

新农村建设文库·农民科学素质教育丛书

甘肃省高级科技专家协会 甘肃省老科学技术工作者协会

总主编 宋寿海 张克复

肉类贮藏加工技术

韩 玲 余群力 张福娟 编著

甘肃文化出版社

一、肉类基础知识

广义地讲,动物屠宰后的可食部分都称为肉。在肉品工业中,肉可以理解为胴体,即牲畜屠宰放血后除掉头、蹄、皮或毛、内脏的剩余部分。狭义的肉是指肌肉组织。不同动物、不同部位和组织则冠以不同的名称,如猪肉、瘦肉、五花肉、牛排、羔羊肉、猪头肉、鸭肝、猪肚等。

(一)肉类营养成分

肉的营养成分包括水分、蛋白质、脂肪、无机盐、维生素及微量成分(含氮浸出物、糖原、乳酸)等。这些成分的含量,除了随动物的种类而不同外,也受品种、性别、年龄、季节、营养、劳役程度和部位等因素的影响。不同动物肉中营养成分含量见表1、表2。

表1 各种动物肉的营养成分 (以每100克可食部分计)

肉别	水分 (克)	蛋白质 (克)	脂肪 (克)	碳水化合物 (克)	灰分 (克)	热量 (千焦)
肥猪肉	8.8	2.4	88.6	0	0.2	807
瘦猪肉	71.0	20.3	6.2	0	1.10	143
牛 肉	72.91	20.07	6.48	0.25	0.92	1480

续表 1

肉别	水分 (克)	蛋白质 (克)	脂肪 (克)	碳水化合物 (克)	灰分 (克)	热量 (千焦)
羊 肉	75.17	16.35	7.98	0.31	1.19	1410
马 肉	75.90	20.10	2.20	1.88	0.95	1030
鹿 肉	77.00	19.50	2.50	0.2	1.18	1282
骆驼肉	76.14	20.75	2.21	0.25	0.75	740
驴 肉	73.8	21.5	3.2	0.4	1.1	116
兔 肉	73.47	24.25	1.91	0.16	1.52	1170
鸡 肉	71.80	19.50	7.80	0.42	0.96	1520
鸭 肉	71.24	23.73	2.65	2.33	1.19	1220

表 2 猪肉各部位营养成分 (以每 100 克可食部分计)

部位名称	水分(克)	蛋白质(克)	脂肪(克)	灰分(克)
腿肉	70.02	20.52	4.40	1.00
背肉	73.39	22.38	3.20	1.03
腰部软肉	75.28	18.72	5.07	0.93
肩肉	65.02	17.06	17.14	0.78
肋条肉	61.50	17.47	20.15	0.88
肋腹肉	58.40	15.80	25.09	0.71
眼肌	72.17	20.87	5.06	1.90
股二头肌	74.46	20.79	3.99	0.76

1.水分

水分在肉中占绝大部分,可以把肉看做是一个复杂的胶体分散体系。水为溶媒,其他成分作为溶质以不同形式分散在溶媒中。

水在肉中分布是不均匀的,其中肌肉中含量约为70%~80%,皮肤中为60%~70%,骨骼中为12%~15%。肉中水分含量多少及存在状态影响着肉的品质及贮藏性,水分含量高,肉的嫩度高,品质好;但水分多易遭致细菌、霉菌繁殖,引起肉的腐败变质。

(1)肉中水分的存在形式

研究表明,肉中的水分并非像纯水那样以游离的状态存在,其存在的形式大致可以分为三种。

①结合水。是指在蛋白质分子表面借助极性基团与水分子之间的静电引力而结合存在的水分子层。它的冰点很低(-40°C),无溶剂特性,不易受肌肉蛋白质结构变化的影响。甚至在施加严重外力的条件下,也不能改变其与蛋白质分子紧密结合的状态。结合水约占肌肉总水分的5%。

②不易流动水。肌肉大部分水分(80%)是以不易流动水状态存在于肌细胞内。这种水能溶解盐及其他物质,并在 0°C 或稍低时结冰。这部分水量取决于肌原纤维蛋白质凝胶的网状结构变化,通常度量的肌肉系水力及其变化,主要指这部分水。

③自由水。指存在于细胞外间隙中能自由流动的水,约占总水分的 15%。

(2) 水分活度

水分活度(A_w)是指食品在密闭容器内测得的水蒸气压力与同温度下测得的纯水蒸气压之比。

纯水的 $A_w=1$, 完全不含水物质的 $A_w=0$, 所以 A_w 的范围在 0~1 之间。

水分活度反映了水分与肉品结合的强弱以及被微生物利用的有效性,当水分活度在 0.7 以下,大多数微生物不能生长发育。

2. 蛋白质

肌肉中除水分外的主要成分是蛋白质,约占 18%~20%,占肉中固形物的 80%。动物肥肉中 90%是脂肪,蛋白质含量仅为 2%~3%,瘦肉中含有 10%~20%的蛋白质,蛋白质含量最高的部位是里脊,奶脯部位最低。猪肉的蛋白质含量较低,平均仅在 15%左右,牛肉较高,达 20%左右。羊肉的蛋白质含量介于猪肉和牛肉之间。兔肉的蛋白质含量也在 20%左右。

肌肉蛋白质依其构成位置和在盐溶液中的溶解度分成三种:肌原纤维蛋白质,约占 55%;存在于肌原纤维之间的肌浆蛋白质,约占 35%;结缔组织蛋白质,约占 10%。

(1) 肌原纤维蛋白质

肌原纤维蛋白质是肌肉的结构蛋白质,约占肌肉总蛋白量的 40%~60%,在加热时即凝固,在机械滚揉作用下渗出,加热时有利于肉块间黏结成型。这类蛋白质主要包括肌球蛋白、肌动蛋白、肌动球蛋白、原肌球蛋白和肌原蛋白。

①肌球蛋白。是肌肉中含量最高也是最重要的蛋白质。与肉在加工中的嫩度变化和其他品质变化有关。

②肌动蛋白。是能溶于水和稀盐溶液的蛋白质,易生成凝胶。

③肌动球蛋白。是肌球蛋白与肌动蛋白的复合物,比单独的肌球蛋白对热稳定性高。

④原肌球蛋白和肌原蛋白。正常情况下与肌动蛋白结合存在,肌肉收缩时与肌动蛋白分开。

(2) 肌浆蛋白质

占肉中蛋白质总量的 20%~30%,是肉中最易提取的蛋白质,包括肌溶蛋白、肌红蛋白和肌粒蛋白等,其中肌红蛋白是肉呈红色的主要成分。

(3) 结缔组织蛋白质

主要有胶原蛋白、弹性蛋白和网状蛋白,是构成肌肉肌膜、筋腱、血管壁、脏器的主要成分,与肉的嫩度有关。

①胶原蛋白。胶原蛋白是构成胶原纤维的主要成分,在 80℃水中长时间加热,会转化为明胶。

②弹性蛋白。弹性蛋白是弹性纤维的主要成分,性质

非常稳定,不易被胃蛋白酶、胰蛋白酶水解,可被弹性蛋白酶水解,不能加工利用。

③网状蛋白。网状蛋白水解后,可产生与胶原蛋白同样的肽类。网状蛋白对酸、碱比较稳定,不易消化利用。

3.脂肪

肉的肥肉 90%是脂肪,瘦肉中含有 0.4%~2.5%的脂肪。动物脂肪中含饱和脂肪酸和单不饱和脂肪酸多,而多不饱和脂肪酸含量较少。例如,猪脂肪含有约 40%的饱和脂肪酸,通常在体温下呈液态,消化率可达 90%以上。牛和羊是反刍动物,其脂肪中饱和脂肪酸比例达 50%以上,熔点可达 40℃以上,在体温下仍不液化,因此较难消化。畜肉中的脂肪含量与畜种、部位、年龄、肥度等关系密切。猪肉的脂肪含量比牛肉高,排骨肉比里脊肉的脂肪含量高,老龄动物肉中的脂肪比例比幼小动物的高,肥育动物瘦肉部分的脂肪含量比瘦肉型动物同部位瘦肉中的含量要高;脑、心、肝中含丰富的磷脂及胆固醇;相对来说鸡脂肪和猪脂肪含不饱和脂肪酸较多,牛脂肪和羊脂肪中含不饱和脂肪酸较少。

动物的脂肪可分为蓄积脂肪和组织脂肪两大类,蓄积脂肪包括皮下脂肪、肾周围脂肪、肠网膜脂肪及肌间脂肪等;组织脂肪为肌肉组织内及脏器内的脂肪。

4.浸出物

浸出物是指除蛋白质、盐类、维生素外能溶于水的浸出性物质,包括含氮浸出物和无氮浸出物。

含氮浸出物是非蛋白质含氮物质,是肉风味的主要来源。无氮浸出物是无氮的有机物,主要有糖原和乳酸。无氮浸出物中肌糖原的多少,与肉的 pH 值、保水性、颜色等有关,并且影响肉的贮藏性。

5. 矿物质

肉是铁、锌等矿物质的重要来源。钾、钠、锌和钙影响肉的保水性,铁的状态与肉的颜色有关,肉类中的铁以血红素铁的形式存在,生物利用率高,吸收率不受食物中各种干扰物质的影响。肝脏是铁的储藏器官,含铁量为各部位之首,如猪肝中铁的含量为 22.6 毫克/100 克,血液和脾脏也是膳食铁的优质来源。此外,畜肉中锌、铜、硒等微量元素较丰富,且其吸收利用率比植物性食品高。畜肉中钙含量很低,猪肉的含钙量仅为 6 毫克/100 克左右,而磷含量较高,达 120~180 毫克/100 克左右。禽肉中的铁、锌、硒含量较畜肉高,含钙量相当。

6. 维生素

肉中脂溶性维生素较少,而水溶性 B 族维生素含量较丰富。

肉含有较多 B 族维生素,其中猪肉中维生素 B₁ 含量较高。猪腿肉的维生素 B₁、维生素 B₂ 和尼克酸含量分别为

0.53 毫克/100 克、0.24 毫克/100 克和 4.9 毫克/100 克,牛肉中叶酸含量较高。但是,瘦肉中的维生素 A、维生素 D、维生素 E 均很少。肥肉中维生素含量较低。

肝脏是各种维生素在动物体内的储藏场所,是维生素 A、维生素 D、维生素 B₂ 的极好来源。羊肝中的维生素 A 含量高于猪肝。除此之外,肝脏中还含有少量维生素 C 和维生素 E。心、肾等内脏的维生素含量均高于瘦肉。

(二)肉的食用品质

肉的食用品质包括肉的保水性、嫩度、色泽、风味等,动物屠宰后,随着时间的推移,肉的食用品质会发生变化,有的向好的方向发展,有的则逐步变差,因此,必须了解影响这些品质变化的因素,以确保肉的质量。

1.保水性

(1)概念

肉的保水性常以肌肉的系水力来衡量,指肌肉受到外界因素(如冷冻、解冻、压力、加热等)作用时,其保持原有水分的能力。

(2)保水性与肉品质的关系

肉的保水性是一项重要的肉质指标,不仅影响肉的颜色、香味、营养成分、多汁性、嫩度等食用品质,而且有重要的经济价值。利用肌肉具有保水潜能这一特性,在其加工

过程中可以添加水分,从而可以提高产品得率。如果肌肉保水性能差,那么从家畜屠宰后到肉被烹调前的这一段过程中,肉因为失水而失重,造成经济损失。

肉中的水不是像海绵吸水似的简单存在,而是以结合水、不易流动水和自由水三种形式存在的。其中不易流动水主要存在于肌丝、肌原纤维及肌膜之间,度量肉的保水性主要指的是这部分水,取决于肌原纤维蛋白的网络结构及蛋白质所带电荷的多少。蛋白质处于膨胀胶体状态时,网络空间大,保水性就高;反之处于收缩状态时,网络空间小,保水性就低。

(3)影响肉保水性的因素

①蛋白质。肉的保水性与蛋白质所带电荷数及其空间结构有直接关系。蛋白质网状结构愈疏松,分子间隙愈大,固定的水分越多。蛋白质表面所带的电荷愈多对水的吸附力愈强,同时蛋白质分子间静电斥力愈大,其结构愈松弛,保水性愈好。

②pH值。肉的pH值决定着蛋白质所带电荷数的多少,当pH值在5.0~5.5时,接近肌球蛋白的等电点,保水性最低。任何影响肉pH值变化的因素或处理方法均可影响肉的保水性,尤以猪肉为甚。在实际肉制品加工中常用添加磷酸盐的方法来调节pH值至5.8以上,以提高肉的保水力。

③金属离子。肌肉中含有多种金属元素,以结合或游离状态存在,它们在肉成熟期间会发生变化。许多元素对肉保水性有较大的影响。研究发现,钙离子(Ca^{2+})大部分与肌动蛋白结合,对肌肉中肌动蛋白具有强烈作用。除去 Ca^{2+} ,则使肌肉蛋白的网状构造分裂,将极性基团包围,此时与双极性的水分子结合时,可使保水性增加。锌离子(Zn^{2+})及铜离子(Cu^{2+})亦具有同样的作用。镁离子(Mg^{2+})对肌动蛋白的亲水性较小,但对肌球蛋白亲水性则较强。铁离子(Fe^{2+})与肉的结合极为牢固,即使用离子交换树脂处理也无法分离,这说明 Fe^{2+} 与保水性并无相关。钾离子(K^+)与肉的保水性呈负相关,而钠离子(Na^+)则呈正相关。肉中 K^+ 与 Na^+ 的含量比二价金属多,但他们对肌肉蛋白的溶解性的作用比二价金属小。

④动物因素。畜禽种类、年龄、性别、饲养条件、肌肉部位及屠宰前后处理等,对肉的保水性都有影响。兔肉的保水性最佳,其次为牛肉>猪肉>鸡肉>马肉。就年龄和性别而论,去势牛>成年牛>母牛,幼龄>老龄,成年牛随体重增加而保水性降低。猪体中冈上肌保水性最好,其次是胸锯肌>腰大肌>半膜肌>股二头肌>臀中肌>半腱肌>背最长肌。其他骨骼肌较平滑肌为佳,颈肉、头肉比腹部肉、舌肉的保水性好。

⑤宰后肉的变化。保水性的变化是肌肉在成熟过程中

最显著的变化之一。刚屠宰后的肉保水性很强,几十小时甚至几小时后就显著降低,然后随着时间的推移而缓缓地增加。

A.ATP 的作用。Hamm 于 1958 年发现,牛宰后保水性降低的原因有 2/3 是 ATP(腺苷三磷酸)的分解所引起,有 1/3 因 pH 值的下降所致。

B.死后僵直。当 pH 值降至 5.4~5.5,正好是肌原纤维的主要蛋白质肌球蛋白的等电点,即使没有蛋白质的变性,其保水性也会降低。此外,由于 ATP 的丧失和肌动球蛋白的形成,使肌球蛋白和肌动蛋白间有效空隙大为减少。这种结构的变化,则使其保水性也大为降低。而蛋白质某种程度的变性,也是动物死后不可避免的结果。肌浆蛋白质在高温、低 pH 值的作用下沉淀到肌原纤维蛋白质上,进一步影响了后者的保水性。

C.自溶期。僵直期后(约宰后 1~2d),肉的水合性慢慢升高,僵直逐渐解除。一种原因是由于蛋白质分子分解成较小的单位,从而引起肌肉纤维渗透压增高所致;另一种原因可能是引起蛋白质净电荷(实效电荷)增加及主要价键分裂的结果。在成熟过程中,肉蛋白质连续释放 Na^+ 、 Ca^{2+} 等到肌浆中,结果造成肌肉蛋白质净电荷的增加,使结构疏松并有助于蛋白质水合离子的形成,因而肉的保水性增加。

⑥添加剂

A. 食盐。一定浓度的食盐具有增加肉保水能力的作用。这主要是因为食盐能使肌原纤维发生膨胀。肌原纤维在一定浓度食盐存在下,大量氯离子被束缚在肌原纤维间,增加了负电荷引起的静电斥力,导致肌原纤维膨胀,使保水力增强。另外,食盐腌肉使肉的离子强度增高,肌纤维蛋白质数量增多。在这些纤维状肌肉蛋白质加热变性的情况下,将水分和脂肪包裹起来凝固,使肉的保水性提高。

B. 磷酸盐。磷酸盐能结合肌肉蛋白质中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ,使蛋白质的羧基被解离出来。由于羧基间负电荷的相互排斥作用使蛋白质结构松弛,提高了肉的保水性。较低的浓度下就具有较高的离子强度,使处于凝胶状态的球状蛋白质的溶解度显著增加,提高了肉的保水性。焦磷酸盐和三聚磷酸盐可将肌动球蛋白解离成肌球蛋白和肌动蛋白,使肉的保水性提高。肌球蛋白是决定肉的保水性的重要成分。但肌球蛋白对热不稳定,其凝固温度为 $42^{\circ}\text{C}\sim 51^{\circ}\text{C}$,在盐溶液中 30°C 就开始变性。肌球蛋白过早变性会使其保水能力降低。聚磷酸盐对肌球蛋白变性有一定的抑制作用,可使肌肉蛋白质的保水能力稳定。

(4) 肉的保水技术

肉的保水技术,是现代肉品加工的重要技术。对于已经给定的原料,在整个加工过程中,如何提高它的保水性和最后获得较高的成品率,其因素是极其复杂的。提高肉

的保水性,目前常用的方法有:

①调节 pH 值偏离肉蛋白等电点。如前所述,肉的 pH 值在蛋白质等电点时肉的保水能力最低。要提高肉的保水性,就要使其 pH 值偏离蛋白质的等电点。常用的方法一是加酸,使肉的 pH 值继续下降,直至低于肉蛋白质的等电点;二是加入碱性添加剂,使肉的 pH 值升高、向中性方面偏转,高于肉蛋白质的等电点。两种方法均能提高肉的保水性。

目前,国内外广泛应用的方法是在腌料中添加复合磷酸盐(国内只限于使用焦磷酸钠、三聚磷酸钠、六偏磷酸钠三种),可提高肉的保水性。

②提取可溶性蛋白质。将肉中可溶性蛋白质提取后,可与水和其他添加物组成溶胶状物质,包裹于肉块表面,煮制受热时,这些蛋白质首先变性,形成凝胶,起到封闭作用,阻止了肉块内部的水分外渗,起到保水作用,提高了肉制品的嫩度和成品率。提取蛋白质的方法有多种,如加工过程中的滚揉(也称按摩)、搅拌、绞碎、斩拌、针刺等机械动作,均能达到提取目的,这里简要介绍滚揉和搅拌两种。

A.滚揉提取。滚揉机有多种,不论采用何种滚揉机或何种方式滚揉,其作用主要是加速肉的自溶成熟,软化肉组织和提取可溶性蛋白质。原料肉经过腌制,在腌料提供的一定离子强度作用下,细胞中的盐溶性蛋白质已溶解,

但一般会自动脱离肉体。将腌制后的原料肉置于滚揉机中滚揉,肉块经过碰撞、翻滚、揉搓和挤压等,盐溶性蛋白则从肉体中被挤出。提取出蛋白质的量与挤压程度、腌制液离子强度和滚揉时间成正比。

B.搅拌提取。搅拌是肉馅类制品制作中不可缺少的一道工序。经过一定时间腌制的肉粒,细胞中的盐溶性蛋白已溶解,但在无外力挤压作用下,并不会自行破壁而出,因此不能发挥其保水作用。若将具备了提取条件的肉粒,给以机械搅动,对细胞产生强大的挤压力,直至把细胞膜挤破,把盐溶蛋白提取出来。肉糜类制品的保水性、结着力和弹性等好坏,与盐溶性蛋白是否充分提取有很大关系。

实践证明,在肉的腌制过程中,如果腌料中添加了磷酸盐,而不用机械挤压,并不能提高肉的保水性。若只用食盐水(同时加入少量的硝酸盐或亚硝酸盐)腌制的肉品,加上滚揉、搅拌等挤压,虽也能提取一定量的蛋白质,但一经煮制受热,失水严重,也不能达到保水的作用。因此,在实际生产中为提高肉制品的保水性,通常采用在腌料中添加磷酸盐和机械挤压两种方法。

③添加大豆蛋白粉。大豆蛋白具有良好的乳化性、保水性、赋型性、结着力、弹性和风味。把大豆蛋白粉加于肉制品,在西方和日本早已相当普遍,我国一些地区和企业,近年来也在肉制品中开始使用,效果甚好。

大豆蛋白是一种高蛋白质,含有人体必需的全部氨基酸,其中赖氨酸含量尤为丰富,把它加入肉制品中,能提高制品的营养价值。大豆蛋白有多种,在肉制品中以大豆分离蛋白效果最佳。

④腌制与保水性。适当延长原料肉的腌制时间,能提高肉制品的保水性和风味。

肉制品生产中添加大豆蛋白粉和淀粉的时间,大多在滚揉的最后阶段(如盐水火腿)或搅拌(如灌肠)时加入。距离煮制或烘烤只有几分钟至几十分钟,在这样短的时间,大豆蛋白粉和淀粉难以达到充分膨胀和向肉组织渗透,其应有功能未能得到充分的发挥。为此,在冷库设备周转允许的前提下,应把滚揉好的原料肉或搅拌好的肉馅,再置于原料库内存放 12~24 小时,以给予充分的时间进行吸水膨胀和向肉组织渗透,这样对于更好地发挥大豆蛋白粉和淀粉的保水性和其功能有良好的效果。

肉制品的保水技术较为复杂,涉及面广,除上述基本技术之外,还与添加剂(料)的品种、各品种之间的配比、加入的先后顺序以及烘烤是否适度、煮制加热的方式、各道工序的温度控制、工艺流程是否合理等因素也有一定的关系,这些将在后面有关章节中进一步阐述。

2. 嫩度

(1) 概念

肉的嫩度是指人在食用肉时,将肉咬断、撕裂时的难易程度。嫩度是肉品质的重要指标,它是消费者评判肉质优劣的最常用指标。所谓“肉老”,是指肉品坚韧,难于咀嚼;所谓“肉嫩”,是指肉品在被咀嚼时柔软、多汁和容易咀嚼烂。

(2)影响肉嫩度的因素

影响肉嫩度的因素主要是结缔组织的含量与性质及肌原纤维蛋白的结构状态。

①宰前因素对肉嫩度的影响。影响肉嫩度的宰前因素很多,概括起来主要有以下几种:

A.年龄。一般来说,幼龄家畜的肉比老龄家畜嫩,但前者的结缔组织百分含量反而高于后者。其原因在于幼龄家畜肌肉中构成结缔组织的胶原蛋白之间的交联程度低,易受加热作用而裂解。而成年动物的胶原蛋白的交联程度高,不易受热、酸、碱等的影响。如肌肉加热时胶原蛋白的溶解度,犍牛为19%~24%,2岁阉公牛为17%~18%,而老龄牛仅为2%~3%,并且对酶解的敏感性也降低。阉畜由于性特征不发达,其肉较嫩。

B.肌肉的解剖学位置。肌肉的部位不同,嫩度不同,牛的腰大肌最嫩,胸头肌最老;经常使用的肌肉,比不经常使用的肉(腰大肌)的弹性蛋白含量多,如半膜肌和股二头肌。同一肌肉的不同部位嫩度也不同,猪背最长肌的外侧