汪东风. 食品化学[M]. 化学工业出版社, 2007: 100-135.
- [13] O.R. 菲尼马. 食品化学[M]. 中国轻工业出版社, 1991: 196-290.
- [14] Owen R. Fennema. 食品化学(第三版)[M]. 中国轻工业出版社, 2003: 267-358.
- [15] 孙敬, 邹延军, 詹文圆等. 蒸煮火腿加工过程中影响二乙基亚硝胺形成的关键因素研究[J]. *食品与发酵工业*, 2008, 9: 11-15.
- [16] 孙敬, 邹延军, 詹文圆等. 肉制品中亚硝胺的形成机理及影响因素分析[J]. *肉类研究*, 2008, 1: 18-23.
- [17] 李晓晖. 牛乳中酪蛋白的结构特性及其应用[J]. *乳品工业*, 2002, 1: 29-31.
- [18] 赵剑飞. 酪蛋白在中低档乳化肠中的应用[J]. *肉类工业*, 2005, 3: 10-12.
- [19] 刘志广, 张建军, 乔淑清. 乳清制品在功能食品中的应用[J]. *食品科学*, 2004, 25(11): 376-378.
- [20] 刘志华, 胡尚连, 韩占江, 等. 小麦蛋白质组分与加工品质关系[J]. *粮食与油脂*, 2003, 10: 7-9.
- [21] E. Aida Pe?a-Ramos, Youling L. Xiong. Whey and soy protein hydrolysates inhibit lipid oxidation in cooked pork patties[J]. *Meat Science*, 2003, 64: 259-263.
- [22] 左进华, 董海洲, 侯汉学. 大豆蛋白生产与应用现状[J]. *粮食与油脂*, 2007, 5: 12-15.
- [23] Casella and Whitaker. Effect of limited proteolysis on the functionality of corn protein[J]. *Food Research International*, 1990, 33: 204-208.
- [24] 高艳华, 王联结. 国内外食品蛋白质发展概况[J]. *食品研究与开发*, 2003, 24(5): 58-60.
- [25] Slade, L., H. Levine, J. Fincy. Protein-water interactions: Water as a plasticizer of gluten and other protein polymers, in *Protein Quality and the Effects of Processing* (R. D. Phillips and J. W. Finlay eds.) Marcel Dekker, New York, 1989: 9-123.
- [26] 黄光荣, 沈莲清, 王向阳, 等. 茶叶蛋白质功能性质及其在肉制品中的应用研究[J]. *食品工程*, 2007, 1: 42-45.
- [27] 唐传核. 酶法聚合食物蛋白质及其改性机理研究[D]. 华南理工大学, 2002: 1-14.
- [28] Fayle S E, Gerrard J A et al. Crosslinkage of proteins by dehydroascorbic acid and its degradation products [J]. *Food Chemistry*, 2000, 70: 193-198.
- [29] Clegg K M. Dietary enzymatic hydrolysates of protein with reduced bitterness [J]. *Journal of Food Technology*, 1974, 9: 21-29.
- [30] 王桐, 王海鸥. 牛乳酪蛋白改性产品的研究现状及其应用[J]. *乳品工业*, 2003, 2: 46-48.
- [31] Meste M L, Colas B et al. Contribution of protein flexibility to the foaming properties of casein [J]. *Journal of Food Science*, 1990, 55: 1445-1447.
- [32] Mutilangi W A. Functional properties of hydrolysate from proteolysis of heat-denatured whey protein isolate [J]. *Journal of Food Science*, 1990, 61(2): 270-247.
- [33] Labuza, T. P., K. Bohnsack, M. N. Kim. Kinetics of protein quality loss stored under constant and square wave temperature distribution[J]. *Cereal Chemistry*, 1982, 59: 142.