



肉品胶凝技术

翁航萍, 李洪军, 杜杰

(西南大学食品学院 重庆 400715)

摘要:肉糜制品不仅有效地利用廉价的肉品原料或碎肉以及其它蛋白质资源,而且可以根据不同的消费需要改变(或改善)肉食品的风味、嫩、质地及外观,从而改进现有肉制品种类、开发新产品。本文通过查阅相关文献,对肉糜凝胶的特性进行研究,分析影响肉糜凝胶的因素,指导肉制品加工,同时降低能量消耗,减少各种浪费。

关键词:肉糜制品;凝胶;凝胶强度;肌球蛋白;影响因素

Gelatinization Technology of Meats

Weng Hang-ping, Li Hong-jun, Du-Jie

(College of Food Science, Southwest University, Beibei, Chongqing, 400715)

Abstract:The comminuted-meat products not only make good use of the cheapest raw materials or comminuted-meat and other protein resources, but also change (or improve) the flavor, tenderness, texture and appearance of meat, according to different consumers' needs. It's also use for improving the types of meat products and developing new products. Consulting relevant articles, this paper studies on gel properties of comminuted-meat, and analysis the factors that affecting meat gel. This will guide meat processing to reduce energy consuming and make less wasteful.

Key words:Comminuted-meat products; Gelatin; Gel properties; Globulin; Factors

中图分类号:TS201.1 文献标志码:A 文章编号:1001-8123 (2008)03-0031-05

上世纪70年代中期,日本为增加鲸鱼碎肉的附加值,开发出了粘结剂。近几年,随着消费者对肉制品的新颖、简便、多样、营养和卫生方面的要求,具有能把碎肉粘到一起的技术应运而生。人们将低价值的畜肉和淡水鱼斩拌绞碎,加入各种调料混合拌匀,经熟制等工序而制成的一类独特的肉糜制品。常见的肉糜制品有:灌肠类、肉糜罐头类以及方便肉糜制品。肉糜制品的产生不仅有效地利用廉价的肉品原料或碎肉以及其它蛋白质资源,而且可以根据不同的消费需要改变(或改善)肉食品的风味、嫩、质地及外观,从而改进现有肉

制品种类、开发新产品。衡量肉糜制品的品质的主要指标有凝胶强度、口味、质地和形态等,而凝胶性能是影响肉糜品质的重要指标,直接影响到肉糜制品的商品价值。本文通过查阅相关文献,对肉糜凝胶的特性进行研究,分析影响肉糜凝胶的因素,以便有效的掌握肉品凝胶技术,指导肉制品加工,同时降低能量消耗,减少各种浪费。

1 凝胶的形成及其特性

肉糜制品质量优劣取决于肌肉蛋白质的功能特性,具体地说就是取决于肌肉蛋白弹性凝胶体

的凝胶强度。肉蛋白弹性凝胶体凝胶强度的高低直接影响着肉糜制品的组织特性、保水性、乳化性、粘结性及产品得率等。

肌肉中盐溶性蛋白质——肌原纤维蛋白质，是肉形成弹性凝胶体的主要成分，是形成制品弹性的重要来源。盐溶性蛋白质在食盐的作用下，肌原纤维的粗丝和细丝开始溶解为肌原纤维蛋白质，其主要成分肌球蛋白和肌动蛋白。肌球蛋白吸收大量的水分，经过分子构型的改变和聚集(aggregation)结合形成肌动球蛋白的溶胶。这种溶胶在低温缓慢地形成富有弹性的凝胶体。肌肉蛋白质的凝胶特性决定了肉糜类产品中肉糜间的结合特性和物理稳定性^[1]。

1.1 凝胶的定义

聚集(aggregation)是指蛋白质-蛋白质相互作用，同时形成大分子量的复合物，一般是引力和斥力相平衡的结果^[2]。凝胶(gelation)是指变性或非变性的蛋白质的有序聚集而成的三维网状结构，多聚体之间和多聚体-溶剂引力(含氢键、共价键、二硫键、疏水相互作用等)、斥力(包含库仑力，受静电荷和溶液离子强度的影响)之间相平衡形成很有序的网络结构，凝胶可能是透明的或是混浊的。只要聚集速度比变性速度慢就会得到在一定程度上有序的凝胶，如果聚集和变性同时出现，就会形成不透明的弹性小的凝胶^[3]。

1.2 肌球蛋白凝胶

肌球蛋白是肌原纤维蛋白的主要成分之一，它是一个大分子，其分子量约为470000道尔顿(Da)，具有ATP酶活性，每个分子有两个重链(大亚基，分子量约为200000Da)和四个轻链(小亚基，分子量为15000~30000Da)。肌球蛋白呈可溶，离子强度低于0.3mol/L时，肌球蛋白会凝聚成两极的纤丝^[4]。肌球蛋白的凝聚状态对肉制品的质构、脂肪和水的结合能力等有很大影响^[5]。

生产肉糜制品时，由于加工过程中不可避免的损伤了肌纤维膜、肌内膜和肌纤维的完整性，肌肉组织受到机械破坏。当离子强度为0.6M以上时，破坏肌肉组织常常会引起肌纤维的膨胀、肌球蛋白解聚和溶解以及肌原纤维从肌纤维中分离。肌纤维膨胀和肌球蛋白溶解作用可增强蛋白质基质的粘度，这种蛋白质基质通常是使肉糜中弥散性脂肪稳定的重要物质，如果它的理化性质改变，可

能会导致肉糜中脂肪稳定性的变化。

肌球蛋白的热诱导凝胶形成包含两个过程：一是肌球蛋白头部分子的凝聚，这在相对低温(如40℃)时出现。二是尾部经缠绕的螺旋一卷曲转换，这在相对高的温度时出现。其中第二步起着关键的作用，因为疏水相互作用与第二个反应有关，而其余的相互作用如静电相互作用则参与肌球蛋白分子尾部缠绕作用，而不参与头部凝聚作用。因为对高氯苯甲酸(PCMB)滴定肌球蛋白会使肌球蛋白凝胶能力变弱，因此SH可能参与肌球蛋白的热凝胶^[6]。

在肉的配方中加入2%~3%的食盐和0.5%的多聚磷酸盐就能保证足够的肌球蛋白被提取出来，而在pH值为6.0或更高时表现为较强的粘着性^[7]。肌球蛋白不是在加入食盐和多聚磷酸盐后提取的唯一蛋白，但它是唯一的加热后会形成凝胶的蛋白。肌球蛋白热诱导凝胶特性不仅受蛋白质结构特征和分子特性的影响，还受加工条件、环境因素(如pH值、离子强度)及与其它成分相互作用等因素的影响^[8]。

1.3 肉糜蛋白质凝胶机制和形成的过程

有很多理论解释了凝胶的形成，比较经典的是Ferry凝胶理论。该理论认为凝胶的形成顺序为：天然的蛋白质→变性蛋白质(长链)→聚集的蛋白质(连接的网络)。第一步为变性过程，第二步为聚集过程，这两个过程的速度同时决定着凝胶的特性。蛋白质溶液的热诱导凝胶与碎肉制品的粘结性(binding)有关^[9]。在一定的变性速度下，变性的蛋白质之间的引力影响着聚集的速度，引力小则速度慢。聚集速度慢形成的凝胶就是蛋白质链粗糙的网络，这种网络能够容纳很容易从矩阵中挤压出溶剂的裂缝。而聚集速度快形成的凝胶则是透明的。

以鱼糜蛋白质凝胶形成的过程为例，目前的研究认为鱼糜蛋白质凝胶的形成主要经过三个阶段：凝胶化、凝胶劣化和鱼糕化。凝胶化主要指肌球蛋白和肌动蛋白分子在50℃前形成一个比较松散的网状结构，由溶胶变成凝胶。当蛋白质凝胶化后，在一定的蛋白质浓度、pH值和离子强度下，鱼肉的肌球蛋白分子的 α -螺旋会慢慢解开，蛋白质分子间通过疏水作用和二硫键相互作用。当温度达到50~60℃时，凝胶形成断裂的网状结构，出现凝胶劣化现象。如升高温度，凝胶会变成有序和

非透明状,凝胶强度明显增大,此时出现鱼糕化^[10]。

2 影响肉品凝胶性能的因素

2.1 肌肉类型^[8]

不同品种的肌球蛋白凝胶性能不相同,猪肉肌球蛋白凝胶结构比牛肉致密,即使相同品种不同的骨骼肌也不相同。在 0.6mol/L 的KCl中酸性条件下(pH值 $5.2\sim 6.0$)胸肉肌球蛋白凝胶强度高于腿肉,在这个pH值范围内,随pH值的下降胸肉肌球蛋白粘度会上升,而腿肉则相反。在 20mmol/L 的缓冲体系中,电镜观察显示胸肉凝胶为纤丝状,类似于肌球蛋白在低离子强度下形成的肌球蛋白粗丝,而腿肉则显示更小更少的纤丝,腿肉和胸肉凝胶性能不同可能是肌球蛋白的不同异构体所致。不同部位的牛肉之间的凝胶硬度、弹性和粘聚性差异显著:对凝胶硬度值,外脊和臀部最高,胸部次之,宿部最差;对凝胶弹性值,臀部最高,其次是外脊,胸部和肩部最差;对粘聚性值,臀部最高,胸部和肩部最差^[11]。Asghar^[12]的试验证明,在相同条件下(离子强度、蛋白质浓度、温度)鸡肉白肌肌球蛋白凝胶强度高于红肌肌球蛋白。最大凝胶强度时最佳离子强度白肌为 $0\sim 0.1\text{mol/L}$ KCl,而红肌为 0.15mol/L KCl,pH值红肌接近 5.9 ,白肌接近 5.6 ,白肌单体肌球蛋白凝胶强度比红肌对pH值更为敏感。

2.2 漂洗

漂洗是肉糜加工过程非常重要的步骤,原料肉必需经过漂洗才能除去肉中残余的血污、有色物质、无机盐和脂肪以及腥臭成分,同时还能除去一些肉中的水溶性蛋白质(含有防止凝胶形成的酶和诱导凝胶劣化的活性物质),提高肌原纤维蛋白的浓度和鱼肉蛋白凝胶的凝胶强度,改善产品的色泽等各项感官指标。

齐凤生^[13]在研究漂洗工艺对海水鱼鱼糜质量的影响实验中,采用不同的漂洗用水量、水温、漂洗时间和漂洗次数对鱼糜质量的影响。结果表明漂洗用水量越多,时间越长,鱼糜的色泽、口感、弹性、硬度等会得到改善,但由于会流失过多的水溶性氨基酸、无机盐和维生素等营养和呈味物质,会使其鲜度、香味等下降。同时鱼肉由于吸水过多、难于脱水。漂洗温度越高,水溶性蛋白质的溶解和杂志的除去越多,但同时会使肌动球蛋白的三、四

级结构发生改变,降低鱼糜的凝胶性能。因此,对于利用低值鱼类生产鱼糜制品,漂洗温度在 10℃ 以下,用碱盐水漂洗,水量取鱼肉质量的4倍,漂洗时间为每次 $3\sim 4\text{min}$,漂洗 $2\sim 3$ 次效果最好。

2.3 磷酸盐的影响

为了提高肉的持水能力,常在肉制品中使用磷酸盐。磷酸盐使肉在加工过程中仍能保持其水分,使肉的营养成分损失减少,也保持了肉的柔嫩性。

肌原纤维蛋白质是肌细胞的主要组分,主要包括肌球蛋白和肌动蛋白,属于肌肉中主要的可萃取性蛋白质。肌球蛋白在生理离子强度($0.15\sim 0.20\text{mol/L}$)下是不溶的,而在较高离子强度和合适的pH条件下保持可溶性。当添加食盐和磷酸盐使肉的离子强度提高到 $0.3\sim 0.6\text{mol/L}$ 时,肌球蛋白能被有效的溶解和萃取,同时若提高肉的pH值(偏离等电点)能促进肌球蛋白的溶出。Stone^[14]认为在一定的离子强度范围内,增加离子强度,能明显增加牛肉肌纤维蛋白的凝胶性和保水性。

肉糜生产大多使用的为碱性磷酸盐类,以焦磷酸钠、三聚磷酸钠和六偏磷酸钠以一定比例混合效果较好。彭增起^[15]研究了5种磷酸盐混合物及其添加量、加水量和煮制时间对低脂牛肉灌肠硬度和保水性的影响。试验结果表明,磷酸盐混合物、加水量对硬度和保水性有明显影响,添加磷酸盐混合物可显著提高灌肠的硬度和保水性可显著提高灌肠的硬度和保水性。

2.4 添加凝胶增强剂

在鱼肉蛋白凝胶化之前,添加凝胶强度增强剂,是提高凝胶强度的有效途径。

2.4.1 谷氨酰胺转胺酶

TG(主要功能因子是谷氨酰胺转胺酶)作为一种新型的食品添加剂,它的用途是改善食品质构。TG可以对肌肉中的肌球蛋白和肌动蛋白起反应,在肉制品的烹饪过程中,彼此形成二硫键,维持产品的保水性和黏弹性。若在肉制品中加入TG,可以形成比二硫键更强的共价键,使蛋白质分子更加紧密地连接在一起,从而提高肉制品的品质^[16]。

PSE肉是一种异常肉,常见于猪肉、火鸡肉,在牛、羊肉中处理不当也会发生,此种肉颜色苍白,组织脆弱,肌肉持水性差,大大限制了在生产中的应用。在肉屠宰加工过程中,还常产生大量的肉类副产品。如剔骨碎肉、肉渣、脂肪等,给企业带来极

大的浪费,因此如何提高这些副产品的附加值成为急待解决的问题。目前对于这些肉类副产品最常用的利用方法是使之成为重组肉。如用该酶生产重组肉时,它不仅可将碎肉粘在一起,还可以将各种非肉蛋白交联到肉蛋白上,明显改善肉制品的口感、风味、组织结构及营养,提高蛋白质的营养价值;它可以将某些人体必需氨基酸(如赖氨酸)共价交联到蛋白质上,以防止美拉德反应对氨基酸的破坏,从而提高蛋白质的营养价值。

TG的特点是粘性极强,用该酶催化形成的共价键在一般的非酶催化条件下很难断裂,所以用该酶处理鲜肉成形后,经冷冻、切片、烹饪处理均不会散开,pH稳定性好,最适pH为6.0,但在pH5.0~8.0该酶都具有较高活性;热稳定性高,最适温度为50℃左右,在45~55℃都有较高活性;使用安全,由于TG广泛存在于动物组织,人们一直都在食用含有TG催化形成的 ϵ -(γ -谷氨酰)赖氨酸异肽键的食物。碎肉片在谷氨酰胺转胺酶的作用下10℃过夜处理可以重新结合在一起^[17]。

2.4.2 亲水胶体

亲水胶体(大豆分离蛋白、魔芋精粉、黄原胶和卡拉胶等)通常是指能溶解于水,并在一定条件下能充分水化形成粘稠、滑腻或胶冻溶液的大分子物质。在肉糜的斩拌过程中,加入的亲水胶体与肉糜中的盐溶蛋白以及不溶性蛋白微粒充分混合。随着温度的升高,蛋白质分子和胶体分子在水分子的作用下充分展开,蛋白质与蛋白质,蛋白质与多糖,多糖与多糖之间发生相互作用,形成致密、稳定的三维网状结构,提高了肉糜的凝胶强度和持水性能。

经过腌制的肉糜的非溶解状态的蛋白质在食盐的作用下转变为溶解态,即析出盐溶蛋白,这有利于增强与亲水胶体分子间的相互作用。

亲水胶体的加入方式对肉糜性质有一定影响,干粉形式的胶体凝胶效果比半固体状的胶体好。由于凝胶的热可逆性,受热时易融化,当亲水胶体以凝胶形式加入时,部分凝胶从肉糜中流失,冷却后在肉糜表面形成一层膜状凝胶,影响产品的外观和质构。当亲水胶体以干粉形式加入时,肉糜的凝胶性能和持水性能均较好。

2.4.3 淀粉

在肉糜制品加工过程中,淀粉是一种重要配料。在某些产品中,淀粉的用量甚至和肉类差不

多。由于淀粉除了可以减少肉量、降低成本外,还能显著改善其凝胶特性,增强冻融稳定性^[18],可以改善肉糜制品的质量,所以也可以认为淀粉是品质改良剂。

在加热过程中,加入肉糜制品中的淀粉会发生糊化,从而把肉中的水份吸进淀粉颗粒,达到固定水份的作用,使制品的持水性变好,提高了肉的紧密性。淀粉颗粒经过糊化后变得柔软而有弹性,在蛋白质凝固时,分布均匀的糊化淀粉,起到粘粘作用,赋予制品良好的组织形态,会使肉糜制品的切面平滑而有光泽。由于长期贮藏的冻肉粘性不够,因此在生产中使用冻肉原料时,用添加淀粉的方法提高肉的保水性和粘粘性就更为需要。另外,淀粉在肉馅中还能吸收一部分因加热过程中受热而融化的脂肪,减少脂肪的流失,对肉糜制品口感改善有良好效果。淀粉在肉糜生产的熟制过程中糊化而成为糊化淀粉,与肉馅调和后,可以弥塞馅中可能存在的空隙,使肉馅更为紧密。

2.5 加热条件

肉糜加热的目的有三个:一是熟化产品,将处理过的原料产品加热,使之熟化,产生特有的风味和性质。二是将蛋白质变性凝固,使肉凝胶化,增加产品感官和质量。二是消毒灭菌,加热使一般细菌和霉菌等致病菌杀死,增加产品的安全性。加热对肉糜流变学性质有很大影响。不同的加热条件对肉糜凝胶强度的影响不同。目前对于加热条件的研究集中在加热温度、加热时间和加热方式上。

Foggeding等^[19]指出,加热速度对肌球蛋白凝胶强度没有影响,而他同时指出50~70℃之间线性升温到70℃比恒温加热时形成的凝胶强度刚性率要大,其原因是线性升温给蛋白质变性足够的时间。浓度3mg/ml的猪肉肌球蛋白70℃恒温加热并不能形成凝胶,是没有足够的有序蛋白质相互作用,而逐步升温慢速加热就可能形成凝胶,因此恒温加热和温度迅速升高是随机的蛋白质相互作用而不是有序的相互作用,有序的相互作用才能形成三维网络凝胶。浓度为6mg/ml时恒温加热也能够形成凝胶,此时随机和有序的蛋白质相互作用都会出现。

2.6 高压处理

由于高压对食品成分产生的影响,使它在食品加工和保藏中有着广泛的应用。超高压食品加

工技术是指利用100MPa以上压力、在常温或较低的温度下,使食品中的酶、蛋白质、核糖核酸和淀粉等生物大分子改变活性、变性或糊化,同时杀死微生物达到灭菌保鲜,而食品的天然味道、风味和营养价值不受或很少受影响、低能耗、高效率、无毒素产生的一种加工方法。

高压处理能够解聚肌动蛋白和肌球蛋白,并能提高肌原纤维蛋白的溶解性,这一特性在成品肉制品中具有至关重要的作用。高压对凝胶性能的稳定作用依赖于蛋白质系统的特征(例如品种、蛋白质类型、结构离解、pH值、离子强度及其它化合物的存在)和高压的加工条件(例如压力水平、作用时间和温度)^[20]。

加热之前的高压处理能提高肌肉蛋白的凝胶性,高压处理前的加热常会限制肉糊的凝胶性质。高压处理发生在变化的温度和压力状况下,振动加压看起来对抑制微生物比对引起肌肉组织的变化或影响凝胶结构性性质更有效。

3 结论与展望

在肉品加工过程中,无可避免会产生大量诸如碎肉之类的下脚料,如果将这些资源有效利用,可以大大提高肉类加工的附加值。肉糜凝胶强度是肉糜制品品质的一个非常关键的因素。在加工过程中,控制不同阶段不同条件对肉糜凝胶强度的影响,通过添加不同的增强凝胶强度的添加剂和采取有效的加工方法来提高肉糜凝胶强度。

参考文献

- [1] 孔保华. 肉制品工艺学[M]. 哈尔滨: 黑龙江省科技出版社, 1996.
- [2] Hermaneson AM. Aggregation and denaturation involved in gel formation functionality and protein structure. ACS Symp Series, 1979, 92: 181.
- [3] Egelandsdal B. Heat—induced gelling in solutions of ovalbumin[J]. J Food Sci, 1980, 45: 570.
- [4] Huxley, HE. Electron micrograph studies on the structure of natural and synthetic filaments from striated muscle [J]. J Mol Biol, 1963, 7: 281~308.
- [5] Acton JC, et al. Functionality of muscle constituents in the processing of comminuted meat products[J]. Crit Rev Food Sci Nutr, 1983, 18: 99~121.
- [6] Egelandsdal B, et al. Dynamic rheological measurements on heat—induced myosin gel: Effect of ionic strength; protein concentration and addition of adenosine triphosphate of pyrophosphate[J]. J Sci Food Agric, 1986, 37: 915~926.
- [7] Siegel DG, et al. Ionic, pH, and temperature effects on the binding ability of myosin [J]. J Food Sci, 1979, 44: 1 686~1 689.
- [8] 韩敏义, 徐幸莲, 周光宏. 肌球蛋白及其凝胶特性[J]. 江苏农业科学, 2003, 3: 67
- [9] Egelandsdal B, et al. Dynamic rheological measurements on heat—induced myosin gel: Effect of ionic strength, protein concentration and addition of adenosine triphosphate of pyrophosphate[J]. J Sci Food Agric, 1986, 37: 915~926.
- [10] 陈艳. 鱼糜凝胶过程得影响因素分析[J]. 食品研究与开发, 2003, 24(3): 12~15.
- [11] 孔保华. 磷酸盐和氯化钙对牛肉凝胶特性的影响 [J]. 东北农业大学学报, 2004, 35(5): 573~577.
- [12] Asghar A, et al. Biochemical and functional characteristics of myosin from red and white muscle of chicken as influenced by nutritional stress[J]. Agric Biol Chem, 1984, 48(9): 2217~2224.
- [13] 齐凤生. 漂洗工艺对鱼糜质量的影响[J]. 河北渔业, 2002, 3: 9~10.
- [14] Stone. Muscle protein gelation at low ionic strength [J]. Food Research International, 1994, 27: 155.
- [15] 彭增起, 周光宏, 徐幸莲. 磷酸盐混合物和加水量对低脂牛肉灌肠硬度和保水性的影响[J]. 食品工业科技, 2003, (3): 38~43.
- [16] 梁海燕, 马佃珍. 谷氨酰胺转氨酶在肉制品加工中的应用[J]. 肉类研究, 2004(1): 50~52.
- [17] Motoki M. Transglutaminase and its use in food processing [J]. Trends in Food Science & Technology, 1998, 9: 204~210.
- [18] OKADA M. Effect of washing on the jelly forming ability of fish meat [J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1964, 30 : 255.
- [19] Foggeding EA, et al. Effect of heating rate on thermally formed myosin, fibrinogen and albumin gels[J]. J Food Sci, 1986, 51(1): 104~108, 112.
- [20] Suzuki T, et al. Modification of the heat—setting characteristics of myosin by pressure treatment [J]. Meat science, 1984 11(4): 263~274.