

肉质结构和变性淀粉

栾金水（浙江工商大学食品、生物与环境工程学院 杭州 310035）

摘 要 本文对肉质结构和变性淀粉的结构、理化性质和变性淀粉在肉制品中的应用作了较详尽的介绍。

关键词 肉 变性淀粉 肉制品

为了满足某些肉食制品加工工艺要求，除了通过选择各种淀粉的类型（如玉米、木薯、马铃薯、小麦等）外有时更需要通过淀粉改性（变性）方法（交联、硅化、氧化、酸解、酶解等）来满足其加工工艺的要求以达到理想的效果。在了解变性淀粉在肉制品中的作用之前，就要必须介绍有关肉制品结构与变性淀粉的结构、理化性质以及变性淀粉在肉制品生产中的应用。

一、肉的结构、理化性质以及与肉制品生产的关系

（一）组成食用肉品的四类组织

从组织结构角度来讲，影响肉的品质主要有以下四类组织：

1 肌肉组织 它是食用肉品最主要组成部分，是决定肉质的重要成分。肌肉组织可分为骨骼肌、平滑肌和心肌。骨骼肌是用于食用肉品加工的主要原料，它约占动物机体的30%~40%。在食用肉品加工中，所谓的肉汁主要是指骨骼肌细胞内的肌浆（即原生质）和周围的半流体状的红色低黏度溶胶，其内还含有丰富的水溶性蛋白质、肌糖原、脂肪滴、维生素、矿物质等。它营养丰富、味道鲜美、肉香馥郁易被吸收是肉制品中的精华。

2 结缔组织 它在食用肉中最主要分布于肉中的腱、韧带、肌束间的纤维膜、血管、皮肤等广泛区域。如果结缔组织含量过多，往往使肉质变老而难煮烂。肉质韧而不易咀嚼消化，口味差，风味淡等使肉的营养品质下降。

3 脂肪组织 它也是决定肉品质的重要因素。优良的肉品就是有良好的肌肉和适当的脂肪组合而成。当脂肪蓄积在肌束内则最为理想，这样的肉质一般纹理清晰细腻、剖面光亮滑润、脂肪粒微细、均匀、分散性好，即呈现大理石样斑纹。肉中的脂肪也是构成肉风味物质的前体物质之一。

4 骨组织 骨组织是构成肉的次要成分，使用价值和商品价值都较低。由于骨组织中含有较多的胶原蛋白、钙、磷等，人们常将其制成骨粉（饲料添加剂）、骨胶（明胶的半成品）和骨泥（肉制品的良好添加剂）。

（二）肉的含水量和水在肉中的存在形式

1 肉的含水量 影响肉品质因素除了上述四类组织外，肉中的含水量也与肉品质密切相关。一般动物越老含水量越少，肉质也越老；反之，肉质就较嫩，这与结缔组织的影响正好相反。即使在同一动物体内而不同部位的肉品，其含水量也各不相同，含水量多少依次是：背部肉>臀部肉>大腿肉。一般幼畜含水量较高。瘦肉瘦畜的含水量大于肥畜、肥肉。肉品中含水量的特性直接影响肉品的加工，储藏和内制品质量。在肌肉中水与蛋白质呈凝胶状态。当与水的结合程度高时肉的持水性就高，产品则鲜嫩多汁。

2 水在肉中的存在形式

①结合水（bond water）这部分水是与蛋白质分子的极性基团靠静电引力相互紧密结合的。因为蛋白质和水都是极性分子而蛋白质分子要比水分子大得多，这样使得一个蛋白质分子周围排列了许多的水分子，它们靠静电引力相互吸引、相互牵制、紧密结合，形成了薄薄的结合水层。结合水与溶质和其它非水分子主要靠氢键维系，存在着“构成水、临近水和多层水这三种状态。结合水的冰点很低（-40℃），故不易结冰，不易蒸发，不能随便流动，也无溶剂特性，不会受蛋白质分子结构和电荷变化的影响，甚至在施加超常外力条件下，也不会改变其与蛋白质分子紧密结合状态而导致分离，因此，它是一种非常稳定的结合状态。在肉品烧煮、烘烤、干燥等脱水过程中，结合水是最不易被脱去的水分。结合水约占肌肉总水分的

15%。

②自由水 (free water) 或自由流动水 (fluid water)

这些水是存在于肌肉组织细胞外间隙或组织内外间隙中的能自由流动的水,它是构成体液的主要成分。它易蒸发,易渗透,具有一般水的特性。它约占总水分的15%,其冰点约在 $-1^{\circ}\text{C}\sim-2^{\circ}\text{C}$ 。它易受外界环境条件的影响。在肉品烧煮、烘烤、干燥等脱水过程中是最容易被除去的水分。非法肉商贩“注水肉”的水分就算是通过血管内灌注迫使水分进入组织内外间隙中形成不正常的“自由水”或毛细管水 (capillary water)。

③滞化水 (immobilized water) 或称滞留水、不易流动水、肌原纤维中的水等。这种水存在于肌丝、肌原纤维和肌膜之间,它的含量取决于肌原纤维蛋白质凝胶网状结构的变化,也是通常讲的肉的持水性。肌肉组织中的水大部分以这种形式网状结构的变化,也是通常讲的肉的持水性。肌肉组织中的水大部分以这种形式存在 (约占总水分的60~70%),它与肌肉组织中的非水成分的结合能力要比结合水小,但比自由水大。它能溶解盐类及其它物质。肉中PH值的变化或在肉中添加食盐、磷酸盐、淀粉或碱性物质都可以明显地增加这些水在肉中的滞留,即提高肉的持水性。滞化水的冰点与自由水相近 (略低于 0°C),它在肉品加工的脱水过程中,脱水难易程度介于自由水与结合水之间。

在冷冻肉解冻时流出的肉汁液、肉制品加热时水分的丢失、腌制鲜肉时外渗的液体等现象,不仅带走了水分而且随之也带走了水溶性蛋白质及其它各种营养物质,因此,为了阻止这种现象对保持肉制品的含水率,提高肉制品质量和成品率是具有较好的实用价值和经济意义的。

二、变性淀粉的结构、理化性质及在肉制品生产中的应用

在肉制品中,变性淀粉的性能具体表现在耐酸耐热性、吸水性、粘着性和凝胶性等,使肉制品的组织结构、切片、口感、多汁等与产品质量密切相关的性能可得到明显改善,并同时提高产品的出品率。肉制品中使用的变性淀粉的种类主要有以下几种:

1 环状糊精 (CD) 通过培养能产生环状糊精酶 (环状糊精葡萄糖基转移酶,简称CGT-ase)

的细菌,并将提取的这类酶与淀粉进行转化反应,使生成的最终产物为环状糊精 (CD)。环状糊精的分子结构呈环状或桶状,在环 (桶) 状的内空腔中有氢形成的疏水区,而在外由羟基形成的亲水区。因此,空腔能吸收疏水性的物质或基团,形成包络合物,将其与外界封闭起来,从而起着良好的隔绝和稳定作用。在肉制品中添加CD,可将肉香等风味物质与CD形成包络合物,可以起到较长的保存肉香风味的作用。与CD形成的复合物还可增强对热,对氧化,对肉品中的色素起保护和稳定作用,从而提高和保护肉制品色、香、味的品质。此外,CD还具有良好的乳化功能,它能包络微小的脂滴阻止大量微脂滴相互聚合,使乳化物质保持长久稳定。并且它还具有脱去肉制品中的腥味或不愉快气味的作用。

2 氧化淀粉 淀粉在酸、碱、中性介质中与氧化剂作用最终氧化得到的产品称为氧化淀粉。氧化淀粉的原料主要有马铃薯、木薯、甘薯和玉米淀粉等。氧化淀粉的颗粒与原淀粉相似,仍保持原有的偏光性和X射线衍射图像的物理性状。添加氧化淀粉后可使肉制品糊化程度增强,糊化温度降低,热糊粘度稳定性提高,凝沉性减弱,溶解性增加,渗透性和成膜性提高,其薄膜的抗收缩性和断裂性能提高,成膜均匀。另外,由于淀粉经氧化剂后它的羧基和酰基增加,使得淀粉糊透明性增加,改善了肉制品的外观质量。

3 酸变性淀粉 用酸在糊化温度以下作用于淀粉的糖苷键使淀粉水解分子变小,从而改变其性质的淀粉产品称为酸变性淀粉。但在糊化温度以上 (甚至更高温度) 的酸水解淀粉产品不属于酸变性淀粉。酸变性淀粉仍基本保持了原来淀粉颗粒形状,但在水中受热发生的变化与原来淀粉有很大的差别。原淀粉颗粒受热膨胀时体积可以增大几倍,而酸变性淀粉颗粒因酸的作用而形成辐射状裂纹,受热后沿裂纹裂解而不是膨胀。在酸水解时,直链淀粉和支链淀粉分子变小,聚合度降低,易被水分散和裂解。酸变性淀粉热糊粘度较低而冷糊粘度较高,因二者比值大,则胶凝性增强,因此冷却时易形成强度高的凝胶,但不同品种的酸变性淀粉性质存在明显的差异。玉米、小麦、高粱等谷类酸变性淀粉热糊相当透明,凝沉性较强;但冷却后透明度降低,生成不透明强度高的凝胶。

粘玉米淀粉因由支链淀粉组成（直链淀粉含量很少），经酸作用变性后凝沉性很弱，但热糊透明度和流动性都高，冷却后不易形成凝胶。酸变性木薯淀粉与粘玉米酸变性淀粉相似，但冷却后透明度降低。酸变性马铃薯淀粉热糊的流动性和透明度都较高，且胶凝性强，冷却后很快形成不透明的凝胶，它是常用于肉制品中的酸变性淀粉。

4 交联淀粉 淀粉中的醇羟基已与交联剂（如偏磷酸盐、环氧丙烷、三氯氧磷、己二酸等）形成二醚键或二酯键，使两个或两个以上的淀粉分子之间“架桥”在一起，呈现多维空间网状结构的反应称为交联反应，淀粉经过交联反应后的产物称为交联淀粉。不但淀粉分子之间可以交联，而且淀粉与其它分子之间也可以发生交联，如淀粉与肌原纤维、结缔组织纤维及其它蛋白质纤维等均可发生交联。交联后平均分子量明显增大。淀粉颗粒中的直链淀粉分子和支链淀粉分子是由氢键作用而形成颗粒结构，再加上新的交联化学键（二醚键或二酯键）来增强和保持颗粒结构中的氢键，使颗粒的紧密程度进一步加强，颗粒紧密坚韧可抑制糊化时颗粒的膨胀。其原因是由于淀粉颗粒中由氢键结合成的颗粒结构。当在热水中受热是氢键强度减弱，颗粒吸水膨胀，粘度不断上升，若再继续受热则氢键断裂，颗粒破碎、粘度迅速下降。而交联淀粉化学键的强度远强于氢键，它能显著增强颗粒结构的强度，抑制颗粒膨胀、破裂和粘度下降，有较强的抗酸、抗热、抗冷、抗外力作用的能力。如粘玉米、马铃薯、木薯等淀粉经交联变性后，在受热糊化尤其在酸性加热条件下，仍能很好的保持粘度的稳定性。又如原淀粉糊经低温冷冻后，由于凝沉作用使淀粉分子之间又经氢键结合形成不溶性的结晶结构，原有的胶体被破坏，严重时还会有游离水析出，使肉制品不能保持原有的组织结构。但经交联后的淀粉却具有较强的抗冷冻冻融的稳定性，在低温下长时间冷冻冷藏或经过多次反复冻融的肉制品仍能保持原有的组织结构。至于交联淀粉的抗酸碱和剪切力的稳定性则随交联化学键的不同而存在着差异。如环氧丙烷

交联的醚键，其化学稳定性高，所得到的交联淀粉抗酸、碱、酶和剪切力作用也强。又如三偏磷酸钠和三氯氧磷交联的无机酯键对酸的稳定性明显高于对碱的稳定性；而己二酸交联的有机酯键，则对酸与碱的稳定性差异要比前者更为显著。

交联淀粉与酸变性淀粉相同，其颗粒形状仍与原淀粉相似，变化不大，但当受热时糊的性质发生很大的变化。交联淀粉在肉制品加工时对加热、冷冻、冻融、酶解、酸碱、强烈搅拌产生的剪切力等因素均具有很高的稳定性，并且使用交联淀粉的肉制品口感也比较好。

5 酯化淀粉 淀粉经酯化剂作用，使淀粉中的羟基被无机酸（或有机酸）酯化而得到无机酸酯淀粉（或有机酸酯淀粉），这种变性淀粉通称酯化淀粉。无机酸酯淀粉、有磷酸酯淀粉、硝酸酯淀粉等；有机酸酯淀粉有醋酸酯淀粉、顺丁烯二酸酯淀粉等。下面介绍一种常用于肉制品的磷酸酯淀粉。

淀粉很容易与磷酸盐起反应而生成磷酸酯淀粉，即使是很低的磷酸根取代度的磷酸酯淀粉也能明显地改变原淀粉的性质。磷酸为三价酸，能与淀粉分子中的三个羟基起反应而生成磷酸一酯、二酯、三酯，磷酸一酯（磷酸单酯）淀粉是工业上应用最广泛的磷酸酯淀粉。食品工业中常用的酯化剂是正磷酸单钠、三偏磷酸钠、三聚磷酸钠和氯氧磷等。磷酸单酯淀粉是淀粉阳离子衍生物，呈颗粒状，它与原淀粉相比糊粘度、透明度和稳定性均有明显提高，而且凝沉降低、冷却或长期储存也不凝结成胶冻，冻融稳定性也较好，即使是很低的酯化程度也能明显改变糊的性质，如天然玉米淀粉糊透明度不高的“短”糊，它凝沉性大，冷却后变成不透明的凝胶。若天然玉米淀粉经磷酸酯化后，其糊性质改变很大，甚至可变成与马铃薯淀粉糊相似的“长”糊，其透明度、粘胶性、稳定性都有明显的改善，此外还有较好的持水性和乳化性，常用于火腿、肉丸、肉馅等多种肉制品。但磷酸单酯淀粉的糊粘度易受PH值的影响，并能与钙、镁、铝等离子产生沉淀，在使用时要引起注意。

Meat and Modified Starch

Luan Jinshui

ABSTRACT This article introduced the chemical and physical characters of meat and modified starch, and also introduced their structure and application in the manufactured meat

KEYWORD meat, modified starch, manufactured meat