

The background features a complex, abstract design. It consists of numerous thin, light-colored lines radiating from various points, creating a sense of depth and movement. Interspersed among these lines are several geometric shapes, including circles of varying sizes and small crosses or asterisks. The overall effect is a modern, technical, and somewhat futuristic aesthetic.

动物饲料与安全

(九)

编者董原

目录

纤维素酶在畜牧业中的应用研究进展	1
寡糖饲料添加剂研究进展反应用前景	5
激素敏感脂肪酶的研究进展	10
诱食剂在水产养殖中的应用	16
新型饲料添加剂水合铝硅酸钠钙研究进展	22
益生菌添加剂的作用机理	27
新型的饲料添加剂水合铝硅酸钠钙的研究进展	30
替代抗菌剂的十二种方法	35
舔块饲料及其生产技术	39
蓖麻饼脱毒的研究进展	43
白腐真菌在秸秆作物资源开发中的研究	58
羽毛粉的加工与利用	65
绿色(无公害)饲料添加剂及其应用	69
动物性食品有毒有害化合物残留与对策	73
大豆黄酮在动物生产中的应用	82
营养微生态饲料添加剂在猪.禽.鱼等动物的应用	87
细菌素在饲料中的应用	99
安全饲料和生态性饲料添加剂	103
甘露低聚糖及其酶的研究与应用	111
应对禁用抗生素的措施	116
液体饲料浅论	120
绿色水产饲料添加剂展望	128
科学选用饲料添加剂与预混料产品	134
纳米技术在畜牧业中的应用展望	136
非蛋白氮的概述和检测方法	143

纤维素酶在畜牧业中的应用研究进展

纤维素在植物体中的含量最多,约占植物干重的 1/2,是最丰富的自然资源。纤维素是由 2000 - 10000 个葡萄糖分子组成的长链大分子,除反刍动物借瘤胃微生物可以利用纤维素外,其他高等动物几乎不能消化和利用纤维素。

纤维素酶能够降解纤维素,破坏植物细胞壁,解除消化系统对植物细胞内营养物质的利用障碍,使被包围的淀粉、蛋白质和矿物质得到释放而被动物消化和利用,从而降低纤维素在饲料中的抗营养作用;而且它可将饲料中的纤维素降解成可消化吸收的还原糖,提高饲料的营养价值。目前已有许多报道反映,纤维素酶在畜禽生产应用中取得了良好的生产效果和巨大的经济效益。

1 纤维素酶在养牛业中的应用

王利(2000)以成年反刍动物专用复合酶(含纤维素酶、木聚糖酶及少量一葡萄聚糖酶和果胶酶等)饲喂夏洛来淮北本地黄牛,试验发现复合酶提高了肉牛日增重,降低了料增重比,缩短了育肥周期,增加了经济效益。Lewis等(1999)报道,纤维水解酶按一定比率添加于饲料中能够提高泌乳早期和泌乳中期奶牛的泌乳表现。Yang等(1999)在对泌乳期荷斯坦牛饲以纤维水解酶(主要为纤维素酶和木聚糖酶)的试验中亦发现,加酶提高了饲料消化率和奶产量。刘德海等(2000)以纤维素复合酶(含纤维素酶、木聚糖酶及少量糖化酶和蛋白酶)添加于奶牛日粮中,试验发现此复合酶能显著

提高奶牛产奶量，降低料奶比。

2 纤维素酶在养羊业中的应用

Antunovic 等 (1998) 在研究多酶制剂对羔羊育肥和屠宰性能的试验中发现，加酶组 1 (含 α -淀粉酶、 α -葡聚糖酶、 n -蛋白酶、纤维素酶和 α -糖萜苷酶) 和加酶组 2 (含 α -淀粉酶、 α -葡聚糖酶、 n -蛋白酶和木聚糖酶) 均比对照组的平均日增重高出 8.83%。而后 (1999)，他又在测定多酶制剂对羔羊育肥效果的试验中发现，在小麦、燕麦、玉米的混合料中添加由木聚糖酶、 α -淀粉酶、 n -蛋白酶、 α -葡聚糖酶和纤维素酶组成的多酶制剂与干草饲喂羔羊，试验组比对照组的混合料转化率高出 1.8%，干草转化率高出 5.6%，日增重高出 8.83%，并且表现出良好的屠宰指数。

3 纤维素酶在养猪业中的应用

纤维素酶能降低猪饲料成本，减少饲料浪费。它和蛋白酶组成的酶制剂应用于仔猪时，能提高仔猪日增重，降低仔猪死亡率，且能使蛋白酶效率提高 3%，氨基酸浓度、纤维消化率、氮利用率和每日蛋白质沉积率均有极显著地提高 (Prokop 等, 1999)。高玉红等 (2000) 研究了复合酶 (主要含有酸性蛋白酶、糖化酶、 α -淀粉酶、纤维素酶及果胶酶等) 对断奶仔猪营养吸收能力的影响，结果发现，复合酶可以提高断奶仔猪的生产性能，显著提高饲料中干物质、粗蛋白和粗脂肪的消化率，而已随着酶活水平的升高，血浆葡萄糖含量也呈极显著增加。许梓荣等 (1999) 在研究木聚糖酶、葡聚糖酶和纤维素酶组成的复合酶制剂 (GXG) 对 56 日龄仔猪消化性能的影响时发现，在含 35% 麦麸的饲粮中添加 GXC30mg/kg，使干物质、粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、粗灰分的表现

消化率分别提高 11.23%、10.49%、30.83%、66.13%、29.44%；肠内容物粘度、粪中大肠杆菌数和腹泻频率分别降低 25.77%、88.51%、72.03%；胃、胰、小肠的相对重量分别降低 9.48%、8.94%、7.29%；肝二指肠内容物总蛋白水解酶和淀粉酶活性分别提高 20.96%、5.66%；小肠绒毛高度提高 22.94%，且微绒毛较长，数量多，均匀一致。

4 纤维素酶在养禽业中的应用

王玲等(2000)在以复合酶(主要成分为木聚糖酶、一葡聚糖酶和纤维素酶)制剂饲喂肉雏鸡的试验中发现,饲料干物质、粗蛋白、粗脂肪、粗纤维和粗灰分的表现消化率均极显著提高,而粪中大肠杆菌数和空肠内容物粘度则极显著降低。刘小平(1997)试验,在肉仔鸡日粮中添加 0.15%的纤维素酶,经 32d 试验,平均耗料量比对照组降低 3.2%,料肉比降低 11.1%,对照组死亡率比试验组提高 3.2%,这表明:添加纤维素复合酶可以促进肉鸡生长,提高饲料转化率,降低饲料消耗,并且提高肉仔鸡成活率,减少死亡。秦江帆等(1995)在肉仔鸡日粮中提高麦麸比例,在基础日粮中添加 0.05%、0.1%纤维素酶,测定肉仔鸡在不同生长阶段(1—2周,3—6周,7—8周)的添加效果,结果表明,试验组在 7—8周 0.05%组与 0.1%组相比差异达极显著水平,而 0.1%组与对照组相比,3个生长阶段日增重分别增加了 4.31%、4.54%、4.13%,耗料增重比分别降低 1.56%、4.5%、4.3%。说明添加外源酶制剂补充了内源酶的不足,消除了抗营养物质,从而促进了鸡的生长发育。徐奇友(1998)试验,蛋鸡日粮分别添加 0.01%、0.15%、0.5%的纤维素酶,结果添加 0.5%的纤维素酶

组在 6 - 13 周提高饲料消化率 2.7%、在 14 - 20 周，提高增重 2.42%，提高饲料消化率 2.46%，在整个试验期提高增重 2.42%，提高饲料消化率 1.11%，增重和饲料利用率都得到改善。添加 0.1%、0.5% 组产蛋率分别提高 1.07%、2.6%；产蛋鸡在 1 - 10 月的产蛋期间，添加 0.1%、0.15%、0.5% 的纤维素酶组产蛋率分别提高 0.53%、1.25%、2.88%；证明纤维素酶对产蛋量及料蛋比都有明显影响。朱元绍等(1999)在对 1 日龄樱桃谷肉鸭的饲养试验中发现，添加酶制剂 1(以 一葡聚糖酶、木聚糖酶、蛋白酶与果胶酶为主)和酶制剂 2(以淀粉酶、木聚糖酶与蛋白酶为主)的试验组比对照组的日增重分别高 5.57% 和 4.59%，料重比分别降低 6.97% 和 4.83%，稀粪率也显著下降，而各组死亡率未见明显差异。杨玉华等(2000)将复合酶(含纤维素酶、半纤维素酶、糖化酶及蛋白酶等)添加于北京樱桃谷肉鸭日粮中，发现其日增重显著提高，料肉比与死亡率明显下降，应激反应也呈减缓或消除的变化。

5 在獭兔日粮中的应用

高振华(1997)在獭兔基础日粮中添加 0.75% 和 1.5% 的纤维素酶后发现，试验组比对照组显著提高日增重分别为 16.88% 和 20.53%，料重比分别较对照组下降 13.60% 和 19.41%，并且添加纤维素酶后干物质、粗纤维、粗蛋白质、粗脂肪的消化率得到不同程度提高。另外还发现，添加纤维素酶能提高獭兔胃酸活力与胃蛋白酶活性，这也是纤维素酶能提高粗蛋白质消化率的原因之一。

6 结语

由于目前的畜牧业生产中出现了能量饲料的短缺局

面，因此充分开发和利用我国高纤维饲料资源具有十分可观的潜在价值。随着生物工程技术的不断发展，可以通过对纤维素酶在各种动物不同时期饲喂不同日粮时作用模式的研究，确定酶的最佳用量和最佳活力环境；其次，可通过筛选或诱变产生高产菌株，并可以利用基因工程，以及生产工艺的改进来高效地生产酶活高、适应性强的纤维素酶；最后，运用蛋白质工程技术增强纤维素酶的抗逆性。总之，纤维素酶及其他饲用酶必将在未来的畜牧业发展中发挥出其所具有的巨大潜力和作用。

寡糖饲料添加剂研究进展反应用前景

寡糖又称低聚糖，是指 2~10 个单糖通过非 α -1,4-糖苷键糖苷键连接起来形成的直链或支链的一类糖。由于它不仅具有低热、稳定、安全无毒等良好的理化性质，还具有调整肠道和提高免疫等保健作用，因此引起了人们极大兴趣。早在 1960 年就有报道指出寡糖可以作为免疫增强剂。近几年，欧洲、日本、美国主要以功能性食品形式用于食品工业；目前，国外已将寡糖作为饲料添加剂应用于饲料工业，当这些寡糖饲料添加剂加入到饲料中后，可选择性的刺激动物后肠中有益菌生长而防止病原菌滋生，提高机体免疫力，从而促进畜禽健康生长。

寡糖作为饲料添加剂的应用背景

自从 1950 年 Stockstad 报道在饲料中添加某种抗生素具有促生长效果以来，抗生素作为促生长剂用于预防动物病原菌感染及疾病发生具有重要意义，对促进畜牧

业的发展有着积极作用。但是抗生素的长期使用带来了严重后果,如抗药性、药物残留和畜禽产品品质下降等。随着消费者对健康的日益关心,抗生素的使用越来越受到限制和反对,因此寻求更为安全有效的动物促生长剂及保健剂是进一步发展饲料和畜牧业的当务之急。

近年来,能有效抑制畜禽肠道中有害菌并使有益菌增生的天然活菌制剂—益生菌倍受人们青睐,但益生菌在实际应用中往往效果不一,究其原因主要是:动物消化道中原生菌的优生作用使活菌制剂很难在短时间内定居以完成续生过程;活菌制剂均需要特定的微生态环境,如果动物肠道中无法长久提供这些外源活菌制剂所需的营养素,则活菌也将死亡而失效,更没有机会大量繁殖。

因此,人们在研究活菌制剂的同时对动物体内固有微生物菌群发生了极大兴趣。如果能够人为地在饲料中添加一些既不能为畜禽自身吸收利用,又不能为肠道内大部分有害菌利用,而只能促使有益菌增生的物质,即维持动物体内已建立的健康消化道菌群,则有事半功倍之效。研究表明,人们已发现了这类物质,并证明此类物质为寡糖类,因此将寡糖代替抗生素或益生菌利用于饲料工业和畜牧业将会有光明前景。

寡糖的研究进展

自六十年代报道寡糖可以作为免疫增强剂以来,许多研究表明寡糖对人体健康、动物生长发育和生产性能改善均有明显的促进作用。在人类食品中添加寡糖,可以促进大肠中微生物发酵代谢,抑制病原菌、减少腹泻、增强机体免疫力和防止结肠癌等(郑建仙等,1997;Haykawn等,1990;Ito等,1990;Koo(Rao,1991;Aan

Munster 等, 1994; Gibson 等, 1995)。寡糖可以代替外源性高剂量铜、抗生素和益生菌应用于仔猪饲料, 保证仔猪健康生长 (Houdijk, JGM 等, 1998; 傅国栋等, 2002)。目前日本有 40% 的仔猪饲料添加了寡糖, 这种饲料可刺激猪肠道有益菌生长, 防止病原菌定居繁殖, 显著增进仔猪免疫力。在鸡、兔、猫等动物上的实验也表明寡糖有类似作用 (Peeters 等, 1992; Okumkal 等, 1994; Oyazabal 等, 1996)。在鸡饲料中添加麦芽寡糖, 能明显提高中性洗涤剂纤维、酸性洗涤剂纤维和半纤维消化率 (Jamroz 等, 1997)。在猫粮中添加果寡糖可使乳酸杆菌 (Lactobacilli) 数量增加 164 倍, 产气荚膜芽孢杆菌减少 98%, 大肠杆菌减少 75%, 极大地促进机体健康 (Sparkes 等, 1998)。在日粮中添加甘露寡糖 (MOS), 可在火鸡改善饲料转化效率和提高增重, 可在肉鸡提高含黄曲霉毒素日粮生产性能并改善饲料转化效率, 可在猪减少腹泻和提高增重, 可在牛吸附霉菌毒素和病原菌提高犊牛的增重, 可在宠物减少新生动物小肠疾患 (sunthorn, 1998)。

国外对寡糖的研究较多, 最早是作为人类功能性食品对之进行研究, 作为饲料添加剂的研究只是近十年内开展的。国内这方面的研究, 特别是作为饲料添加剂的研究也在近年开展。NRC (1998) 出版的《猪营养需要》明确提出寡糖可作为促生长和保健添加剂。但是, 还应深入研究其作用机制、结构与功能关系, 才能为提高动物生产效能设计出特异性寡糖 (Monsan, 1995), 并为寡糖饲料添加剂的利用打下坚实的基础。

寡糖的生理作用及机制

Patrich Charton 教授将寡糖确切地比作生命的浮

桥，病原体粘附在寡糖底物上而不与动物肠道上皮细胞相接触，无法在肠道内定居下来，也就失去了对畜禽的危害。随着动物生理学及糖类生物化学等研究的不断深入，寡糖对畜禽的生理功能已逐步被人们认识，主要表现在：

(1)寡糖能促进动物肠道内有益菌增殖。由于消化道内没有消化寡糖的酶，因此这些寡糖基本上以原样的形式到达后肠，肠道内的寡糖大部分被有益菌（如双歧杆菌，乳酸杆菌多）选择利用（李宝玉，1999），产生二氧化碳和挥发性脂肪酸，促进有益菌大量繁殖；有害菌（大肠杆菌和沙门氏菌等）则不能利用寡糖（Mitsuno - ka 等，1987；Baily 等，1991）。同时产生的酸性物质降低了整个肠道的 pH 值，从而抑制了有害菌的生长和定植，起到了有益菌增殖因子的作用，提高了动物防病抗病能力。

(2)寡糖能吸附并清除肠道病原菌，对动物起保健作用。病原菌（大肠杆菌、沙门氏菌、梭状芽孢杆菌等）的细胞表面或绒毛上具有类丁质结构，它能够识别动物肠壁细胞上的“特异性糖类受体”，并与受体结合，在肠壁上发育繁殖，导致肠道疾病发生。适当种类的寡糖可与病原菌在肠壁上的受体结构相似，并与病原菌细胞表面的类丁质结构有很强的结合力，可竞争性的与病原菌结合，使病原菌无法结合到动物肠壁上从而得不到生长所需的养分，失去致病能力。如甘露寡糖能使吸附在肠道上的具有甘露寡糖受体的大肠杆菌从上皮细胞上脱落下来。由于寡糖不被消化道内源酶分解，因此他们将携带病原菌通过消化道排出体外，防止病原菌在消化道内繁殖，起着清洁消化道的作用。

(3) 激活免疫系统。某些寡糖具有提高药物和抗原免疫应答的能力，从而增加动物体液和细胞免疫的能力 (Newman, 1994)。体内试验表明，甘露寡糖能够激活特异性和非特异性免疫应答。Savage (1996) 证实，火鸡粘膜 IgA 和 IgG 水平提高。Yoshida (1995) 证实，鱼的嗜中性细胞活性因添加甘露寡糖而增强。

(4) 提高饲料消化率。路易斯安那州立大学的近期的一项试验检测了口服甘露寡糖对狗纤维素消化率的影响。实验日粮包括：玉米淀粉，作为纤维源的甜菜碱渣、大豆纤维或纤维素粉。结果表明，口服甘露寡糖后纤维素的消化率从 61.5% 提高到 72.9%，对各种纤维素的试验结果都一致 (Kappel, 1997)。此外寡糖还能促进钙、磷、维生素的吸收 (Yanahira 等, 1997; Olsan, 1997)，提高饲料转化效率 (Olsen, 1996)，节省饲料成本。因此寡糖作为消化促进剂将具有很大潜力。

(5) 作为甜味剂 (Tokunaga 等, 1989; Oku 等, 1984)。寡糖除低聚龙胆糖 (Dentiolisaccharide) 外，其余都带有程度不一的甜味，如寡果糖的甜度和大豆低聚糖的甜度为蔗糖的 0.6 倍，它们都具有蔗糖的纯正甜味，能改善饲料的适口性，对畜禽起诱食作用。

结语

寡糖具有特殊的生理作用，它对家畜生产性能的调控和挖掘动物生产潜力具有明显增效，这对寻求寡糖来源和开发应用提供了可靠的生物学基础。国外近十年来对寡糖在动物营养中的研究日益活跃，作为一种重要的消化道保健剂和促生长剂已逐步应用于饲料工业并取得了良好效果；我国在这方面的研究也已开展，是急待提高的一个领域。采用生物制备的生物产品—寡糖添加于

畜禽饲料中来使动物肠道内有益菌增殖、抑制或减少腐败菌来提高动物抵抗疾病和逆境的能力，缩短恢复期，促进畜禽健康生长，则是新型饲料添加剂研究开发的方向之一。

寡糖可以玉米、碎米、山芋、薯类、甘蔗等作为开发资源，经过酶转化技术和微生物发酵方法进行生产制备。众所周知，上述再生植物资源分布广、产量大、价格低廉，生产不受季节限制，但是目前的生产制备工艺成本很高。随着生产工艺的改进，采用生物技术以产业化方式将这些丰富的原料以较低成本生产寡糖产品，这种新型绿色饲料添加剂将在畜牧生产和饲料工业中有广阔的市场前景。

激素敏感脂肪酶的研究进展

脂肪沉积是一个复杂的生理生化过程，受饮食、内分泌、神经及脂肪组织自身等多方面的调控。动物体内脂肪代谢始终处于动态平衡之中，甘油三酯合成和分解的状态及速率均会影响体内脂肪的积累。由于催化甘油二酯水解的限速酶的活性受激素的控制，故将此酶称为激素敏感脂肪酶(HSL)本文就HSL的结构、作用机制及其活性调控的影响因素加以阐述。

1HSL的分子结构

HSL的分子结构含有三个互独立的功能区域：调节区、催化区和脂质结合区。

1.1HIS调节区此区域包括两个磷酸化位点：调节位点和基本位点。调节区域两磷酸化点的序列为：Met - A

rg - ArgSer⁵⁵¹ - Val - Ser⁵⁵³ - Glu - Ala—Ala。调节位点位于 HSL 的 3' COOH 末端，调节位点发挥作用的主要机制是 Ser⁵⁵¹ 被 Camp-依赖性蛋白激酶磷酸化；该位点所在区域具有亲水和 α -螺旋特性，这种结构特性使得 HCL 分子表面存在蛋白激酶进入的通道，从而行使调节 HSL 活性的功能。基本位点上的 Ser⁵⁵³ 可被 5' - AMP-活化蛋白激酶酸化，但并不能增强 HSL 的活性。这两个位点存在相互拮抗作用，相互抑制彼此的磷酸化。

1.2HSL 催化区该区域的序列为 Gly-Asp-Ser-Ala-Gly, 含有一个活化的 Ser 位点，具有疏水特性，这一区域主要负责催化 HSL 的活性

1.3HSL 脂质结合区位于 3' C - 末端，含有的 8 个氨基酸序列为 Phe-Leu-Thr-Ala-Ala-Leu-Cys 具有疏水的特性作用。其功能是在脂质-水的界面上锚定 HSL，使其发挥脂解作用

2HSL 的作用机制

正常时，HSL 在动物体内存在活性和地活性两种形式，活性的 HSL。催化甘油三酯水解为甘油二酯和非酯化脂肪酸。HSL 的活性受磷酸化或去磷酸化作用调控，当无活性受到 Camp-依赖性蛋白激酶的催化而被 ATP 磷酸化后，就转变为活性型；而活性型的则可通过作用工脂肪酶的磷酸脂酶去磷酸化而失去活性。

3HSL 活性调控的方式

HSL 的活性受复杂的级联反应机制调控，在不同的生理状态下，机体会产生不同的激素平衡状态，使得 HSL 的活性及其作用机制都会有所改变。肾上腺素、去甲肾上腺素和胰高血糖素属快速脂解作用型激素，它们作用于脂肪细胞质膜表面的特异性受体后，使腺苷酸环化

酶激活，从而使脂肪细胞内的 ATP 转变为 cAMP，增加 cAMP 的浓度；cAMP 又作为第二信使激活细胞内 Camp-依赖性蛋白激酶，从而导致胞内无活性的 HSL 磷酸化转变成活性 HSL，进而发挥促脂解作用。生长激素、橡胶皮质激素、甲状腺素则属慢促脂解作用型激素，甲状腺素的作用机制可能是促进快速促脂解激素的效应从质膜表面的受体位点传递到质膜内表面的腺苷酸环化酶位点，同时它还能抑制 cAMP 磷酸二酯酶开外，破坏 cAMP 生成 5' - AMP。抗脂解作用的激素有胰岛素、前列腺素 E1 及烟酸等。胰岛素的抗脂解激素效应，一方面是抑制腺苷酸环化酶，减少 cAMP 的合成；另一方面则通过激活 cAMP 磷酸二酯酶破坏 cAMP。此外，胰岛素还通过促进甘油三酯合成以抑制脂解。前列腺素 E1 和烟酸则通过阻断腺苷酸环化酶抑制 cAMP 的合成，发挥抗脂解作用。

4 影响 HSL 活性的因素

4.1 季节和生理阶段对 HSL 活性影响 Larsen 等(1985)发现，挪威驯鹿在 1—5 月份的 HSL 活性显著高于 9—10 月份，斯瓦尔巴特群岛驯鹿 HSL 活性的变化与挪威驯鹿变化相似，但差异不显著。斯瓦尔巴特群岛驯鹿 HSL 活性比挪威驯鹿少 3.5%。对旱獭的研究发现，在春、夏、秋、冬四个时期，随着旱獭体重的周期性变化，HSL 的 mRNA 水平也呈现显著的相关性变化，当在禁食期间内源脂肪被利用时 HSL 的 mRNA 有较高的水平，说明 HSL 基因的表达是通过季节性调控来控制旱獭体内脂肪组织的贮存。

Hidalgo 等(1994)发现，HSL 的活性和 mRNA 表达与其它脂代谢参数有关性。怀孕后期鼠的腰部脂肪组织中，HSL 活性增加 1.5 倍，而在怀孕 12—15 天时 HSL 的表达

增加 4 倍,并且在分娩后降全州照水平;从怀孕 15 和 19 天起, HSI 和脂蛋白脂酶的 mRNA 和活性比增大。Bai 等(1986)发现 HSL 活性在分娩前无显著差异,但是在泌乳早期是增加的。MCNamara 等(1997)户发现在分娩后 30 - 60 天的 HSL 活性比分娩前增加。

4.2 日粮对 HSL 活性的影响

4.2.1 日粮能量浓度对 HSL 活性的影响:研究发现,在给动物饲喂低能日粮时,基础和激发的 HSL 活性和蛋白质浓度增加,这说明在低能日粮时,基础脂肪合成的增加是由于 HSL 表达增加引起的。他们认为,在低能日粮时,基因型在调控脂肪组织脂肪合成率的变化方面起着重要的作用。Tanaka 发现,在饲喂粗纤维日粮时的 HSL 活性高于饲喂高浓度日粮时。

在泌乳期及 28 — 140 天内,以饲喂大麦与紫花苜蓿干草比为 71 :29 日粮的小母牛为对照组,给小母牛饲喂大麦与紫花苜蓿干草比为 36 : 63 的日粮时,结果发现, HSL 活性增加 7 倍,在低大麦田粮中 HSL 活性高峰较高。

4.2.2 日粮中蛋白质和氨基酸对 HSL 活性的影响:Takahashi 等给 7 日龄肉仔鸡饲喂 20% 或 30% 粗蛋白的日粮,通过添加 DL-蛋氨酸使日粮中含硫氨基酸与粗蛋白的比为 0.03、0.035、0.04 或 0.045,结果发现,饲喂含硫氨基酸与粗蛋白比为 0.035 的日粮时肉仔鸡具有最高 HSL 活性,日粮蛋白含量不影响 HSL 的活性,这说明,脂肪组织中 HSL 的活性依赖于含硫氨基酸与粗蛋白的比率。

蛋白质和能量水平相同的日粮,在以鱼粉或圆酵母作为蛋白来源饲喂 4 - 9 周龄的雄性肉仔鸡时,对鸡腹部脂肪组织和肝中脂质积累和代谢的影响相似,但可增加

脂肪组织中 HSL 的活性。

4.2.3 日粮脂肪类型对 HSL 活性的影响 :Awad 等(1986) 在纯合日粮中分别添加 14% 的可可油、牛肉脂肪、红花油或 2% 谷物油, 将此日粮饲喂小鼠, 结果表明, 日粮脂肪类型对 HSL 动力学特性无显著影响。给试验鼠饲喂含 15% 的高浓度饱和脂肪酸的纯合日粮, 以同浓度的含多不饱和脂肪酸的纯合日粮饲喂对照组, 另外每组日粮中还含有 2% 的谷物油。结果表明, 含饱和脂肪酸日粮的 HSL 活性低于多不饱和脂肪酸组, 说明日粮饱和脂肪通过影响脂解过程中几个点来发挥对激素刺激脂解作用的抑制效果。

Berger 等(1999) 给 344 只雌鼠饲喂低脂肪、复杂碳水化合物日粮或高脂肪、纯合糖日粮, 结果发现, 两周以后, HSL 活性在各组间无显著差异; 在 2 个月和 6 个月时, 高脂肪纯合日粮组动物的基础和激活 HSL 活性显著增加, 脂肪细胞过度生长, 并且在基础和激活状态的 HSL 活性与脂肪细胞大小之间存在着正相关。

在用可可油饲喂小鼠时, 若日粮缺锌则其上皮脂肪组织中 HSL 的活性与锌充足组相同; 在用鱼油饲喂时, 若日粮缺

锌则增加了上皮脂肪组织中 HSL 的活性。可见, 尽管日粮缺锌会增强肝脂蛋白的合成和脂质合成, 但这些效果的程度受日粮脂肪类型的影响。

4.3 禁食对小鼠 HSL 活性的影响 Sztalryd 等(1994) 发现, 在禁食 3 天时, 小鼠体内 HSL 的活性不受影响; 当禁食 3 - 5 天后, 小鼠体内 HSL 的活性增加 2 倍, 而且 HSL 免疫活性蛋白和激素敏感脂肪酶 mRNA 水平也增加 2 倍。在长期禁食的情况下, HSL 活性是在翻译前调控的,

在短期禁食时游离脂肪酸浓度的增加则说明 HSL 的活性是在翻译后调控的或者是其它酶调控的。当在禁食期间内源脂肪被利用时，HSL 的 mRNA 有较高的水平。

4.4 产奶性能对 HSL 活性的影响 MCNamara (1998) 则研究发现，在泌乳量较高的动物体内，HSL 的活性显著升高，当脂肪细胞大小减少到 50% 时，每克蛋白质和每个细胞的 HSL 仍然增加。

4.5 疾病对 HSL 活性的影响在患有家庭血脂过多症的人体内，其 HSL 最大酶活降低 40%。另一方面，在这种情况下， α_2 、 α_1 和 α_2 - 肾上腺素受体的脂解敏感性是正常的， α_1 和 α_2 肾上腺素受体的数目和亲和力也都正常，在对照组动物体内，最大脂质合成率的变化与 HSL 活性的变化呈显著相关，脂解作用的缺陷主要是由于 HSL 的缺陷引起的。

4.6 动物品种对 HSL 活性的影响杨再清,等以两个 8 月龄瘦肉率、背膘厚和脂肪率分别相差 -9.44% ($P < 0.01$)、7.97% 和 18.01% ($P < 0.05$) 的混系和丹系长白肥育猪为研究材料，发现丹系长白猪血浆 cAMP、HSL 和游离脂肪酸分别比混系高 32.85% ($P < 0.05$)、7.41% 和 23.41%，这证明通过 cAMP 调控 HSL 对猪脂肪沉积的作用具有明显的品系差异。

5 结论

HSL 是动物体脂肪分解的关键酶，它能水解甘油三酯成甘油和脂肪酸以满足动物体的需要。在不同季节和生理阶段，动物体内此酶的活性不同，日粮可以调控此酶的活性，饲喂低能日粮或含多不饱和脂肪酸高的日粮时，此酶的活性较高。同时，日粮中蛋白质和氨基酸的比率也影响 HSL 的活性。因此，通过科学合理的搭配饲