随着人们生活水平的日益提高，我国居民的膳食结构发生了巨大变化，其显著特征是粮食等主食显著减少。过去 30 年，年人均消费粮食由 227 kg 减至 119 kg，减少了 47%；而肉、奶、蛋等动物性食品显著增加，年人均消费量由 18 kg 增至 47 kg，增加了 161%。在粮食总消耗中，居民粮食消耗量逐年减少，2015 年仅占 27%，很大一部分粮食作为家畜的饲料被消耗了，我国人畜争粮的矛盾十分突出。

早在 1990 年 9 月，钱学森就指出：在 21 世纪我们国家应该利用生物科学技术，通过饲料加工，用含木本植物叶、枝在内的废弃物生产畜禽饲料。我国现有木本饲料资源每年有 6 亿～8 亿 t，按平均利用率 20% 计算，尚有 4.8 亿～5.4 亿 t 待进一步开发。伐木的树枝和木材加工下脚料每年 2 亿～3 亿 t，作为饲料用需深加工、精加工，变成发酵饲料、膨化饲料和饲料酵母，利用难度大，利用率很低，有待深度开发。随着林业建设和森林保护的发展，我国植树造林规模和速度均居世界第一，木本饲料发展潜力激增，预计到 21 世纪 30 年代，森林面积可达到 1.6 亿～1.8 亿 hm^2，每年提供的木本饲料资源（各种树叶、木材加工下脚料、间伐或营林作用落地嫩枝）将突破 10 亿 t。若通过科学合理的加工调制技术对现有的木本植物资源饲料进行处理后，能为家畜提供大量的饲料，从而大大地缓解人畜争粮的矛盾。

综上所述，我国木本饲料资源开发利用前景广阔，并且随着用动物性饲料饲喂反刍动物被禁止，木本植物作为饲料“绿色蛋白质”的作用会更加突出。生态、营养、安全、绿色将会成为当今国际饲料工业发展的必然趋势，从而为木本饲料开发利用提供广阔发展空间。因此，木本饲料作为饲料原料结构中发挥生态价值、经济价值和营养价值为一体的饲料类型，能够减轻畜牧业对粮食的依赖，缓和人畜争粮的矛盾。

第二节　木本植物资源饲料化加工原理

木本饲料资源来源广泛，一般含有丰富的蛋白质、矿物质和维生素等重要的营养成分，并含有动物生长发育所必需的氨基酸，但由于其木质化程度高、含有抗营养因子、具有较重的苦味，或长有小刺、绒毛等限制因素，因而常常需要对木本饲料进行适当的物理、化学和生物学等加工处理，以提高其饲用价值。

一、木本饲料的限制因素

（一）木质化程度高

木本饲料的质地坚硬，木质化程度较高，纤维类物质含量较多，其中木质素是结构牢固的酚的聚合物，不仅不能被家畜吸收，还会影响对其他物质的消化利用，从而降低了木本饲料的饲用价值。其机理是木质素会结合形成一种镶嵌结构，在纤维素、半纤维素等营养物质表面形成保护层，限制了内部营养底物的消化利用。一般木质素含量每增加 1%，粗饲料的消化率就降低 4.49%。

柠条是一种豆科锦鸡儿属多年生灌木，营养丰富，粗蛋白质含量高，含 10 多种氨基酸及多种微量元素，尤其是柠条嫩枝叶，是当地牛羊良好的放牧饲料，在北方地区柠条一直

作为冬春季节牛羊放牧的主要粗饲料来源。但是因其木质化程度和粗纤维含量高，且茎秆粗硬并带尖刺，适口性较差，同时易使动物产生饱感，在瘤胃停留时间过长，从而影响采食与消化吸收，消化率和利用率不高。

（二）含有毒素和抗营养因子

木本饲料中抗营养因子和一些毒素的存在是制约木本饲料发展的一个重要因素。木本植物中的氢氰酸、皂甙、单宁等物质都会影响家畜对木本饲料中其他营养素的利用。这些抗营养因子的含量高低直接关系到家畜的采食量和健康水平，主要表现在降低蛋白质消化和利用率、矿物质溶解、适口性和采食量等。

1. 氢氰酸

氢氰酸是毒性最大、作用最快的常见毒物，在植物中主要是以氰甙（或称产氰糖甙等）形式存在，也以游离形式存在。当植物组织被损害或腐烂时，在反刍家畜瘤胃内，水解后产生氢氰酸（HCN），牧草饲料中的氢氰酸含量达到一定量时，即引起畜禽中毒，如氰甙。氰甙在植物界分布很广，特别是蔷薇科植物，其次为禾本科、豆科、忍冬科等。杏、桃、李、梅、樱桃、枇杷等的果仁和叶中含有大量的氢氰酸，限制了其用作饲料的可能。

2. 皂苷

皂苷又称皂角甙、皂素，由甾体化合物或多环的三萜为苷元与寡糖的羟基组成的苷，是一种无定形粉末或结晶，吸湿性强、易溶于水，其水溶液带有辛辣味，振荡时能产生大量持久性泡沫，对皮肤和黏膜有刺激作用，可引起炎症，能溶解红细胞。皂苷味苦，含有皂苷的饲料多具苦味和辛辣味，适口性差，如果喂量过大，草食家畜易患臌胀病。皂苷广泛存在于植物的叶、茎、根、花和果实中。

3. 生物碱

植物中存在一些呈碱性的含氮有机化合物，多以有机盐的形式存在，其中有些具有显著生理效应的叫生物碱。游离的生物碱一般不溶或难溶于水，易溶于有机溶剂，如醇、醚、氯仿等，而其无机盐或小分子有机酸却溶于水。生物碱大都具较强的毒性，分布于 100 多个科的 2 000 多种植物中，主要存在于罂粟科、茄科、毛茛科、豆科、夹竹桃科、马钱子科、茜草科、石蒜科、百合科、麻黄科和水松科等植物中。同科植物具有相同的生物碱，近缘植物含有类似的或者是相同的生物碱。同类植物的不同器官（根、茎、叶、花、种子）和不同植物之间，生物碱的含量不同，并随季节的变化和地区不同而异。

4. 单宁

单宁又称鞣质，是广泛存在于各种植物组织中的一种多元酚类化合物。植物单宁的种类繁多，结构和属性差异很大，目前很难给出其准确定义。但通常将其分为可水解单宁和结晶单宁两大类。各种植物中的单宁不仅含量不同，而且种类也有差异。胡枝子中主要以结晶单宁为主，栎树叶、茶树叶中主要以可水解单宁为主。一般幼嫩枝叶中单宁含量较高，且以可水解单宁为主，成熟果实及落叶中的单宁含量下降，大部分聚合为结晶单宁。即使同是结晶单宁，其组成成分也有很大差异。

Min 等报道，缩合单宁质量含量在 55 g/kg 以上就会减少采食量和消化率；孙海霞等也报道，杨树叶含有中等剂量的单宁（30～40 g/kg）就表现出对蛋白质消化率显著降低的趋势，随着杨树叶用量的增加，饲料中单宁含量也增加，成年绵羊表现出干物质和粗蛋白质消化率显著降低。字学娟研究发现单宁含量高的植物采食量低，适口性差，单宁含量与采食量呈显著负相关。

5. 蛋白质结构复杂

构树叶蛋白质含量高达 24%，含量是大米、玉米的 3 倍，小麦的 2 倍，仅次于大豆；粗脂肪含量相当于玉米，是大米、小麦的 2 倍，仅次于大豆；无氮浸出物含量高于大豆，次于大米、玉米、小麦；氨基酸、维生素、碳水化合物及微量元素也十分丰富。目前对构树叶用作饲料的研究较少，主要集中在直接饲喂或简单青贮后饲喂。但由于构树叶蛋白质结构复杂，大多数以大分子蛋白的形式存在，动物利用效率不高，尤其是家禽和单胃动物的消化道中没有分泌消化构树叶蛋白质的酶，所以其很难被消化吸收，大部分从粪便中排出，因而没有作为饲料原料被人们广泛利用。

综上所述，木本植物用作饲料存在如此多的不利因素，限制了家畜对其采食量和营养物质的消化利用，从而影响了木本饲料的发展。因此，应当优化加工工艺，通过物理、化学和生物等方法来消除或减少其中的抗营养因子，此外可通过寻求不同木本饲料饲喂各种动物的最适添加量，使其最大限度地为动物所利用。

二、加工利用对木本饲料的作用

（一）物理处理

1. 机械处理

植物各部分结构的强度差异很大，幼叶和幼茎很容易弄碎和降解，但老组织就难以折断。这种差异依细胞壁的厚度、强度和坚韧性不同。薄壁组织常易被降解，细胞内容物被释放出来。机械粉碎可使细胞破裂，使细菌能穿过表皮的保护层，这样有助于细菌的集群和消化。不过即使细胞破裂，里面的内容物流出来，细菌也不容易附着在细胞壁的内表面。用扫描电镜研究表明，细胞壁的主要分解菌有 2 种，即黄瘤胃球菌和产琥珀酸厌氧杆菌，它们群集于或靠近细胞壁破裂所形成的横切面。反刍和再咀嚼作用，可使这种表面不断地暴露出来，有助于细菌的这种生化作用。

2. 蒸煮处理

在室温以上进行升温加热，可对饲料进行最适度的化学处理。在远没达到沸点以前，就有一些物质发生变化，特别是膜结构。随温度的升高，许多蛋白质不可逆地变性，以至于冷却后其三级结构不再恢复。

细胞壁纤维实质上不受温度的影响，即使达到或超过水的沸点温度。茎和叶的大多数细胞壁直到温度升高引起一些乙酸和半纤维素间的酯键水解时，才可能受影响。释放出的乙酸使 pH 降低，当温度升高时，某些对酸不稳定的阿拉伯 – 呋喃糖侧链键会裂解，最后某些半纤维素链解聚。这样，当高压蒸煮木本饲料中的纤维性物质时就可释放出一定量的

可溶性碳水化合物，并且将细胞壁结构较多地暴露出来以便酶解。

（二）化学处理

1. 无机试剂

尽管植物细胞内的液泡可积累有机酸，且挤出的汁液很酸，但是细胞质的 pH 即使偏离正常一点也足以使细胞致死。

pH 的剧烈变化对细胞内容物和细胞壁都有水解作用，但碱性 pH 的溶解作用更为重要。不溶于中性水的多糖常溶于稀碱中，这个性质长期以来一直被科学家用作分离可溶性和不可溶性多糖的方法。用氢氧化钠、氢氧化钾或氨处理木本饲料可增加其消化性。氧化处理可影响木质素，还可能将多糖中的一些中性糖残基转化成糖醛酸，很可能还通过对细胞壁的作用而影响饲料的消化性。

2. 酶处理

酶预处理可以提高粗饲料的消化率。对于非反刍动物，可利用细菌的 β- 葡聚糖酶，将谷物中不可消化的以混合键连接的葡聚糖转化成葡萄糖。对于反刍动物，可用生成葡萄糖的量来表示纤维素酶处理粗饲料能力的指标。

（三）生物处理

利用多种微生物如各种细菌、霉菌、酵母菌、食用菌，一方面可使植物秸秆中的半纤维素、纤维素得以分解；另一方面游离出来细胞内容物被乳酸菌、酵母菌利用，可转化成品质优良的菌体蛋白质。同时通过微生物的发酵，将复杂的大分子蛋白质降解为氨基酸、小肽等易被动物消化利用的形式，使木本饲料成为应用广泛的绿色饲料资源。

第三节　木本植物资源饲料化加工技术

适当的加工与调制能改善家畜对木本饲料的适口性，增加采食量，提高其消化率和利用率。

一、灌木饲料的加工利用

灌木类饲用植物从温带到热带，从低平地到海拔 5 000 m 以下的高山均有分布。国际上，干旱草原治理中最有前途的改良方向是建立包括灌木、半灌木和草本参加的、能综合利用（饲料、燃料、经济价值）的高产农业植物群落。世界上一些经济发达的国家都把灌丛草地资源看作“绿色黄金”“立国之本”。

半灌木类饲用植物可分为蒿类、盐柴类、多汁盐柴类、宽叶和垫状半灌木。其中尤其以旱生或超旱生植物最为重要，它们种类较多，分布较广，饲用价值大，在西部干旱区常以建群种或优势种出现。胡枝子属、锦鸡儿属，高山柳、桑及南方有刺灌丛是较重要的类群；其中，锦鸡儿属植物我国就有 72 种，是干草原、荒漠草原以至荒漠上良好的饲用、药用及水土保持植物。灌木具有抗逆性强、寿命长、植丛大等特点，对解决干旱缺草年份、

枯草季节以及灾年的畜草不平衡问题，具有极其重要的意义。饲用灌木有：柠条、胡枝子、羊柴、花棒、沙棘、黄柳、梭梭、沙拐枣、沙蒿等。

（一）灌木的饲用价值

一些灌木（如豆科灌木）的粗蛋白质含量较高，氨基酸种类齐全，个别灌木（如沙棘）的主要氨基酸含量甚至超过苜蓿草粉；灌木总能较高，但消化能较低；有些灌木的维生素含量较高，如沙棘，维生素 A 和维生素 C 的含量分别为 56 mg/kg 和 29 mg/kg，而苜蓿干草中维生素 A 含量也仅为 65 mg/kg 左右。几种灌木的营养成分见表 8-1。

表 8-1　几种饲用灌木、半灌木的营养成分（占风干物质）　%

种类	物候期	水分	粗蛋白质	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	粗灰分	钙	磷
小叶锦鸡儿	营养期	14.95	22.48	4.98	27.85	22.36	7.38	2.16	0.52
	结实期	12.26	16.84	3.22	35.25	26.50	5.93	2.99	0.52
中间锦鸡儿	营养期	14.95	22.48	4.98	27.85	22.36	7.38	—	—
柠条锦鸡儿	开花期	10.43	18.26	2.46	35.46	27.61	5.78	—	—
沙柳	结实期	12.34	13.79	14.32	27.47	27.04	5.04	3.08	0.63
优若藜	开花期	19.01	10.08	1.39	35.58	25.90	8.04	2.16	0.17
	分枝期	12.13	14.93	1.69	29.93	35.54	5.78	3.44	0.64
沙拐枣	盛花期	6.27	4.33	1.65	39.20	44.11	4.50	—	—
木地肤	营养期	13.00	16.85	2.18	17.26	35.38	15.33	—	—
	开花期	11.01	11.32	2.40	29.58	36.04	9.65	1.26	0.29
梭梭	营养期	4.30	7.77	4.95	18.47	44.27	20.24	—	—
沙棘	营养期	6.00	11.91	4.50	16.74	56.31	4.54	—	—
沙蒿	营养期	11.54	15.87	6.85	26.00	31.18	8.56	—	—
	开花期	8.75	12.72	12.60	22.65	35.62	7.66	—	—

注：引自玉柱等（2004）。

但是，有些灌木粗硬或带有针刺，不经加工，家畜难以采食，咀嚼时需消耗较多的能量。另外，灌木的木质化程度高，家畜难以消化利用。

（二）灌木的平茬

1. 平茬的作用

生长年限较长的灌木，枝条变粗，木质化程度明显增高，生长势衰退，再生性能下降，抗逆性大大降低，极易遭受病虫危害。家畜采食又会出现挂毛现象。所以，应及时平茬，改善灌木草地的质量（表 8-2）。

（1）增加分枝和嫩枝数。平茬后比未平茬的提高 10% 左右，并使其向半灌木方向发展。

（2）增加可食产量。平茬后可刺激更新芽形成更多的新枝，使单位面积的可食灌木产

量提高 30%～40%。

（3）增加家畜的采食量和消化率。平茬后形成较多的新枝、嫩叶、木质化程度降低，家畜喜食，且易消化。

（4）控制灌丛高度。如小叶锦鸡儿，平茬可将灌丛高度控制在 50～60 cm，便于羊的采食利用，减少冬春放牧时的挂毛现象。

（5）有利于形成下繁形株丛。下繁形株丛可增强防风固沙、保持水土的作用。

表 8-2 几种灌木的平茬效果

种类	项目	高度 /cm	生活力	枝条			
				当年生枝条		枯枝	
				生物量 /g	占株丛总生物量比例 /%	生物量 /g	占株丛总生物量比例 /%
柠条	对照	110～127	弱	69	4	1 650	96
	平茬	70～110	强	900	100	0	0
沙柳	对照	180～190	弱	1 650	30	3 850	70
	平茬	240～260	强	4 000	100	0	0
沙蒿	对照	50～60	弱	584	40	739	60
	平茬	50～70	强	728	100	0	0

注：引自张秀芬（1992）。

2. 平茬间隔期

灌木种类不同，平茬间隔期也不一样。沙柳平茬间隔期为 3 年，柠条为 5 年，羊柴和花棒为 2 年，沙蒿为 2～3 年。间隔期过长，枯枝增多，影响灌木的利用和生长；而连年对同一地段的灌丛进行平茬，灌丛得不到休养生息，往往造成其生物活力下降。

3. 平茬的适宜时间

灌木平茬一般多在立冬后至翌年早春解冻之前进行。此时，灌木完全停止生长，所积累的营养物质大部分输送到根系中贮藏起来，根系处在冻土层中。平茬地上部分，不会影响灌丛萌发时所需的营养物质，也不会损伤根系。

4. 平茬方式

我国北方地区冬、春季节风多风大，为防止土壤风蚀，要采取隔带平茬，切不可一次全部除光。隔带老枝条，既能防止土壤风蚀，又能达到提高平茬幼枝成活率和更新复壮草场的目的。

5. 平茬方法和留茬高度

灌木平茬应紧贴地面或低于地面 1～3 cm 为宜。若茬口高出地面，会因失水过多影响枝条萌发和再生；茬口过低易伤根系。茬口要平滑，以利于萌发和再生。平茬时不能只砍粗枝、大枝，而留下小枝、毛枝，否则，灌丛生长势将全部集中在留下的小枝、毛枝上，而减少新萌生的枝条数，削弱灌丛的生长势。

（三）灌木的加工及利用

1. 刈割

木本植物饲料的刈割时期、刈割频度等对其饲用价值和饲料产量起着决定性的作用。孙显涛等对我国华北野生二色胡枝子的研究表明，随着刈割频度的增多，根数、根重、根瘤及可溶性糖等指标明显下降。柠条在开花期粗蛋白质含量最高，而木质素最低，是刈割最佳时期；也可在果后营养期刈割（停止生长前 30～40 d）。刈割时期不同也会影响木本饲料的干物质和粗蛋白质的瘤胃降解率。

2. 加工调制

（1）晒制灌木干草。将灌木的幼嫩部分刈割后，打成 4～5 kg 重的小捆，直接运至贮存场所，略加晾晒后即可堆垛。经该法调制的灌木干草，叶量损失很小，仍保持绿色。在冬春季节，其叶子和嫩枝为家畜所喜食，剩下的粗硬茎秆可用作薪柴。

（2）加工灌木粉。灌木的含水量较低，刈割后稍加晾晒即可加工成灌木粉。灌木出粉率为 80% 左右，生产率一般为 1 000 kg/h，若平茬后不经晾晒直接加工成灌木粉，则生产率较低，仅为 250～300 kg/h。灌木粉的适口性较好，采食率为 60%～80%，高的可达 90%。绵羊和山羊的日食量分别为 1～1.5 kg 和 0.5～1 kg，基本上可以维持家畜体内新陈代谢活动的需要。灌木加工成粉后消化率有所提高，粗蛋白质、粗脂肪的消化率在 50% 以上，干物质在 40% 以上，较难消化的粗纤维也达到 40%。

王珍喜研究认为，粉碎可以提高牛对柠条的采食量，花期柠条粉碎饲喂优于揉碎饲喂。柠条经过粉碎制粒后饲喂家畜，利用率可提高 50%，家畜采食量增加 20%～30%。弓剑将柠条枝叶加工成叶粉，羊消化能为 10.45 MJ/kg，蛋白质消化率为 81.20%，饲喂苜蓿草粉 + 柠条叶粉的羔羊日增重最高。梅淑芳等在研究中发现，马棘嫩枝条晒干后叶片易于脱落，不宜于调制干草，马棘嫩枝叶快速干燥后可制成干草粉参与制作各类配合饲料。

（3）膨化。为进一步提高灌木的消化率和利用率，可将灌木粉进行膨化处理。膨化方法与秸秆膨化基本相同。

（4）氨化。黄文明等研究表明，新银合欢枝叶氨化后粗蛋白质含量显著升高，含羞草素、粗脂肪含量极显著降低，中性洗涤纤维含量显著降低，且对瘤胃 pH 有明显影响，提高了氨释放速度。杨宇衡等研究发现，南江黄羊饲喂添加 20% 的氨化银合欢叶粉配制的精饲料与添加风干银合欢叶粉的精饲料相比，提高了日粮营养物质的消化率和蛋白质利用效率，并改善了生长性能。

（5）青贮。丁武蓉等研究发现，添加 3% 糖蜜的胡枝子青贮饲料的品质最好。玉柱等发现，添加 0.2% Siloguard 的尖叶胡枝子青贮饲料品质最好。

王峰等研究表明，微贮后的柠条粗蛋白质、粗脂肪、粗纤维、木质素含量变化不大，粗灰分含量增加 1.36%，无氮浸出物含量增加 2.59%。微贮处理能够显著改善柠条各营养成分的瘤胃降解特性，显著提高瘤胃降解率，提高消化率。高文俊等研究结果发现，添加蔗糖和甲酸能改善柠条青贮饲料的发酵品质，显著降低青贮饲料的 pH、增加乳酸含量和降低氨态氮含量，显著提高柠条青贮饲料的干物质保存率，青贮之后，硝酸盐含量下降。樊莉娟等研究表明，添加纤维素酶对改善柠条锦鸡儿、尖叶胡枝子和山竹岩黄芪 3 种灌木的青

贮效果最佳；添加生物添加剂对华北驼绒藜的青贮效果无改善。

陶莲和玉柱发现，添加乳酸菌制剂、纤维素酶和乳酸菌制剂＋纤维素酶的3个处理组，均可改善华北驼绒藜青贮料的发酵品质；其中添加乳酸菌制剂＋纤维素酶效果最明显。蒋慧等研究表明，骆驼刺与棉籽壳混贮能改善棉籽壳青贮料的品质。李静等在青贮华北驼绒藜中添加乳酸菌和纤维素酶，可明显改善青贮发酵品质和提高体外消化率。刘瑞香等研究发现，油蒿可以采用青贮方式进行保存，且直接青贮更好。

二、树叶的加工利用

我国有丰富的林业资源，树叶数量大，大多数均可饲用。树叶营养丰富，经加工调制后，不仅能作为家畜的维持饲料，而且可以作为家畜的生产饲料。树叶的加工与利用方式，目前仍以放牧采食为主，采集加工次之。随着科学养畜及配、混合饲料的广泛利用，对树叶的利用将由放牧采食转向采集加工相结合的加工利用方式。

（一）树叶的饲用价值

1. 影响树叶饲用价值的主要因素

树叶的饲用价值决定于诸多因素，主要因素包括以下3个方面。

（1）树种。树叶的营养成分因树种而异。豆科树种、榆树、构树等叶子中粗蛋白质含量较高，且氨基酸种类丰富；构树、槐树、柳树、梨树、桃树、枣树等树叶的有机物质含量、消化率、能值较高；紫穗槐青树叶中胡萝卜素含量高达270 mg/kg，柳树、桦树、榛树、赤杨等青叶中胡萝卜素含量为110～132 mg/kg，是黄玉米中胡萝卜素含量的100倍左右；树叶中的钙含量一般为1%～2%，如枣树、苹果树、梨树、桃树等树叶中钙含量均在1.5%以上，是玉米、高粱等精饲料中钙含量的25～50倍。部分树叶的营养成分含量见表8-3。

表8-3 部分树叶的营养成分

树种	干物质/%	占干物质比例/%						
		粗蛋白质	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	灰分	钙	磷
洋槐叶（干）	86.8	19.6	2.4	15.5	42.7	6.9	—	0.15
榆树叶（干）	89.4	17.9	2.7	13.1	41.7	14.0	2.01	0.17
榕树叶（干）	91.0	11.3	2.1	23.5	43.2	10.9	—	—
紫荆叶（干）	92.1	15.4	5.5	26.9	37.9	6.4	—	0.10
柳树叶（干）	89.5	15.4	2.8	15.4	47.8	8.1	1.94	0.21
杨树叶（干）	95.0	10.2	6.2	18.5	46.2	13.9	0.95	0.05
构树叶（干）	91.2	26.2	6.2	15.4	24.3	19.1	0.05	1.37
合欢叶（干）	93.1	19.2	8.6	7.1	50.1	8.1	—	0.37
柞树叶（干）	89.6	14.2	5.1	20.2	41.8	8.3	1.10	0.18
桑树叶（干）	89.8	20.6	6.1	9.7	42.7	10.7	2.50	0.20
枣树叶（干）	95.6	11.0	7.6	12.0	53.2	11.8	1.30	0.12

续表 8-3

树种	干物质/%	占干物质比例/%						
		粗蛋白质	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	灰分	钙	磷
紫穗槐叶（干）	89.0	17.9	4.5	12.1	48.6	6.9	1.36	0.72
香椿树叶（干）	93.1	15.9	8.1	15.5	46.3	7.3	—	—
家杨树叶（干）	91.5	25.1	2.9	19.3	33.0	11.2	—	0.40
泡桐树叶（干）	94.4	18.3	55	10.5	51.7	8.4	1.82	0.06
梧桐树叶（干）	88.9	16.3	5.5	13.5	43.1	10.9	1.97	0.31
葫芦头叶（干）	93.6	10.3	3.0	19.1	54.6	6.6	1.19	0.14
漆树叶（干）	90.8	12.4	2.3	18.6	46.9	10.6	3.31	0.22
废茶叶（干）	89.6	25.0	4.4	18.1	36.7	9.3	—	0.02

注：引自非常规饲料资源的开发与利用研究组（1996）。

（2）生长期。生长着的鲜嫩叶营养价值高；青落叶次之，可用于饲喂反刍家畜，还适宜饲喂单胃家畜和家禽；而枯黄叶最差，仅可勉强饲喂反刍家畜。

（3）树叶中所含的某些特殊成分。有些树叶营养成分含量较高，但因含有一些特殊成分，致使其饲用价值降低。如核桃树、山桃树、橡树、李树、柿树、毛白杨等树种，含单宁，具苦涩味，必须经加工调制后才能饲喂。有的树种到秋季叶中单宁含量增加，如栎树、栗树、柏树等树叶到秋季单宁含量达到 3%，有的高达 5%～8%，应提前采摘饲喂或少量配合饲喂，少量饲喂还可起到收敛健胃的作用。有的树叶有剧毒，如夹竹桃等，不能饲喂家畜。

2. 几种树叶的饲用价值

（1）松针叶的饲用价值。松针富含粗蛋白质、粗脂肪、叶黄素和多种矿物元素。对松针测定表明：粗蛋白质含量为 6%～13%，其中有 20 多种氨基酸，赖氨酸含量占蛋白质的 6.54%。粗脂肪含量为 7%～12%，胡萝卜素含量高达 70～340 mg/kg，叶绿素含量为 1 000～2 000 mg/kg，维生素 C 和维生素 E 含量分别为 400～2 500 mg/kg 和 200～1 000 mg/kg；含矿物质元素多达 30～40 种，比苜蓿的微量元素还要丰富；含多糖类（戊糖）10%～13%，单宁 4% 左右；还含有树脂及精油（松针油含量为 0.5%～0.7%），松香酸、挥发油、α- 蒎烯、β- 蒎烯、黄酮素、槲皮素、山奈醇、乙酸龙脑酯等。此外，松针还含有多种杀菌止痒成分。松针叶粉营养成分见表 8-4、表 8-5 和表 8-6。

由于营养丰富，松针粉添加到饲料中饲喂畜禽，可增强抗病能力，提高畜禽生产性能和饲料转化率，使畜禽毛、羽富有光泽和肉、蛋富有天然色泽，从而提高了活畜禽和畜禽产品的商品性。

表 8-4　松针叶粉常规分析主要成分　%

品种	水分	粗蛋白质	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	灰分	钙	磷	硅
浙江马尾松	9.70	12.10	8.42	26.18	41.26	2.34	0.63	0.05	0.97
浙江黄山松	10.97	11.92	7.06	28.60	39.17	2.28	1.04	0.01	0.47

续表 8-4

品种	水分	粗蛋白质	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	灰分	钙	磷	硅
福建马尾松	9.50	11.39	10.31	24.35	41.66	2.97	1.33	0.06	0.90
汪苏马尾松	11.04	9.84	7.62	26.84	42.02	3.00	0.39	0.05	0.87
河北兴隆油松	5.89	6.11	11.49	20.79	—	3.53	0.48	0.09	—
南京林化所材料	—	6.69	9.80	29.56	37.06	2.86	0.59	0.11	—
江苏连云港材料	7.80	8.96	11.1	27.12	41.59	3.43	0.54	0.08	—

注：引自非常规饲料资源的开发与利用研究组（1996）。

表 8-5 松针叶粉中氨基酸含量比例 %

氨基酸	占样品的比例	占样品的比例	占蛋白质的比例
天门冬氨酸	0.61	0.62	9.23
苏氨酸	0.29	0.27	4.62
丝氨酸	0.31	—	5.00
谷氨酸	0.72	0.69	9.74
甘氨酸	0.35	0.53	5.51
丙氨酸	0.39	0.37	5.89
缬氨酸	0.36	0.46	6.02
蛋氨酸	0.07	0.34	0.77
异亮氨酸	0.37	0.33	4.10
亮氨酸	0.57	0.54	8.46
酪氨酸	0.35	0.24	3.46
苯丙氨酸	0.47	0.44	5.77
赖氨酸	0.37	0.43	6.54
组氨酸	0.14	0.40	1.67
精氨酸	0.39	0.27	4.36
脯氨酸	0.34	0.29	3.72
色氨酸	0.08	0.09	—
胱氨酸	0.12	0.17	1.28
总和	6.45	6.48	86.14
样品来源	河北兴隆油松	南京林化所	江苏马尾松

注：引自非常规饲料资源的开发与利用研究组（1996）。

表 8-6 针叶中矿质元素含量

矿质元素	K	Na	Ca	P	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	Co	Se
含量/%	0.46	0.03	0.54	0.08	0.44	0.03	4.00	0.02	0.004	0.58	0.06

注：引自张秀芬（1992）。

（2）槐叶的饲用价值。槐叶营养丰富，含有蛋白质、脂肪、维生素、叶黄素和钙、磷等矿物元素，尤其是紫穗槐和洋槐，属于豆科树种，富含蛋白质。据测定：粗蛋白质含量为20%以上，即2 kg叶粉相当于1 kg豆粕；赖氨酸含量为1.24%；蛋氨酸含量为0.2%；钙含量为1.7%以上；磷含量为0.3%左右；是有待开发利用的重要蛋白质饲料资源。紫穗槐、洋槐、国槐叶粉的具体营养成分见表8-7。

槐叶饲喂畜禽的效果，得到国内外比较一致的公认，用4%的槐叶粉替代适量的紫花苜蓿粉饲喂蛋鸡，产蛋效果无显著差异，用5%的洋槐叶粉替代等量麸皮饲喂蛋鸡，产蛋量提高9%左右，还可提高蛋黄色级。

表8-7　槐叶粉营养成分　%

树种	粗蛋白质	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	钙	磷	水分	灰分
紫穗槐	23.2	5.1	13.0	42.3	17.60	0.31	6.30	8.03
洋槐	21.1	5.4	12.7	44.6	2.00	0.30	6.00	7.90
国槐	18.1	4.3	20.0	45.1	2.46	0.21	5.07	5.10

注：引自非常规饲料资源的开发与利用研究组（1996）。

（3）杨树籽、叶的饲用价值。杨树籽、叶营养比较丰富，含有蛋白质、脂肪、维生素、矿物元素和10多种氨基酸。因品种不同、产地不同和利用期不同，营养成分有所差异（表8-8）。杨树的花絮和籽粒蛋白质含量相当高，仅次于大豆的蛋白质含量（40%左右），氨基酸比较齐全，尤其杨树花絮，谷氨酸含量高达11.4%，蛋氨酸和赖氨酸含量分别达到0.55%和1.12%。

表8-8　胡杨籽、叶和加拿大杨花絮营养成分　%

种类	粗蛋白质	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	灰分	水分	钙	磷
胡杨籽	32.13	2.84	13.84	32.40	11.57	5.19	0.58	1.45
胡杨叶	8.58	3.73	16.60	49.85	10.53	8.37	1.17	1.17
加拿大杨花絮	30.56	16.60	13.81	22.58	8.92	6.08	1.21	0.29

注：引自非常规饲料资源的开发与利用研究组（1996）。

在大部分地区，杨树叶饲喂草食家畜已有一定的经验，随着科学技术的发展和饲料资源的进一步开发利用，树叶、秸秆和精饲料混合调制会有更科学的配比和配合方法。试验表明，在猪的日粮配方中，用杨树叶粉替代20%的麸皮是可行的。对鸡的试验结果表明，用杨树花絮替代部分豆饼，不会影响鸡的生长和饲料消耗。

（二）树叶的采收

采收的方式及采收时间对树叶的营养成分影响较大。采集树叶应在不影响树木正常生长的前提下进行，切不可折枝毁树、破坏绿化。

1. 采收方法

（1）青刈法。适宜分枝多、生长快、再生力强的灌木，如紫穗槐、胡枝子等。

（2）分期采收法。对生长繁茂的树木，如洋槐、榆树、柳树、桑树等，可分期采收下部的嫩枝、树叶。

（3）落叶采集法。适宜落叶乔木，特别是高大不便采摘的或不宜提前采摘的树叶，如杨树叶。

（4）剪枝法。对需适时剪枝的树种或耐剪枝的树种，特别是道路两边的树和各种果树，可采用剪枝法。

2. 采收时间

树叶的采收时间依树种而异，下面介绍几种代表性树种采集树叶的时间。

（1）松针。在春秋季节松针含松脂率较低的时期采集。

（2）紫穗槐、洋槐叶。北方地区一般在7月底至8月初采集，最迟不要超过9月上旬。

（3）杨树叶。在秋末刚刚落叶即开始收集，而不能等落叶变枯黄再收集；还可以收集修枝时的叶子。

（4）橘树叶。在秋末冬初，结合修剪整枝，采集橘叶和嫩枝。

（三）针叶的加工利用

我国针叶树面积占森林总面积的50%以上，约0.7亿hm^2，蕴藏着巨大的饲料资源。针叶主要可制作成针叶粉、针叶浸出液和针叶浓缩物。

1. 针叶粉

（1）针叶粉的生产工艺如下。

① 原料的采集贮运：针叶的来源主要是生长林有计划的季节整枝及林业副产品，不允许在正常生长的树上采集嫩枝。采集后的新鲜松叶，含水量一般为40%～50%，要保持其新鲜状态。原料贮存时要求通风良好，不能日晒雨淋，采收到的原料应及时运至加工场地，一般从采集到加工不能超过3 d，以保证产品质量。

② 脱叶：对树枝上的针叶，应进行脱叶处理。脱叶分手工脱叶和机械脱叶。手工脱叶，随带的枝条直径以不超过0.8 cm为宜，脱下的针叶含水量一般为65%左右，杂质含量（主要指枝条）不超过35%；机械脱叶要求鲜叶含量不低于60%，果球等有机杂质不超过10%，木质化枝条含量不超过30%。

③ 切碎：用切碎机将针叶切成3～4 cm，以破坏针叶表面的蜡质层，加快干燥速度。

④ 干燥：可采用自然阴干或烘干。烘干温度为90℃，时间20 min，亦可利用工厂余热烘干。干燥后应使针叶的含水量从40%～50%降到20%，以便粉碎加工和成品的贮存运输。

⑤ 粉碎：用粉碎机将针叶加工成2 mm左右的针叶粉，亦可根据用户要求加工成不同细度的产品。针叶粉的含水量应低于12.5%。

（2）针叶粉的贮存。贮藏针叶粉的仓库，可因地制宜，就地取材，但要求干燥、冷凉、通风、清洁、避光，以防吸湿结块并注意防火、防潮、灭鼠及其他酸、碱、农药等造成污染。在良好的贮藏条件下，松针粉可保存2～6个月。也可用棕色的塑料袋或纤维袋包装，以防止阳光中紫外线对维生素的破坏。

（3）针叶粉的利用。针叶粉作为添加饲料适用于各种畜禽，可按适宜比例直接添加到

日粮中饲喂，也可添加到配合饲料中。针叶粉应周期性地饲用，连续饲喂 15～20 d，然后间断 7～10 d，以免影响畜产品质量。

由于松针粉中含有松脂气味和挥发性物质，在畜禽饲料中的添加量不宜过多。一般在猪饲料中添加量为 3%～8%，蛋鸡和种鸡饲料为 3%～5%，肉鸡饲料为 3% 左右，鸭和鹅饲料为 10% 左右，牛羊饲料为 8%～15%。

2. 针叶浸出液

针叶浸出液作为畜禽的液体饲料，可促进畜禽的生长和生产，降低羊的支气管炎和肺炎的发病率，增加食欲和抗病能力，所以，又称针叶浸出液为保健剂。

（1）针叶浸出液的制作。将针叶粉碎，放入桶内，加入 70～80℃的温水（针叶与水的比例为 1∶10）。搅拌后盖严在室温下放置 3～4 h，便得到有苦涩味的浸出液。

（2）针叶浸出液的利用。针叶浸出液可供家畜饮用，也可与精饲料、干草或秸秆混合后饲喂。家畜对针叶浸出液有一个适应过程，开始应少量，然后逐渐加大到所要求的量。一般牛、马日给饲量 5～6 L，成年猪和羊 2～3 L，幼畜 0.25～1 L（按日龄由 0.25 L 增加到 1 L）。

3. 针叶浓缩物

针叶浓缩物为浅灰绿色，营养价值很高，亦称为针叶维生素 - 蛋白质浓缩物，它是畜禽重要的蛋白质、维生素补充饲料，松针浓缩物的营养成分含量见表 8-9。浓缩物的提取率为针叶干物质的 10%。要求制得的浓缩物含水量不得超过 12.5%，以利于贮藏。

表 8-9　针叶浓缩物的营养成分含量（占风干物质）

成分	干物质 /%	粗蛋白质 /%	粗脂肪 /%	粗纤维 /%	胡萝卜素 /(mg/kg)	钙 /%	磷 /%	蛋氨酸 /%	赖氨酸 /%	色氨酸 /%
含量	89.2	55.0	11.2	12.2	250～350	1.3	0.7	0.9	3.9	0.8

注：引自张秀芬（1992）。

（四）阔叶的加工利用

1. 糖化发酵

将树叶粉碎，与适量的谷物粉混合置于容器内，加入 40～50℃的温水，充分搅拌均匀后压实，闷置发酵 3～7 d。经糖化发酵的树叶粉，能改善适口性，减少树叶中单宁的含量，提高树叶粉的营养价值。糖化发酵的树叶粉主要用于饲喂猪、禽等。

2. 叶粉

将树叶粉碎制成叶粉作为配合、混合饲料的原料。在猪、鸡饲料中掺入的比例为 5%～10%。据试验，在产蛋鸡的日粮中掺入紫穗槐叶粉，产蛋率达 70%，饲料报酬为 2.5∶1；喂猪日增重达 0.6 kg，料肉比为 3.33∶1，而对照组日增重为 0.5 kg，料肉比为 3.77∶1。

3. 浓缩物

阔叶浓缩物中除粗蛋白质、胡萝卜素含量低于针叶外，其他营养成分含量与针叶相近，

并且还含有一系列有价值的物质（表 8-10）。

表 8-10 阔叶浓缩物的化学成分含量（占干物质）

组分	粗蛋白质 /%	粗脂肪 /%	淀粉 /%	灰分 /%	纤维素 /%	还原物质 /%	胡萝卜素 /（mg/kg）	蔗糖 /%	鞣质 /%
欧洲白杨	17.70	12.01	16.30	1.10	6.53	4.87	193	0.57	1.13
赤杨	23.16	10.38	7.85	2.70	3.31	0.47	130	痕量	0.22

注：引自张秀芬（1992）。

4. 蒸煮

把阔叶放入金属筒内，用蒸汽加热（180℃左右）15 min 后，树叶的组织受到破坏，利用筒内设置的旋转刀片将原料切成类似棉花状物质。这种饲料适合喂牛、羊，在饲料中掺入的比例为 30%～50%。

5. 颗粒饲料

阔叶粉可与其他饲料合理配合，加工成颗粒饲料、饲料块等。

6. 青贮

陶兴无研究认为，新鲜构树叶营养成分全，含量高，晾干后水分适中，可以直接进行青贮。与不加乳酸菌的构树叶青贮料相比，接种 5% 的乳酸菌可以明显加快青贮料 pH 的下降速度，青贮料最终 pH 较低，品质更优。朱琳等研究了添加菠萝皮对构树叶青贮发酵品质的影响，其研究表明，添加菠萝皮能显著降低青贮料 pH、增加乳酸含量，改善青贮发酵品质；与对照相比，添加 20% 菠萝皮的青贮料其氨态氮和 pH 含量最低，WSC 含量和乳酸乙酸比最高，无丁酸产生，青贮发酵品质最好。添加菠萝皮虽然能改善构树叶青贮发酵品质，但添加量不宜过高，否则影响构树叶青贮饲料的营养价值。

7. 微生物发酵

一般酶处理，不会改变底物的粗蛋白质总量，但微生物处理，由于菌体本身含有蛋白质，因此用微生物发酵处理的底物总蛋白质含量均有不同程度的提高。

李海新用米酒曲、复合酶制剂、神农、金宝贝 4 种商品化发酵剂处理构树叶，研究表明粗纤维含量均有不同程度的下降，粗蛋白质含量都有不同程度的增加，其中用神农发酵处理构树叶粗纤维降低最多，为 21.76%，用米酒曲发酵处理的构树叶粗蛋白质含量增加最多，为 5.29%。在各处理中，米酒曲发酵的构树叶粗蛋白质、粗纤维、干物质、无氮浸出物和总能的消化率均是最高的。经过米酒曲发酵剂、酶制剂、神农及金宝贝秸秆发酵剂处理，能不同程度地改善生长猪对构树叶营养物质的消化率，其中，生长猪对米酒曲发酵的构树叶粗蛋白质、粗纤维、干物质、无氮浸出物、磷以及总能的消化率显著高于未经处理的构树叶，接近玉米、豆粕组成的基础日粮的消化率，因此用发酵构树叶替代部分生长猪日粮是可行的。

由于构树叶粉纤维素含量较高，有效能值偏低，在配制构树叶粉日粮时，应注意整体提高日粮的能量水平；构树叶粉的氨基酸不平衡，其主要限制性氨基酸为含硫氨基酸，用构树叶粉作生长猪的饲料时，需注意含硫氨基酸的添加。另外，不同生长地区、不同采收

季节对构树叶营养成分尤其是粗蛋白质和粗纤维含量有一定影响，配制构树叶饲料时应予考虑。

三、锯末的加工利用

锯末是一种木质素和纤维素含量很高的木本饲料，数量很大，但利用率不足10%，其余的锯末被抛弃或烧掉，这是一个巨大的浪费。锯末经适当加工调制后，可用来喂猪、鸡、兔和牛，饲喂效果较好，并有抗病的作用。处理锯末可采用的方法有物理法、化学法和生物法。

（一）物理法

1. 蒸煮法

在高温、高压条件下，把锯末做短时间的处理，以便去掉部分木质素，再用机械作用解开纤维，破坏组织结构，或将锯末放入开水中，煮沸6 h后捞出晒干。蒸煮的锯末饲料与70%干草混合饲喂牛、羊，其效果与单纯喂干草相当。

2. 膨化处理

对锯末进行膨化，具体方法与秸秆膨化基本相同。

（二）化学法

将锯末浸泡于浓度为5%的氢氧化钠溶液中，浸泡24 h后捞出。摊开晒干再与其他饲料拌合，该处理锯末适宜喂兔，喂量占日粮的15%。

（三）生物法

1. 发酵

（1）先进行中种发酵，后进行锯末发酵。

① 中种发酵：将米糠和锯末以2∶1的比例混合后，加入发酵素（主要是一些好氧性微生物，如枯草芽孢杆菌），100 kg加发酵素80 g。然后加水，将含水量调至40%左右，搅拌均匀，进行堆积发酵。夏季不需覆盖物；春、秋季可用草席、麻袋等覆盖，但绝不能使用塑料等不透气覆盖物；冬季应在发酵料中放入热水袋或装热水的瓶子，以促进发酵。待发酵料散发出芳香味，并产生酿热（60℃），即可摊开，使其风干。干燥后，装入纸袋于室内保存。

② 锯末发酵：其制作方法与中种发酵基本相同。将锯末、米糠、中种发酵饲料以5∶1∶0.1的比例充分混合，然后缓慢加水，使含水量保持在40%～50%，再搅拌15～20 min，置之发酵2～3 d。发出芳香味和酿热（60℃）后，去掉覆盖物，晾1～2 d即可使用。锯末发酵饲料制成后放置10～30 d也不会失效，但最好马上使用。

（2）直接发酵。锯末60%、草粉（或农作物秸秆、叶粉）20%、糠麸20%进行混合，每100 kg发酵料中加水60～80 kg、发酵面团0.1～0.2 kg、食盐0.2 kg拌匀后装入木箱或缸内发酵。经24 h，表面有淡色结层，发酵料松软，并带有酸、甜、香或酒味，即可饲喂

牛、羊等家畜。

2. 培养酵母

采用酶解或酸解法，分解锯末中的木质素、纤维素和半纤维素，使难以利用的高分子碳水化合物转化为简单的碳水化合物。然后，接种酵母菌，利用这些简单的碳水化合物培养酵母。

第四节　木本饲料贮藏技术

木本饲料的贮藏技术是保持其较高的营养价值，减少微生物的分解作用，保证一年四季或丰年歉年的饲草料均衡供应的重要环节。在生产实践中，可以参考农产品的贮藏方法对木本饲料进行贮藏。

一、常规贮藏

常规贮藏是较为经济的贮藏方式，即将加工后的木本饲料送入饲草料贮藏库中，入库后要加强管理，适时通风、密闭，为防止虫害可以加入保护剂，发现虫害要及时熏蒸杀虫。

二、低温贮藏

低温贮藏技术就是利用自然低温条件或机械制冷设备，降低饲草料贮藏库内的温度，并对木本饲料进行隔热保冷，确保在贮藏期间的粮堆平均温度维持在 15℃低温或 20℃准低温以下的一种贮藏技术。

低温贮藏就是控制木本饲料所处的环境温度，限制有害微生物的生长繁殖，从而达到安全贮藏的目的。在贮藏过程中，最容易使木本饲料变质的微生物是霉菌类，大多数霉菌的最适温度为 20～40℃ 。大多数霉菌在低于其生长温度下，生长繁殖停滞，代谢活动降低，对霉菌的产生也有影响。

三、气调贮藏

气调贮藏是一种“绿色”贮藏的方法，可以在减少或不用化学剂的情况下达到杀虫抑霉和保持木本饲料品质的特点，提高了木本饲料贮藏期间的稳定性。研究表明，气调贮藏比常规贮藏更具有明显的贮藏效果。在密封的贮藏环境中 O_2 浓度降低到 2% 左右、或 CO_2 浓度升高到 40% 左右、或 N_2 浓度增加到 97% 以上时，能够有效地杀死害虫、抑制霉菌的生长。

四、缺氧贮藏

缺氧贮藏就是粮食在密封条件下，形成缺氧状态，达到安全贮藏。在良好密封条件下，利用粮食、仓虫、好氧性微生物的呼吸作用，或者采用其他方法，造成一定程度的缺氧和二氧化碳的积累，使害虫窒息死亡、好氧性微生物受到抑制、粮食呼吸强度降低，从而达到安全贮藏的目的。

五、双低贮藏

双低贮藏又称低氧低药贮藏，是气调贮藏与化学贮藏方法结合的贮藏方式，具有操作简单、防治效果好、费用低等优点。

六、真空贮藏

真空贮藏技术广泛应用于20世纪70年代，先后在肉类及果蔬应用方面获得了显著的效果。1986年美国科学家对真空贮藏的方法进一步研究探索后，提出了完整的真空贮藏理论和技术。

其原理为：真空是指在给定的空间内，低于101 kPa的气体状态，真空可以造成低氧环境，它可以减轻物料的氧化作用，防止物料褐变，有利于产品贮藏。其应用主要有真空冷冻干燥、蒸汽喷射真空干燥、微波真空干燥等。

七、辐照贮藏

辐照贮藏是利用电离辐射产生的γ、β、X射线及电子束对产品进行加工处理达到安全贮藏的一种方法。这些高能射线能使微生物发生一系列物理、化学反应，从而抑制其呼吸作用、内源乙烯的产生、过氧化酶等酶活性，抑制发芽，杀灭害虫及寄生虫，防止腐烂，延长产品的贮藏时间。

八、减压技术

减压贮藏是把贮藏场所的气压降低，形成一定的真空度，使密闭容器内空气的各种气体组分的分压都相应降低，氧气的浓度也相应降低。例如，当气压降至正常的1/10，空气中各组分的相对比例并未改变，但绝对含量则降为原来的1/10，即氧气的含量只相当于正常气压的2.1%，从而可形成一个低氧或超低氧的贮藏环境。

思 考 题

1. 木本饲料的定义是什么？一般可如何分类？
2. 简述灌木平茬的作用及平茬的技术要点。
3. 灌木的加工利用方式有哪些？
4. 影响树叶饲用价值的因素有哪些？
5. 针叶和阔叶的主要加工方式有哪些？
6. 简述锯末如何加工利用。
7. 木本饲料的贮藏技术有哪些？

参 考 文 献

[1] 张秀芬. 饲草饲料加工与贮藏. 北京：中国农业出版社，1992.

[2] 玉柱，贾玉山，张秀芬. 牧草加工贮藏与利用. 北京：化学工业出版社，2004.

[3] 非常规饲料资源的开发与利用研究组. 非常规饲料资源的开发与利用. 北京：中国农业出版社，1996.

[4] 靖德兵，李培军，寇振武，等. 木本饲用植物资源的开发及生产应用研究. 草业学报，2003，12（2）：7-13.

[5] 李忠喜，张江涛，王新建，等. 浅谈我国木本饲料的开发与利用. 世界林业研究，2007，20（4）：49-53.

[6] 董玉珍，岳文斌. 非粮型饲料高效生产技术. 北京：中国农业出版社，2004.



第九章　青绿多汁饲料资源饲料化技术

【学习目标】

- 了解青绿多汁饲料资源饲料化的意义。
- 熟悉青绿多汁饲料的种类。
- 掌握青绿多汁饲料资源饲料化加工技术。
- 了解青绿多汁饲料资源饲料化贮藏技术。

第一节　青绿多汁饲料资源饲料化加工的意义

青绿多汁饲料主要指天然水分含量高于60%的饲料，以富含叶绿素而得名，主要包括以一年生饲料作物为主的青刈饲料、牧草、青饲作物、水生植物、菜叶瓜藤类、非淀粉质根茎瓜类等。这类饲料来源广、成本低、采集方便、营养丰富，含有丰富的蛋白质、维生素、钙和磷，其纤维素含量较少，且鲜嫩多汁，对促进动物生长发育、提高畜产品品质和产量都具有重要作用。

一、青绿多汁饲料适口性好、易消化

青绿多汁饲料含水量高、产量高、适口性好、易消化，富含多种维生素及品质优良的粗蛋白质，各种必需氨基酸特别是赖氨酸、蛋氨酸和色氨酸的含量较高，蛋白质生物学效价达80%以上。其中禾本科青绿饲料中以鲜物质计算含有粗蛋白质为1.5%～3%，豆科青绿饲料粗蛋白质的含量为3.2%～4%。青绿多汁饲料干物质中糖类和淀粉的含量较高，粗纤维含量较低，可以刺激家畜的食欲，增加采食量。另外，用青绿多汁饲料调制的青贮饲料鲜绿多汁，质地柔软，经乳酸发酵，具有酸甜的清香味。并且经过青贮发酵，可以消除饲料本身具有的特殊气味（如蒿类），增强适口性。此外，青绿多汁饲料还含有较多的矿物质和未知生长因子，是一种营养价值比较全面的饲料，对家畜的健康和保持较高的生产力都具有十分重要的意义。

二、扩大饲料来源

青绿多汁饲料来源广泛，瓜菜类饲料、块根饲料、块茎饲料和水生植物饲料都可以用于饲喂家畜。在西北、东北以及南方各省均有大面积的不同种类的青绿多汁饲料，主要生长在各省的林间草地、草山草坡、田间、塘边河滩、旱荒地及农区，不与粮食作物争地。田间青草品质较佳，塘边、河滩的青草质量次之。青绿多汁饲料种类繁多，是牧区的主要

饲料。如果适时青贮为柔软多汁的青贮饲料，可以改善部分植物的异味，成为很好的家畜饲喂饲料。除此以外，家畜不喜采食的野草、野菜、树叶等无毒植物，经过发酵，都可变成良好的青贮饲料。

第二节　青绿多汁饲料的种类

从来源及青绿多汁饲料内含成分不同可分为青绿饲料和多汁饲料两类。

一、青绿饲料

青绿饲料主要有天然新鲜的牧草、人工栽培的牧草、农作物的茎叶、藤蔓以及蔬菜等。其最大的营养特点是蛋白质含量较为丰富，其中豆科类青绿饲料中以鲜物质计算蛋白质含量为3.2%～4%，其他草类植物的蛋白质含量为1.5%～3%。青绿饲料含有种类丰富的氨基酸和维生素，且粗纤维含量相对较少，具有较高的消化率，是饲喂家畜较为理想的饲料。青绿饲料在不同生长阶段的营养价值不同。在幼嫩期时，粗纤维和无氮浸出物的比例为（1～2）∶1，随着青绿饲料的衰老，粗纤维含量随之增加。另外，青绿饲料中蛋白质的含量也会随着生长期的变化而发生变化，青绿饲料的生长期越长，蛋白质的含量越低。一般收割青绿饲料的最佳时期是抽穗期或开花期。

二、多汁饲料

多汁饲料多指块根、块茎类和瓜果类饲料。多汁类饲料最大的特点是含有较高的水分，高者可达90%。并且干物质中糖类和淀粉的含量较高，维生素含量也较为丰富，粗纤维含量较少，多汁饲料中蛋白质的含量与谷类饲料相近。因多汁饲料的粗纤维含量较少，适口性好，可以刺激家畜的食欲，增加采食量，是饲喂家畜的优质饲料。但多汁饲料的蛋白质和矿物质含量较少，并且具有轻泻作用，饲喂时需要和其他类蛋白质类饲料以及粗饲料搭配饲喂。其中甜菜含有较多的糖和蛋白质，但是缺乏维生素和胡萝卜素；甜菜渣含水量较高，为90%，不含胡萝卜素和维生素D；胡萝卜是饲喂种畜的优良多汁饲料，含有丰富的胡萝卜素，有利于提高种畜的繁殖力；马铃薯的淀粉含量较高，可以给奶牛提供能量，但是缺乏钙、磷等微量元素；瓜果类也是良好的多汁饲料，含有较为丰富的维生素和水分。

第三节　青绿多汁饲料资源饲料化加工原理

一般情况下，大部分青绿多汁饲料在饲喂家畜前都需要经过一定的加工处理，一般以物理加工、青贮发酵、叶蛋白质饲料为主。

一、物理加工

物理加工的原理是通过物理方法破坏细胞壁结构，降解有毒物质。植物细胞分为薄壁细胞、表层细胞、厚壁细胞等，其中表层细胞外有一层结构复杂的蜡质层，不易被消化酶

分解。实际生产中常利用机械、水、热力等作用，使植物细胞壁破坏、软化、降解，便于家畜咀嚼和消化，同时还可消除混杂于饲料中的泥土、砂石等有害物质，便于动物采食吞咽、增强饲料适口性、提高饲料的营养价值和饲用效果、破坏或消除饲料中的有毒有害成分，达到节约饲料、减少环境污染等效果。主要包括以下几种方式。

（一）切碎（切短）

切碎是加工青绿饲料最简单也是最初级的方法。切碎青绿饲料，有利于家畜采食、吞咽，减少饲料浪费。切碎的长度应视家畜种类而定。饲喂猪，可将青绿饲料切成长1～2 cm；饲喂禽类，可将青绿饲料切成1 cm以下；饲喂牛，可不切青绿饲料也可以适度切。若是块根、块茎、瓜类饲料，则可切成小块、小片或小粒。

（二）打浆

一些营养价值较高，适口性也好的植物（如南瓜藤蔓等），因其茎叶表面有刺或刚毛，所以不能直接饲喂。对这类青绿饲料宜采用打浆技术。其方法是：在打浆机内放一些清水后开动机器，将切碎的青绿饲料放入机槽内（青绿饲料：水一般为1∶1），打成浆后，打开出口，使浆体流入贮料池内，若要提高浆体的稠度，可将其过滤，把滤渣投喂家畜；将滤液倒入机槽内，代替部分水重复使用。

（三）热煮

大部分青绿饲料的最好饲用方式是生喂。但有些青绿饲料或多汁饲料含有毒素，饲用前必须经过热煮。例如，马铃薯及其秧苗中含有龙葵素，生喂这类饲料易引起家畜中毒。因此需要将其煮熟，弃去滤液后投喂家畜。又如，一些野菜类青绿饲料含有草酸盐等抗营养因子；核桃、苦楝、荆条等树叶含有毒性物质。这些青绿饲料饲喂前都应适当地热煮。方法是：将青绿饲料切成长2～5 cm，置于加热容器中，加入适量的水加热，通常以煮开为止，将其过滤，弃去滤液，用滤渣饲喂家畜。

二、青贮及生物发酵

青绿饲料的收获相对集中，大量的青绿饲料不可能在短时间内用完，加之青绿饲料含水量很高，极易腐烂，为了使青绿饲料不腐烂，减少养分损失，同时也为确保青绿饲料的周年均衡供应，有必要对其进行青贮调制。青贮发酵的原理是在厌氧条件下，利用自身附着的乳酸菌或外源添加乳酸菌及生物制剂，将原料中的糖分解为乳酸，抑制有害微生物的繁殖，长期保存或提高其营养品质。

青贮能有效地保存青绿饲料中的营养成分，保持青绿饲料原来青绿时的鲜嫩汁液，气味酸香，适口性好，且能杀死青绿饲料中的病菌、虫卵。青贮饲料的技术关键是：①控制好原料的适宜水分，青贮饲料最佳水分为65%～70%，水分高的要晾晒，或加适量的糠麸类，使水分达到要求；②切短，喂猪的青贮饲料切成1～2 cm长为宜；③压实，在装青贮饲料时，边装边压，逐层压实以减少原料间的空气；④密封不漏气，青贮饲料时添加适量的麸皮、糖蜜、甜菜渣、有机酸、无机酸及甲醛等，有利于乳酸菌的生长繁殖，抑制不良

微生物的活动，防止青贮饲料发生腐败；在青贮饲料中添加纤维素分解酶，有利于青贮饲料中的粗纤维转化为糖，提高饲料的消化率。

青贮注意事项：豆科牧草不能单独青贮，要与其他含糖量高的牧草或饲料作物混贮，豆科牧草比例应占 60%～70%，禾本科牧草或其他饲料作物占 30%～40% 这样有乳酸菌的繁殖生长，提高青贮质量。

优质青贮饲料有酒的芳香味，色泽黄绿，质地柔软湿润。青贮饲料的饲喂量依家畜的种类及不同生理阶段和体重等而异。青贮饲料饲喂家畜时要注意的问题为：①青贮饲料必须与精饲料合理搭配使用，防止家畜采食后因体内酸碱不平衡而引起中毒；对过酸的青贮饲料，可加入适量的小苏打中和。②饲喂量不可过大。饲喂时，要由少到多，逐日过渡；霉烂和冻结的青贮饲料不能饲喂。③随吃随取，二次取用时应从窖的一端开始取料，并保持横断面整齐。

结合青贮对青绿饲料进行酶处理。由于青绿饲料含水量高，不宜直接单独青贮，一般添加麸皮、甜菜渣等。由于青绿饲料（干物质）中粗纤维含量较高，具有抗营养作用，因此可以考虑添加酶制剂进行处理，提高青绿饲料利用率。现在酶制剂技术研究进展很快，青绿饲料经过酶的处理可以提高各种养分的消化率。常用的有纤维素酶、β- 葡聚糖酶、阿拉伯木聚糖酶、淀粉酶、果胶酶、植酸酶等，它们可共同作用于植物细胞，把纤维素、半纤维素、低聚糖、植酸等复杂的大分子分解成小分子，被动物直接消化吸收。一般选择作用范围广的复合酶，这类酶能够在较宽的温度和 pH 范围内发挥作用。将酶用于青贮饲料，对提高青绿饲料的营养价值起关键作用。

三、叶蛋白质饲料

叶蛋白质饲料是以新鲜牧草或青绿植物为原料，经压榨后，从其汁液中提取的浓缩蛋白质混合物。叶蛋白质可以分为两类：一类是固态蛋白质，它存在于经粉碎、压榨后分离出的绿色沉淀中，主要包括不溶性的叶绿体及线粒体构造蛋白质、核蛋白质、细胞壁蛋白质，一般难溶于水；另一类为可溶性蛋白质，它存在于经离心后的上清液中，包括细胞质蛋白质、线粒体蛋白质的可溶性部分及叶绿体基质蛋白质组成。可利用的叶蛋白质是可溶性蛋白质的凝聚物。可溶性蛋白质在溶液中保持稳定的亲水胶体状态，其特点是：①水化作用，即蛋白质分子表面附有能有效阻止蛋白质分子沉淀析出的水化膜；②电荷排斥作用，水化膜外还有电荷层能有效防止蛋白质分子的凝聚，故溶液蛋白质颗粒呈溶解状态。若加入影响胶体稳定的物质，蛋白质会聚集沉淀。另外，还有一些因素能使蛋白质分子中的盐键、氢键结构破坏，使蛋白质的生物学性质和理化性质改变，造成蛋白质溶解度降低而凝聚。因此，叶蛋白质是利用破坏水化膜和使蛋白质分子变性降低溶解度的原理来提取的。

一般来说，绿色植物的茎叶均可作为生产叶蛋白质的原料。原料应具备以下条件：①叶片中蛋白质含量高；②叶片多；③不含毒性成分。适用于生产叶蛋白质的原料较多，主要有豆科牧草（苜蓿、三叶草、草木樨、紫云英、苕子等）、禾本科牧草（黑麦草、鸭茅等）、混播牧草、叶菜类（苋菜、牛皮菜、苦荬菜、菠菜、聚合草等）、青刈饲料作物、根类作物（甘薯、萝卜和胡萝卜等）的茎叶、瓜类茎叶和鲜绿树叶等。

叶蛋白质的生产程序如下。

（1）破碎。必须破坏植物细胞结构，才能把叶中蛋白质充分提取出来。试验证明：原料碎得越细，叶中蛋白质的提取率越高。一般采用锤式粉碎机或螺旋切碎机将原料破碎。

（2）压榨。用压榨机将破碎的原料中绿色汁液挤压出来。在生产中，有时会将破碎与压榨两个步骤在同一机器内完成。为了把汁液从草浆中充分榨取出来，压榨前可加入5%～10%的水分稀释后挤压，或先直接压榨，后加适量水搅拌，再进行第二次压榨。残渣可直接喂牛，也可干燥或制成青贮料后喂牛。

（3）凝固。此步骤是将叶蛋白质从绿色汁液中分离出来，常用以下几种方法：①蒸汽加热法。当绿色汁液温度达70℃左右时，其中叶蛋白质开始凝固和沉淀。为了使叶蛋白质从汁液中充分分离出来，可分次给汁液加热。第一次将汁液加热到60～70℃，后速冷至40℃，此次滤出的沉淀中主要是绿色蛋白质。第二次将汁液加热到80%～90%，并保持2～4 min，此次的凝固物主要是白色的细胞质蛋白质。蒸汽加热法简便，适于大规模生产。但有报道说，用该法生产的叶蛋白质溶解性差，对其营养价值有一定的影响。②加碱法是用氢氧化钠或氢氧化铵将汁液调整到pH 8.0～8.5，后立即加热凝聚。该法能尽快地降低植物酶活性，从而提高胡萝卜素、叶黄素等的稳定性。③加酸法是利用蛋白质在等电点附近凝聚沉淀的特性将叶蛋白质从汁液中分离出来。用盐酸将汁液pH调整到4.0～6.4，即可凝结出绿色叶蛋白质和白色叶蛋白质。④发酵法是将汁液厌氧发酵48 h，利用乳酸杆菌产生的乳酸使叶蛋白质凝聚沉淀。用该法生产的叶蛋白质质地较软，溶解性好，易被消化吸收。此法成本低，还能破坏植物中皂角甙等有害物质。但因发酵时间较长，养分有一定的损失。因此，应尽快给汁液接种乳酸菌，以缩短发酵时间。

（4）析出。凝聚的叶蛋白质多呈凝乳状。一般可用沉淀、过滤和离心等法将叶蛋白质离析出来。

（5）干燥。刚提取的叶蛋白质浓缩物呈软泥状，应马上干燥。工业上通用的干燥方法是热风干燥法和真空干燥法。但其产品往往发生褐变，既影响外观品质，又影响营养价值。较好的替代方法是冷冻干燥法，此方法生产出的叶蛋白质品质优良，但成本较高；若进行自然干燥时，最好在叶蛋白质浓缩物中加入适量食盐，防止腐败。生产实践证明：从原料到成品所经历的时间越短，叶蛋白质产品率越高，其中蛋白质、维生素等养分含量也越高。

通常情况下，青绿禾本科植物生产的叶蛋白质中粗蛋白质占30%～50%，青绿豆科植物生产的叶蛋白质中粗蛋白质占50%～60%，且氨基酸组成较合理。青苜蓿叶蛋白质中各种氨基酸含量及其比例较为合理，大致与干脱脂乳蛋白相当，蛋氨酸、半胱氨酸含量略低于鱼粉，但高于大豆饼。叶蛋白质中粗脂肪、无氮浸出物、粗纤维和粗灰分含量分别为6%～12%、10%～35%、2%～4%和6%～10%。每千克叶蛋白质含总能20.4～23.9 MJ。同时叶蛋白质中也含有丰富的叶绿素、维生素、叶黄素、胡萝卜素以及其他维生素等。如每千克苜蓿叶蛋白质中含叶黄素1 100 mg，胡萝卜素300～800 mg，维生素E 600～700 mg。此外，叶蛋白质也含有促进动物生长发育的未知营养因子。

用叶蛋白质代替这些动物饲料中50%～75%甚至更多的其他蛋白质饲料（豆粕、鱼粉、脱脂乳等），动物生产性能不但不受影响，甚至还有提高。用叶蛋白质作为鱼虾的蛋白质饲料，也已取得了良好的养殖效果。叶蛋白质的另一重要用途是作为人类的食品，因其中不含动物性胆固醇，故渐受人们的欢迎。

第四节 青绿多汁饲料资源饲料化加工技术

一、块根饲料的加工利用

（一）饲用甜菜

饲用甜菜又称饲用萝卜，是一种大型甜菜，全国各地都有栽培，主要在东北、华北和西北种植。饲用甜菜适应性强，产量高，适口性好，块根和茎叶的营养价值均较高（表 9-1）。因此，饲用甜菜的全株都是各种家畜良好的多汁饲料。

表 9-1 饲用甜菜的营养成分 %

部位	水分	占干物质比例				
		粗蛋白质	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	粗灰分
块根	86.18	0.85	0.36	0.40	11.80	0.60
鲜叶	93.10	1.40	0.20	0.70	4.20	0.40

注：引自董宽虎和沈益新（2003）。

饲用甜菜利用方式多样，饲用甜菜的块根可鲜饲和鲜贮，其茎叶可青饲和青贮。不同的畜种应采用不同的饲喂方式。用饲用甜菜的青贮料和青鲜料饲喂牛和猪，消化率均较高。但在饲喂时必须注意其高水分含量特点，需将其与其他干料配合饲喂，以满足营养需要。用块根喂乳牛，日喂量为 40 kg；喂成年猪，日喂量为 6 kg。用甜菜叶和块根喂猪时，生喂较好。在其熟化的过程中有大量的维生素被破坏并浪费能源，且在放置的过程中容易产生亚硝酸盐，引起急性中毒，严重者甚至导致死亡，需加以防止。青贮饲用甜菜可长期保存，是猪、牛、羊的良好饲料。在饲喂时，青饲料和青贮料都不可长期单一饲喂或喂量过多，否则会出现腹泻、厌食等现象。

（二）胡萝卜

胡萝卜，又称红萝卜和丁香萝卜，是鲜嫩多汁、品质优良的饲料作物。胡萝卜具有产量高、栽培容易、营养丰富、耐贮藏、适口性好等特点，栽培极广。胡萝卜的主要营养物质是无氮浸出物，为鲜重的 6% 以上；其胡萝卜素含量尤为丰富，每千克鲜胡萝卜中含胡萝卜素 200 mg 以上，含水量 90% 左右，粗蛋白质 0.8%，粗脂肪 0.2%，粗纤维 0.8%，灰分 0.8%。在饲喂奶牛时，加入一定量的胡萝卜可提高产奶量及品质，饲喂幼畜有利于其生长和发育。胡萝卜叶青绿多汁，营养丰富，风干萝卜叶的粗蛋白质含量在 20% 以上，其中约有 50% 是纯蛋白质，是猪、牛、羊、兔的良好饲料。喂猪，需粉碎或打浆，牛、羊、兔可整喂、鲜喂，也可以晒干备用。胡萝卜块根和叶也可以切碎和其他青绿饲料混贮。

加工生产胡萝卜浓缩汁和胡萝卜果汁饮料后产生的胡萝卜渣，营养物质含量丰富，同样是饲喂家畜的良好饲料，但由于其适口性较差，因此要进行进一步的加工利用。新鲜胡萝卜渣直接饲喂简单易行，但存放时间短，易发生酸败变质，因此需要干燥以延长存放时间。一般有晾晒 – 烘干和直接烘干两种干燥方式。前者受天气影响大，需要大量的劳力和场地，在晾晒过程中易受污染发生霉变。而后者的效果较好，虽然增加了成本，但能较大

程度地保存胡萝卜渣中的类胡萝卜素，提高饲料营养价值。此外，胡萝卜渣烘干后可以粉碎成胡萝卜渣粉，然后加入配合饲料或颗粒饲料中混合饲喂家畜。胡萝卜渣还可以用以调制青贮饲料。选用1～2 d内生产的新鲜胡萝卜渣，要求无霉变，无污染，无异物。由于胡萝卜渣含水量高，因此可采用机械挤压减少水分或者加入适宜干料或与其他营养价值高的新鲜豆科植物混贮，以降低水分含量达到青贮水分要求。如将麦秸和苜蓿切短至3～5 cm后与胡萝卜渣混合，糠麸可与胡萝卜渣直接混贮使含水量达到青贮要求。另外，鲜胡萝卜渣酸度大，适口性差，可在调制过程中加入适量尿素、氢氧化钙、氢氧化钠等碱性物质以改善适口性。

二、块茎饲料的加工利用

块茎饲料有菊芋、甘蓝和马铃薯等。菊芋和甘蓝类植物，其特点是含水量高，达80%～95%，属多汁饲料，富含糖类、矿质元素和维生素，纤维素含量低。表皮薄嫩，组织柔软，适口性好，易消化，消化能为2.0～4.7 MJ/kg。

（一）马铃薯

马铃薯，又称土豆、洋芋和山药蛋等。在块茎饲料中，占有重要的位置。马铃薯是我国重要的栽培作物之一，在东北、华北、西北和西南地区都有栽培，主要集中在东北、内蒙古和西北的黄土高原地区。它既是粮食作物、蔬菜作物和工业原料，又是重要的饲料作物。马铃薯有较高的块茎产量，一般为30～45 t/hm^2。其营养物质的主要成分是淀粉，占鲜块茎重的14%～22%；块茎的干物质含量较高，一般为17%～26%；粗纤维含量低，约占干物质的4.4%。

马铃薯为多种家畜所喜食，消化率高，更适于作猪饲料。用马铃薯饲喂各种家畜，猪的消化率高于马和反刍动物的消化率。由于生饲的消化率低，而且对猪的生长具有明显的抑制作用，因此需熟饲，以提高适口性和利用率。马铃薯含有被称作龙葵素的生物碱，具毒性，但含量较低，对家畜无害。当块茎变青、发芽时，其含量增加，此时饲喂家畜容易出现中毒现象。因此，当马铃薯发芽或变青时，应将芽或变青部位去掉，或经蒸煮后才可饲喂，以避免家畜中毒。

（二）甘薯

甘薯，又称红苕、白薯、番薯等，是我国种植最广、产量最大的薯类作物。其营养丰富，具有很高的饲用价值，其营养成分见表9-2。

表9-2　甘薯的营养成分　%

类别	水分	占干物质比例				
		粗蛋白质	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	粗灰分
块根	68.8	5.77	1.29	4.17	84.62	3.53
茎蔓	88.5	12.17	3.84	28.7	43.48	12.17
粉渣	89.5	12.38	0.95	13.33	71.43	1.9

注：引自董宽虎和沈益新（2003）。

甘薯块根及茎蔓均为优良饲料，块根中含有大量淀粉，维生素含量丰富，如维生素 B、维生素 C、胡萝卜素等，常作为畜禽精饲料，可以鲜喂，也可以切片晒干利用。用甘薯块根喂育肥猪和泌乳奶牛，有促进消化、累积体脂肪和增加乳量的效果。生薯块含有胰蛋白酶抑制剂，会降低饲料蛋白质的消化率，通过加热可以消除它。猪对熟甘薯的蛋白质消化率约比生甘薯高 1 倍。甘薯作为配合饲料原料使用时需要切片、制丝和干燥粉碎。甘薯易冻、怕潮，新鲜甘薯切片晒干后易于贮藏。人工晒的甘薯片胡萝卜素损失较大，快速干燥法损失较少。甘薯粉加入配合饲料中时，宜制成颗粒饲料。甘薯经洗出淀粉后的残渣液干燥可制成甘薯粉渣。甘薯粉渣蛋白质含量低，利用率差，成分以碳水化合物为主，粗纤维含量高。甘薯粉渣中几乎没有维生素和矿物质，对鸡和猪只能适量应用（表 9-3）。

表 9-3 甘薯养分的消化率

样品	家畜	消化率 /%				代谢能 /(MJ/kg)
		粗蛋白质	粗纤维	粗脂肪	无氮浸出物	
叶	绵羊	80.80	55.00	84.00	86.00	9.99
干草	牛	64.50	35.70	72.80	74.10	8.91
鲜块根	绵羊	37.50	79.30	51.60	95.50	13.34
块根粉	绵羊	14.00	37.00	74.00	90.00	11.34

注：引自董宽虎和沈益新（2003）。

（三）木薯

木薯，又称树薯。热带多年生植物，有苦木薯和甜木薯两种。甜木薯供人类食用，苦木薯供饲料用或榨取淀粉用。木薯块根淀粉含量约占干物质的 80%，粗纤维含量较低，占干物质 2.41%，因此有效能值较高，常作单胃动物的能量饲料。木薯块根中蛋白质含量低，且品质差，非蛋白氮含量高，蛋氨酸十分缺乏。脱水木薯用作配合饲料的原料，应注意营养平衡和适口性问题（表 9-4）。

木薯块根含有氢氰酸，皮部含量最高，甜木薯中氢氰酸含量低于苦木薯。在饲喂前对木薯进行去皮、浸泡、蒸煮、干燥等去毒处理和青贮，可以使氢氰酸减少或消除。

表 9-4 木薯的营养成分 %

类别	干物质	占干物质比例				
		粗蛋白质	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	粗灰分
块根	37.31	3.24	0.70	2.47	92.15	1.40
木薯头	84.63	7.54	0.32	35.85	45.52	10.77
木薯叶	70.96	18.60	6.92	20.42	46.32	7.41

注：引自南京农学院（1980）。

三、叶菜瓜果类饲料的加工利用

叶菜瓜果类饲料质地柔软，细嫩多汁，木质化程度低，草食动物容易消化，是一种优

良多汁的青绿饲料，直接饲喂是叶菜类饲料最直接、最简单、也是应用最广泛的一种利用方式。直接饲喂分为直接鲜喂和粉碎打浆后与其他饲料拌喂两种方式。因叶菜类饲料饲用特性不同、利用动物不同，不同的叶菜类饲料的适宜刈割期和利用方式有很大差异，可制成青贮饲料、干草、草粉和草颗粒等。

（一）聚合草

聚合草叶片肥厚，柔嫩多汁，富含粗蛋白质、氨基酸、矿物质和维生素、能量高，在莲座期干物质中含粗蛋白质 24.2%，粗脂肪 2.9%，粗纤维 12.0%，无氮浸出物 39.2%，粗灰分 21.8%，是猪、牛、羊、鹿、禽、鱼的优质青绿多汁饲料，可切碎或打浆后饲喂，也可调制成青贮饲料或干草粉。聚合草有粗硬刚毛，粉碎或打浆后直接饲喂或拌入其他干料及配合饲料饲喂。聚合草含有聚合草素，即双稠吡咯啶生物碱，能损害中枢神经和肝脏。因此聚合草不宜大量长期单一饲喂，宜和其他饲料搭配饲喂。对刚断奶的幼畜一般用量为日粮的 10%～25%，肥育家畜为日粮用量的 30%～40% 为宜。青饲喂猪，以日喂量 3.5～4.0 kg 为宜，喂猪时应根据猪的大小，调整配合饲料与青饲料的比例。其青贮饲料喂奶牛，日喂量可达 30～40 kg，其干草粉在鸡日粮中以不超过 10% 为宜。喂鸡、鸭、鹅时，一定要充分切碎。

（二）串叶松香草

串叶松香草含水量高，以青饲利用或调制青贮饲料为主，也可晒制干草。青饲时随割随喂，切短、粉碎、打浆均可；青贮时，因含水量高，需进行含水量的控制，控制为 60% 左右，可与其他牧草或作物混贮，也可单独青贮。因其有异味，初喂家畜时，家畜多不爱吃，需经驯化，即可变得喜食。奶牛日喂量 15～25 kg，羊 3 kg 左右，在猪的日粮中可代替 5% 的精饲料。干草粉在家兔日粮中可占 30%，肉鸡日粮中以不超过 5% 为宜。串叶松香草可直接整株饲喂牛、羊、兔，也可将鲜草切碎、加上麸皮或玉米面拌匀后饲喂鸡、鸭、鹅。喂猪时，可将鲜草切碎拌精饲料发酵 1 d 后饲喂，以提高适口性，避免猪呕吐、拉稀等不良现象。但串叶松香草叶面粗糙，叶质较硬且密生刚毛，畜禽采食必须要有一个适应过程。

（三）苦荬菜

苦荬菜叶量丰富，鲜嫩可口，略带苦味，适口性好，粗蛋白质含量较高，且粗纤维含量较低，是猪、牛、羊、兔、家禽、鱼特别喜食的青绿多汁饲料（表 9-5）。苦荬菜具有促进食欲和易消化、祛火祛病的功能。饲喂苦荬菜，能减少疾病，也不必补饲维生素，可节省精饲料。苦荬菜可作青饲利用，也可调制成干草和青贮饲料。苦荬菜主要采用鲜喂，喂猪效果最佳，饲喂时可以直接饲喂也可以切碎打浆拌上麸糠，可以增加采食量和消化率，还可以防止便秘，增进健康，饲喂提高泌乳量。青饲时要生喂，每次刈割的数量应根据畜禽的需要量来确定，不宜过多。另外，不要长期单一饲喂，以防引起偏食，和其他饲料混喂较好。青贮时在现蕾至开花期刈割，也可用最后一茬带有老茎的鲜草，可单独青贮，与禾本科牧草或作物混贮效果更佳。喂猪时每头母猪日喂 7～12 kg，精饲料不足时可占日粮比例的 40%～60%。

表 9-5 苦荬菜的营养成分 %

茬次	占干物质比例				
	粗蛋白质	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	粗灰分
1	19.50	4.96	15.16	40.17	13.10
2	20.01	4.77	15.36	37.18	12.97
3	16.77	4.35	16.58	44.38	10.34

注：引自马野等（1994）。

（四）菊苣

菊苣茎叶柔嫩，特别是处于莲座期的植株，叶量丰富、鲜嫩，富含蛋白质及动物必需氨基酸和其他各种营养成分。其营养价值见表 9-6。菊苣叶片柔嫩有少量乳汁，略带苦味，茎枝细，木质化程度低，叶片中含有咖啡酸等生物碱，对幼龄畜禽及下痢畜禽具有显著的防痢止痢作用。

表 9-6 菊苣的营养成分 %

生长年限	生育期	水分	占干物质比例				
			粗蛋白质	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	粗灰分
第一年	莲座叶丛期	14.15	22.87	4.46	12.90	30.34	15.28
第二年	初花期	13.44	14.73	2.10	36.80	24.92	8.01
第三年	莲座叶丛期	15.40	18.17	2.71	19.43	31.14	13.15

注：引自董宽虎和沈益新（2003）。

菊苣以青饲为主，也可放牧利用，或与无芒雀麦、紫花苜蓿等混合青贮，亦可调制干草。在莲座叶丛期适宜青饲猪、兔、禽、鱼等，猪日喂 4 kg，兔日喂 2 kg，鹅日喂 1.5 kg；抽茎期则宜于牛、羊饲用。菊苣代替玉米青贮饲喂奶牛，每天每头多产奶 1.5 kg，并能有效地减缓泌乳曲线的下降速度。用菊苣饲喂肉兔，在精饲料相同的条件下，可获得与苜蓿相媲美的饲喂效果。

（五）饲用甘蓝

饲用甘蓝是甘蓝（或称为卷心菜、莲花白、包菜）的一个饲用型品种。饲用甘蓝与蔬菜型甘蓝在植物学特征上存在较大差异。蔬菜型甘蓝卷心结球，而饲用甘蓝不结球，具有很高的茎，茎上生有多而肥大的叶片。饲用甘蓝，在我国南北各地均可栽培种植，是一种优良的叶菜类饲料作物。饲用甘蓝具有产量高、品质好的特点，是重要的青绿饲料作物。饲用甘蓝一般产量为 3 000～4 500 kg/ 亩（1 亩≈ 666.7 m^2）。其营养价值较高，主要成分为无氮浸出物含量占干物质的 46.6%，粗纤维含量较低，约为 14%，其营养价值见表 9-7。

表 9-7　饲用甘蓝的营养成分　%

类别	干物质	占干物质比例				
		粗蛋白质	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	粗灰分
饲用甘蓝	11.99	20.3	4.25	14	46.6	14.85

注：引自玉柱（2010）。

饲用甘蓝鲜嫩多汁，适口性好，为各种畜禽所喜食，主要以青饲利用为主。当株高达到 50 cm 时，即可割叶青饲利用。一次割 2 片，每 2 d 左右割一次。至霜冻即将来临时，将老茎齐地一次性割回利用。在生长旺盛期，产量较高、集中，直接青饲难以利用完时，可采取青贮的方法，进行贮藏利用。

用于喂猪时，可青饲或粉碎打浆后饲喂。饲用甘蓝是奶牛的良好饲料，但由于其含有一种称作芥苷的化学物质，在挤奶前饲喂甘蓝，挤出的奶中存有芥子气味。因此，宜在挤奶后饲喂。饲用甘蓝鲜饲含水量较高，应避免单一饲喂，宜将它与其他青干饲料及精饲料配合饲喂。否则，会不利于幼畜的生长发育和降低家畜的生育能力。

（六）南瓜

南瓜又称中国南瓜和窝瓜。具有较长的栽培历史和较广的种植区域，在我国的南北各地均有种植。南瓜产量高，营养丰富，耐贮藏。其果实为多种禽畜所喜食，藤蔓也是良好的饲料。因此，南瓜是一种优良的瓜菜类饲料作物，南瓜有菜用南瓜和饲用南瓜之分。饲用南瓜的产量较菜用南瓜高，其瓜果产量可达 37～60 t/hm^2，鲜茎叶产量为 22.5～30 t/hm^2。南瓜淀粉含量高，纤维含量少。饲用南瓜的水分高达 90% 以上，粗蛋白质含量为干物质的 13.85%，无氮浸出物为干物质的 67.69%，粗纤维占 10.77%，其营养价值见表 9-8。

表 9-8　南瓜的营养成分　%

类别	水分	占干物质比例					钙	磷
		粗蛋白质	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	粗灰分		
南瓜	90.70	12.90	6.45	11.83	62.37	6.45	0.32	0.11
南瓜藤	82.50	8.57	5.14	32.00	44.00	10.29	0.4	0.23
饲用南瓜	93.50	13.85	1.54	10.77	67.69	6.15	—	—

注：引自董宽虎和沈益新（2003）。

南瓜肉质致密，适口性好，产量高，营养好，便于贮藏和运输，是猪、牛、羊、鸡的好饲料。其瓜和藤蔓不仅能量高，而且还有较多的蛋白质和矿物质，并富含维生素 A、维生素 C、葡萄糖和胡萝卜素。南瓜收获时，应在外皮变硬时采摘；过早采摘的南瓜含水量高，干物质含量少，适口性差，不耐贮藏。南瓜果肉具甜味，适口性好，畜禽均喜食。南瓜可切碎直接喂猪，或蒸煮后熟饲，以提高淀粉的消化率，代替部分精饲料；喂奶牛可增加产奶量及牛奶中的脂肪含量；成熟南瓜喂鸡，能提高产蛋率和促生新羽，缩短换羽期。南瓜藤多调制成青贮饲料，可单贮，也可与其他牧草混贮，作为猪、牛、羊、兔的饲料。南瓜多以青饲利用为主，因其含水量在 90% 以上，故不宜单一饲喂。在饲喂鸡时，粉碎后

拌入精饲料；喂猪需粉碎或打浆，拌入糠麸；喂牛必须粉碎，以防噎食。

四、水生植物饲料的加工利用

水生饲料质地柔软，木质化程度低，细嫩多汁，易被草食动物消化，是一种优良多汁的青绿饲料，直接饲喂是水生类饲料最直接、最简单、也是应用最广泛的一种利用方式，但生喂时往往使寄生虫病蔓延；同时，由于含水量高，干物质含量少，能量低，故饲喂时应注意和其他饲料搭配，以满足畜、禽、鱼类对营养的需要。直接饲喂分为直接鲜喂和粉碎打浆后与其他饲料拌喂两种方式。

我国水面开阔，有大量的河流、池沼、湖泊、沟渠等闲散水面，充分利用水面资源放养水生饲料，可为畜牧生产提供大量青绿饲料。

（一）水葫芦

水葫芦，又称凤眼莲、洋水仙、假水仙、水绣花等，是一种野生的水生植物。原产于珠江流域，在长江以南的各省、市、自治区均有分布。山东、辽宁、河北、陕西等地也已引进，并生长良好。水葫芦具有生长快、产量高、利用期长、适应性强、易于管理的特点，是养猪业普遍应用的水生饲料。

水葫芦主要以无性繁殖的方式进行繁殖。繁殖能力强，速度快。当放养水塘水面已长满水葫芦时，即可采收。采收时，应先捞取发育较老和密度大的，采收量以不露空余水面和剩余植株能相互接触为宜。水葫芦的产量很高，在南方地区种植，采收青鲜饲料 5 万 kg/亩左右。

水葫芦虽然产量很高，但其水分过大，适口性较差，饲用价值偏低。其主要营养成分含量为水分 94%，粗蛋白质 1.2%，粗纤维 1.1%，无氮浸出物 2.3%（表 9-9）。

表 9-9 水葫芦的营养成分 %

类别	水分	占干物质比例				
		粗蛋白质	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	粗灰分
鲜样	93.90	1.20	0.20	1.10	2.30	1.30
干样	0.00	19.67	3.28	18.03	37.70	21.32

注：引自董宽虎和沈益新（2003）。

水葫芦既可青饲，也可制作青贮饲料和发酵饲料。将水葫芦青饲时，应洗净其根部的泥土，用净水冲洗后即可饲喂。进行青贮加工时，因其具有高含水量，应先将捞出的水葫芦晾晒 1～2 d，切碎并拌入糠料降低其水分，再进行青贮。发酵利用时，应将新鲜的水葫芦切短打浆，并拌入糠料后发酵 1～2 d，产生酸香味时即可饲用。水葫芦在阳光下干燥相当快，但干燥过程中叶片容易脱落。水葫芦晒蔫后，切碎，拌入麦麸或糖蜜、稻草一起青贮，将这些青贮饲料逐步添加在日粮中，饲喂效果良好。水葫芦的汁液也可用于生产叶蛋白质精饲料，或作为生产酵母的基质。饲喂水葫芦时，要避免单一长期饲喂，应与其他干料配合饲喂。

（二）水花生

水花生，又称水苋菜和喜旱莲子草等。在我国长江流域各地均有生长，以江苏和浙江两省为多。水花生具有生长快、产量高、茎叶柔软、适口性好、种植方便等特点，是一种较好的青绿水生饲料。

水花生的含水量与其他水生饲料相比，含水量稍低，营养价值较高。鲜样营养成分含量为水分 90.79%，粗蛋白质 1.28%，粗纤维 4.03%。水花生生长快，茎枝茂盛，当长出水面 20～30 cm 时即可收割。过晚收割，会出现因郁闭度过大而腐烂的情况。水花生产量较高，可收鲜草产量为 22.5～37.5 t/hm^2。水花生茎叶柔软，猪、羊均喜食。可青饲利用，也可青贮或晒制干草。青草喂猪时，最好切碎打浆后与其他精饲料混合饲喂。由于水花生的含水量稍低，稍加晾晒后进行青贮可制成品质优良的青贮饲料。长期单独饲喂水花生，家畜就会出现生长发育不良和生产能力下降的现象。

（三）水浮莲

水浮莲，又称大浮萍、大叶莲、水莲花和水白菜等。它是一种野生的水生植物，分布于热带和亚热带。原野生于珠江三角洲一带的沼泽地，在长江和黄河流域都有养殖。水浮莲具有产量高、生长快、利用期长的特点，但适口性稍差，是养猪常用的青绿水生饲料。放养水浮莲可有效利用水面，扩大饲料来源，促进家畜饲养业的发展。

当水浮莲长满放养水面时，即可采收。捞取量以不超过放养水面的 20% 为宜。由于其生长快，产量可高达 560 t/hm^2。养殖技术简单，既可作绿肥又可作饲料，在生产上受到普遍重视。目前，我国南方、华中、华北、东北的养殖面积已达数百万公顷。水浮莲虽然产量很高，纤维素含量低，根叶很柔软，但是水分多，适口性较差，饲用价值较低。其鲜样的主要营养成分含量一般为水分 95.35%，粗蛋白质 1.28%，粗纤维 0.75%，无氮浸出物 1.3%。

水浮莲一般采用直接青饲或制作青贮饲料，多作为猪的饲料。因其青嫩多汁，故多青饲，但以切碎打浆后与糠料或干粗饲料混合饲喂为宜。青贮时，因水分较高，可晾晒 2～3 d 后，与干粗饲料混合青贮。水浮莲水分高，营养价值低，应避免单一长期大量饲喂，需与其他干料配合饲喂。饲喂水浮莲有时会发生中毒现象，停喂后即可消失。

五、果渣饲料的加工利用

果品经过加工处理后余下的下脚料——果渣（果核、果皮和果浆等）经适当加工即可用以饲喂家畜。我国是世界盛产水果的主要国家之一，每年可生产大量的水果，产生大量的果品下脚料，因此，开发利用这部分资源不仅节约资源又具有保护环境的重要意义。

（一）果渣的营养价值

果渣中含有丰富的矿物元素、氨基酸以及较高的蛋白质、维生素、粗纤维、粗脂肪、果糖等营养物质。如苹果渣粉中含铁 299.00 mg/kg，是玉米粉的 4.9 倍；含赖氨酸 0.41%、蛋氨酸 0.16%、精氨酸 1.21%，分别是玉米粉的 1.7、1.2、2.75 倍；含维生素 B_1 0.90 mg/kg、维生素 B_2 3.80 mg/kg，其中后者是玉米粉的 3.5 倍。通常 1.5～1.7 kg 苹果渣粉相当于 1 kg

玉米粉的营养价值。

新鲜的果渣一般含水量为65%～85%，如未及时处理或未及时饲喂则很容易发生腐败、霉变，影响饲喂效果。果渣中还含有果胶和单宁，果胶属于多糖类物质，具有黏性，与营养物质结合，会阻碍消化作用；单宁属于多酚类物质，其分解产物具有刺激性和苦涩味。且鲜果渣酸度大，pH一般为3～4，这些都会影响果渣饲料的适口性，降低果渣利用率。

（二）果渣的加工处理

（1）果渣加工成果渣干粉，可以加入全价配合饲料或颗粒料中，还可进一步进行膨化处理其加工工艺流程如图9-1所示。



图9-1 果渣干粉加工工艺

（2）果渣饼粕和皮渣粉的加工工艺流程如图9-2所示。

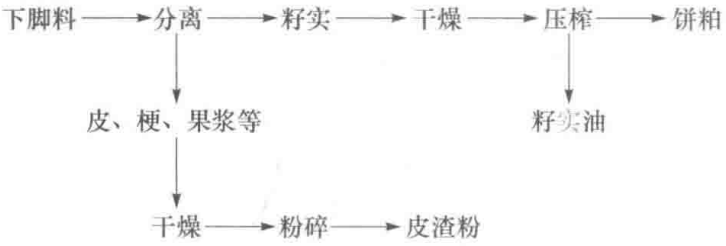


图9-2 果渣饼粕和皮渣粉加工工艺

（3）果渣青贮饲料。最好选用果品加工厂1～2 d内生产的新鲜果渣，要求无霉变、无污染、无异物。因新鲜果渣含水量较高，一般可通过晾晒、挤压使果渣水分降低，还可通过与其他低水分饲料按照一定的比例进行混贮，以达到水分要求。

（4）微生物发酵果渣蛋白质饲料，其加工工艺流程如图9-3所示。

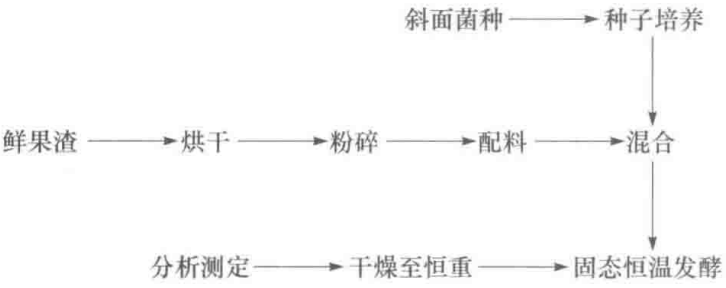


图9-3 微生物发酵果渣蛋白质饲料加工工艺

利用产朊假丝酵母、果酒酵母和绿色木霉3个菌种混合进行果渣的固态发酵，产物中的主要成分会发生明显变化，粗蛋白质、真蛋白质、粗脂肪、灰分含量分别提高了74.63%、165.40%、50.67%、53.41%，而中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维则降低了61.34%和35.01%，营养价值得到显著提高。

果渣中加入一定量的氮源，通过发酵可以被消化道微生物直接利用合成菌体，增加了

进入消化道蛋白质的总量；果渣中的多酚类物质经微生物发酵后，失去抗营养特性，同时果胶物质经发酵后，也会提高果渣中的纤维素和半纤维素的利用率，从而使果渣中营养物质的消化利用率大大提高。

第五节　青绿多汁饲料贮藏技术

青绿多汁饲料含水量高达 70%～90%，这类饲料在大面积种植时，收获集中，产量较高，青饲剩余的饲料则会面临贮藏问题。青绿饲料生理代谢活跃、气孔分布多、表面积大，采收后降解代谢旺盛，极易出现失水萎蔫，甚至黄化腐烂。多汁饲料适口性好、易消化；含有丰富的糖类、淀粉、维生素及矿物质，纤维素含量低，表皮薄，组织柔软，多由大型细胞及较大的细胞间隙构成。因此，在收获、运输和贮藏过程中，极易造成机械损伤、失水萎蔫以及微生物侵染，降低品质，甚至造成腐烂。但正常的根茎类饲料，具有一定的耐贮性和抗病性。因此，采取正确的贮藏措施，安全贮藏，是十分必要的。

根据青绿多汁饲料的上述特点，贮藏的主要任务是维持青绿多汁饲料正常的生命活动，保持其青绿多汁的状态和良好的适口性；尽可能降低青绿多汁饲料的生理代谢活动，以减少营养物质的消耗，延长贮藏期。

一、青绿多汁饲料采收后的生理活动

叶菜类饲料可饲用部分大多为叶片，其生理代谢活跃、气孔分布多、表面积大，采收后降解代谢旺盛，极易出现失水萎蔫，甚至黄化腐烂。水分、碳水化合物与蛋白质代谢造成其采收后营养物质的损失与改变，极大地降低其饲用品质。其中维生素和矿物质极易氧化或溶于水。叶菜类饲料失水后导致其木质化及纤维化从而降低品质和适口性。另外，其硝酸盐含量高，且含有机酸、高级醇、醛类物质等，有特殊芳香气味，而这些物质在贮藏保鲜过程中很容易分解与挥发，使叶菜类饲料产生异味。

采收后的块根、块茎仍是有生命的机体，贮藏期间仍进行着各种生理活动。采收是一个根本性的转折，整个代谢平衡发生了极大的变化，从而引起品质和重量的不断下降。呼吸作用是根茎类饲料在贮藏期间的主要生理过程。其实质是糖类物质的氧化分解，并产生水与二氧化碳，同时释放出能量。

$$C_6H_{12}O_6+6O_2 \longrightarrow 6CO_2+6H_2O+2\ 817.32\ kJ$$

根茎类饲料的有氧呼吸强度，比谷类作物的籽实要大十几倍到几十倍。因此，根茎类在呼吸时，需氧气多，放出热量、水和二氧化碳也比谷物多。

在缺氧条件下（空气中含氧在 3% 以下），可进行缺氧呼吸，形成二氧化碳和酒精。

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH+2CO_2+100.32\ kJ$$

缺氧呼吸所产生的能量少，在这种情况下，为了维持生命活动所需要的能量，就必须分解更多的贮藏物质，因而对贮藏不利。此外缺氧呼吸的中间产物是乙醛，最终产物是酒精。如果这些物质积累过多，会引起根茎类中毒、变黑和窒息死亡。

块根、块茎在贮藏中进行的有氧呼吸产生的能量，只有一小部分用于维持生命活动及合成新物质，大部分以热能的形式释放，使环境温度升高。因此，从减少营养物质消耗并

创造适宜的贮藏环境的角度来说，贮藏期间应尽可能降低其呼吸作用，但不能禁止呼吸作用。呼吸失调会发生生理障碍，也会削弱根茎类原有的抗腐性，所以要维持尽可能低的且正常的呼吸过程。

二、块根、块茎饲料的贮藏

（一）贮藏方式

块根、块茎的鲜贮方式包括堆藏、沟藏（埋藏）、窖藏和通风库贮藏几种基本形式。这些方式的结构设备很简单，都是利用自然低温来尽量维持所需要的贮藏温度。

1. 堆藏

堆藏是将块根、块茎直接堆放在田间地面或浅坑中，或在荫棚下堆成圆形或长条形的垛，表面用土壤和席子、枯秆等覆盖，以维持适宜的温湿度和保持其水分，防止受热、受冻以及风吹雨淋。堆藏适用于较温暖地区的越冬贮藏，在寒冷地区一般只作秋冬之际的短贮。贮藏堆的宽度和高度应根据当地气候特点而定，垛不能太宽太高，否则不易通气散热，致使贮堆中心温度过高引起腐烂，一般宽约 3 m。堆的长度不限，以贮量多少而定，但也不宜太长，以利于操作管理，贮堆一般都呈脊型顶，以防止倒塌。

2. 沟（埋）藏

沟（埋）藏是将块根、块茎堆放在沟或坑内，达到一定的保温目的，面上一般只用土壤覆盖。沟（埋）藏的保温保湿性能比堆藏好，广泛应用于我国北方各地。贮藏沟的宽、深度依各地的气温、块根和块茎的种类及对温度的要求而定。

3. 窖藏

窖藏与沟藏相似，但可自由进出及检查产品，也便于调节温湿度，因此适于贮藏多种块根、块茎，贮藏效果较稳定，风险较小。窖藏主要有棚窖、井窖和窑窖几种形式，在我国南北方各地都有应用。棚窖是临时性的贮藏所，建造时，先在地面挖一长方形的窖身，窖顶做棚盖，顶上开设若干个窖口（天窗），供出人和通风之用。大型的棚窖常在两端或一侧开设窖门，以便于贮藏物下窖，并加强贮藏初期的通风降温，天冷时再堵上。井窖应在地下水位低、土质黏重坚实的地区修建，不需棚盖，坚固耐用，一次建成后可连续使用多年。井窖的窖身深入地下，即在地面向下挖直径约 1 m 的井筒，深 3～4 m，再从井底向周围挖一至数个高约 15 m，宽 1～2 m 的窖洞。窖洞的顶呈拱形，底面水平或成 10° 的坡度，向内或向外倾斜，因目的不同而异。井筒口应围土并做盖，四周挖排水沟，有的在井盖上设置通风口。窑窖通常是在土质坚实的山坡或土丘上挖窖洞。一般长 6～8 m，宽 1～2 m，高 2～2.5 m，拱形顶，窖底如同井窖，窖门比窖身稍缩小，设置门或挂帘。为避免阳光直射，窖身多坐南朝北或坐西朝东。

4. 通风库贮藏

通风贮藏库和棚窖的形式和性能很相似，是棚窖的发展，但其是以木、砖、水泥建造的固定建筑，因此亦称固定窖。它也是利用空气对流的原理，引入外界的冷空气从而降低

温度。但因为是固定的，建造时设置了更完善的通风系统和隔热结构，所以降温和保温效果都比棚窖好很多。一旦建成，可以长期利用，所以是一种经济实用的方式。通风贮藏库虽然主要适用于北方地区，但在长江流域及更南的地区也可发挥作用。

通风贮藏库可分地上式、半地下式和地下式 3 种类型。地上式可以在库墙底部设进气口，在库顶设排气口。通风降温的效果最好。半地下式约有一半的库体在地面以下，因而增大了土壤的保温作用。地下式库体全部深入土层，仅库顶露出地面，保温性能最好，但通风降温效果最差。为了在秋季容易获得适当的低温，冬季又便于保温，在温暖地区宜用地上式，酷寒地区须用地下式，半地下式介于两者之间。

（二）影响贮藏安全的因素

1. 温度

温度在很大程度上决定了块根、块茎的贮藏时间和贮藏质量。整个贮藏期应控制最适当的窖温，使呼吸降到既能维持块根、块茎最低生命活动的需要，又不致于遭受冻害，以确保块根、块茎的新鲜完好。窖温越高，呼吸越强，贮藏物质消耗就越多，失重也就越严重，从而导致品质和耐贮性下降，甚至出现后期的空心现象。窖温越低，呼吸越弱，养分消耗少，失重也少，但不能低于一个临界低温，否则就会出现反常的高呼吸。不同的块根、块茎对贮藏温度有不同要求。甘薯贮藏的安全温度以 11～14℃为宜。马铃薯的适宜贮藏温度是 3～5℃。这样的呼吸强度低而平衡，营养消耗较少，也不会导致薯块过早发芽。

2. 湿度

适宜的环境湿度可促进伤口愈合，对保鲜有极大的促进作用。贮藏期间块根、块茎需保持表面干燥，但窖内应保持一定的湿度，使块根、块茎保持细胞的膨压而呈现新鲜状态。如果窖内湿度过低（80% 以下），会促使薯块的水分蒸发，甚至大量脱水萎蔫、皱缩和空心，同时淀粉加速水解为糖，饲用品质和耐贮性下降，贮藏期缩短。反之，提高窖内相对湿度，不仅保鲜好，品质好，失重少，发芽多，而更重要的是在入窖初期能促进伤口愈合，降低腐烂率。但是，窖内湿度也不是越高越好，如高达 95%～100% 反而有害，不仅皮色易褪色变褐，更重要的是病菌容易繁殖。湿度过高，还会引起贮藏堆上层的块根、块茎潮湿或贮藏库的水分凝结，常促使块根、块茎过早发芽而造成损失。此外，窖内的相对湿度，还对块根、块茎的维生素 C 和胡萝卜素含量有影响。为了保证贮藏效果，块根、块茎的贮藏库内湿度应控制在 85%～90%。当湿度过高，或者出现冷凝水时，可用石灰吸潮，勤换覆盖的稻草来降低湿度，或减少温差来消除冷凝水：湿度过低时，应加水补湿，尤其在贮藏后期，气温回升后，为防止萎蔫空心，更应补水保湿。

3. 空气质量

贮藏环境中氧气和二氧化碳的浓度与植物的呼吸作用和伤口愈合有关。块根、块茎刚收获后，呼吸强度特别高。在入窖初期，呼吸耗氧较多，同时呼出的二氧化碳也多。因此，在密闭的窖内，氧气越来越少，二氧化碳累积越来越多，从而使呼吸作用降低，这样对伤口愈合不利。随着时间的延长，窖内氧气含量可低于临界值 4.5% 左右，有氧呼吸不能正

常进行，从而转向无氧呼吸，这不仅使养分损耗增多，同时酒精累积可使块根、块茎中毒，而且二氧化碳累积达到 4%～5% 时，还会引起组织窒息而产生黑心，甚至窒息而死。因此，在贮藏前期应注意通风换气，不断地补充新鲜空气。在贮藏的中、后期，呼吸释放的二氧化碳逐渐累积，当含量提高到 1% 左右时，有抑制呼吸代谢的作用，对安全贮藏有利。这时一般以密闭为主，必要时才短期辅以通风换气措施，以保证薯块有较强的生命力。

三、青绿饲料的贮藏

青绿饲料主要有天然新鲜的牧草、人工栽培的牧草、叶菜类饲料以及水生饲料等。叶菜类饲料鲜嫩多汁，适口性好，蛋白质含量高，维生素含量丰富，产量高，易被消化吸收，适应性强，是畜禽水产不可多得的优质青绿多汁饲料。目前常用的叶菜类饲料有白菜、串叶松香草、菊苣、聚合草、苋菜、苦荬菜和小白菜等。水生饲料质地柔软，细嫩多汁，木质化程度低，草食动物易消化，是一种优良多汁的青绿饲料。常见的水生饲料有水葫芦、绿萍、水竹叶等。因青绿饲料水分含量比较高，一般在 90% 以上，所以生产中一般以鲜喂为主，在产量比较集中的时候也可进行适当的调制和贮藏，主要的贮藏方式有：青贮、调制干草粉和水中冻贮。

（一）贮藏方式

1. 堆藏、沟藏、窖藏

目前适合叶菜类饲料的贮藏技术主要有堆藏、沟藏、窖藏，这些方法简单、快捷、成本低且见效快。堆藏是指叶菜类饲料采收后直接放在田间或者堆放在院子里，上面覆盖枯秆或塑料等覆盖物贮藏的方法。这种方法能防晒、防冻和防雨，维持适宜的温度与湿度，避免叶菜类饲料过度蒸腾和受热，适用于大白菜和小白菜等短期贮藏。沟藏是将叶菜类饲料堆放在沟内，上面覆土的一种贮藏方法，适合于菠菜等。这种贮藏方法的缺点是通风透气效果较差，中心部位温度较高，易出现黄化和腐烂现象。窖藏是指利用地窖进行贮藏的一种贮藏方法。此种方法在我国北方比较常见，多用来贮藏越冬大白菜。

2. 发酵或青贮

在青贮前先消毒杀虫，生产中一般用 1∶5 000 的硫酸铜溶液或浓度 0.1% 的石灰水，可杀灭水生饲料所携带的一些寄生虫。对放养水生饲料的塘库进行消毒，以杀灭传播姜片吸虫的中间宿主——扁卷叶螺。另外，给水生饲料施肥，严禁直接施用未经充分腐熟的人畜粪，施用人畜粪时，应事先进行高温发酵，以杀灭肥料中各种寄生虫卵。水生饲料含水量高，调制青贮前先要晾晒降低水分，一般应晾晒 1 d。将晾晒到适宜含水量的水生饲料按照常规青贮的程序进行装填、发酵、贮藏以得到良好质量的青贮饲料。

3. 调制干草粉

水生饲料易晒干，干后易碎，可用粉碎机粉碎制成草粉。

4. 水中冻贮

将水花生等水生饲料留在水中，经冬季低温处理后茎叶发甜，羊、猪均喜食。

（二）影响安全贮藏的因素

1. 原料

青绿饲料贮藏时受原料特性影响较大。主要包括以下几个方面。

（1）青绿饲料含水量。青绿饲料含水量较高，而只有当含水量适当，才能获得良好的乳酸发酵，减少营养品质的损失，保存良好的青绿饲料。当水分含量过高时，大量的流汁渗出，造成养分的损失，并且梭菌在高水分条件下活跃，使青贮饲料中丁酸积累，蛋白质分解，大量氨态氮产生，致使青贮品质恶化。当水分含量不足，其在进行青贮调制时不易被压实，导致植物细胞呼吸作用增强，有氧菌活跃，养分大量消耗，过度产热，最终使青绿饲料腐败变质。

（2）青绿饲料切断、压实。未经切剪的青绿饲料过长，不利于装填紧实。因此，需按照不同的材料及贮藏方式剪切到适宜的长度，提高饲料密度，同时排出间隙空气，使青绿饲料细胞渗出液润湿饲料表面，利于有益菌繁殖，促进发酵。另外，须填装压紧，填装不紧实，会因空气过多，氧化作用强烈，造成养分损失。

2. 温度

温度是影响青贮饲料品质好坏的一个重要因素。通常乳酸菌的最适生长发育温度为20～30℃。在含糖量少，环境温度30～40℃条件下，乳酸菌繁殖被抑制，而不良细菌得以繁殖，但在含糖量高的情况下，温度对微生物繁殖的影响小。

思 考 题

1. 青绿多汁饲料资源饲料化加工的方法有哪些？
2. 青绿多汁饲料资源饲料化加工的原理是什么？
3. 果渣饲料加工处理的流程有哪些？
4. 影响青绿多汁饲料安全贮藏的因素有哪些？

参 考 文 献

[1] 李建国. 果渣作为饲料资源的开发与利用. 畜牧与饲料科学，2005，6：10-12.

[2] 王国桥. 青绿饲料的加工技术. 河南畜牧兽医（综合版），2015，36（7）：25-26.

[3] 魏刚才，王永强. 香猪高效养殖技术一本通. 北京：化学工业出版社，2010.

[4] 赵书广. 中国养猪大成. 2版. 北京：中国农业出版社，2013.

[5] 卢献颖. 奶牛优质牧草与多汁饲料的饲喂及经济效益. 现代畜牧科技，2013（3）：62-62.

[6] Yitbarek M B, Tamir B. Silage additives: review. Open Journal of Applied Sciences, 2014, 4(5): 258-274.

[7] Driehuis F. Silage and the safety and quality of dairy foods: a review. Agricultural & Food Science, 2013, 22(1):16-34.

[8] 韩春梅，张新全，杨春华，等. 苜蓿叶蛋白的开发利用现状. 草业科学，2005，22（9）：23-27.

[9] 唐忠厚，魏猛，陈晓光，等. 不同肉色甘薯块根主要营养品质特征与综合评价. 中国农业科学，2014，47（9）：1705-1714.

[10] 田静，朱琳，董朝霞，等. 处理方法对木薯块根氢氰酸含量和营养成分的影响. 草地学报，2017，25（4）：875-879.

[11] Mohd-Setapar S H, Abd-Talib N, Aziz R. Review on crucial parameters of silage quality. Apcbee Procedia, 2012, 3(8):99-103.

[12] 董宽虎，沈益新. 饲草生产学. 北京：中国农业出版社，2003.

[13] 于岚，朱淑颖，孙来玉，等. 微生物固体发酵转化水生植物的研究. 环境科学与技术，2010，33（1）：73-76.

[14] 杨柳燕，张奕，肖琳，等. 固体发酵提高水生植物发酵产物蛋白含量的研究. 环境科学学报，2007，27（1）：37-41.

[15] 胡跃高，李志坚，赵环环，等. 绿色饲料的地位及其生产与研究进展. 自然资源学报，2000，15（2）：194-196.

[16] 李艳，赵月芝，贾念军，等. 浅析青饲料机械加工技术. 农村牧区机械化，2008（4）：17-18.

[17] 王凯. 奶牛青绿多汁饲料的种类及饲喂注意事项. 现代畜牧科技，2016（10）：67.

[18] 马野，宋显成，张力军，等. 高产青饲料作物——早熟苦荬菜. 中国草地，1994（1）：78-79.

[19] 罗燕，李君临，郭旭生，等. 刈割茬次对多花黑麦草青贮品质的影响. 草地学报，2016，24（05）：1150-1153.

[20] Nishino N, Li Y, Wang C, et al. Effects of wilting and molasses addition on fermentation and bacterial community in guinea grass silage. Letters in Applied Microbiology, 2012, 54(3): 175-181.

[21] Mcdonald P, Henderson A R, Macgregor A W. Chemical changes and losses during the ensilage of wilted grass. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2010, 23(9): 1079-1087.

[22] 玉柱，孙启忠. 饲草青贮技术. 北京：中国农业大学出版社，2011.



第十章　低毒牧草资源饲料化技术



【学习目标】

- 了解常见低毒牧草对家畜的毒害作用。
- 了解低毒牧草去毒加工的意义。
- 掌握低毒牧草的种类及特点。
- 掌握低毒牧草的去毒加工方法。

第一节　低毒牧草饲料化加工意义

中国天然草原面积近 4×10^8 hm^2，约占国土面积的 41.7%，是耕地面积的 3 倍左右，林地面积的 2 倍多，其中可利用草原面积 3.31×10^8 hm^2，占草原总面积的 84.3%，居世界第二位。这些草原的存在，对民族地区畜牧业的发展和生态建设起到重要支撑作用。由于过度放牧、气候等因素导致草地退化、沙漠化，牧草产量下降，载畜能力降低，严重制约了草地畜牧业的可持续发展。造成草原退化的主要因素有荒漠化、毒草化、盐碱化、干旱和鼠害，其中毒草化是继荒漠化后第二大严重灾害因素。据不完全统计，中国天然草地毒草危害面积约 3.33×10^7 hm^2，草地有毒植物约 101 种，主要分布在北部和西部。严重危害牲畜的毒草草地面积约 2 000 万 hm^2，北方的棘豆中毒、中原地区的栎树叶中毒、南方的紫茎泽兰中毒已成为我国草地上的三大公害。在内蒙古、宁夏、甘肃、陕西、新疆等省、区，牲畜中毒死亡率很高。长期以来，由于草原毒草危害未引起足够的重视，加之缺少有效的治理技术和成熟的配套措施，致使毒草危害日益严重。在牧区，草场过度放牧、滥垦、滥挖等不合理利用，导致草地严重退化，毒草中毒呈现上升趋势，毒草甚至被称为草地的“绿色杀手”。特别是近几十年来，毒草已在中国西部草原上蔓延成灾，优良牧草减少，毒草滋生蔓延，草畜矛盾日益增大，客观上增加了家畜误食或采食毒害草的机会，使毒草中毒的发生概率增大，给当地的生态和社会经济带来极大危害，制约了当地畜牧产业的可持续发展，因此，亟待开展天然草地低毒牧草资源的加工调制技术研究与推广，对维护天然草地畜牧业健康生产具有重要现实意义。

牧草是草食动物饲料的重要来源，与此同时，牧草在单胃动物、家禽及水产日粮中的比例越来越高，而动物产品是人类的食物和食品工业的原料，所以牧草与人民生活水平和身体健康息息相关。牧草无疑是多种病原菌、病毒及毒素的重要的传播途径，如黄曲霉毒素、农药、兽药和各种添加剂等，有一部分物质通过牧草危害畜禽，而且在畜产品中的残留物对人体有害，有一部分物质虽然有利于促进畜禽生长和减少畜禽疾病，但在畜禽体内内的残留物对人体有害。作为人类动物性食品的生产原料，饲料安全问题直接影响到畜禽

产品的食用安全，饲料安全是保证畜禽产品安全的第一个环节，是农产品源头质量安全管理中的首要环节，饲料安全得不到保证，畜禽产品安全便无从谈起。牧草是草食动物赖以生长的基本食物，其质量与安全性是影响草食动物生产性能和健康状态的关键因素，也是保证畜禽产品安全的前提条件。优质安全的牧草能促进动物充分发挥生产性能，使之达到最佳生产状态；而有毒有害物质超标的牧草，不仅会阻碍动物的生长发育，影响畜禽产品的产量和品质，更可能会引起动物中毒、发病甚至死亡，给养殖户经济效益带来损失，更严重的是，有些有毒有害物质会蓄积在动物体内，进入人类食物链，一旦食用这类动物产品后，会危害人类自身的生命健康。

牧草中毒是指牧草饲料本身含有有毒物质，因其加工调制、贮存、使用不当，而引起家畜中毒的现象。牧草中毒是舍饲畜禽常见的中毒之一。在大规模集约化饲养的情况下，由于牧草中毒，给畜牧业生产带来极大危害，随着工业发展与大面积使用农药对环境的污染，更增加了发生概率，有些牧草中的有毒物质还可通过畜产品间接地危害人类健康。因此，对含有有毒有害物质的饲草料进行去毒加工，或进行科学地利用和贮存，化害为利，变废为宝，不但具有重要的经济效益，而且对保护人类健康亦有重要的意义。

第二节　低毒牧草饲料化加工原理

一、牧草中毒素的来源

1. 牧草本身含有毒物质

有些牧草本身含有毒有害物质。如小花棘豆、草木樨、沙打旺、串叶松香草等。这些牧草在饲喂前需进行必要的去毒加工，并按一定的比例与其他的饲料搭配，方可避免对畜禽的毒害作用，并可扩大饲料资源。若喂前不采取去毒加工处理，或长期大量饲喂，往往导致畜禽中毒。

2. 牧草加工调制方法不当

一些牧草由于加工调制方法不当，产生有毒有害物质。如有些青绿牧草本身不含有毒物质，但由于焖煮或堆放时间过长，会产生亚硝酸盐，过量采食后引起畜禽中毒。

3. 饲喂技术不当

日粮中配方比例不当，彼此间混合不均匀，或长期大量饲喂单一饲草料，会使畜禽发生中毒。如大量单一饲喂青苜蓿会让家畜患臌胀病；长时间大量或单独饲喂水浮莲时，可引起家畜的间隔中毒症。

4. 饲喂腐败发霉牧草

牧草贮藏保管不当，会促使各种霉菌和腐败菌滋生繁殖，引起牧草发霉、变质和腐烂，产生大量的毒素，家畜采食后引起中毒死亡。

5. 病虫害危害，产生有毒有害物质

饲喂病虫危害的牧草或牧草在生长和贮藏过程中，由于遭受病虫害的侵袭，使得茎、