

7. 现代农业技术专业群食品类专业专任教师

岗位试讲内容

注意事项：

1. 每位考生试讲时间为 10 分钟；
2. 试讲统一采用PPT讲授方式（自备U盘，如因U盘打不开课件，责任自负，U盘不能用考生姓名命名）；
3. 试讲的考生在候考室抽签结束后在教案封面填写抽签号提交教案打印件（一式 7 份）给工作人员。教案不能透露任何个人信息，考生不得穿制服、单位工作服或有明显文字或图案标识的服装参加面试，凡透露个人信息的考生，扣减面试成绩的 5%—20%，情节严重的，取消面试成绩。

教学内容：模块二 影响食品品质的其他成分

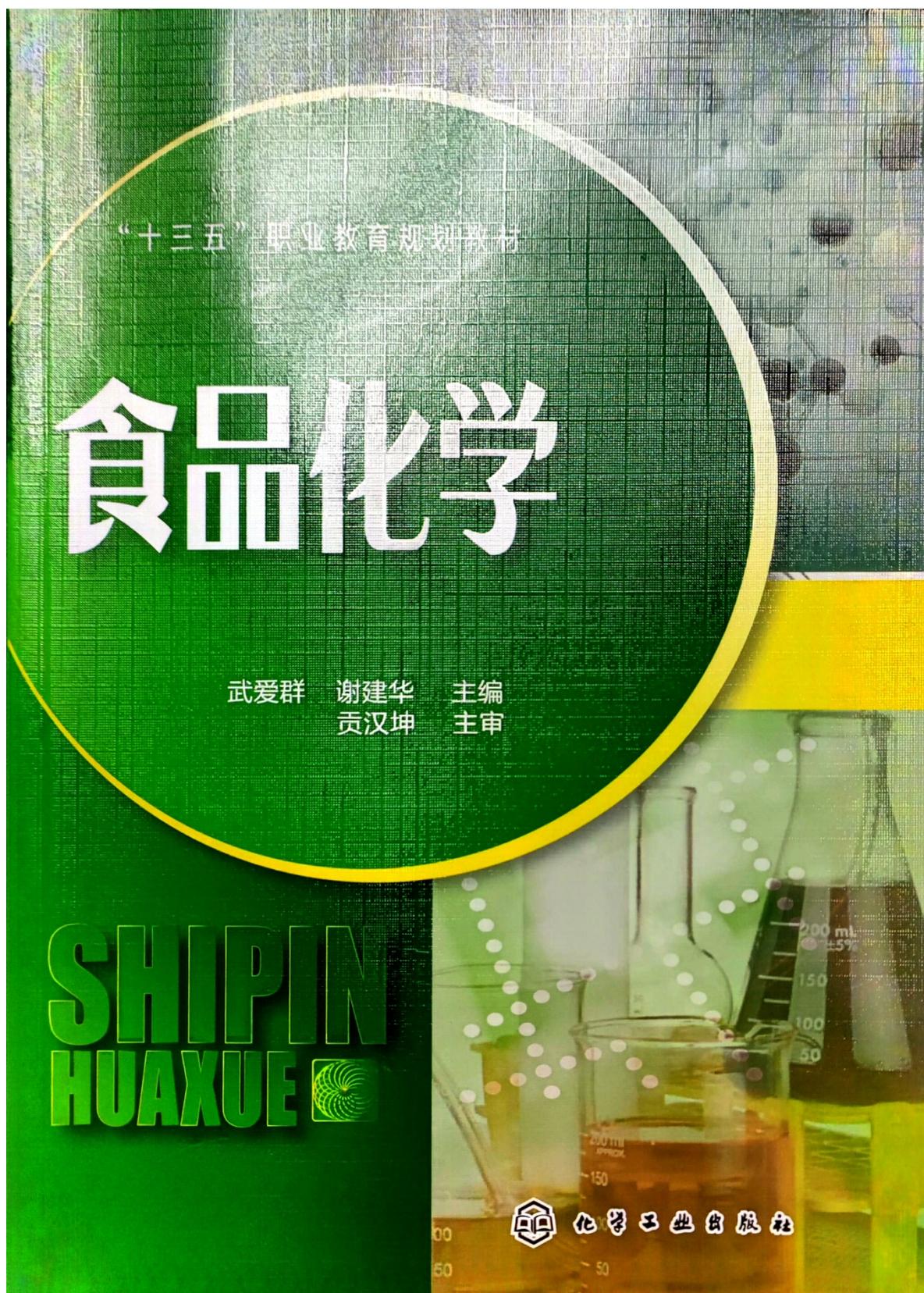
项目一 食品中的酶

四、酶与食品质量的关系

教学重点：在食品加工及贮藏过程中，酶对食品质量的影响，可自备教具及自备案例。

教材信息：《食品化学》，化学工业出版社，2019 年 9 月出版，武爱群、谢建华主编。

教材封面



教学内容：模块二 影响食品品质的其他成分

项目一 食品中的酶 四、酶与食品质量的关系

130

食品化学

你知道吗?



酶促褐变易发生在果蔬中，你知道为什么苹果、桃容易褐变，而西瓜不容易发生褐变吗？



扫二维码可见答案

四、酶与食品质量的关系

酶对食品质量的影响是非常重要的。在食品加工及贮藏过程中，由于酶的作用，对食品的颜色、质构、风味和营养等方面均可能产生有利或有害的反应，从而对食品的质量产生影响。

1. 酶对食品色泽的影响

在食品的加工及贮藏过程中，食品会受到各种因素影响而导致本身颜色的变化，其中酶是引起食品颜色变化的一个重要因素。对食品色泽有影响的酶主要是叶绿素酶、多酚氧化酶、脂肪氧化酶等。

叶绿素在果蔬贮藏、加工和货架期间极易褪色或者变色，严重影响了产品质量，叶绿素酶会促进叶绿素的降解。叶绿素酶催化叶绿素结构中的植醇酯键而水解生成脱植叶绿素，是叶绿素降解中的关键酶。

多酚氧化酶是发生酶促褐变的主要催化酶，存在于植物、动物和一些微生物中。它催化两类反应：一类是羟基化，另一类是氧化反应。羟基化可以在多酚氧化酶的作用下形成不稳定的邻苯醌类化合物，然后再进一步通过非酶催化的氧化反应形成黑色素，并导致香蕉、苹果、桃、马铃薯、蘑菇等发生褐变和形成黑斑。然而，多酚氧化酶催化的反应对茶叶、咖啡等的色素形成是有利的。如茶鲜叶中多酚类在多酚氧化酶的作用下氧化成茶黄素，进一步氧化成茶红素，多酚类是无色、有涩味的一类成分，一旦被氧化，涩味减轻。小麦面粉及其制品的色泽变暗变深，也有部分原因是多酚氧化酶引起的。多酚氧化酶催化小麦中的内源酚酸，使其氧化生成不稳定的醌，醌可以和许多混合物发生反应，也可以通过进一步进行自身聚合或者非酶氧化产生黑色素，从而引起小麦制品色泽的褐变，这严重影响了小麦粉及其制品的质量、性状及其感官品质。所以在生产中，避开多酚氧化酶作用的最佳作用条件，可以有效减缓小麦制品的褐变，进而提高其感官品质和营养功效。

脂肪氧化酶催化不饱和脂肪酸产生的氢过氧化物及各次级产物对食品的颜色、风味、质构和营养等方面具有很大的影响。氢过氧化物会破坏食品中的叶绿素和类胡萝卜素，也可利用这一点进行小麦粉和大豆粉的漂白。比如脂肪氧化酶可使豆制品，特别是豆粉、豆浆等产生豆腥味，但是将少量含有脂肪氧化酶活力的大豆粉加入新鲜面粉中，生成的氢过氧化物可以降解色素及促使面筋蛋白质形成二硫键，从而起到漂白面粉和提高焙烤质量的作用。

2. 酶对食品质构的影响

果蔬的质构很大程度受一些碳水化合物的影响，如果胶物质、淀粉、木质素、纤维素和半纤维素。在果蔬中也存在着能作用于这些碳水化合物的酶，如果胶酶、纤维素酶、淀粉酶等，通过这些酶的作用就会影响果蔬的质构。而在动物体中也存在使动物肉的质构发生软化的蛋白酶。

果胶酶在食品工业中有多种应用，主要有果汁澄清、提高果蔬汁出汁率、提取生物活性功能成分等。在果汁澄清方面，除了柑橘汁以外，大多数基于饮料使用的水果汁，为了避免在最终产品中出现混浊沉积等现象，一般都要在加工过程中进行澄清处理。在提高果蔬汁的出汁率方面，果蔬的细胞壁中含有大量的果胶质、纤维素、淀粉、木质素等物质，使得破碎后的果浆比较黏稠，压榨出汁非常困难且出汁率很低。果胶酶能催化果胶降解为半乳糖醛酸，破坏了果胶的黏着性及稳定悬浮微粒的特性，有效降低了黏度、改善了压榨性能，提高了出汁率和可溶性固形物含量。利用酶解技术可使果蔬的出汁率提高 10%~35%。

在果蔬加工过程中采用纤维素酶适当处理，可使植物组织软化膨松，能提高可消化性和口感。用纤维素酶处理大豆，可促使其脱皮，同时，由于它能破坏胞壁，使包含其中的蛋白质、油脂完全分离，增加其从大豆和豆饼中提取优质水溶性蛋白质和油脂的得率，既降低了成本，缩短了时间，又提高了产品质量。

蛋白酶在食品加工中发挥着重要的作用。在烘烤食品加工中，将蛋白酶作用于面团能改善面包的质量。在肉类和鱼类加工中加入蛋白酶会分解结缔组织中的胶原蛋白，促进肉的嫩化。

3. 酶对食品风味的影响

酶对食品风味和异味成分的形成有很大作用，食品在加工和贮藏过程中可以利用某些酶改变食品的风味。

过氧化物酶在催化过氧化物分解的过程中，同时产生了自由基，它能引起食品许多组分的破坏并对食品风味产生影响。当有不饱和脂肪酸存在时，过氧化物酶能促进不饱和脂肪酸的过氧化物降解，产生挥发性的氧化风味化合物。

脂肪酶可应用于乳脂水解，包括奶酪和奶粉风味的增强、奶酪的熟化、代用奶制品的生产、奶油及冰激凌的酯解改性等。将其作用于乳脂能赋予奶制品独特的风味。脂肪酶释放的短碳链脂肪酸（C₄~C₆）使产品具有一种独特强烈的奶味。

4. 酶对食品营养的影响

有些酶会降低食品的营养价值，反之有些酶会提高食品的营养价值。比如脂肪氧化酶氧化不饱和脂肪酸，会引起亚油酸、亚麻酸和花生四烯酸这些必需脂肪酸含量降低，同时产生大量的自由基，这些自由基使食品中的类胡萝卜素、生育酚、维生素 C 和叶酸含量减少，破坏蛋白质中的半胱氨酸、酪氨酸、色氨酸和组氨酸残基，引起蛋白质交联。而超氧化物歧化酶（SOD）用在食品中可提高食品的营养强度，植酸酶可对阻碍矿物质吸收的植酸进行水解，可提高磷等无机盐的利用率，同时植酸酶破坏了矿物质和蛋白质的亲和力，也能提高蛋白质的消化率。

五、食品加工中常用的酶

酶技术已广泛应用于食品加工的各个领域，如在淀粉类原料中加入淀粉酶可用于制造葡

萄糖、果糖、麦芽糖、糊精和糖浆等；在蛋品中可用葡萄糖氧化酶去除禽蛋中含有的微量葡萄糖；在肉类加工中加入蛋白酶可以促使肉类嫩化。

1. 糖酶

糖酶主要包括淀粉酶、果胶酶、纤维素酶、转化酶、乳糖酶等，淀粉酶和果胶酶在食品加工中应用较多。

(1) 淀粉酶 淀粉酶是水解淀粉和糖原的酶类总称，它广泛存在于动、植物和微生物中，是生产最早、用途最广的一类酶。根据酶水解方式的不同可分为 α -淀粉酶、 β -淀粉酶、葡萄糖淀粉酶等。

① α -淀粉酶 α -淀粉酶存在于动物、植物及微生物中。动物的胰脏、动物的唾液、麦芽、发芽的种子中含量尤其多，在很多微生物如枯草杆菌、黑曲霉、米曲霉、根霉中也都有 α -淀粉酶存在。

α -淀粉酶是一种内切酶，能使淀粉不规则地水解产生还原糖。 α -淀粉酶可从淀粉分子内部随机水解 α -1,4-糖苷键，但不能水解 α -1,6-糖苷键，酶作用后可使糊化淀粉的黏度迅速降低，变成液化淀粉，故又称为液化淀粉酶、液化酶、 α -1,4-糊精酶。 α -淀粉酶以直链淀粉为底物时，反应一般按两阶段进行。首先是直链淀粉快速地降解，产生低聚糖糊精，此阶段直链淀粉的黏度迅速下降、与碘呈色反应消失。第二阶段的反应比第一阶段慢很多，包括低聚糖缓慢水解生成最终产物葡萄糖和麦芽糖。 α -淀粉酶作用于支链淀粉时，由于不能水解 α -1,6-糖苷键，因而终产物是葡萄糖、麦芽糖和一系列含有 α -1,6-糖苷键的极限糊精或异麦芽糖。 α -淀粉酶的分子量在50000左右，酶分子中含有一个结合得相当牢固的钙离子，这个钙离子不直接参与酶-底物络合物的形成，其功能是保持酶的结构，使酶具有最大的稳定性和最高的活性。所以在提纯 α -淀粉酶时，往往加入钙离子来提高酶的稳定性和促进酶的结晶。 α -淀粉酶依来源不同，最适pH、最适温度不同，一般最适pH在4.5~7.0、最适温度在55~70℃。

α -淀粉酶的用途很广，主要用于水解淀粉制造饴糖、葡萄糖和糖浆等，以及生产糊精、啤酒、黄酒、酒精、酱油、醋、果汁和味精等，还用于面包的生产以改良面团，具有降低面团黏度、加速发酵进程、增加含糖量、缓和面包老化等作用。此外， α -淀粉酶还在婴幼儿食品中用于谷类原料预处理，还可用于蔬菜加工中。

② β -淀粉酶 β -淀粉酶主要存在于高等植物中，如大麦、小麦、甘薯、大豆等，但也有报道在细菌、牛乳、霉菌中存在。在食品工业中，其应用十分广泛。

β -淀粉酶是一种外切酶，只能水解 α -1,4-糖苷键，与 α -淀粉酶的不同点在于从非还原性末端逐次以麦芽糖为单位切断 α -1,4-葡聚糖链。其作用于直链淀粉那样没有分支的底物能完全分解得到麦芽糖，因为生成的麦芽糖会增大淀粉溶液的甜度，故 β -淀粉酶又称为糖化酶。其作用于支链淀粉或葡聚糖的时候，切断至 α -1,6-键的前面反应就停止了，因此 β -淀粉酶水解淀粉是不完全的，终产物是 β -麦芽糖和分子量比较大的极限糊精。 β -淀粉酶分子量一般高于 α -淀粉酶，钙离子会降低 β -淀粉酶的稳定性。 β -淀粉酶的最适pH为5~6，pH为3时不受破坏，利用此性质可将 α -淀粉酶、 β -淀粉酶分离。 β -淀粉酶的热稳定性低于 α -淀粉酶，最适温度在62~64℃，70℃以上即可失活。

β -淀粉酶主要应用于淀粉糖如饴糖、高麦芽糖的生产。用酶法生产饴糖时，先用 α -淀粉酶液化淀粉，然后再加入 β -淀粉酶，使糊精生成麦芽糖。酶法生产的饴糖中，麦芽糖的含量可达60%~70%。在糕点生产中，添加 β -淀粉酶可改善糕点馅心风味，还可防止糕点老化。

③ 葡萄糖淀粉酶 葡萄糖淀粉酶学名为 α -1,4-葡萄糖水解酶,主要是由曲霉优良菌种经深层发酵提炼而成。葡萄糖淀粉酶是一种外切酶,不仅能水解 α -1,4-糖苷键,也能水解 α -1,6-糖苷键和 α -1,3-糖苷键,水解最终产物为葡萄糖。

葡萄糖淀粉酶能将淀粉从非还原性末端水解 α -1,4-葡萄糖苷键产生葡萄糖,也能缓慢水解 α -1,6-葡萄糖苷键转化为葡萄糖,同时也能水解糊精、糖原的非还原末端释放 β -D-葡萄糖。由于它无论作用于直链淀粉还是支链淀粉,最终产物均为葡萄糖,因此工业上大量用于生产各种规格的葡萄糖。

葡萄糖淀粉酶的分子量在69000左右,最适pH为4~5,最适温度在50~60℃。在食品工业中其主要用作葡萄糖的生产,还可用于以葡萄糖作发酵培养基的各种抗生素、有机酸、氨基酸、维生素的发酵,也可用于酒精、淀粉糖、味精、柠檬酸、啤酒等工业以及白酒、黄酒生产中。

(2) 果胶酶 果胶酶是指能水解果胶类物质的一类酶的总称。它存在于高等植物和微生物中,与水果、蔬菜的软化有关,它对果汁和果酒有澄清作用。

果胶酶根据作用底物的不同分为果胶酯酶、聚半乳糖醛酸酶和果胶裂解酶3种类型。

① 果胶酯酶 果胶酯酶存在于植物及部分微生物种类中,植物中以柑橘类水果和番茄中含量最多,微生物中以霉菌、细菌含量较多。果胶酯酶能把果胶分解为果胶酸和甲醇。

一些阳离子特别是 Na^+ 、 Ca^{2+} 等可提高此酶的活性。当有二价金属离子,如 Ca^{2+} 存在时,果胶酯酶水解果胶物质生成果胶酸,由于 Ca^{2+} 与果胶酸的羧基发生交联,从而提高了食品的质地强度。不同来源的果胶酯酶,最适pH不同,一般最适pH为4~8。霉菌果胶酯酶的最适pH一般在酸性范围,它的热稳定性较差。细菌果胶酯酶的最适pH在碱性范围(7.5~8.0)。

② 聚半乳糖醛酸酶(PG) 聚半乳糖醛酸酶是发现较早、研究较为广泛的一种果胶酶,它水解组成果胶酸的D-半乳糖醛酸的 α -1,4-糖苷键,也分为外切酶和内切酶两种。PG内切酶广泛存在于高等植物、霉菌、细菌和一些酵母中,高等植物中也发现有内切酶的存在。聚半乳糖醛酸酶内切酶从分子内部无规则地切断 α -1,4-糖苷键,可使果胶或果胶酸的黏度迅速下降,这类酶在果汁澄清中起主要作用。它的最适pH为4~5。聚半乳糖醛酸酶水解果胶酸,将引起某些食品原料物质的质地变软。

③ 果胶裂解酶 果胶裂解酶(PL)主要存在于霉菌中,在植物中尚无发现。它可催化果胶或果胶酸的半乳糖醛酸残基的C4~C5位上的氢进行反式消去作用,使糖苷键断裂,生成含不饱和键的半乳糖醛酸。裂解酶在C4位置上断开糖苷键,同时从C5处消去一个H原子从而产生一个不饱和产物。大多数裂解酶的分子量在30000~40000kDa,最适温度在40~50℃,最适pH在7.5~10.0,等电点在7.0~11.0。

2. 蛋白酶

蛋白酶是催化蛋白质水解的一类酶,是酶学研究中较早也是最深入研究的一种酶。蛋白酶广泛存在于动物内脏、植物的茎叶与果实以及微生物中。人体消化道中存在的胃蛋白酶、胰凝乳蛋白酶、羧肽酶和氨肽酶使人体摄入的蛋白质水解成小分子肽和氨基酸。

蛋白酶种类很多,按其水解多肽的方式,可以将其分为内肽酶和外肽酶两类。内肽酶将蛋白质分子内部切断,形成分子量较小的肽。外肽酶从蛋白质分子的游离氨基或羧基的末端逐个将肽键水解,而游离出氨基酸,前者为氨基肽酶,后者为羧基肽酶。食品工业生产上应用的蛋白酶,主要是内肽酶。蛋白酶按其活性中心的化学性质不同,分为丝氨酸蛋白酶(酶活性中心

含有丝氨酸残基)、巯基蛋白酶(酶活性中心含有巯基)、金属蛋白酶(酶活性中心含金属离子)和酸性蛋白酶(酶活性中心含羧基);按其反应的最适pH值,分为酸性蛋白酶、中性蛋白酶和碱性蛋白酶;按其来源又可分为植物蛋白酶、动物蛋白酶和微生物蛋白酶三大类。

(1) 植物蛋白酶 植物蛋白酶种类较多,最主要的是木瓜蛋白酶、无花果蛋白酶和菠萝蛋白酶三种,它们的酶活性部位中含有巯基,属巯基蛋白酶。植物蛋白酶存在于菠萝、木瓜、无花果等植物中,常用于肉的嫩化和啤酒的澄清。

木瓜蛋白酶分子量为23900,在pH为5时,有良好的稳定性,如 $\text{pH} < 3$ 或 $\text{pH} > 11$ 时酶很快失活,最适pH随底物改变而变化。其多被用作肉类嫩化剂。无花果蛋白酶分子量约为26000,等电点为9.0,稳定性极大,如常温密闭保藏1~3年,其效力仅下降10%~20%。其水溶液在100℃下方失活,而粉末在100℃下则需数小时才会失活,最适作用pH为5.7,最适作用温度65℃。菠萝蛋白酶又称菠萝酶,分子量为33000,最适pH为6~8,最适温度为55℃,等电点为9.35,可用于啤酒澄清、药用助消化和抗炎消肿等。

目前植物蛋白酶均已被大量应用于食品工业中。

(2) 动物蛋白酶 动物蛋白酶存在于人和哺乳动物的消化道,如胃蛋白酶、胰蛋白酶、胰凝乳蛋白酶、弹性蛋白酶和羧肽酶等。胃黏膜细胞分泌的胃蛋白酶,可将各种水溶性蛋白质分解成多肽;胰腺分泌的胰蛋白酶、胰凝乳蛋白酶、弹性蛋白酶和羧肽酶等内肽酶和外肽酶,可将多肽链水解成寡肽和氨基酸;小肠黏膜能分泌氨肽酶、羧肽酶和二肽酶等,将小分子肽分解成氨基酸。

动物蛋白酶由于来源少,价格昂贵,所以在食品工业中的应用不是很广泛。

(3) 微生物蛋白酶 在细菌、酵母菌、霉菌等微生物中都含有多种微生物蛋白酶,这是生产蛋白酶制剂的重要来源。微生物蛋白酶可应用在肉类的嫩化中,比如在牛肉的嫩化上应用微生物蛋白酶代替价格较贵的木瓜蛋白酶,效果更好。微生物蛋白酶还被运用于啤酒制造以节约麦芽用量,用在酱油的酿制中,既能提高产量,又可改善质量。

3. 脂肪酶

脂肪酶属于水解酶类,能够逐步地将甘油三酯水解成甘油和脂肪酸。脂肪酶存在于含有脂肪的动、植物和微生物(如霉菌、细菌等)组织中,包括磷酸酯酶、固醇酶和羧酸酯酶等,广泛应用于食品、药品、皮革、日用化工等方面。

植物中含脂肪酶较多的是油料作物的种子,如蓖麻籽、油菜籽,当油料种子发芽时,脂肪酶能与其他酶协同发挥作用,催化分解油脂类物质生成糖类,提供种子生根发芽所必需的养料和能量。动物体内含脂肪酶较多的是高等动物的胰脏和脂肪组织,在肠液中含有少量的脂肪酶,用于补充胰脂肪酶对脂肪消化的不足,在肉食动物的胃液中含有少量的丁酸甘油酯酶,在动物体内,各类脂肪酶控制着消化、吸收、脂肪重建和脂蛋白代谢等过程。细菌、霉菌和一些酵母中的脂肪酶含量更为丰富,由于微生物种类多、繁殖快、易发生遗传变异,具有比动植物更广的作用pH、温度范围以及底物专一性,适合于工业化大生产和获得高纯度样品,因此微生物脂肪酶是工业用脂肪酶的重要来源。

微生物来源的脂肪酶在食品中的应用广泛。它可用来增强干酪制品的风味,可使食品形成特殊的牛乳风味,可通过甘油单酯和甘油双酯的释放来阻止焙烤食品的变味,可以加速明胶生产中的脱脂过程,加入面粉中能够获得乳化剂对面团的改善效果。此外,在面条加工中,通过此酶的作用,可以使面粉中的天然脂质得到改性,形成脂质、直链淀粉复合物,从而防止直链淀粉在膨胀和煮熟过程中的渗出现象。