

## · 基础研究 ·

# 肉蛋白在碎肉制品中的机能特性

## ——盐溶性蛋白的机能决定肉制品的最终特性

齐晓辉译

蛋白质是肉制品最重要的机能和结构组分,因而决定肉制品的加工特性、组织状态和外观。蛋白质的机能特性被定义为“理化性质”,它影响蛋白质在食品系统的预处理、加工、保存和消费过程中的作用,并且影响食品的质量和感观性质。为了利用较便宜的肉源,开发新产品,使用非传统蛋白质资源和改善现有产品,需要了解肉蛋白的机能特性。利用肉蛋白的机能特性,控制加工和能量损耗,减少浪费。目前,随着各种各样肉制品的增加,了解、改进和控制肉蛋白的机能变得愈加重要。

一般认为,肌原纤维蛋白(肌肉僵直前的肌球蛋白和僵直后的肌动球蛋白),影响肉制品的大多数机能特性。肌原纤维蛋白约占肌肉总蛋白含量的50~55%。两种主要的肌原纤维蛋白是肌球蛋白(50~55%)和肌动蛋白(20~25%),它们的机能已被广泛研究。其他各种肌原纤维蛋白占盐溶性部分剩下的20~25%,尽管被认为不是决定肉制品机能的主要因素,但可影响肌动蛋白和肌球蛋白的机能。

肉蛋白重要的机能特性包括膨胀、溶解、粘着性、结合水和脂肪、凝胶和乳化作用。各种机能特性的相对重要性依产品类型、加工方法和加工阶段的不同而变。

### 蛋白质结构和机能特性的关系

机能特性是随环境条件而变的蛋白质理化性质的一种表示。蛋白质的理化性质由氨基酸的组成、氨基酸排列顺序、二级结构、三级结构和四级结构而定。理化性质包括表

面电荷、巯基含量、疏水基、分子量、结构稳定性和缔合溶解作用。外部因素,如环境和加工条件通过改变分子性质影响肌球蛋白的机能,如离子强度、不同离子的存在、PH、温度、剪切、水分含量及其各组分之间的相互作用均影响肌球蛋白的结构和形态。

为了预测肌原纤维蛋白的机能,需阐明其分子性质及如何被环境和加工因素影响。最近的研究集中于分子结构变化对机能性的影响,期望在没有进行普遍实验的条件下,推测或改进蛋白质的性质。Li—Chan等(1984; 1985; 1986; 1987)使用多元线性回归分析,从各种理化性质中预测了肉馅和盐溶性蛋白的机能性,如表1

表1.肌肉蛋白的某些机能与理化性质的关系

| 机能特性   | 理化性质               |
|--------|--------------------|
| 结合脂肪能力 | 疏水性<br>溶解性<br>巯基含量 |
| 凝胶作用   | 疏水性<br>巯基含量<br>分散性 |
| 乳化作用   | 疏水性<br>分散性<br>巯基含量 |
| 保水性    | 疏水性<br>溶解性<br>分散性  |

Li—Chan等(1987)

### 模拟系统的局限性

大多数有关肉蛋白机能和理化性质的研究在模拟系统中进行,模拟系统用精确限定

和仔细控制的条件下简化复杂的食品最大限度地降低大量加工误差带来的影响。但是,这些模拟系统得到的结果运用到实际生产时,必须加以注意,因为在各种各样的模拟系统试验中,只有少数与实际肉系统中蛋白质的机能相关性。Halling (1981) 讨论了乳化力实验的局限性。模拟系统实验的选择时常是随机的,有时只是基于某一特定实验室所具有的设备,而且模拟试验采用的条件,如剪切速率和加工温度,时常与肉品加工中的条件相差很大,这个领域需要进一步的研究,包括:(1)方法的标准化或采用基础实验,以使各实验室之间的结果能相互比较;(2)建立与肉品生产中蛋白质的机能相关的模拟系统实验。

### 生肉馅的机能特性

生肉馅的微结构随选择的原料、加工设备、剁碎温度和时间不同而变化。Dockerty等(1986)把机械去骨鸡肉分别用六种不同的加工系统制成肉馅,发现其微结构有很大差别。

肉馅中重要的机能特性包括结合水、结合脂肪和乳化作用。剁碎破坏了肌纤维膜、肌内膜和完整的肌纤维,从而打碎了肌肉组织。剁碎肌肉时离子强度超过0.6引起肌纤维膨胀,肌球蛋白解聚和溶解,肌原纤维从肌纤维中提取出来。膨胀纤维中的蛋白质和溶解的肌球蛋白单体有很强的保水力,因为蛋白质基团暴露在溶剂中,而不是处于蛋白质与蛋白质相互作用中。肌球蛋白含38%极性氨基酸,天门冬氨酸和谷氨酸残基含量很高,可结合6~7个分子水。食盐通过提高有效净负电荷和打破离子键,引起分子膨胀和吸收水分,进一步提高了肌球蛋白的保水力。

肌纤维膨胀和肌球蛋白溶解提高了连续相蛋白质的粘度,从而稳定了肉馅中分散的脂肪。溶解的肌原纤维蛋白的低温凝胶作用也提高了蛋白质基质的粘度。生肉馅连续相

形成的粘度和屈服应力通过包围脂肪球实际上限制了脂肪聚结。Toth和Hamm(1968)报道肌肉均匀混合物的屈服应力和粘度随氯化钠添加而增加,直至氯化钠量达5%。肉馅的流变性和肉馅在热加工中的稳定性之间的关系需进一步研究。

乳化作用在稳定肉馅脂肪中的重要性还没有完全解释清楚。科学家们用经典的乳化理论假定包覆在脂肪球表面的蛋白质膜稳定了肉馅。许多研究者用扫描电子显微镜观察到了脂肪球表面的蛋白质覆膜。通常只能观察到一部分脂肪球被蛋白质膜所包围,在脂肪球的蛋白质膜中主要是肌球蛋白。但Gaska和Regenstein(1982)报道在高盐溶液中不溶解的蛋白质在乳化形成时起重要作用。

使肌球蛋白起到乳化剂机能的理化性质包括:(1)朝向脂肪球的疏水区;(2)朝向连续相基质的亲水区;(3)分子挠性,在界面铺展从而降低表面张力。乳化稳定性靠带静负电荷的肌球蛋白分子间静电排斥作用维持。Nakai等(1986)报道盐溶性肉蛋白的乳化性与表面疏水性、巯基含量和溶解性等蛋白质理化性质有好的相关性。

另一种假设认为斩拌时蛋白质包围固态脂肪颗粒,帮助脂肪在连续相中完全分散,并没有形成真正的乳化液。

Meyer等(1964)、Honikel(1982)和Honikel等(1982)报道与对照相比,亲水亲油平衡值介于2.5和15之间的乳化剂在热处理时不能改善肉馅的稳定性。试验过的所有乳化剂都是脂肪酸、磷酸酯、或单和二甘油脂的衍生物,它们在加热时不形成凝胶。作者们认为,这些乳化剂破坏了通常由包围脂肪球的肉蛋白形成的凝胶网络,导致肉馅不稳定。

脂肪乳化作用对脂肪聚集的物理限制的重要性因产品、脂肪类型、剁碎时间而异。由于脂肪没有被打破,脂肪细胞膜完好无损而稳定了脂肪,因而粗碎香肠很少出现脂肪析

出。Tinbergen和Olsman (1979)报道,随着肉馅斩拌温度提高和时间延长,完整的脂肪细胞减少,提取出的脂肪增加。在细碎产品中,随着脂肪细胞被打碎,脂肪溶解,各种大小脂肪滴形成,乳化作用变得异常重要。脂肪的熔化性也表明肉馅稳定中乳化的重要性,固体脂肪颗粒可被基质的物理包围所稳定,而液态脂肪滴需乳化作用来稳定。

乳化理论的支持者们认为过度斩拌造成的肉馅不稳定,是由于没有足够的蛋白质来完全包围大量小脂肪滴的巨大表面积。另外一些人认为过度斩拌使肉馅不稳定是由于:

(1) 热和剪切导致肌球蛋白变性; (2) 很细地分散的脂肪对蛋白质基质的破裂作用; (3) 脂肪的液化,连续相不能阻止其流动。

#### 在蒸煮制品中的机能特性

在蒸煮制品中,凝胶作用及相关的脂肪和水结合性是蛋白质最重要的机能特性。在熟法兰克福香肠的微结构中通常可看到不同大小的脂肪滴和脂肪滴表面不同的蛋白质数量。从外表上看胶原纤维凝固,肌原纤维成为颗粒状。凝胶的微结构和流变性很大程度上决定碎肉制品的组织、外观和出品率。

热诱导凝胶作用是一个两级过程,包括重新聚集为交联状三维蛋白质纤维网络后,蛋白质部分展开。脂肪和水被物理或化学地包围在蛋白质基质中。Nakai等(1986)报道热诱导凝胶强度与暴露的蛋白质亲水基和巯基含量有很强的相关性。凝胶的微结构随蛋白质本身的性质和环境条件而变。肌球蛋白在0.2M KCl、PH6.0时形成有序的细带状多股网络,但在0.6M KCl、PH6.0时形成无序粗聚集或海绵状凝胶结构。细的多股肌球蛋白凝胶结构的刚度比聚集的肌球蛋白凝胶高得多,微结构的性质与凝胶流变性(刚性、弹性)和保水性有关。

在模拟系统中,肌浆蛋白和受法规限制的蛋白质、肌钙蛋白和原肌球蛋白对肌球蛋

白凝胶的形成能力影响很小,完整的重链肌球蛋白是达到最大凝胶强度所必需的,因为轻链肌球蛋白在加热时解离和溶解。在模拟系统中,肌球蛋白的再断片形成的凝胶,比重链肌球蛋白形成的凝胶弱。已有报道在0.6M KCl、PH6.0时游离肌球蛋白对F-肌动蛋白的摩尔比为2.7:1(相当于重量比15:1)时,凝胶强度最大。在这个比率下,约20%的蛋白质为肌动球蛋白,80%为游离肌球蛋白。作者们把增加的凝胶强度归结于肌动蛋白改善了肌球蛋白尾部区域的交联。

许多研究在高盐(0.6M)模拟系统中使用分离的蛋白,肌球蛋白以单体存在,尽管肌球蛋白纤维在低离子强度下也能形成高刚度的凝胶。在0.2M KCl(约100%聚合物)中的凝胶比在0.4M KCl(约100%单体)中的凝胶强度大4倍。肌动蛋白,当存在于0.2M KCl系统中时,干扰了与肌球蛋白头部之间的交联,抑制了肌球蛋白纤维的凝胶能力。

差示扫描量热法(DSC)和其他技术已被用来解释热诱导凝胶在肉制品组织形成上的作用。热跃迁温度表示在加热过程中蛋白质结构产生形态变化的点。肉、禽肌肉蛋白大约在55—60℃、65~67℃和80~83℃经历了三个主要热跃迁,这取决于肌肉种类和试验条件。这些热跃迁被认为分别由肌球蛋白、肌浆蛋白或胶原和肌动蛋白造成的,而且与组织上特定的感官变化有关。肌肉蛋白的热跃迁温度被与溶解性和纤维形成有关的内部外部因素所改变。Kijowski和Mast(1986)报道,加入氯化钠至1%,破坏了鸡胸肉肌动蛋白和肌球蛋白的稳定性。同对照相比,0.25%和0.5%的磷酸盐破坏了肌动蛋白的稳定性,改善了肌球蛋白的热稳定性。Findlay等(1986)建议用DSC数据的动态分析来设计热加工而达到理想的蛋白质变性程度,从而使蒸煮制品获得理想的嫩度、多汁性、组织

# 关于冻猪肉蛋白质与肌间脂 卫生质量变化状况的研究

沈阳市食品公司 赵广民 吴景辉 阎燕来

## 摘 要

通过对贮存期分别为四个月和十二个月的冻猪肉卫生质量变化的调查,发现这两批冻猪肉的挥发性盐基氮(TVBN)含量无显著差异( $P>0.05$ )。然而,12个月的冻猪肉肌间脂过氧化值(POV)明显地高于4个月的冻猪肉肌间脂过氧化值( $P<0.01$ )。实验结果表明,挥发性盐基氮与过氧化值两项指标并用,可较全面地衡量冻猪肉的新鲜度。

## 引 言

在肉品的储运经营活动中,肉类工业所

面临的主要问题,是肉品的保鲜及肉品鲜度的评价,而且也是肉品经营者和肉品卫生管理者所要解决的首要问题。目前,我国在评定肉品鲜度时,除感官指标外,理化指标依据挥发性盐基氮。在肉品卫生管理中,发现冻猪肉的挥发性盐基氮含量与冻猪肉的外观变化,有时不尽相符。而感官指标的评价,则因人而异,差异很大,这个问题在肉品的购销活动中显得尤为突出。

众所周知,肉品除蛋白质外,其主要有机成分为脂肪。而挥发性盐基氮这一指标,仅衡量了氨基酸及蛋白质卫生质量变化状

结构和产率。

热跃迁温度与流变性或结构变化之间的关系,在肉中是一个新的研究领域,能提供凝胶作用时与分子变化有关的物理性质变化的信息。Montejano等(1984)报道在20~90℃之间加热牛肌肉,DSC热跃迁温度与刚性模数有紧密相关性。

PH、离子强度、某些离子、蛋白质浓度和终点蒸煮温度对凝胶的影响已有广泛讨论。Smith(1988)创立了一个概括的数学模型来预见PH、蛋白质浓度、加工时间和终点蒸煮温度对鸡肌原纤维凝胶强度的综合影响,这种模型试图把几种加工变数的影响从数量上归纳为一个等式,以使加工最优化。

## 冷冻保存、成熟和肌肉类型对凝胶强度的影响

冷冻保存时间的长短,更准确地说,在保存期间蛋白质变性的程度,对鸡肉、牛肉和鱼肉蛋白凝胶性质的影响已见报道,使用

未成熟的肉生产香肠比使用成熟的肉效果好。Samajima等(1982)认为这是由于成熟期间肌球蛋白重链有限的水解作用导致凝胶强度降低造成的。成熟期间凝胶刚度随游离肌球蛋白对肌动蛋白的比率而变化。

几位研究者观察到浅色肉和深色肉用于深加工肉品时,结合脂肪和水的能力和组织性质上的差别。与对应的红肌肉蛋白相比,鸡白肌肉肌球蛋白、鸡白肌肉肌动球蛋白、牛白肌肉肌球蛋白有较高的凝胶强度。在PH低于5.7时,牛白肌肉肌球蛋白的保水性、对胰蛋白酶敏感性和溶解性比红肌肉肌球蛋白高得多。这种性质是由于在不同的肌肉纤维中肌球蛋白异构重整的存在。Acton和Dick(1986)报道,在热诱导聚集时,鸡胸肉肌动球蛋白的热跃迁温度比腿肉肌动球蛋白低,这些结果可部分解释为什么不同类型肌肉制成的产品质量不同。

译自《FOOD TECHNOLOGY》

APRIL 1988 P116—120