



氨基酸, 肽 & 蛋白质

食品化学
曲文娟
江苏大学
9/27/2011





蛋白质的功能性质

- 食品蛋白质的功能性质：指在食品加工、保藏、制备和消费期间影响蛋白质在食品体系中的性能的那些蛋白质的物理和化学性质。
 - **水合性质**：吸水性、保水性、溶胀性、黏着性、溶解度、水分散性、粘度等；
 - **表面性质**：乳化性、起泡性、成膜性、吸收气味；
 - **结构性质**：弹性、凝胶性、质构性等；
 - **感官性质**：色泽、气味、味道、适口性、咀嚼性、爽滑度、浑浊度等。



蛋白质在食品中的典型功能

| 功能性质 | 作用方式 | 食品系统 |
|------|--------------|----------|
| 溶解性 | 蛋白质溶解，与pH有关 | 饮料 |
| 持水性 | 以氢键结合持水 | 肉肠、面包、糕点 |
| 粘 度 | 结合水，增粘 | 汤、卤 |
| 胶凝性 | 形成蛋白胶冻 | 肉冻、豆腐、乳酪 |
| 粘着性 | 作为粘着物 | 肉丸、肠、焙烤品 |
| 延展性 | 面筋、凝胶 | 肉、焙烤食品 |
| 乳化性 | 形成比稳定含脂肪乳化物 | 肠、汤、蛋糕 |
| 脂肪吸收 | 和游离脂肪结合 | 肉肠、面包圈 |
| 风味结合 | 吸附、释放风味物质 | 人造肉、焙烤食品 |
| 起泡性 | 形成能够包容气体的稳定膜 | 蛋糕顶料、甜食 |



1. 蛋白质的水合性质

- 蛋白质通过**肽键**（偶极-偶极相互作用或氢键）和**氨基酸侧链**（解离的、极性甚至非极性基团）与水分子发生相互作用。
- 首先**形成结合水和单层吸附水**，然后发生**多层吸附**，进一步与疏水基团作用。
- 食品加工中的**持水能力是蛋白质吸水并保留在蛋白质组织中的能力**。包括结合水、吸附水和体相水的总和。
 - **膨润而不溶解**
 - **溶解于水形成胶体溶液**



不同蛋白质的水合能力

| 蛋白质 | 水结合能力(gH ₂ O/g蛋白质) |
|---------|-------------------------------|
| 血红蛋白 | 0.62 |
| 溶菌酶 | 0.34 |
| 卵清蛋白 | 0.30 |
| 肌球蛋白 | 0.44 |
| 胶原蛋白 | 0.45 |
| β-乳球蛋白 | 0.54 |
| 大豆蛋白 | 0.33 |
| 乳清蛋白浓缩物 | 0.45-0.52 |
| 酪蛋白钠 | 0.38-0.92 |



影响蛋白质水合作用的因素

□ 影响蛋白质水合作用的因素：

- **pH值**：远离等电点提高水合作用。一方面是加强了蛋白质与水分子的相互作用，另一方面是加强了蛋白质链之间的相互排斥作用。
- **温度**：温度提高则氢键作用和离子与水作用力减弱。
- **变性**：总结合水量增加，但凝聚后下降。
- **非水溶剂**：有些有机溶剂可引起蛋白质变性沉淀，主要是有机溶剂降低了水的介电常数，蛋白质之间的静电斥力降低。
- **离子**：盐溶效应和盐析效应，磷酸盐的作用



影响蛋白质水合作用的因素

- **盐溶**：增加离子强度 (>1.0)，可增加蛋白质的溶解性，盐作用减弱蛋白质分子之间的相互作用。如 ClO_4^- 、 SCN^-
- **盐析**：增加离子强度 (>1.0)，蛋白质会沉淀析出，这是盐与蛋白质竞争水分的结果。如 SO_4^{2-} 、 F^-
- 不同盐类对蛋白质的盐析作用强弱不同：
- $\text{SO}_4^{2-} < \text{F}^- < \text{CH}_3\text{COO}^- < \text{Cl}^- < \text{Br}^- < \text{NO}_3^- < \text{I}^- < \text{ClO}_4^- < \text{SCN}^-$
- $\text{NH}_4^+ < \text{K}^+ < \text{Na}^+ < \text{Li}^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+}$



2.蛋白质的溶解性

- 影响蛋白质溶解度的因素：
 - 等电点时蛋白质的溶解度最低。
 - 盐溶促进溶解，盐析促进沉淀。
 - 0-40℃之间溶解度随温度升高而上升，当温度大于40℃，随温度的增大，由于蛋白质聚集和变性，溶解度下降。



蛋白质分类

- 根据蛋白质的溶解性，蛋白质可分为四类：
 - **清蛋白**：能溶于pH6.6的水。如血清清蛋白、卵血清清蛋白和 α -乳清蛋白；
 - **球蛋白**：能溶于pH7.0的稀盐溶液，如大豆球蛋白、菜豆球蛋白等；
 - **谷蛋白**：仅能溶于酸（pH2.0）和碱（pH12.0）的溶液，如小麦谷蛋白；
 - **醇溶谷蛋白**：能溶于70%乙醇，如玉米醇溶蛋白和麦醇溶蛋白。



3.蛋白质的黏度

- 蛋白质溶液的黏度是蛋白质应用于食品时增稠能力的指标。一些液体和半固体类型的食品（如肉汁、汤和饮料等）的可接受性取决于产品的黏度或稠度。
- 需要蛋白质黏度和溶解度的食品
 - 水溶性蛋白质饮料
 - 液态奶
 - 肉汤
 - 肉卤
 - 凉拌菜调料
 - 稀奶油



3.蛋白质的黏度

- 蛋白质粘度取决于分子的表现直径
 - 蛋白质分子量、体积、电荷、变形程度
 - 蛋白质-水相互作用
 - 蛋白质-蛋白质相互作用，浓度与分子聚集度
- 蛋白质溶液属于胶体溶液，通常具有一定的黏度；蛋白质不属于牛顿流体，黏度系数随着流动速度的增加而降低。
- 剪切力使蛋白质粘度降低；当剪切力停止后，分子重新形成网络而粘度增大



4.蛋白质的乳化性质

- **蛋白质是天然的两亲物质**，它能自发地迁移至油-水界面，能在界面形成高粘弹性薄膜，能经受处理中的机械冲击。
- **理想的表面活性蛋白具有三个性能：**
 - 能快速吸附至界面；
 - 能快速展开并在界面上再定向；
 - 一旦到达界面，能与临近分子相互作用形成具有强黏结性和粘弹性的膜，能经受热和机械运动。



4.蛋白质的乳化性质

- 评价蛋白质乳化性质的方法：
 - (1) 油滴大小、乳化活力指标(EAI)
 - (2) 蛋白质载量(PL)
 - (3) 乳化能力 (EC)
 - (4) 乳化稳定性(ES)



5. 蛋白质的起泡性质

- 泡沫是由一个连续的水相和一个分散的气相所组成。蛋白质泡沫一般是蛋白质溶液经吹气泡，搅打或摇振形成的。
- 蛋白质的起泡性质：指蛋白质在气-液界面形成坚韧的薄膜使大量气泡并入和稳定的能力。
- 蛋白质的起泡能力：指蛋白质能产生的界面面积的量。



5.蛋白质的起泡性质

□ 表示方法:

膨胀率= [(泡沫体积—起始液体的体积) / 起始液体的体积] × 100%

起泡力= (并入气体的体积 / 液体的体积) × 100%

- 常用的表示泡沫稳定性的方式是：**50%**的液体从泡沫中排出所需要的时间或泡沫体积减少**50%**所需的时间。



5.蛋白质的起泡性质

- (1) 影响泡沫形成和稳定的蛋白质分子性质
 - 作为一个起泡剂，蛋白质必须满足的基本要求：
 - ① 它必须快速吸附至气-水界面；
 - ② 它必须容易在界面上展开和重排；
 - ③ 它必须通过分子间相互作用形成粘性膜。



5.蛋白质的起泡性质

- (2) 影响蛋白质起泡性质的环境因素:
 - ① pH: 处在等电点附近的pH, 提高了蛋白质的起泡能力和泡沫稳定性。
 - 由蛋白质稳定的泡沫, 处在等电点附近的pH, 相互斥力作用减少, 这有利于在界面上的蛋白质-蛋白质相互作用和形成粘稠的膜, 被吸附的蛋白质的数量增加, 提高了蛋白质的起泡能力。在等电点附近的pH时, 不溶解的蛋白质粒子的吸附增加了蛋白质的粘合力, 因此稳定了泡沫。这两个因素提高了蛋白质的起泡能力和泡沫稳定性。



5.蛋白质的起泡性质

- ② **盐**：盐对蛋白质形成的泡沫的影响取决于盐的浓度，在低浓度时，盐提高了蛋白质的溶解度，在高浓度时产生盐析效应。一般地，在指定的盐溶液中**蛋白质被盐析则显示较好的起泡性质，被盐溶时则显示较差的起泡性质。**
- ③ **糖**：**糖加入蛋白质溶液，往往会损害蛋白质的起泡能力**（因为在糖溶液中蛋白质的结构较为稳定，当蛋白质分子吸附在界面上时较难展开，这样就降低了蛋白质在搅打时产生大的界面面积和泡沫体积的能力），**却可改进泡沫的稳定性**（因为糖提高了体相的粘度，从而降低了泡沫中液体的排出速度）。



5.蛋白质的起泡性质

- ④ **脂**：脂类物质，尤其是磷脂，具有比蛋白质更大的表面活性，它们以竞争的方式在界面上取代蛋白质，减少了膜的厚度和粘合性，最终因膜的削弱导致泡沫稳定性下降。
- ⑤ **蛋白质浓度**：高蛋白质浓度提高了黏度，有助于在界面形成多层的粘合蛋白质膜。起泡能力一般随蛋白质浓度的提高在某一浓度值达到最高值。一般地，大多数蛋白质在浓度2%-8%范围内显示最高的起泡能力。
- ⑥ **温度**：降低温度导致疏水相互作用减少，使界面上形成了不良的蛋白质膜，导致蛋白质的膨胀率下降。热变性能改进蛋白质的起泡性质。



5.蛋白质的起泡性质

- (3) 制备泡沫的方法:
 - 采用**鼓泡或压缩空气**经过喷雾器搅动液体的方法引入气体通常形成一种气泡较大的湿泡沫。
 - 在适度的速度下**搅打**液体，一般形成小气泡的泡沫。



6.蛋白质的风味结合

- 蛋白质本身无气味，但它们能结合风味化合物。可以作为风味物的载体和改良剂。
- 在水-风味模拟体系中，加入蛋白质能减少风味化合物的顶空浓度。这可归之于风味化合物与蛋白质的结合。
- 食品中风味物被蛋白质结合的机制主要是涉及非极性配位体与蛋白质表面的疏水小区或空穴的相互作用。风味化合物也能与蛋白质分子中的极性基团通过氢键和静电相互作用而作用。蛋白质与风味物通过范德华力、氢键和静电相互作用结合。
- 由于挥发性风味物主要是通过疏水相互作用与水合蛋白质进行相互作用，因此，任何影响疏水相互作用或蛋白质表面疏水性的因素都会影响风味结合。



7.蛋白质的凝胶化作用

□ 凝胶化作用的形成:

■ 蛋白质溶液 \longrightarrow 加热 \longrightarrow “预凝胶”
 \longrightarrow 冷却 \longrightarrow 凝胶化

- 依靠非共价键相互作用维持凝胶网状结构，该凝胶作用是可逆的，如明胶凝胶；
- 依靠疏水相互作用形成凝胶网状结构，该凝胶作用是不可逆的，如蛋清凝胶。



7.蛋白质的凝胶化作用

- 蛋白质能形成两类凝胶：
 - (1) 凝结块（不透明）凝胶：
 - 含有大量非极性氨基酸残基的蛋白质在变性时产生疏水性凝聚，随后这些不溶性的聚集体随机缔合而凝结成不可逆的凝结块类型的凝胶。
 - 不溶性蛋白质聚集体的无序网状结构产生的光散射造成这些凝胶的不透明性。



7.蛋白质的凝胶化作用

■ (2) 透明凝胶:

- 含有少量非极性氨基酸残基的蛋白质在变性时形成可溶性复合物，通过氢键作用形成凝胶网状结构。
- 可溶性复合物缓慢的缔合速度形成了有序的透明凝胶网状结构。