

# 第 8 章 酶在淀粉类食品生产中的应用（3 学时）

主要内容：

8.1 酶在淀粉类食品生产中的应用







- 若将异构化反应完成后，混合糖液经过脱色、精制、浓缩等过程，得到固形物含量达 71% 左右的果葡糖浆，其中，含果糖 42% 左右，含葡萄糖 52% 左右，另有 6% 左右为低聚糖。若将异构化后的混合糖液中的果糖与葡萄糖分离，再将分离的葡萄糖进行异构化，如此反复进行，可使更多的葡萄糖转化为果糖，由此可生产出果糖含量达 70%、90% 甚至更高的果葡糖浆，称之为高果糖浆。高果糖浆与蔗糖相比具有甜度高，不易结晶，易发酵等特点，故倍受点心及冷饮加工业青睐。

- 葡萄糖异构酶生产果糖的技术可用于大规模生产果糖而取代蔗糖作为甜味剂。目前世界上淀粉糖的产量已达 1000 多万 t，其中有一半是果葡糖浆。现在国内普遍使用耐高温  $\alpha$ - 淀粉酶生产葡萄糖，这种酶具有反应温度高（最适温度  $90 \sim 95^{\circ}\text{C}$ ）、作用力强、反应速度快的优点，克服了普通  $\alpha$ - 淀粉酶作用温度不高的缺点。耐高温  $\alpha$ - 淀粉酶不仅可用于淀粉糖的制造，还广泛地用于啤酒，酒精，发酵业，制药，纺织，造纸等工业上。

- 以淀粉为原料，通过不同的淀粉酶分解淀粉，还可以生产出饴糖、麦芽糊精、麦芽糖浆（三糖、四糖）、高麦芽糖浆（麦芽糖达 60%）、麦芽糖、麦芽糖醇和果糖等甜味剂。饴糖生产中所利用的酶，除了从添加的大麦芽中得到以外，也可以采用直接添加酶制剂的方法提供。添加的酶主要是  $\alpha$ - 淀粉酶和  $\beta$ - 淀粉酶。

- 目前高麦芽糖浆的生产是采用  $\beta$ -淀粉酶和支链淀粉酶的共同作用，使淀粉更多地转化为麦芽糖。糖化时，将液化后得到的糊精液调至 pH5 ~ 6，温度 50℃ 左右，加入一定比例的支链淀粉酶和  $\beta$ -淀粉酶，作用 10h 左右，得到麦芽糖含量达 80% ~ 95% 的糖化液。



- 糊精是淀粉的低级程度水解产物，广泛应用于食品增稠剂、填充剂和吸收剂等。糊精和麦芽糊精可用酸法和酶法生产，现在大多采用酶法水解的方法生产。环状糊精是由 6 ~ 12 个葡萄糖单位以  $\alpha$ -1, 4-葡萄糖苷键连接而成的环状结构的一类化合物，能吸附各种小分子物质，起到稳定、缓解、乳化、提高溶解度和分散度等作用，在食品工业中有广泛用途。



- $\beta$ -环状糊精的生产，一般采用嗜碱芽孢杆菌 BGT。  
常用的生产菌株有 N-227， NO.38-2 等。采用嗜碱芽孢杆菌 N-227 菌 BGT 生产  $\beta$ -环状糊精时，可使用木薯淀粉、马铃薯淀粉、甘薯淀粉及可溶性淀粉为原料，转化率可达 35% ~ 40%。

- 以淀粉为原料，通过酶转化法生产低聚麦芽糖、低聚异麦芽糖，具有原料来源广、价格低、人口香甜、风味独特等优点。麦芽寡糖酶水解淀粉后，通过絮凝、脱色、离子交换、纯化制成3~8个葡萄糖分子组成新型淀粉糖，它不仅是一种科学的、合理的、具有功效的高能营养品，还具有易消化、低甜度、低渗透优点。转移葡萄糖苷酶是生产低聚异麦芽糖主要必须使用的酶制剂。

- 以淀粉为原料，经调乳、液化后，在液化液中添加真菌淀粉酶、葡萄糖苷转移酶进行糖化、转苷反应，经一定时间后，便产生以异麦糖、异麦芽三糖和潘糖为主要成分的糖液。以玉米淀粉为原料，在糊化时加入耐热  $\alpha$ -淀粉酶，采用脱支反应等手段改变淀粉原有的分子结构并重新晶，可以提高产品中抗性淀粉的含量。

- 目前，微生物糖苷水解酶在生产中应用较多，而且技术都比较成熟，如利用  $\alpha$ - 葡萄糖苷酶生产低聚异麦芽糖；利用节杆菌产生的  $\beta$ - 呋喃果糖苷酶合成低聚乳果糖、低聚半乳果糖；利用  $\alpha$ - 半乳糖苷酶生产棉子糖和密二糖；利用橙皮苷酶和橙皮苷反应生产橙皮素 -F- 葡萄糖苷二氢查耳酮（一种对人体安全的甜味剂，甜度为蔗糖的 70 ~ 100 倍）。利用酶水解所获得的糖浆类产品非常多，在焙烤食品、甜点、饮料、肉类、冰淇淋、水果罐头、果酱、调味酱等食品中都使用着各种糖浆。

## 8.1.2 酶在焙烤食品中的应用

- 在焙烤食品中应用的酶制剂主要有淀粉酶、蛋白酶、葡萄糖氧化酶、木聚糖酶、脂酶等，这些酶制剂的使用可以增大面包体积，改善面表皮色泽，改良面粉质量，延缓陈变，提高柔软度，延长保存期限。



## • 8.1.2.1 淀粉酶

- 焙烤中淀粉酶的主要应用是在面包的制作过程中，大量的文献资料表明，利用淀粉酶能够改善或控制面粉的处理品质和产品质量（如面包的体积、颜色、货架寿命）。面粉中添加  $\alpha$ - 淀粉酶，可调节麦芽糖生成量，使二氧化碳产生和面团气体保持力相平衡，添加  $\beta$ - 淀粉酶可改善糕点馅料风味，还可防止糕点老化。

– 在面包生产中采用麦芽和微生物  $\alpha$ -淀粉酶，已有数十年的历史。随着焙烤工业的发展，以及消费者对天然食品的需求日益增加，酶在面包配方中所扮演的角色愈来愈重要。试验表明，向面粉中添 0.1% 的淀粉酶，就可以使面粉变得完善，大大改进产品的质量，因此国外都把面粉中的淀粉酶活力为面粉质量指标之一。面包老化会导致严重的经济损失，美国每年均有价值高达 10 亿美元的焙烤食品因此而废弃掉。

- 实验证明，在面包粉中添加一种从基因工程改性细菌中得到的麦芽糖  $\alpha$ -淀粉酶，对面包有独特的抗老化作用，能够保持面包在贮存时的新鲜度，比较各种淀粉酶与单甘酯的抗老化作用机理的研究显示，与真菌  $\alpha$ -淀粉酶相比，细菌麦芽糖  $\alpha$ -淀粉酶不仅能大大改进面包的抗老化作用，而且对面包瓤的弹性也有正面的影响，从而提高面包的可口性。



## • 8.1.2.2 蛋白酶

- 蛋白酶添加到面粉中，使面团中的蛋白质在一定程度上降解成肽和氨基酸，导致面团中的蛋白质含量下降，面团筋力减弱，满足了饼干、曲奇、比萨饼等对弱面筋力面团的要求。同时，蛋白质的降解更有利于人体对营养物质的吸收。研究发现，还有一些蛋白酶，如“**Milensyme**”真菌蛋白酶，在面包制作中能够水解面筋内部的某些特定位置化学键，从而改善面团延伸性，提高面包的对称性和均匀性，对面包的结构及风味均有改善。

— 因此，制作面包时，当面质很硬需要面团具有特别的柔韧性和延伸性时，加入蛋白酶能改善面团物理性质和面包质量，使面团易于延伸以较快速度成熟。

— 在生产蛋糕过程中，鸡蛋液是要的关键原料，要求具有良好的乳化性和起泡性，添加蛋白酶制剂可有效地改善鸡蛋液乳化性和起泡性。

### • 8.1.2.3 葡萄糖氧化酶

- 葡萄糖氧化酶因具有良好的氧化性可显著增强面团筋力，使面团不粘，有弹性醒发后，面团洁白有光泽，组织细腻，烘烤后，体积膨大、气孔均匀、有韧性、不粘牙。同时随着葡萄糖氧化酶添量的增加，面包抗老化效果也随之增加，并且效果显著于溴酸钾。葡萄糖氧化酶作为一种面粉改良剂有望得到广泛的应用。

## • 8.1.2.4 木聚糖酶

- 传统用以改进面团机械加工性能和烘烤膨胀性能的酶是戊聚糖酶，又称半纤维素酶，主要应用于欧式面包中调整面引的性能，使面包的体积增大。随着生物科技的进步，通过重组基因由基因变性微生物可以得到木聚糖酶，这种纯化的木聚糖酶的酶活力比传统的戊聚糖酶少，制成的面包更加稳定，而且用量也较少，现已逐步替代戊聚糖酶制剂。不过受小麦戊聚糖的降解影响，不论是戊聚糖酶或木聚糖酶均会出现过量使用的情况，而破坏小麦戊聚糖的水结合能力，从而增加面团的粘性。因此酶的添加量尤为关键。

— 所谓最佳酶用量，指的是能够最大程度地改进面包性质而不会引起面团发粘的酶用量。不同的面粉，其最佳的酶用量均不尽相同。一项有关木聚糖酶对面筋流变性影响的研究显示，在萃取自面团的面筋中添加分量为 **50 ~ 100FXU/kg** 面粉的木聚糖酶，面筋就会得到强化，呈现出更佳的弹性，面筋的流变性质得以改进，说明木聚糖酶能够增加面团的体积和改进面团的稳定性，从而提高面团的烘烤膨胀性。不过当木聚糖酶的添加分量过高时，如 **400FXU/kg** 面粉，制成的面则会粘稠。

## • 8.1.2.5 脂酶

- 脂酶在面包生产中，有显著延缓老化、提高面团流动性、增加面团在过度发酵时的稳定性、增加烘烤膨胀性以使面包有更大的体积改进，不含起酥面团的面包瓤结构等作用。如同大多数酶一样，脂酶的烘烤膨胀性功效亦取决于面粉的种类和面包的生产配方。对不添加起酥油的面包，添加脂酶在增大体积、改善面包心质地及延长保存期方面与添加 3% ~ 6% 起酥油相似。脂酶亦能改进以无油配方或含油配方面包的膨胀性，但对于含有氢化起酥油的面包配方，则没有什么作用。至于在改进面包瓤的弹性方面，脂酶却没有太大的作用。

- 另外，脂肪氧化酶添加于面粉中，可以使面粉中不饱和脂肪酸氧化，同胡萝卜素发生共轭氧化作用，而将面粉漂白。乳糖酶也用于加脱脂奶粉的面包制造中，它可以分解乳糖生成可发酵性的糖，促进发酵，改善面包色泽。



## • 8.1.2.6 酶的协同作用

- 当前，酶制剂的发展正逐步从单一酶向复合酶过渡，因复合酶制剂作用全面，可弥补单一酶的专一性，有利于食品生产中多种成分的配比。在面包制造中使用复合酶制剂并不是一项新技术。



– 戊聚糖酶或木聚糖酶与真菌淀粉酶结合使用时，能产生协同作用。一般来说，较高的纯木聚糖酶用量可使面团体积增大，但当用量过高时，面团就会变得太粘。将木聚糖酶与少量的真菌淀粉酶结合使用时。就可采用较少分量的  $\alpha$ - 淀粉酶和木聚糖酶，制得较大体积和较好总体质量评分的面团，并避免发粘的问题。例如，当使用由 7FAU 真菌淀粉酶和 75 FXU 真菌木聚糖酶混合的酶制剂时所制得的面团体积要比单独使用真菌木聚糖酶为大，面包瓤的结构也得到改进。

— 脂酶不会使面团发粘，而且能够大大地改进面团的稳定性和面包瓤的结构，因此，木聚糖酶或淀粉酶与脂酶之间的协同作用，为改进面包质量提供了许多可行性。例如，添加 3.3g 由真菌  $\alpha$ -淀粉酶和木聚糖酶组成的混合酶制剂，虽然能获得满意的面团稳定性，但只能有限度地增加面团的体积；若提高用量，加工时却会出现太粘的情况。把这种混合酶制剂与脂酶结合使用时，不但减少所需的酶制剂用量，且在较大程度地增加面团体积的同时，又不会使面团发粘，制成的面包具有细腻、柔滑、均匀的面包瓤结构。



— 随着生物技术的迅猛发展，人们对酶在焙烤食品中应用的兴趣更加浓厚，相信在不久的将来，会有更理想、更先进的酶产品问世。与此同时，更多的研究成果，将使我们能更好地了解焙烤食品用酶的机理，进而开发出质量更上乘的酶产品，生产出成分天然优质的焙烤面包制品。



## 8.1.3 酶在面条加工中的应用

- 面条是仅次于面包的世界第二大方便主食，是我国的传统食品，起源于我国东汉，距今已有二千余年的历史。我国的面条的品种和风味富于变化，在世界上都是最多的，据统计全国面条加工用小麦粉约占小麦粉总量的 40% 左右。我国在制面技术的研究和工业化等方面落后于日本、意大利等国家，许多传统制面技术、艺术、文化等逐渐流失，如何解决传统面条工业化是所有面条研究者和生产者共同努力的目标。

- 在面条的生产中，一般要加入一定量的添加剂来改善面条的品质，同时提高其商品价值。目前，使用的面条品质改良剂如增白剂、氧化剂、面筋增强剂等大多是由化学改良剂组成，存在安全隐患。消费者对天然食品的追求，使化学改良剂的使用受到了很多限制。例如溴酸钾在面粉改良中已有 80 多年的使用历史，现在许多国家中均已被禁止使用；吊白块也在禁用之列，吊白块的学名为甲醛次硫酸氢钠，分子式为  $\text{NaHSO}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，是工业上常用的还原剂和漂白剂。

– 在面条（米粉）中添加吊白块，可使面条（米粉）韧性好、弹性强、不易断裂和煮烂、色泽白、表面感观好。吊白块属细胞原浆毒，对人体细胞功能损害较大，在国际上被列为能引起致癌的物质之一，添加到米面制品中易受热分解为甲醛和二氧化硫，这两种物质对人体都有毒性，尤其是甲醛对人体毒性更大。国家有关部门已明确规定，禁止生产和销售含有吊白块的食品。这就要求科研工作者研制天然安全的添加剂来满足市场需求，而酶制剂是一种比较好的选择。

– 加工面条的原料主要为粮谷原料，化学组成主要为淀粉和蛋白质，以及少量的非淀粉碳水化合物和脂质等。工业化面条的加工和成型方法主要为压延法和挤压法。酶制剂的选用主要考虑面条的原料组成和加工工艺，以期最终达到改善品质的目的。目前，能够用于面条加工酶制剂主要有以下几种。



### • 8.1.3.1 氧化酶

- 用于面制品加工中的氧化酶主要包括：葡萄糖氧化酶、半乳糖氧化酶、脂肪氧合酶和一些过氧化物酶等，它们对面筋结构和面团流变学性质有一定影响。目前，应用研究较多的是葡萄糖氧化酶和脂肪氧合酶。这些氧化酶由于具有良好的氧化性，能够显著增强面团筋力，可望替代传统的化学氧化剂，如溴酸盐等。

— 葡萄糖氧化酶能消耗氧气催化葡萄糖氧化生成葡萄糖酸内酯，并释放出  $\text{H}_2\text{O}_2$ 。它广泛应用于蛋白脱糖、食品除氧及葡萄糖定量分析等，也是迄今为止生物传感器领域最主要的工具酶。在食品工业上有去葡萄糖、脱氧、杀菌和测定葡萄糖含量等用途。葡萄糖氧化酶作为一种商业酶制剂，能够改善面粉的加工性能，增强面团的筋力，被认为是较为理想的溴酸钾替代物之一。

— 葡萄糖氧化酶在面条加工中的作用机理为将葡萄糖氧化生成  $\text{H}_2\text{O}_2$ ，从而将面筋蛋白中的 **-SH** 氧化为 **-S-S-**，有助于面筋蛋白之间形成较好的蛋白质网络结构，在面条加工中的推荐用量为 **200 ~ 300 U/ kg**（面粉）。



— 脂肪氧合酶是一种氧化还原酶，在氧气的参与下，将顺、顺 -1,4- 戊二烯单元的不饱和脂肪酸（如亚油酸、亚麻酸、花生四烯酸）及酯氧化，反应产生具有氧化能力的  $\text{H}_2\text{O}_2$ ，它能作用于食品中各种不同的组分。在面条制作中添加脂肪氧合酶，能将面筋蛋白中的 **-SH** 氧化为 **-S-S-**，增强面团的筋力，同时消除面粉中蛋白酶的激活因子 **-SH**，防止面筋蛋白水解。另外，通过偶合反应破坏胡萝卜素的**双键结构**，从而使面粉增白。

- 实验结果表明：它既能使面粉增白，又能增强面团的筋力。因此脂肪氧合酶可望替代现用的面粉增白剂过氧化苯甲酰。小麦粉中脂肪氧合酶活力很低，且主要存在于胚乳和麸皮中。但在大豆、扁豆和豌豆中，脂肪氧合酶活性很高。因此，可添加一些脂肪氧合酶活性高的豆粉来改善面条品质。



### • 8.1.3.2 脂肪酶

- 脂肪酶即甘油三酯水解酶，它催化天然底物油脂水解，生成脂肪酸、甘油和甘油单酯或二酯。面粉中含有 1% ~ 2% 的脂类，且大部分是甘油三酸酯，能被脂肪酶降解生成游离脂肪酸、甘油单酸酯和甘油二酸酯。因此，加入脂肪酶能够获得乳化剂对面团的改善效果。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。

### • 8.1.3.3 木聚糖酶

- $\beta$ -1,4-木聚糖酶（EC.3.2.1.8）能够以内切方式作用于木聚糖主链产生不同长度的木寡糖和少量木糖，是木聚糖降解酶系中最主要的酶。尚未有木聚糖酶应用于面条加工的研究报道，但由于木聚糖酶能够水解戊聚糖，增加非淀粉多糖的水溶性，降低它们与水的结合力，这样就可以释放出大量的结合水。这些水可以提供给淀粉和面筋，使面团能够形成更好的面筋网络结构，提高面团的机械加工性能，改善面条的品质。

## • 8.1.3.4 诺帕酶

- 诺帕酶是由**北美诺优酶制剂**公司开发生产的一种可以提高东方面条和意大利式通心面条整体品质的专用酶制剂。诺帕酶是一种来源于微生物脂肪酶，由基因工程改变的米曲霉经深层发酵并提取纯化而得

- 试验表明：面粉在添加该酶后，可以增加 60% 以上的复合物，防止面条和通心面条中的淀粉在煮制时渗出，同时还可以提高面条或通心粉的咬劲，使面条在水煮过程中不粘连，不易断，表面光亮、清爽。此外，还能减少面团上出现的斑点，提高面带压片或通心粉挤出的过程中产品颜色的稳定性。酶活力为 600 kU/g，在面条加工中建议用量为 5 ~ 60 kU/ kg（面粉）。

### • 8.1.3.5 面用改良剂

- 作为面用改良剂的酶制剂以转谷氨酰胺酶为主要成分，能改善面类的口感。该添加剂能够对形成的质地构造产生直接的影响，通过强化网络结构来增强其粘弹性，赋予面条良好的韧性，并且可以使其韧性保持较长的时间，抑制面条煮沱或糊烂。

— 目前，商用面条酶制剂主要基于对蛋白质或脂肪作用的酶。实际上，淀粉也是决定面条品质的主要因素，寻找合适的能够作用于淀粉或修饰淀粉的酶制剂应该能取得很好的效果。面条种类繁多，因原料品种及要求、制作过程、食用方法和产品形态存在差异，单独使用某一种酶剂多存在一些不足。

— 应根据面条品质的要求和各种酶制剂的特点，研究酶的协同增效作用，将几种酶或酶与其它添加剂复合使用，效果会更好。酶制剂品种日益增多，应用技术也不断提高，酶制剂在面条中的应用将具有广阔的前景，开展酶制剂在面条加工中的应用研究将是面条行业今后的发展方向之一。

谢谢



Performance