

# 单元四 蛋白质

本章重点：

蛋白质的变性及其对食品品质的影响；蛋白质的功能性质及其在贮藏加工过程中的变化；了解食品加工条件对食品蛋白质的品质和营养的影响；食品中蛋白质及氨基酸的测定。

本章难点：

蛋白质的功能性质。



## 四、蛋白质的功能性质

蛋白质的功能性质是指除营养价值外，对食品需宜特性有利的蛋白质的物理化学性质，如凝胶性、溶解性、起泡性、乳化性、粘度等。在食品中起着十分重要作用的性质。

蛋白质的功能性质影响着食品感官质量、食品质地，也对食品或成分在制备、加工或贮存过程中的物理特性起着主要作用。

食品蛋白质的功能性质可以分为三大类：

1. 水合性质：取决于蛋白质与水之间的相互作用，包括水的吸附与保留、湿润性、膨胀性、粘合、分散性、溶解性等。
2. 与蛋白质之间的相互作用有关的性质，如沉淀、胶凝、组织化、面团的形成等。
3. 蛋白质的表面性质：蛋白质的起泡、乳化等方面的性质。



表5.1 各种食品中蛋白质的功能性质

食 品	功能性质
饮料 汤类	不同PH下的溶解度，热稳定性，粘度，乳化性质，水保留性
焙烤食品（面包、蛋糕等）面团形成	形成基质和具有粘弹性的薄膜粘合性，热变性，胶凝性，水的吸附，乳化作用，发泡性，褐变。
乳制品（干酪、冰淇淋等）	乳化作用，脂肪保留性，粘度，发泡性，胶凝作用，凝结作用。
肉制品（香肠等）	乳化作用，胶凝作用，内聚力，水和脂肪的吸附与保留
肉的替代物（组织化蛋白）	水和脂肪的吸附与保持，不溶性，硬度，嚼嚼性，内聚力，热变性
食品涂膜	内聚力，粘附性
糖果制品（巧克力等）	分散性，乳化性质
鸡蛋代用品	发泡性，胶凝作用

# 1. 水合性质

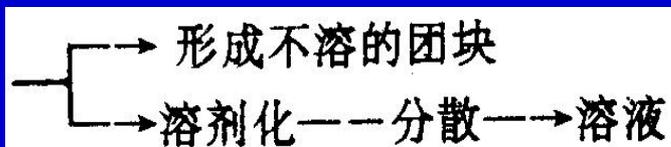
## (1) 水合性质:

多数食品是水合体系，食品中各成分的物理化学性质和流变学性质受体系中水活度的影响，Pr的构象在很大程度上和它与水的作用有关。浓缩物或离析物在应用于食品中时都涉及水合，因此研究Pr水合和复水性质在食品加工中是非常有用的。

蛋白质从干燥状态逐渐水合时有如下的过程:

干燥蛋白 → 极性部位吸附水 → 多层水吸附 → 液态水凝聚 →

蛋白质溶胀



## (2) 影响Pr水合作用的因素：

Pr浓度、pH值、温度、离子强度、其它成分的存在均能影响Pr - Pr和Pr-水。蛋白质吸附水、保留水的能力对各类食品尤其是碎肉和面团等的质地起重要的作用，其它的功能性质如胶凝、乳化也与蛋白质的水合有十分重要的关系。

## 2. 溶解度

Pr的溶解度即Pr在水中的溶解能力。Pr溶解度对天然蛋白质的提取、分离提纯及评价蛋白质变性程度非常有用，蛋白质在饮料中的应用也与其溶解度有关。

影响Pr溶解度的因素：pH值、离子强度、温度、溶剂类型等。



### 3. 粘度

Pr溶液的粘度反映出它流动的阻力。蛋白质溶液与多数溶液如悬浮液、乳浊液一样，是非牛顿流体，粘度系数随其流速的增加而降低，这种现象称之为“剪切稀释”。

原因如下：

- (1) 分子朝着流动方向逐渐取向，使得摩擦阻力降低；
- (2) 蛋白质的水合环境朝着流动方向变形；
- (3) 氢键和其它弱键的断裂使得蛋白质很快分散。

影响蛋白质流体粘度的主要因素：

- (1) 蛋白质分子的固有特性，例如分子大小、体积、结构、电荷数及浓度的大小等；
- (2) 蛋白质和溶剂间的相互作用；
- (3) 蛋白质分子之间的相互作用。

Pr的粘度、稠度是流体食品如饮料、肉汤、汤汁等的主要功能性质，对蛋白质食品的输送、混合、加热、冷却等加工过程也有实际意义。

## 4. 凝胶作用

### (1) 定义:

变性的蛋白质分子聚集并形成有序的蛋白质空间网络结构，其中含有大量的水。

蛋白质的凝胶与蛋白质的缔合、沉淀、絮凝和凝结等有区别：Pr的缔合是指在亚基或分子水平上发生的变化；沉淀是指由于溶解度部分或全部丧失而引起的一切聚集反应；絮凝是指没有变性的蛋白质无序的聚集反应；凝结是变性蛋白质的无序聚集反应。

## (2) 凝胶形成的特性和凝胶结构:

在凝胶中, Pr的网络是由于 Pr-Pr、Pr-H<sub>2</sub>O 之间的相互作用及邻近肽链之间的吸引力和排斥力达到平衡时形成的。即静电引力、Pr-Pr的作用有利于肽链的靠近; 静电斥力、Pr-H<sub>2</sub>O的作用有利于肽链的分离。

### (3) 形成凝胶的条件:

- a. 在多数情况下热处理是凝胶形成的必需条件, 然后再冷却。有时加入少量的酸或 $\text{Ca}^{2+}$ 盐可提高胶凝速度和胶凝强度;
- b. 有时不需要加热也可以形成凝胶, 如有些蛋白质只需要加入 $\text{Ca}^{2+}$ 盐, 或适当的酶解, 或加入碱使之碱化后再调PH值至等电点, 就可发生胶凝作用。

#### (4) 凝胶的分类:

a. 热可逆凝胶: 在加热时融解, 冷却后又可重新通过氢键形成凝胶;

b. 热不可逆凝胶: 这类凝胶一旦形成就通过二硫键维持其稳定的结构状态, 不易受加热等因素的影响。

## (5) 胶凝作用

蛋白质的胶凝作用是重要的功能性质，在许多食品的制备中起着重要作用，如乳制品、各种加热的肉糜，鱼制品等。蛋白质的胶凝作用可以形成**固体弹性凝胶**，也可提高吸水性、增稠性、粘着性、乳化性和发泡性。



## 5. 组织化

### (1) 概念:

蛋白质是食品质地或结构的构成基础，例如肉、鱼的肌原纤维、干酪的酪蛋白等。蛋白质的组织化是使可溶性植物蛋白或乳蛋白形成具嚼嚼性和良好持水性的薄膜或纤维状产品，且在以后的水合或加热处理中能保持良好的性能。

组织化的蛋白质可以作为肉的代用品或替代物，还可以用于对动物蛋白进行重组织化(例如对牛肉或禽肉的重整加工)。

## (2) 常见的蛋白质组织化方法:

### a. 热凝固和薄膜形成:

大豆蛋白的浓溶液在平滑的金属表面热凝结，生成水合蛋白薄膜，或将其在95℃加热，此时由于水分蒸发和热凝结也能在表面形成一层薄的蛋白膜。



## b. 热塑性挤压：

植物蛋白通过热塑性挤压得到干燥的纤维多孔状颗粒或小块，复水后嚼嚼性好。用此法可制作肉丸、汉堡包的肉糜、肉的替代物、填充物等，还可以用于血液、鱼肉及其它农副产品的组织化。



### c. 纤维的形成:

在 $\text{PH}>10$ 的条件下, 高浓度的蛋白溶液通过静电斥力而分子离解并充分伸展。

制作方法: 将该溶液在高压下通过一个有许多小孔的喷头。



## 6. 面团的形成

### (1) 面团的形成:

小麦胚乳中面筋蛋白质在有水存在下室温混和、揉捏能够形成强内聚力和粘弹性糊状物，这是小麦面粉转化为面包面团，并经发酵烘烤形成面包的基础。

### (2) 面团形成的本质:

面筋蛋白主要由麦谷蛋白和麦醇溶蛋白组成，面团的特性与它们密切相关。



### (3) 影响面团的因素：

a. 在面包制作过程中麦谷蛋白和麦醇溶蛋白的平衡非常重要。大分子的麦谷蛋白与面包的强度有关，它的含量过高会抑制发酵过程中残留CO<sub>2</sub>的膨胀，抑制面团的鼓起；麦醇溶蛋白含量过高会导致过度的膨胀，产生的面筋膜易破裂和易渗透，面团塌陷。

b. 在面团中加入极性脂类、变性球蛋白有利于麦谷蛋白和麦醇溶蛋白的相互作用，提高面筋的网络结构，而中性脂肪、球蛋白则不利面团网络结构的形成。

c. 面筋蛋白的组成：面筋蛋白中大量的谷氨酰胺与羟基氨基酸易形成氢键，使面筋具有吸水能力和粘聚性质；含有一SH的面筋蛋白能形成二硫键，在面团中它们紧密连在一起。当面粉被揉捏时分子伸展，二硫键形成，疏水作用增强，面筋蛋白转化形成了立体的具有粘弹性的蛋白质网络。

加入还原剂能破坏—S—S—，则可破坏面团的内聚结构，但加入KBrO<sub>3</sub>氧化剂则有利于面团的弹性和韧性。

兰州拉面的制作巧妙运用了面粉的物理性能，即面筋蛋白质的延伸性和弹性。

用新鲜的高筋面粉，加适量碱，和面的水温 $30^{\circ}\text{C}$ ，因如此面中的蛋白质吸水性高，面筋多，面的延伸性和弹性最好。

醒面，可使蛋白质有充分的吸水时间

溜条，将面反复捣、揉、抻、摔，增加面筋的强度。



## 7. 乳化性质

### (1) 蛋白质在食品乳胶体中的稳定作用：

许多食品（如牛乳、冰淇淋）属于乳胶体，蛋白质对稳定这些乳胶体起着重要作用。可溶性Pr的乳化特性是由于Pr具有亲水基团和疏水基团，它们浓集在油-水表面，降低体系的表面张力和减少形成乳浊液所需的能量。

一般认为蛋白质的疏水性越大，界面上吸附的蛋白质浓度越大，界面张力越小，乳浊液因而也就更稳定。

## (2) 影响乳化作用的因素：

### a. Pr的种类：

球蛋白（如血清蛋白、乳清蛋白）具有很稳定的结构和很强的极性，故不是很好的乳化剂；

酪蛋白由于其无规则卷曲的结构特点及肽链上的高度亲水区域和高度疏水区域是很好的乳化剂。

大豆蛋白离析物、肉和鱼肉蛋白质等也是很好的乳化剂。

## b. 蛋白质的溶解度:

与其乳化性质呈正相关。一般来讲，蛋白质的溶解性有利于蛋白质的乳化性，如肉糜中有一定浓度NaCl存在时可提高蛋白质的乳化容量。不过一旦乳浊液形成，不溶蛋白质对其稳定性起促进作用。



### c. pH对乳化作用的影响:

因蛋白质种类的不同而不同。如明胶、卵清蛋白在pI时具有良好的乳化性，而大多蛋白质如大豆蛋白、花生蛋白、酪蛋白、肌原纤维蛋白、乳清蛋白等在非PI时的乳化性更好，因为此时氨基酸侧链的离解，产生了有利于乳浊液稳定的静电斥力，避免了液滴的聚集，同时还有利于蛋白质的溶解。

#### d. 加热：

加热会降低吸附在界面上蛋白质膜的粘度，因而降低乳浊液的稳定性，但是另一方面，加热也会造成了蛋白质疏水基露出表面，疏水性增加，乳化性也随之增强，提高乳浊液的稳定性。

例如肌原纤维蛋白的胶凝作用对灌肠等食品的乳浊稳定性十分有益，它提高了保水性和脂肪的稳定性，还增强了粘结性。

## 8. 发泡性质

(1) 食品泡沫：食品泡沫通常是气泡在连续的液相或含可溶性表面活性剂的半固相中形成的分散体系。

如蛋白质酥皮、蛋糕、棉花糖、冰淇淋、蛋奶酥、啤酒泡沫、奶油冻等。

分布均匀的细微气泡可以使食品产生稠性、细腻和松软性，提高分散性和风味感。



## (2) 影响起泡性的因素：

a. 糖类通常能抑制泡沫膨胀，但可提高泡沫的稳定性。

所以制作蛋白酥皮和其它含糖泡沫甜食，最好在泡沫膨胀后再加入糖。

b. 脂类会严重损害蛋白质的起泡性能。

因此，无磷脂的大豆蛋白质制品、不含蛋黄的蛋白质、“澄清的”乳清蛋白或低脂乳清蛋白离析物与它们的含脂对应物相比，其起泡性能更好。

c. 蛋白质加热部分变性，可改善泡沫的起泡性。

因此在产生泡沫前，适当加热处理可提高大豆蛋白（70~80℃）、乳清蛋白（40~60℃）、卵清蛋白（卵清蛋白和溶菌酶）等蛋白质的起泡性能。

热处理虽然能增加膨胀量，但会使泡沫稳定性降低。



#### d. 物理搅动：

要想形成足够量的泡沫，必须使搅动的持续时间和强度适合于蛋白质的充分伸展和吸附。过度强烈搅拌会降低膨胀量和泡沫的稳定性。

做蛋糕时，卵清对过度搅拌特别敏感，搅打卵清蛋白时间一定要恰当，不超过10min。



## e. 蛋白质组分之间的相互作用影响

大多数蛋白质是一种复合蛋白，因此，它们的起泡性质受吸附在界面上的蛋白质组分之间的相互作用影响。例如，酸性蛋白质适当与碱性蛋白结合，则可提高起泡性。

蛋白质的乳化能力和起泡能力之间不存在紧密的相关性。鸡蛋糕的制作中就利用了蛋白质的起泡性。

