第五章　饲草型全混合日粮加工与贮藏技术

【学习目标】

- 掌握饲草型全混合日粮在畜牧业生产中的意义。
- 理解并掌握饲草型全混合日粮技术的原理。
- 理解并掌握饲草型全混合日粮的技术要点和生产工艺。
- 掌握其他饲草型全混合日粮技术。

第一节　饲草型全混合日粮在畜牧业生产中的意义

一、饲草型全混合日粮的概述

目前，我国现代养殖业已由传统的精粗分饲的饲养体制向现代化（科学化、集约化、规模化）发展。在草食动物生产中，全混合日粮（total mixed ration，TMR）饲喂方法已替代传统的饲喂方法在国内的现代化和规模化养殖场中广泛使用。粗饲料比重通常占草食家畜日粮的60%～70%，甚至更高，是草食家畜和瘤胃微生物的重要营养源。粗饲料的品质对草食家畜生产性能和健康有极大的影响，并直接关系到精饲料的补给量与成本，最终影响到养殖者的效益。但在实际生产过程中，不重视粗饲料科学利用的问题相当普遍，在牧草与秸秆的利用方面还停留在“单打一”的层次，尤其在秸秆利用方面，采取了包括物理、化学、微生物等手段，虽使采食量提高，但单一的加工调制方法并不能真正克服牧草、秸秆本身的营养障碍，利用率未必能够提高，也就是说单一的加工处理并不能全面利用牧草与秸秆的营养价值，要想提高牧草、秸秆饲用的效果，必须将粗饲料的加工调制与营养调控型补饲结合起来，进行整体调控。

近些年来，以饲草为主的饲草型全混合日粮技术研究得到重视，饲草型全混合日粮是指依据反刍动物不同生理阶段的营养需求，把干草、青贮饲料等粗饲料，精饲料和各种添加剂按照一定比例充分混合成一种营养浓度适衡的日粮以满足动物营养需要的饲养技术。饲草型全混合日粮技术注重饲草料的营养加工与调配，调控日粮中饲草之间的组合效应，使牧草和秸秆等粗饲料转化效率大幅度提高，被充分有效地利用。

二、饲草型全混合日粮的特点

（一）饲草型全混合日粮的优点

1. 营养平衡

由于日粮中各组分比例适当，且混合均匀，草食家畜每次采食都能获得营养均衡、精粗料比例稳定的日粮，这可以避免草食动物出现挑食和营养失衡的现象，有利于维持草食家畜瘤胃内环境的稳定，提高瘤胃微生物的活性，使瘤胃内蛋白质和碳水化合物的利用趋于同步，显著提高了饲料的利用率。

2. 提高家畜生产性能和健康状况

饲草型全混合日粮技术，有利于控制日粮的营养水平，可根据不同生长阶段的家畜不同的生理和营养需要量，开发不同类型日粮产品，使各类日粮都能满足不同生产性能的营养需求，有利于发挥不同家畜的生产潜能，减少各类消化道疾病及营养应激反映的概率。

3. 提高配合牧草及秸秆的利用效率

目前国内外在粗饲料的利用上大多依靠传统的加工调制技术，较少考虑家畜自身存在的营养潜力及饲料间的组合效应。饲草型全混合日粮技术采用整体营养调控理论和电脑优化饲料配方技术，通过合理搭配精粗日粮，充分考虑饲料之间的组合效应，发挥粗饲料间的正组合效应，消除或抑制负组合效应的发生，达到日粮的最佳利用效果。

4. 降低精饲料使用量

通过不同品种牧草与秸秆的合理搭配，能够充分发挥其营养成分互补潜力，从而达到进入动物体内营养的平衡，有效地控制精饲料及各种添加剂的使用量，满足草食家畜不同生产性能需求。这对于像中国这样一个精饲料资源有限而非常规饲料资源十分丰富的发展中国家来说意义深远。

5. 有利于充分利用当地饲料资源

某些传统方法饲喂适口性差、消化率低的饲料，如番茄渣、棉籽饼、糟渣等，经过牧草型全混合日粮技术处理后适口性得到改善，许多原来难以利用的工业副产物得到有效利用，如番茄渣的利用既可从一定程度上缓解蛋白质资源的供需不平衡，又可明显降低饲料成本，具有明显的经济效益。

6. 有助于控制生产

可根据牛奶、羊肉内成分的变化，在一定范围内对饲草型全混合日粮进行调节，以获得最佳经济效益。

7. 节省劳动力，提高劳动效率

饲草型全混合日粮技术生产全部机械化，因此大大节省了劳动力和时间，提高了工作效率，这对于规模化养殖具有重大意义。

8. 提高经济效益

在草原牧区粮食型饲料资源基本都需要外调，生产成本居高不下，很难大量生产应用耗粮型全混合日粮，因此，根据不同家畜品种和生产用途研究开发饲草型全混日粮对于牧区而言是寻求低成本全混日粮的有效途径。

9. 日粮原料质量得以保障

由于牧草收获期及加工工艺的不同，牧草营养成分也在上下浮动，当原料营养成分发生变化时，原来的配方会使日粮营养变得不均衡，因此，饲草型全混合日粮的原料应经常检验，从而也从源头上确保质量安全。

（二）饲草型全混合日粮技术的局限性

（1）长纤维青干草很难与精饲料和青贮饲料混合，搅拌时间过长易造成分层。

（2）设备投入昂贵，需要全套的秤、搅拌机和传送设备，对于中小型牛场并不适用。

（3）日粮必须定期进行精确配制并经常核对。

（4）需要定期根据生理阶段、生产性能对畜群进行分群饲喂。

三、饲草型全混合日粮在畜牧业生产中的意义

饲草型全混合日粮技术是保证畜产品安全、缓解饲料粮紧缺的重要环节，是实现草食家畜养殖业所需饲料均衡供应、改善和提高牧草饲用价值和利用率的手段，在我国现代畜牧业发展中占有极其重要的地位。

（一）发展饲草型全混合日粮技术是解决人畜争粮的有效途径

近年来，随着人们生活水平的提高，农牧业快速发展，居民消费结构不断发生变化，我国人均口粮消费逐渐减少，而畜产品消费大幅度增加。由于我国传统畜牧业结构属于典型的“耗粮型”，饲料用粮占粮食总量的比例也随之大幅度提高。20 世纪 80 年代初我国养殖业全部饲料用粮占全国粮食总产量的 20%～25%，即消耗粮食 7 200 万 t 左右。最近几年，该比重则上升到 43%～45%，即消耗粮食 19 800 万 t，是 20 世纪 80 年代初的 2.75 倍，人畜争粮已成为不争的事实。专家预测，21 世纪人畜争粮的矛盾将进一步突出，粮食短缺每年将达到 5 000 万 t。在此背景下，我国开始大力发展草食畜牧业，畜牧业结构由“耗粮型”向“节粮型”转变，发展节粮型畜牧业是保障畜产品有效供给、缓解粮食供求矛盾、丰富居民膳食结构的重要途径。节粮型畜牧业，是指充分利用牧草、农副产品、轻工副产品等非常规饲料资源，在减少粮食消耗的同时形成畜产品高效产出的畜牧业，这些畜产品主要包括奶牛、肉牛、肉羊、绒毛羊、兔和鹅等。

我国有丰富的饲草资源，草原面积达 60 亿亩（1 亩≈ 666.7 m^2），占世界草原面积近 10%，草原不仅是重要的生态屏障，还是草食畜禽的基本生产资料。随着优质牧草开发利用力度逐步加大，以苜蓿为代表的豆科牧草蛋白质含量在 20% 左右，营养价值高，种植面积超过 2 200 万亩。同时我国非常规饲草资源非常丰富，据统计，我国各种可饲用的作物秸秆、藤蔓、荚壳等农副产品总产量约可达 8.42 亿 t，可收集利用量 6.86 亿 t，饲用量 1.77 亿 t，按照饲料单位折算，相当于 5 300 亿 t 玉米的净能量，约为我国现实玉米总产量的 40%。但

目前用于反刍动物饲用的秸秆量约 2.1 亿 t，仅占秸秆总量的 30%。如果我国能有 1/2 的秸秆用于养畜，在现有养殖水平下可养 8 亿只羊，相当于我国现有草食家畜养殖总量的 2/3，可节约饲料粮约 1 亿 t。但是目前秸秆的利用率非常低，既浪费资源又污染环境。因此，合理开发利用优质牧草、农作物秸秆资源，可为我国草食家畜的快速发展作出巨大贡献。

饲草型全混合日粮技术通过饲料组合效应原理，使适口性较差、营养价值低的粗饲料通过合理搭配，成为营养均衡的日粮，充分发挥粗饲料营养素互补的生产潜力，提高粗饲料的利用率，优化动物生产，为粗饲料的科学合理利用提供了一条新的发展道路。全混合日粮饲养技术可缓解饲料资源供需不平衡的矛盾，有利于大力发展我国节粮型草食畜牧业。

（二）发展饲草型全混合日粮技术是保证畜产品安全的重要措施

由于我国粮食资源尤其是饲料蛋白质资源的短缺，很大程度上需要从国外进口。2014 年进口大豆 7 140 万 t，玉米 260 万 t，其他谷物 1 692 万 t，薯类（主要是干木薯）867 万 t，玉米酒糟（玉米制品）541 万 t，总进口量已达 1.06 亿 t。这样就导致饲料价格上涨，一些非法者为了降低生产成本，就会添加一些不符合标准或违禁物品（如生长素、瘦肉精、三聚氰胺等），造成畜产品质量不合格，危及消费者的利益，甚至人身安全。此外，由于现代畜牧业逐渐向高效、安全、集约化发展，舍饲在中国现阶段甚至往后相当长的一段时间内是不可改变的养殖模式，家畜远离草原会导致或多或少的缺少某些营养物质，常处于亚健康状态，这就导致畜产品质量下降。优质牧草是反刍家畜最理想的日粮，如果合理利用当地的饲草及农作物秸秆资源，则可以有效地降低饲料成本，同时保证畜产品质量。饲草型全混日粮技术是一种高效配合技术，能高效地利用每种牧草特性，充分发挥草食家畜瘤胃机能，同时最大化地利用当地饲料资源，减少精饲料的用量，从而有效地控制饲料成本，使生产者获得较高的收益，也避免了滥用农药、兽药、饲料添加剂、动物激素、动物源性饲料等的现象，保证了畜产品安全。

（三）发展饲草型全混合日粮技术可有效解决草原牧区四季牧草产品供应不均衡问题

饲草的生长完全受制于季节性的气候变化，在夏、秋雨热同期季节，生长迅速、营养物质含量高、牧草供给充足；冬、春季节植物枯萎死亡，牧草产量低、品质差、供应不足，影响放牧家畜生产力的发挥，因此存在饲草产品季节性不平衡问题。对于夏、秋生长旺季的牧草，采用产业化方式将其收集、加工、调制，达到长期保存、供应牧草生产淡季及枯草期的使用，部分牧草还可作为商品出售。经过全混合日粮技术加工生产的草产品，可有效提高草产品的耐储性，更有利于贮藏和运输，从而使季节间、地区间草食家畜日粮得以均衡供应，为舍饲、半舍饲提供充足日粮，提高各类牧草及农业副产品的利用率，从而减少对粮食的需求，为防灾减灾型畜牧业提供了技术支持。

（四）发展饲草型全混合日粮技术是丰富国内草产品市场的需要

目前中国草产品流通量每年仅为 30 万 t，据不完全统计，按中国配合饲料年产量 1 亿 t

估算，可用于配合饲料的草产品潜在市场为 1 500 万 t 左右。随着节粮型畜牧业的快速发展，饲草料资源需求不断增加，供求缺口不断加大，这都严重制约了草食畜牧业的发展。禁牧、休牧期也需要大量的草产品储备来满足牧区的养殖业发展需求，尤其是自然灾害频发地区，防灾减灾每年都需要大量的优质耐贮草产品。中国草产品的生产水平与发达国家相比仍然存在很大差距，无论种类、数量和质量都不能满足中国畜牧业发展和生态环境建设对优质草产品的需求。饲草型全混合日粮的发展不仅要注重品种、数量，还要求有质量做保证，这都是建立在饲草型全混合日粮技术可有效控制成本的基础之上。因此，加大牧草和秸秆等饲草料资源开发利用力度，发展饲草型全混合日粮技术是我国现代畜牧业发展的市场需求。

饲草型全混合日粮技术是牧草高效转化利用的关键技术，也是我国草食家畜养殖业走向现代化、科学化的必由之路。随着我国现代牧草产业技术的发展，以及国内优质干草、草业产业化过程的不断加快和牧场粗饲料条件日趋改善，饲草型全混合日粮饲养技术必将得到大力推广应用，从而加速我国草食家畜养殖业现代化生产的实现。

第二节　饲草型全混合日粮加工原理

饲草型全混合日粮技术是以饲料间的组合效应理论为基础的。

一、组合效应的概念和类型

过去的饲料价值评定体系是在“可加性”的原则基础上建立起来的，即日粮的营养价值等同于日粮中各组分的营养价值之和。随着日粮能量评价体系研究的不断深入，饲料之间的组合效应逐渐被人们认识。早在 19 世纪末，德国动物营养学家发现日粮中淀粉含量过高会影响青干草的消化率，这是关于饲料之间组合效应的最早报道。随后 Ewing 也发现对于饲喂蛋白质含量低的农副产品与秸秆日粮的反刍家畜，由于日粮缺乏可降解蛋白质，会降低日粮的消化率与反刍家畜的生产性能，并将混合日粮中一种组分对另一组分的影响定义为饲料的组合效应。Forbes 等在 1931 年正式提出了饲草料之间的非加性理论（组合效应）。1933 年，Forbes 等指出，单个饲料的净能值在很大程度上依赖于与其配合的其他饲料组分。1964 年，Blaxter 报道，饲喂反刍家畜不同饲料组成的日粮时，日粮的表观消化率不等于各个日粮组分的表观消化率的加权值之和。目前，组合效应逐渐被动物营养学界广泛认同，而且受到越来越多的动物营养学家和动物生产者的关注。2000 年，卢德勋指出日粮的组合效应实质上是指来自不同饲料源的营养性物质、非营养性物质以及抗营养物质之间互作的整体效应。

饲料组合效应的定义有狭义和广义之说，其中狭义的饲料组合效应是指日粮内的饲料与饲料之间或饲料营养物质之间产生的组合效应。广义的饲料组合效应除包括狭义的组合效应外，还包括饲料营养物质与饲料内营养活性物质以及抗营养物质之间产生的组合效应，同时也包括这些营养因素与非营养因素或措施之间的互作效应。

根据饲料间互作关系的性质不同，饲料组合效应可分为 3 种类型：当饲料的整体互作使日粮内某组分的利用率或采食量指标高于各个饲料原料数值的加权值时，为正组合效

应；反之，若日粮的整体指标低于各个饲料原料数值的加权值时，为负组合效应；若二者相等，则为零组合效应。正组合效应可提高粗饲料的消化率和采食量，负组合效应可引起饲料能值的变化，降低有效代谢能。如 Silva 等（1984）发现，饲料中补充苜蓿等易消化物质，可提高纤维的整体消化率，饲料中添加大麦等则会引起纤维消化率下降。闫伟杰（2005）发现在饼粕与纤维型基础料组合时，30% 豆粕或 40% 棉籽饼会产生最大的正组合效应。张吉鹃等（2010）的研究结果表明，在低质饲草中补饲质量较好的饲草，会产生正组合效应。

饲料之间不存在纯的正组合效应或负组合效应，每种组合效应的表现形式都是正、负组合效应互作的结果，也就是说正组合效应包含着负组合效应，负组合效应中存在着正组合效应。影响饲料配合组合效应的因素有很多，如动物种类、饲养水平、饲养环境、饲料种类、饲料质量、配合比例、加工调制、评定组合效应的方法和指标以及营养调控措施等。

饲草型全混合日粮技术就是在该理论的基础上，通过调整饲料配比，充分发挥日粮不同成分间的正组合效应，从而增加饲料的利用率，提高动物生产性能，改善经济效益。

二、组合效应的衡量指标

（一）采食量

Gill 和 Powell 首次提出将草食家畜对饲草料采食量的变化作为衡量饲草料组合效应的指标，但未对其进行量化；卢德勋提出用替代率（substitution rate，SR）来对饲料组合效应的程度进行定量，其计算公式如下。

SR=（对照组粗饲料 DMI－试验组粗饲料 DMI）/（试验组精饲料 DMI－对照组精饲料 DMI）

式中，DMI 为动物的干物质采食量，kg/d。

当 SR＜0 时，为正组合效应；当 SR＞0 时，为负组合效应；当 SR=0 时，为零组合效应。SR 绝对值的大小可反映组合效应的强弱程度。

（二）消化率

消化率也是衡量饲料间组合效应的重要指标。Mould（1988）认为日粮中各个单一饲料的消化率加权求和作为日粮消化率的期望估算值，将日粮消化率的实测值与期望估算值进行比较，即可以得出日粮组合效应的程度。许多有关组合效应的研究是以饲料有机物或纤维消化率作为衡量指标，研究和评估低质粗饲料补饲蛋白质补充料后其间的正组合效应，以及粗饲料中补饲淀粉类精饲料或可溶性碳水化合物后其间的负组合效应。

（三）利用率

组合效应不仅发生在消化道层次，在组织代谢层次上也有体现，通过改变挥发性脂肪酸、葡萄糖、微生物蛋白质的产量、比例和家畜对这些物质的吸收程度，进而影响饲料养分和能量的利用效率。因此，饲料间的组合效应还可用养分或能值的利用率来衡量。在反

刍动物日粮中，由于饲料间可吸收养分的差异对代谢能利用率的影响很大，表现出明显的组合效应。Gill 等（1987）在绵羊和奶牛的研究中发现，在以低质饲草或青绿饲料为主的日粮中添加蛋白质补充料或氨基酸时，会对饲草的代谢能利用率产生正组合效应。

第三节　饲草型全混合日粮加工工艺

一、饲草型全混合日粮技术要点

（一）合理分群

全混合日粮技术注重群体饲养，容易忽略群体内个体间的差异，因此要求动物分群饲喂。根据动物的体况、生理阶段或营养需求不同，将相似状况的动物分在同一组内，集约饲喂管理，同组内动物的营养需求差异越小越好。在奶牛的饲养管理中表现最为明显。对于大型奶牛场，泌乳牛群根据泌乳阶段分为早、中、后期牛群，干奶早期、后期牛群及后备牛群，有条件的还可以把头胎牛作为一个群。对于小型奶牛场，可以根据产奶量分为高产、低产及干奶牛群和后备牛群。一般泌乳早期和产量高的牛分为高产牛群，泌乳中后期牛分为低产牛群。不同的奶牛场应根据自身的牛群状况、生产管理条件等因素确定适宜的分群方式，以确保取得最佳的饲养效果，发挥饲料的最大价值。

（二）日粮配方的调制

在动物合理分群的基础上，充分考虑每群动物的生理阶段、体况、产奶量及气候等因素，并参考动物饲养标准，根据营养需求和预测干物质采食量（DMI），合理制作各自的配方，以满足不同群体的营养需要。

DMI 是配制全混合日粮最关键最重要的一环。对于 DMI 预测，根据有关公式计算出理论值，结合奶牛不同年龄、体重、胎次、产奶量、泌乳阶段、乳脂率和乳蛋白率推算出实际采食量。最容易犯的一个错误是高估牛群的 DMI。实际的干物质采食量低于期望或预估量是非常普遍的事情。

配合日粮时，必须因地制宜，充分利用本地的饲料资源，以降低奶牛饲养成本，提高生产经营效益。

（三）原料营养浓度的检测

准确的原料营养成分浓度是全混合日粮科学配制的基础。不同的原料，即便是同一种青贮或干草饲料，因其调制方式、收割时间、来源产地等不同，饲料自身的营养成分和干物质的含量等也存在明显的差异。因此，全混合日粮的原料应每周或每批化验一次，以保证对各种原料的成分进行科学准确的检测。

（四）水分含量的控制

日粮的水分含量直接关系到日粮干物质的采食量。在奶牛生产中，为了使泌乳量达到

最高，就必须使干物质摄入量达到最理想。马里兰大学研究表明，每增加 0.45 kg 干物质采食量，牛奶产量将增加 0.91～1.14 kg。而全混合日粮技术对水分的含量要求更为精确，因此每周要至少检测一次原料水分，以确保配制全混合日粮时足量的干物质。一般全混合日粮水分含量以 35%～50% 为宜，过干或过湿均会影响采食量。据资料表明，如果大量饲喂青贮饲料，全混日粮中水分含量超过 50%，水分每增加 1%，干物质采食量按体重 0.02% 下降，导致产奶量下降 2.5～3 kg。

同时，含水量保持在 35%～50%，可以保证各种原料能较好地附着黏合在一起。

（五）粗饲料品质和切割长度的规范

粗饲料的品质对草食家畜的生产性能和健康状况影响很大。据研究表明，劣质牧草对草食家畜生产性能和健康的影响比低质量、低能量的精饲料影响更大。美国威斯康星大学研究了不同品质的紫花苜蓿干草对奶牛产奶量的影响，结果显示精饲料固定的情况下，牛奶产量随饲草质量的提高而提高，质量高的苜蓿干草，即使只配合精饲料，产奶量也能达到较高水平。饲喂高品质饲草，即使提高日粮中精饲料的比例，也不能明显提高产奶量；低品质的饲草，需要配合高比例的精饲料才能提高产奶量。牧草质量太差，即使增加精饲料的比例，产奶量的提高也很有限。精饲料在日粮中的比重越高，产奶量越高，但比重过高，也会影响奶牛的健康。

常用优质饲草主要有全株青贮玉米、苜蓿、羊草、燕麦干草以及农作物秸秆等农副产品。

（1）优质全株青贮玉米指标。乳熟期或蜡熟期收割，切割长度 0.95～1.9 cm，含水量 65%～70%，pH＜4.2，籽实比例 40%～45%，淀粉含量＞28%，NDF 45%～55%，中性洗涤纤维消化率（NDFD）47%～62%，产奶净能 5.2～6.0 MJ/kg。

（2）优质苜蓿干草标准。成熟早期至中期刈割，叶量多，茎细或中等粗细，无霉变，颜色绿色，CP＞18%，ADF＜32%，NDF＜40%，RFV＞150%，中性洗涤纤维消化率（NDFD）45%～55%。

（3）羊草。品质良好羊草最佳刈割期为抽穗期，CP≥7%，NDF≤60%，ADF≤40%，中性洗涤纤维消化率（NDFD）40%～60%，产奶净能≥5.2 MJ/kg。

（4）燕麦干草。品质良好燕麦干草最佳刈割期为抽穗期，CP 可以达到 10% 以上，NDF 50%～63%，ADF 25%～40%，中性洗涤纤维消化率（NDFD）40%～65%，产奶净能 5.0～6.0 MJ/kg。

饲草的切割长度对草食家畜的瘤胃健康至关重要。如果饲草切割长度过长，会影响动物采食，造成饲喂过程中的浪费；切割过短、过细又会影响草食动物的正常反刍，造成瘤胃 pH 降低，出现一系列代谢疾病。粗饲料的长度是影响反刍动物饲料利用率、瘤胃功能、生产性能及健康状态的重要因素。因此，在配制饲草型全混合日粮时，应注意饲草的切割长度。青贮饲料中应保证 15%～20% 的饲草长度超过 4 cm，对于青贮饲料所占比重较高的日粮，应有适量足够长度的青干草来促进反刍咀嚼以刺激瘤胃维持缓冲体系。如果适度长的青干草含量较低，虽然采食量会相对提高，但一段时间后（大约 7 d），草食家畜尤其是奶牛会出现食欲减退甚至废绝的现象，这是瘤胃酸中毒的表现，如果适时添加长青干草，家畜食欲会得到一定程度的恢复。

（六）混合均匀

选择合适的全混合日粮搅拌设备，对原料进行充分混合。

搅拌时注意：①准确称量、投料；②合适的填料顺序，一般根据搅拌车类型具体安排填料顺序；③适时的搅拌时间。搅拌时间过长，全混合日粮太细，有效纤维不足；搅拌时间太短则混合不均，精粗料易分离，营养不均，影响饲喂效果，一般物料全部填完后再混合 4～5 min。

二、饲草型全混合日粮技术工艺

饲草型全混合日粮制作遵循先干料后湿料，先精饲料后粗饲料，先小密度饲料后大密度饲料的投放原则。一般各种饲料添加顺序如下：干草→精饲料→副料→青贮饲料→湿糟类等。因为粗饲料先混合时可让精饲料充分附着，使精粗饲料混合更均匀，但如果先放入精饲料混合，将会导致精饲料遗漏进搅拌罐的死角，造成精饲料损失，且精粗饲料混合不均匀。在混合过程中，要边加料加水，边搅拌，待物料全部加入后再搅拌 4～6 min，若日粮无 15 cm 以上的粗饲料则搅拌 2～3 min 即可。要确保搅拌结束后的日粮至少有 20% 以上长度大于 3.5 cm 的粗饲料。

各原料组分必须计量准确，充分混合，防止精粗饲料组分在混合、运输或饲喂过程中分离。

三、饲草型全混日粮配套设备

饲草型全混合日粮技术最主要的设备是搅拌机，主要功能是对各原料组分进行精确计量并均匀混合，同时对长纤维粗饲料具有剪切和揉搓的作用。全混日粮搅拌机既可解决高强度的搅拌工作问题，又能解决运输和喂料问题。

（一）搅拌车的种类和特点

该设备按作业形式可分为自走式、牵引式和固定式 3 种，按搅拌箱的结构可分为卧式和立式两种。

1. 自走式搅拌机

自走式搅拌机能够完成除精饲料加工外的所有工作，包括自动取料、自动称重计量、混合搅拌、运输、饲喂等。优点是自动化程度高、效率高、视野开阔、驾驶舒适，是搅拌机中的高端产品，适合现代化大型牛场使用；但是价格昂贵。

2. 牵引式搅拌机

牵引式搅拌机由拖拉机牵引，物料的混合及输送的动力来自拖拉机动力输出轴和液压控制系统。送料时，边行走边进行物料的混合，拉至牛舍即可饲喂。其可使搅拌和饲喂连续完成，并且根据需要可带取料系统。适合通道较宽的牛舍（宽度大于 2.5 m）。由于能够移动，习惯上也被称为搅拌车。

3. 固定式搅拌机

固定式搅拌机一般以三相电机为动力，常见的机型为卧式结构。通常放置在各种饲料

储存相对集中、取运方便的位置，将各种饲料原料加工搅拌后，由出料设备卸至喂料车上，再由喂料车拉到牛舍饲喂。该类机型适合全混合日粮加工配送中心和牛舍通道狭窄的养牛小区使用。该类机型价格较低，比较适合我国大多数养牛场。

4. 卧式搅拌机

卧式搅拌机的车厢体内有数条纵向绞龙，用于搅拌和推动日粮向出料口行进，并在绞龙叶片上装有切割刀片，能将日粮很好地切碎与混合。适合比重差异较大、较松散、含水率相对较低的物料混合。其特点是：能完成小批量物料的混合；添加长草比例很小，一般在 10%～20% 内，如果日粮配方需要处理大量长干草，需要先切铡或粉碎；否则容易出现对饲料挤压剪切过细，以及有长草缠轴的现象。厢体截面均呈方形易留有死角残料；一些长料箱绞龙的搅拌轴太长，使用中容易造成轴变形，绞龙容易磨损；容积相同的情况下，配套动力一般大于立式搅拌机；其价格明显高于立式搅拌机。

5. 立式搅拌机

立式搅拌机的搅拌箱呈立桶形，装有螺旋形切碎钻，螺旋形钻呈接近水平工作的切割力（似绞肉机芯），并且在桶壁设计有可伸缩的底刀，使切割的效果提高很多。其优点是可以迅速打开并切碎大型圆、方形草捆，对长草的适宜性好，比较适合含水率相对较高、黏附性好的物料混合。维修方便，使用寿命较长，机箱无死角，卸料时排料干净，不留余料。缺点是混合时间较长。

（二）搅拌机的选择

在全混合日粮饲养技术中，日粮搅拌机的选择非常关键，关系到能否对全部日粮进行彻底混合。

1. 机型选择

根据需要调制的日粮结构组成来决定搅拌机的机型。一般而言，卧式结构中长草添加比例 10%～20%，但事先需要破捆；立式结构可以适应方捆、圆草捆等各种形状，长草添加比例可达 100%。根据牛舍的结构和道路决定选择移动式还是固定式。在移动方式上，自走式或牵引式比固定式节省人工，工作效率高。根据经济状况确定全自走式、牵引式。

2. 容积大小选择

根据养殖场的建筑结构、喂料道的宽窄、畜舍高度和畜舍入口等来确定合适的搅拌机容量；同时根据畜群大小、干物质采食量、日粮种类（容重）、每天的饲喂次数以及混合机充满度等选择混合机的容积大小。在所有因素中，最重要的是养殖规模的大小。

（三）搅拌机的保养和维护

搅拌机在日常使用中应注重保养和维护，搅拌机的正常运转不仅关系日粮混合效果的好坏，而且会影响到养殖场的经济效益。搅拌机应按照保养程序定期进行保养，超负荷运转时应增加保养次数。在计量和运转时，应处于水平位置。在添加粗饲料时，不允许将整

包的实心草捆放入搅拌机的机箱内。禁止瞬间往搅拌系统内投入过重的物料，否则称重系统会受到冲击。搅拌量最好不要超过最大容量的80%，给机箱留有充足的搅拌空间。每次上料完毕后及时清理剩料。加强机器日常的保养，如工作一段时间后用润滑油润滑链条、传动轴、滚筒活塞及支轴，检查皮带松紧、油缸游标尺的油高位置、离合器拉杆松紧，并及时更换空气滤芯、燃料滤芯及液压油滤芯等。

四、饲草型全混日粮的效果评价

（一）感官评价

精粗饲料混合均匀，松散不分离，色泽均匀，新鲜不发热、无异味，不结块。

（二）粒度评价

日粮的粒度对反刍动物瘤胃健康至关重要，因此全混合日粮的粒度是评价全混合日粮效果的一个关键指标。宾州筛是考核全混合日粮混合粒度的重要工具，也被称为草料分析筛、TMR饲料分析筛、三层饲料分析筛、宾州颗粒分离筛。具体的方法是：动物未采食前从日粮中随机取样，放在上部的筛子上，然后水平摇动2 min，直到只有长的颗粒留在上面的筛子上，再也没有颗粒通过筛子为止。最后，分别计算长、中、细三部分在日粮中所占的比例。表5-1为美国宾州大学针对TMR日粮在各层比例的推荐值。

表5-1　美国宾州大学针对TMR日粮的粒度推荐值　%

饲料种类	一层比例	二层比例	三层比例	四层比例
泌乳牛TMR	15～18	20～25	40～45	15～20
后备牛TMR	40～50	18～20	25～28	4～9
干奶牛TMR	50～55	15～30	20～25	4～7

（三）计量监测

准确的计量是确保全混日粮质量的关键，所以日常全混日粮生产过程中必须保证计量准确，并加以监测。要定期对饲料搅拌车的计量装置进行校准，每周至少一次。添加各种原料前先做好报警设定，当报警器鸣叫后要慢加少添，控制好进料数量，尽量做到每个日粮组分零误差。监测TMR生产过程中的投料计量，控制每个日粮组分的最大误差在2%以内。

（四）营养分析

每月定期对加工后的全混合日粮进行采样分析。将实验室测定的各种营养成分含量，与全混合日粮投料单配方的理论营养成分含量加以对比，二者误差应控制在3%以内。理论营养误差计算方法：误差值=（实验室测定值－配方理论值）÷配方理论值 ×100%。

第四节　新型全混合日粮加工技术

全混合日粮饲养技术是我国畜牧业向现代化、规模化、集约化发展的趋势，目前在我国一些现代化养殖场如大型奶牛场已普遍应用。但在实际应用过程中存在很多问题，尤其是全混合日粮的含水量较高，导致饲料的贮存期很短，开袋后在短时间内或一次性饲喂不完，极易发霉变质，造成饲料的浪费。为了克服以上这些问题，研发出了一些新型全混合日粮加工技术，如发酵全混合日粮和全混合日粮颗粒化。

一、饲草型发酵全混合日粮

为了克服全混合日粮贮藏难的问题，20 世纪 90 年代日本研发了发酵全混合日粮（fermented total mixed ration，FTMR）技术。FTMR 是指在人工控制的条件下，将新鲜混合的 TMR 饲料放入密闭封存的发酵装置，进行厌氧发酵而调制出的营养平衡、能够贮存一定时间的一种新型日粮。目前欧洲、美国及日本等奶业发达国家已广泛推广使用此技术，我国部分地区也逐渐使用并进行商品化推广。

（一）生产技术

1. 技术要点

发酵 TMR 是综合了全混合日粮技术和青贮发酵技术，在生产过程中需要进行压实、密存、厌氧环境等处理。优质的 FTMR 对于原料的含水量和发酵时间有较为严苛的要求。因此，进行 FTMR 生产时，除了要遵循常规 TMR 相关生产技术外，特别应注意以下两点。

（1）控制原料含水量是成功调制 FTMR 的关键。水分含量过高或过低，均会影响 FTMR 的发酵品质。水分含量过低，原料质地比较粗硬，不易压实，原料间存留空气较多，导致好氧细菌大量繁殖使饲料发霉变质；同时水分过低会使 FTMR 中精粗料混合不均匀，引起反刍动物出现挑食现象，严重的导致酸中毒。反之，水分含量过高，会引起酪酸菌的繁殖活动，产生大量丁酸，使饲料发臭、变黏。通常认为，FTMR 含水量以 40%～50% 为宜。

（2）尽快创造和保存厌氧环境。饲料中好氧微生物大量繁殖极易导致 TMR 的酸败。只有保持厌氧状态，才能有效抑制好氧性微生物的活性，防止 TMR 霉烂、变质。因此，为创造厌氧环境，必须保证发酵设施和设备密闭性能良好，以及饲料原料确保切短或揉搓，装填及时，踩压紧实。

2. 生产方式

全混合日粮裹包技术是 FTMR 最主要的生产方式，目前应用最为广泛。它借鉴了裹包青贮的生产技术，把搅拌好的全混合日粮通过裹包机用拉伸膜打捆裹包，制成裹包 TMR，可有效保持原料的营养价值，作业机械化程度高、机动性强，取饲方便，有效地满足了广大小规模养殖户对 TMR 日粮需求，解决了贮存易变质的难题。裹包的贮存时间不宜超过 15 d，初次饲喂时应有 7～10 d 的过渡期。

具体的生产工艺流程为：①原料预处理。将干草类粗饲料预切，准备添加的微生物制

剂；②投放原料。根据 TMR 配方将粗饲料和精饲料按照投料顺序投料到 TMR 搅拌车中，添加微生物制剂，将物料充分混匀搅拌；③产品裹包。将搅拌均匀的物料传送到打包裹膜设备进行打捆裹包；④发酵。发酵 7 d 左右。

新鲜的全混合日粮饲料进行打捆裹包后，虽然在一段时间内饲料的干物质的损失随着贮藏时间的延长会增加，但总体来看对营养成分的含量没有产生明显的负面影响。而增加包膜层数可以显著提高拉伸膜的气密性，延长发酵 TMR 的存放时间。

（二）特点

与常规 TMR 相比，FTMR 具有以下优点。

（1）稳定性良好，便于贮存和运输。常规 TMR 由于水分含量较高，极易发生腐败变质，动物采食后会引起一系列不良反应甚至诱发疾病。尤其在高温、高湿环境下，TMR 饲料中好氧性微生物活动剧烈，24 h 内即可发生变质，因此不利于贮藏和运输。而 FTMR 在密封厌氧的环境下可以安全贮存一定的时间，保质期可以达到 10～15 d，即使开封后在 2 d 内也不会发生腐败变质。

（2）改善适口性，提高饲料的营养水平和消化吸收率。发酵后的 TMR 饲料质地柔软蓬松，具有酸香味，动物喜爱采食。并且发酵过程可提高饲料中营养物质的含量及降解率。杨晓亮的研究表明，TMR 饲料发酵后提高了粗蛋白质的含量而降低了中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维的含量。张俊瑜（2010）的研究表明裹包可提高 TMR 中营养物质的瘤胃降解率。

（3）可充分利用非常规饲料资源。我国每年产有大量的农作物副产品，如酒糟、豆腐渣、甜菜渣等价格低廉、营养价值高，但由于其含水量高，极易发生腐败。而 FTMR 可以充分利用这些非常规饲料资源，减少资源的浪费并降低生产成本。

（4）维护动物胃肠道微生态平衡，提高动物抗病力。发酵过程可使 TMR 饲料中有益菌如乳酸菌大量增殖，动物采食后可以有效稳定瘤胃 pH，改善瘤胃内环境，抑制有害微生物的生长和繁殖，增强动物的抗病力，减少代谢疾病。

虽然 FTMR 有很多优点，但在实际应用中，需要配备生产设备，成本较高。与 TMR 相比，FTMR 需要人工或机械拆包饲喂费时费力，而且压实成块，流动性差，分发撒饲不方便，运距受限。

（三）利用

目前，FTMR 主要应用在奶牛养殖业中。王晶等（2009）对泌乳末期的奶牛进行饲喂试验，结果表明裹包 FTMR 与常规 TMR 相比，明显提高了产奶量和产奶效率。周振峰等（2010）研究发现，泌乳中期奶牛饲喂 FTMR 后，奶牛每天的干物质采食量增加了 1.3 kg，日产奶量增加了 7.69%，同时粗蛋白质和粗脂肪的表观消化率也明显增加。经产泌乳末期奶牛饲喂 FTMR 后，日产奶量提高了 2 kg，4% 标准乳、乳蛋白和乳糖产量分别提高了 13.6%、14.6% 和 15.8%；粗脂肪和粗蛋白质的表观消化率分别提高了 17.3% 和 12.6%（张俊瑜，2010）。李长春等（2017）通过研究 FTMR 对肉羊的饲喂效果发现，饲喂 FTMR 提高了羔羊的育肥性能和屠宰性能，并改善了羔羊肉的风味。

二、饲草型全混合日粮颗粒饲料

TMR 颗粒饲料是指根据反刍动物在不同生长阶段对营养的需要，将切碎的粗饲料、精饲料和各种营养补充剂充分混匀，调制加工成颗粒状营养均衡的全混合日粮。

（一）特点

与散状 TMR 相比，TMR 颗粒料具有以下优点。

（1）可以显著改善日粮适口性，有效防止牛羊挑食，提高反刍动物干物质采食量。

（2）有利于维持瘤胃及消化系统的正常功能。颗粒化 TMR 营养均衡，反刍动物采食颗粒化 TMR 后，瘤胃内可利用碳水化合物与蛋白质分解利用更趋于同步，有利于维持瘤胃内环境的相对稳定，使瘤胃内发酵、消化、吸收及代谢正常进行，有利于提高饲料利用率，并可以有效防止反刍动物消化系统机能的紊乱。

（3）在制粒过程中产热破坏了淀粉结构，增加了饲料中营养成分在小肠内的消化率。颗粒料中由于大量糊化淀粉的存在，将蛋白质紧密地与淀粉基质结合在一起，生成瘤胃不可降解蛋白质，可直接进入肠道消化，以氨基酸的形式被吸收，有利于反刍动物对蛋白氮的消化吸收。若膨化后再制粒可显著增加过瘤胃蛋白质的含量。

（4）有利于大规模工业化生产，制成颗粒后贮运方便，投饲省时省力，减少饲喂过程中饲（粮）草浪费以及粉尘污染，有利于提高规模效益和劳动生产率。

（5）便于根据反刍动物营养需求的变化调节日粮，控制生产，并可以有效地开发利用当地尚未充分利用的农副产品和工业副产品等饲料资源，降低饲料成本。

（二）利用

目前，TMR 颗粒料在我国牛羊养殖业中的应用还很少，正处于研究阶段。罗军等（2004）利用 TMR 颗粒料补饲生长前期的山羊，观察其生长发育，探索舍饲条件下用 TMR 颗粒料饲喂肉山羊的可行性，结果发现麦秸粉含量为 20% 的 TMR 颗粒料制作工艺可行，可作为羔羊的开食料推广。李亚奎等（2011）验证了 TMR 颗粒料在实际生产中的应用效果，结果表明颗粒化 TMR 增加了羔羊的日增重和料重比，并提高了经济效益。曹秀月等（2011）进行了肉羊 TMR 颗粒饲料的研发，并通过饲养试验对不同饲料配比全混合日粮颗粒饲料进行了效果分析，优化出了羔羊育肥 TMR 颗粒饲料的配方。

思 考 题

1. 饲草型全混合日粮在畜牧业生产中的意义是什么？
2. 粗饲料分级指数有哪些？
3. 简述组合效应的概念和类型。
4. 饲草型全混合日粮制作的技术要点是什么？
5. 饲草型全混合日粮的生产工艺是什么？
6. 其他饲草型全混合日粮技术有哪些？

参 考 文 献

[1] 王晓光，贾玉山，格根图．畜产品与粮食安全及牧草型全混日粮技术的研究进展．中国畜牧兽医，2011，38（3）：42-46.

[2] 刘丽英．饲草型全混日粮的评价及配方筛选．呼和浩特：内蒙古农业大学，2011.

[3] 张子仪．中国饲料学．北京：中国农业出社，2000.

[4] Forbes E B, Braham W W, Kriss M, et al. The metabolisable energy and net energy values of corn meal when fed exelusively and in combination with alfalfa hay. Journal of Agricultural Research, 1931, 43: 1015-1026.

[5] Blaster K L. The energy metabolism of ruminant. London: Hutehinson, 1964.

[6] SiIva, A T, Orskov, E R. Effect of three difference rumen environments on the rate and extent of the rumen degradability of untreated straw, ammonia treated straw and hay. Proe.Nutri. Soe, 1984, 43: 117.

[7] 闫伟杰．饼柏蛋白与羊草 NDFI 玉米淀粉混合料的组合效应研究．杭州：浙江大学，2005.

[8] 张吉鹃，李龙瑞，卸庆华．稻草与不同饲料混合在体外消化率上的组合效应研究．饲料工业，2010，31（18）：35-40.

[9] Gill M, Beer D E, Buttery P J, et al. The effect of oestradiol-17β implantation on the response in voluntary intake, live weight gain and body composition, to fish mill supplementation of sillage offered to growing cows. Journal of Agricultural Research, 1987, 108: 9-16.

[10] 成立新，贾玉山，杨瑞杰，等．饲草型全混日粮评价与组合效应研究．饲料研究，2013（5）：42-46.

[11] Orskov E R. Feed Sci, World Anim Sci, B4. Elsevier, 1988.

[12] 王晓光．饲草型全混日粮饲用价值评价研究．呼和浩特：内蒙古农业大学，2011.

[13] 李长春，成启明，王志军，等．饲草型 FTMR 对羔羊生产性能的影响．中国草地学报，2017，39（2）：90-95.

[14] 王晶，王加启，国卫杰，等．全混合日粮裹包贮存效果及对奶牛生产和血液生化指标的影响．中国农业大学学报，2009，14（3）：69-74.

[15] 周振峰，王晶，王加启，等．裹包 TMR 饲喂对泌乳中期奶牛生产性能、养分表观消化率及血液生化指标的影响．草业学报，2010，5（19）：31-37.

[16] 张俊瑜．裹包全混合日粮瘤胃降解特性及对奶牛生产性能的影响．乌鲁木齐：新疆农业大学，2010.

[17] 罗军，田冬华，李声永，等．全混合颗粒日粮补饲羔羊的增重效果分析．中国畜牧杂志，2004，40（11）：45-46.



第六章　草产品精深加工与贮藏技术

【学习目标】

- 了解高附加值草产品的概念及草产品精深加工的意义。
- 掌握高附加值草产品的种类和加工原理。
- 了解草产品精深加工与贮藏技术。

牧草是世界上最重要和分布最广泛的植物资源之一，随着人类对草地生态系统功能认识的不断深入，牧草的概念和内涵有了极大的延伸。牧草已不仅仅局限于用作饲草来饲喂家畜，还可以用于生态环境治理、城市美化，以及食品、医药、工业原料等，可通过多元化草产品开发与精深加工，形成一系列高附加值产品。牧草非饲用产品开发利用将为牧草附加值的增加和草业生产领域的拓展起到积极的作用。

高附加值草产品是指通过对牧草的精深加工，提高其附加值而得到的草产品。这些草产品按照其加工利用方式的不同，可以分为食用草产品、草制工艺品、工业原料用草产品及医药用草产品等。

第一节　草产品精深加工概述

一、草产品精深加工的意义

（一）合理开发草原植物资源，是助力国民经济的重要途径

我国草原地域辽阔，经济植物资源丰富，共有 8 000 余种，分属于 260 余科，其中具有开发价值的纤维植物、淀粉植物、油料植物、食用植物、药用植物和蜜源植物等有 3 000 余种。这一宝贵资源，除用于发展畜牧业外，还可以用于开发天然食品、药材、木器、造纸原料等多种方面。目前，这些资源除少部分已开采过度导致破坏严重外，大部分尚未开发利用，仍处于自生自灭状态，如能做到生态效益、牧用效益和开发利用三结合，必将产生更大的生态、经济和社会效益。因此，从实际出发，合理开发利用草原经济植物资源，增加草产品的多元化，发展各具特色的商品经济，也是经济建设中不可忽视的重要课题。

（二）拓展草业生产领域，是增加草产品附加值的有效渠道

目前我国的草产品，以草捆、草块、草颗粒、草粉等初级产品为主，技术含量低。而 20 世纪 80 年代以来，美国、英国、澳大利亚、俄罗斯等国家十分重视从栽培牧草中提取

蛋白质、纤维素、叶绿素、不饱和脂肪酸、β-胡萝卜素等有效物质的技术研究和产品开发，对苜蓿等进行多层次加工和综合利用，以工厂化生产出叶蛋白质、纤维素等，并以此为基料，用于饲料业、食品业和医药业中，取得了较高的经济效益。据估算，苜蓿直接用作饲料，利用率只有20%～30%；若用于深加工，利用率可达65%～80%，相当于每加工1万t鲜苜蓿，可生产叶蛋白质300 t，膳食纤维240 t，干草饼2 000 t，苜蓿绿素油0.3 t，总价值近900万元，是原料售价的7倍。欧盟利用特殊的榨汁、逐级提纯和分离技术设备，每1 t鲜苜蓿提取3 kg以上的高品质蛋白质，按当地价格计算，售价高出原料价格6倍以上。我国应加大对牧草多元化开发和精深加工，拓展牧草产业领域，形成一系列高附加值的草产品，开辟经济发展的新途径。

（三）开发多元化草产品，是满足国民生活需求的客观要求

随着人们生活水平的提高，人们对生活品质的要求越来越高，对食品的要求更高，不仅追求营养和保健，更追求饮食的享受。人们希望食品更清新、更爽口、更方便，要求食品具有更高的感官享受。牧草种类繁多，营养价值全面，其中尤以苜蓿最全面而丰富。苜蓿叶蛋白质总能为20.4～23.9 kJ/g，胡萝卜素含量为500～1 200 mg/kg，叶黄素含量为1 000～1 800 mg/kg，碳水化合物含量为5%～10%，不饱和脂肪酸含量为3%～7%。苜蓿富含大量高品质的蛋白质和人体必需的氨基酸、维生素以及钙和磷等，苜蓿嫩苗可用于制作苜蓿罐头和脱水蔬菜等，西方国家将苜蓿芽菜作蔬菜食用。苜蓿还可以补充人体对微量元素的需要，通过分离苜蓿茎叶，可以利用苜蓿叶蛋白质加工产品获得生物活性钙；苜蓿中磷元素对于青少年的智力发育有益；苜蓿中锌元素的含量也很高，可以开发制作富锌芽菜；苜蓿芽中含有较多的硒元素，并可以通过人工加硒的方法，进一步提高硒的含量。至于我国民间，以新鲜苜蓿制作各种风味食品的方法和技术，形形色色，不胜枚举。牧草的多元化产品开发不仅仅局限于食品领域，还包括染料、化妆品等工业草产品，虫草、甘草等药用草产品，草编等工艺草产品。这些多元化草产品的加工，极大地满足了国民生活的需求。

二、草产品精深加工原理

我国牧草资源丰富，具有较高的开发价值，包括纤维植物、淀粉植物、油料植物、食用植物、药用植物和蜜源植物等种类，为多元化草产品的加工提供了丰富的原料。但由于这些牧草的特点各有不同，因而常常需要对这些牧草进行适当的物理、化学和生物等加工处理，提高其利用价值和附加值。

（一）草产品精深加工原料的特点

1. 食用草的营养功能和保健作用

人工食用草产品目前主要是指以紫花苜蓿为原料来生产的草产品。苜蓿含有丰富且高质量的蛋白质、纤维素和矿物质（如铁、锌等），具有改善营养、增强人们体质及预防富贵病等功效。近年来，人们对苜蓿中的营养成分进行了深入研究和开发，以苜蓿为主要原料或配料的各种食品、保健品以及饮品纷纷涌入市场。

（1）苜蓿蛋白质。苜蓿蛋白质含量高，大部分存在于叶片中。由于蛋白质含量与植株成熟度呈极显著负相关，即株龄越大，粗蛋白质含量越低。因此利用苜蓿的最适宜时期为现蕾期或初花期。对苜蓿蛋白质的食用价值研究主要集中在叶蛋白质方面。苜蓿叶蛋白质的营养价值与日常食品进行比较，苜蓿叶蛋白质产品的蛋白质含量远高于鸡蛋、牛肉等食品，并富含维生素 A、维生素 E、Fe、Ca 等营养物质，而且氨基酸种类齐全，组成比例较为平衡，与联合国粮农组织推荐的成人氨基酸模式基本相符。其中赖氨酸含量比较丰富，可以弥补谷类食品在这方面的不足。

（2）膳食纤维。膳食纤维是功能性食品中的一种重要性功能基料。新鲜苜蓿绿叶经粉碎、榨汁和过滤后分离出的叶渣，含有 70% 以上的总膳食纤维含量，是一种极好的天然果蔬类纤维源，生理功能良好，可促进肠道蠕动，改善肠道消化和吸收，也有轻泻作用。纤维可减缓消化速度和加速排泄胆固醇，可让血液中的血糖和胆固醇控制在最理想的水平。苜蓿的可食纤维含量高达其株重的 20%，是最丰富的可食纤维来源之一，它的膳食纤维含量要远远高于小麦糠、玉米糠等常见的膳食纤维原料。

（3）苜蓿中的维生素和矿物质。苜蓿中维生素种类全面含量而丰富，包括维生素 A、维生素 D、维生素 E、维生素 K、叶酸、泛酸、肌醇和烟酸，特别是维生素 A、维生素 E 含量丰富。维生素 A 是人体必需的微量营养素之一，对视觉发育、免疫功能、生长发育等有重要作用。维生素 E 是一种重要的抗氧化剂，能清除自由基、保护细胞结构的完整。维生素 A 在维持人体正常凝血过程中起着重要作用。

苜蓿中矿物质含量丰富，包括 P、Ca、K、Na、Cl、S、Mg、Cu、Mn、Fe、Co、B、Mo 等以及微量元素镍、铅、锶、钯等。钙可促进骨骼和体格发育，磷对智力发育有益。苜蓿中锌的含量也很高，锌参与体内多种酶的合成，缺乏锌可降低有关酶的活性而影响人体生长发育、免疫防卫、创伤愈合、生殖生育等生理功能。

苜蓿叶片中富含矿物质和维生素，尤其富含维生素 K，用来生产保健茶，可以有效预防和治疗关节炎、哮喘、血液系统失调、疲劳、消化不良、高胆固醇和糖尿病等。

（4）苜蓿中的免疫活性多糖。苜蓿多糖是从紫花苜蓿中提取的植物多糖，据有关的试验报道，苜蓿多糖中不含蛋白质和淀粉，为酸性多糖。苜蓿多糖的免疫增强效应体现在：①对外源凝集素反应的促进作用，在体外，MSP 可以相当明显地刺激 PHA、CONA、LPS、PWM 诱导的有效分裂反应，苜蓿多糖浓度为 31～62 mg/mL 时就有统计学意义；②对机体有产生抗体能力的影响，它能够提高机体淋巴细胞产生抗体的能力。

2. 工艺草及其特点

工艺草经过加工形成各种各样的草制工艺品，其原料生长地域广泛，易得易做。地域不同，草制工艺品的原料也不同，长江流域的草编原料多用野生的苏草、蒲草、茅草等，也有用农作物稻草为原料的。黄河流域的草编原料多为麦草、金丝草、龙须草等。这些适于草编的用草，草茎光滑、节少、质细而柔韧、有较强的拉力和耐折性。草制工艺的加工首先要进行选料，根据草编的不同，选取不同种类、不同部位以及粗细长短的工艺草原料。然后进行漂白与防护剂浸泡。

3. 工业草的原料及其特点

（1）食品工业添加物。

① 淀粉植物及其特点。我国草原上的淀粉植物资源丰富，种类繁多，可开发潜力很大。据统计，内蒙古境内就有橡子、沙蓬粉、灰菜籽、山谷子、野山药等170多种，年产量在5 000万kg以上。一般淀粉植物的淀粉含量都在20%以上。例如，百合科植物的球形鳞茎含淀粉70%左右、蕨科植物其根状茎含淀粉20%～46%。淀粉是由碳、氢和氧组成的高分子有机化合物，属于多糖，是由多个缩水葡萄糖单位缩合而成，分子式是（$C_6H_{10}O_5$）$_n$，其主要由直链淀粉、支链淀粉组成，它们的性质不同，所以淀粉中直链淀粉和支链淀粉的不同含量也使淀粉有不同的性质和用途。

淀粉糊化：淀粉与水混合成淀粉乳，预热则变成淀粉糊，此种现象称为糊化。糊化发生的温度称为糊化温度，不同淀粉的糊化温度各不相同。例如，马铃薯淀粉在56℃开始糊化，而玉米淀粉则在62℃糊化。各种淀粉糊化后具有不同的性质。淀粉糊化后黏度有很大变化，如继续加热，有的黏度降低很多，有的则降低较少；不同淀粉糊的澄清程度也不相同，有透明、半透明和不透明之分；有的淀粉糊冷却后凝结成冻胶状，强度大，有的淀粉糊则不凝结，仍保持流动状态。这些不同的性质决定着淀粉的不同用途。

淀粉变性：为使淀粉更适合与某种用途的需要，常加以处理，制成变性淀粉。淀粉变性是根据淀粉分子具有醇的性质，与其他化合物生成淀粉衍生物，重要的有硝化淀粉、羧甲基淀粉、丙烯淀粉等。

② 油料植物及其特点。油脂植物通常是指植物某一器官的含油量在10%以上的植物，栽培油脂植物的含油量一般在30%以上。野生油脂植物很多，我国已发现的油脂植物约1 000种，分别隶属于100多个科，约400个属。生长在草原上的油料植物主要有苍耳子、蒿子籽、木瓜、杏仁等40多种，仅内蒙古草原产量就可达2 000万kg，含油量一般为17%～40%，出油率最高的木瓜籽含油量高达46.7%，杏仁含油量50%，出油率40%～50%，是国际市场上的传统商品，每吨价值400～500美元。在内蒙古，山杏主要分布在大兴安岭山麓一带的兴安盟、哲盟、昭盟和阴山地区的乌盟。生长在沙漠草原上的沙蒿种子不仅可供药用，而且又能榨油食用，还可磨面代粮。这些油脂的用途很广，除少部分可供食用外，都可做油漆、油墨、肥皂、涂料等工业原料，其渣饼等副产品还可以做饲料或肥料，有的甚至还有很高的医用价值。

我国虽然油脂植物资源丰富，但资源分散，需要进一步开发利用和深度加工。植物油脂的用途主要有食用和工业用两大方面。油脂可经加水分解而得到脂肪酸和甘油。工业上以油脂或脂肪酸等与碱起皂化反应或中和反应来制造肥皂、化妆品、润滑剂等。用于制取肥皂和化妆品的植物油脂原料主要有椰子油、棕榈油、棉籽油、糠油、木油等。

③ 色素植物及其特点。牧草中含有大量的，如叶绿素、叶黄素、胡萝卜素和类胡萝卜素等，这些色素物质是食品添加剂的重要组成部分，我国目前已开发的食用色素有50余种，还有大量可供利用的植物色素资源。这些天然色素物质各有不同的特点。

天然植物色素的优点：绝大多数色素无副作用，安全性高；很多天然色素中含有人体必需的营养物质或其本身就是维生素或具有维生素性质的物质，如β-胡萝卜素；有的天然植物色素具有药理作用，对某些疾病具有防治作用。如黄酮素，它对心血管系统疾病及许多疾病有防治作用；天然植物色素色调比较自然，接近于天然物质。

天然植物色素具有很多优点的同时，也具有一些不利的性质特点：大部分天然植物色素对热、氧气、金属等敏感，稳定性较差；绝大多数天然植物色素染色不均匀，染着力差；

天然植物色素对 pH 变化敏感，色调会随之发生很大变化；天然植物色素种类繁多，性质复杂，就一种天然植物色素而言，应用时专用性较强，范围较窄。

（2）造纸工业草及特点。我国草原上分布着大量的纤维植物，其品种多、产量大。这些植物纤维存在于植物的各部，如根、茎、叶、果实及种子中，其中以茎中的纤维最为重要。在草本植物的韧皮部有许多韧皮纤维，常成束存在，如大麻、亚麻等。草类原料结构疏松、纤维细长，蒸煮时药液易于渗透，蒸煮温度升高快，是很好的造纸原料。利用好这些纤维原料，首先要了解这些植物纤维的理化性质。

物理性质：植物纤维的强度、长度、细度、韧软性、弹性、可塑性、伸长度、吸湿性等物理性质决定了纤维的用途及商业价值。纤维强度大，在造纸过程中能承受长期的打浆处理和加工处理，生产出的纸张质量较高；纤维长度不仅与纸张的撕裂度呈直线关系，而且与抗张度及耐折度、耐破度有关，因此纤维长度是衡量植物纤维好坏的重要指标之一。

化学性质：植物纤维通过水浸，可除去其中的水溶性物质，完成脱胶过程。在稀碱溶液中能分离出木质素、半纤维素、蜡质、脂肪和大部分果胶，而对纤维素无损伤。纤维用碱处理后，余碱可用硫酸中和。含氧化剂的溶液对植物纤维有氧化作用，使之变成脆软的氧化纤维。

（3）化妆品植物原料及其特点。制造化妆品的植物原料主要包括芳香油、色素等，我国是世界上最早应用芳香植物的国家之一。

芳香油的分布：芳香油在植物体内分布较多的器官是花、果实，其次是叶，再就是茎。芳香油的含量在同一植物中可能因植物生长发育阶段、株龄的变化而不断发生变化。地理条件与栽培条件对植物体内芳香油的含量及组成也有不同程度的影响。因此，采收植物原料时，应注意最佳采收时期。

芳香油的性质：芳香油，又称精油或挥发油，是由萜烯、倍半萜烯、芳香族、脂肪族和脂环族等多种有机化合物组成的混合物，是从植物中蒸馏、浸提、压榨和吸附等方法分离制取的具有特征香气的油状物质。在室温下，一般都是易于流动的透明液体，比水轻、不溶于水，能被水蒸气带出，溶于多种有机溶剂、酒精及各种动物油中。

4. 能源草及其特点

所谓能源草是指所有的草类能源植物，是一系列可以作为燃料使用及用作能源生产的草类植物的统称，一般是二年生或多年生高大的丛生草本植物或半灌木、灌木。能源草是最易获得、产量高、储量丰富的木质纤维素生物质之一，作为转化原料潜力巨大。对我国进一步深入研究利用能源草转化燃料乙醇等清洁生物能源意义深远且非常具有可行性。

能源草的基本特征：生长速度快，生物量大；抗性强，对土壤和环境要求低，生产成本低；生长周期、育种改良周期相对较短，产出率高；能效高，富含糖类、纤维类或木质素等生物质能转化的主要成分；生态效益明显，清洁环保。

能源草的木质纤维素结构及其降解成分如下。

木质纤维素是植物细胞壁的组成成分，是维持细胞形状与大小、保护细胞壁免受外界微生物侵袭的最重要屏障。它是由多糖、蛋白质和木质素相互交联后组成的一个网状结构，

其中多糖包括纤维素、半纤维素及果胶等，纤维素和半纤维素可以水解产生单糖，而木质素一般难以被利用，且在纤维素周围形成保护层，影响纤维素水解。

纤维素是由葡萄糖脱水生成的糖苷，通过葡萄糖苷键连接而成的直链聚合体，分子式为（$C_6H_{10}O_5$）$_n$，n 为聚合度，其值一般为 3 500～10 000。纤维素经水解生成葡萄糖，该反应式为：（$C_6H_{10}O_5$）$_n$+nH_2O → $nC_6H_{10}O_6$ 理论上每 162 kg 纤维素水解可得 180 kg 葡萄糖。纤维素大分子间通过大量的氢键连接在一起形成晶体结构的纤维素，使得纤维素的性质很稳定。

半纤维素是由不同多聚糖构成的聚合物，其水解产物包括 2 种五碳糖（木糖和阿拉伯糖）和 3 种六碳糖（葡萄糖、半乳糖和甘露糖），各种糖所占比例随原料而变化，一般木糖占 50% 以上，以农作物秸秆和牧草为水解原料时还有相当量的阿拉伯糖生成（占五碳糖的 10%～20%）。半纤维素中木聚糖的水解反应式为：（$C_5H_8O_4$）$_m$+mH_2O → $mC_5H_8O_5$，m 为聚合度，每 132 kg 木聚糖水解可得 150 kg 葡萄糖，半纤维素的聚合度较低，无晶体结构，故在 100℃左右稀酸中或常温下酶催化都能完全水解。但因生物质中半纤维素和纤维素互相交织在一起，只有当纤维素水解时，半纤维素才能完全水解。

5. 药用植物及其特点

药用类草本植物是指具有防治疾病功效或有医疗用途的野生和人工栽培的草本植物，是中药的主要部分和中医治疗疾病的重要物质基础，也是制药业的重要原料。我国地域辽阔，地形复杂，气候多变，环境独特。因此，从东到西，由北至南，各地均蕴藏着极为丰富的中草药资源，素有“世界药用植物宝库”之称。现在已知的药用植物有 11 146 种之多，其中又以草本类占绝大多数。这些药用植物，有的分布范围广，遍及沟边、山坡及草原；有的则蕴藏量大，可采量与开发利用价值高，具有得天独厚的资源优势。根据调查显示，我国中草药资源具有明显的地区性特点，在种类上由东北向西南逐渐增多。许多常用的、名贵、医疗用途和利用价值大的种类，在我国的不同地区均有分布。

（二）草产品精深加工的处理

1. 物理处理

（1）机械处理。机械粉碎可以使牧草组织破碎以及植物细胞破裂，是草产品加工的重要步骤，也是苜蓿茶、苜蓿酸奶和植物淀粉加工的关键一步。机械处理可以打破牧草细胞壁，使细菌能够穿过细胞表面的保护层，这样有助于细菌的集群和消化，更有助于微生物的生化作用，将更有利于能源草的厌氧发酵。

（2）蒸煮处理。牧草的大多数细胞壁在高温处理时，某些对酸不稳定的阿拉伯－呋喃糖侧链键会裂解，使某些半纤维素链解聚，如在能源草转化生物质能源时，蒸煮处理可以增加能源转化率。如苜蓿汁液饮料中，蒸煮处理可以除去汁液中一些悬浮物质、胶体物质及大部分有害微生物。

2. 化学处理

pH 的剧烈变化对细胞内容物和细胞壁都有水解作用，但碱性溶液的溶解作用更为重要。用氢氧化钠或氨水处理牧草可增加其消化性，氧化处理可影响木质素的降解。如在生

物质能源草转化过程中，化学预处理可提高能源草木质纤维素的降解性，增加生物质能源的转化效率。在造纸工业中，亚氨与氨水蒸煮龙须草等原料，用于漂白与增加纸的物理强度。

3. 生物处理

（1）酶处理。酶可以提高牧草的消化率与木质纤维素的可降解性。在使用苜蓿提取乳酸时，加入水解酶可以增加苜蓿的降解性和糖的含量；在能源草加工时，也用纤维素酶降解木质纤维素，提高能源草厌氧消化性。

（2）微生物处理。利用多种微生物如各种细菌、霉菌、酵母菌和食用菌，一方面可使植物和秸秆中的半纤维素、纤维素、果胶得以分解；另一方面游离出来的细胞内容物被乳酸菌、酵母菌利用，可转化为成品质优良的菌体蛋白质，用于制作苜蓿酸奶和提取乳酸。

第二节　草产品精深加工与贮藏技术

一、食用草产品加工与贮藏技术

牧草种类繁多，营养价值全面，随着人们对健康、天然、绿色食品需求的不断增加，许多含有高营养价值的优质牧草越来越受到重视，并被广泛应用于食品中。

人们对优质牧草在食品中的应用做了大量的探索，发现其具有采收期长、营养丰富、纤维含量适中、蛋白质及氨基酸等含量高、植酸及其他抗营养因子少、适口性好等优点。可以直接将其幼嫩的叶、茎或花等可食部分经过简单处理后加工在挂面、酸奶中，或者做成芽菜、袋装菜等食品。例如，苜蓿等优质高蛋白质豆科牧草作为蔬菜食用的历史非常悠久，在《本草纲目》中就有记载。如表 6-1 及表 6-2 所示苜蓿营养丰富，矿质元素全面，其中铁元素含量较高，常食能改善人群铁营养状况；富含钙元素和磷元素，可促进骨骼和体格发育，该结果已在动物试验中得到了证实；锌元素含量也很高，苜蓿芽中还含有较多的硒元素。苜蓿中维生素种类全面，叶黄素、叶绿素、胡萝卜素、维生素 E、维生素 B 等含量丰富，特别是维生素 K 的含量很高，在凝血作用、抗坏血病、增强人体免疫力等方面效果显著。

表 6-1　苜蓿主要营养成分

营养素	鲜草	干草
蛋白质 /%	19.30	17.30
脂肪 /%	3.00	2.10
总糖 /%	5.00	3.00
纤维素 /%	23.20	—
半纤维素 /%	8.60	—
钙 /%	1.72	1.64

续表 6-1

营养素	鲜草	干草
铁 /%	0.03	0.24
锌 /(mg/kg)	17.63	16.98
碘 /(mg/kg)	—	121.25
视黄醇 /(mg/kg)	198.85	61.07
维生素 D/(IU/kg)	160.93	1 289.68
维生素 E/(mg/kg)	596.56	156.97
硫胺素（维生素 B_1)/(mg/kg)	6.39	3.53
核黄素（维生素 B_2)/(mg/kg)	16.09	14.77
烟酸（维生素 B_3)/(mg/kg)	44.31	40.12

表 6-2　苜蓿蛋白质中各氨基酸的含量　g/100 g 蛋白质

必需氨基酸	鸡蛋	苜蓿
精氨酸	6.70	4.60
组氨酸	2.40	2.30
异亮氨酸	6.90	5.20
亮氨酸	9.40	7.50
赖氨酸	6.00	6.40
苯丙氨酸	5.80	4.60
苏氨酸	5.00	5.20
色氨酸	1.60	1.20
缬氨酸	7.40	4.60
蛋氨酸	3.30	1.20
半胱氨酸	2.30	2.30
酪氨酸	4.10	2.90

苜蓿嫩苗可制作苜蓿罐头和脱水蔬菜等，西方国家将苜蓿芽菜作蔬菜食用。苜蓿还可以补充人体对微量元素的需要，可以利用苜蓿叶片通过苜蓿叶蛋白质加工产品获得生物活性钙；苜蓿的磷元素营养对于青少年的智力发育有益；苜蓿中锌元素的含量也很高，可以开发制作富锌芽菜；苜蓿芽中含有较多的硒元素，并可以通过人工加硒的方法，进一步提高硒的含量。至于我国民间，以新鲜苜蓿蔬菜，制作各种风味食品的方法和技术，形形色色，不胜枚举。

食用草产品目前主要是指以紫花苜蓿为原料来生产的草产品。食用草产品的种类很多，如苜蓿芽菜、苜蓿茶、苜蓿营养挂面、苜蓿酸奶、叶蛋白质、膳食纤维等。

（一）苜蓿芽菜的生产技术

1. 苜蓿芽菜的营养价值

苜蓿芽菜是苜蓿种子发芽后产生的。苜蓿芽的生产需要 3～7 d，在芽长到 2.6～3.8 cm 时即可食用。1 kg 苜蓿种子可以生产 10～14 倍的苜蓿芽，苜蓿芽菜的营养价值见表 6-3。

表 6-3 每 100 g 苜蓿芽养分含量

项目	维生素 A（RE）	维生素 C/mg	维生素 B_1/mg	维生素 B_2/mg	维生素 PP/mg	维生素 B_6/mg	叶酸 /μg	热量 /kg	蛋白质 /g
养分含量	16.000	8.200	0.076	0.126	0.481	0.034	36.000	121.000	3.990
占每日推荐摄取量 /%	21.000	27.300	6.000	7.000	2.000	2.000	18.000	1.000	6.000

注：引自 Durtschi（1996）。

苜蓿芽富含大量高品质的蛋白质和所有人体必需的氨基酸以及平衡的维生素。如维生素 C、维生素 B_1、维生素 B_2、维生素 B_3、维生素 B_6、维生素 B_{12}、维生素 D、维生素 E、维生素 F、维生素 K，其维生素 A 的含量最高，比苜蓿种子高出 5 倍多，维生素 A 对于皮肤的光泽和头发的健康必不可少。维生素 K 的含量也很高（其他植物中很稀少），维生素 K 可以防止出血和预防高血压。苜蓿种子生成苜蓿芽后，其维生素 C 和酶的含量比种子提高 40 倍以上，而且酶在体内有助于消化，有助于增强机体活力。苜蓿芽的粗蛋白质含量高达 3.99%，富含矿物质元素，包括钙、铁、钾、锌和其他微量元素，作为一种低热量、低脂肪和低盐食品，苜蓿芽富含胡萝卜素、叶绿素、叶酸和植物激素，其丰富的膳食纤维，可促进消化道蠕动，维护正常消化功能。

除了含有丰富的营养成分之外，苜蓿芽还具有很多促健康因子，包括抗氧化因子。不同蔬菜的抗氧化能力有所不同，以鲜重为基础，以过氧化氢基为对照，大蒜的抗氧化能力最高，为 19.4；苜蓿芽、甜菜、红柿子椒、洋葱、玉米和茄子为 3.9～9.8；花椰菜、马铃薯、甘薯、卷心菜、散叶莴苣、青豆、胡萝卜、南瓜、卷心莴苣、芹菜和黄瓜为 0.5～3.8。苜蓿芽富含刀豆氨酸，其是苜蓿芽中的一种氨基酸类似物，可以抑制胰腺癌、结肠癌和白血病的发生；含有丰富的植物雌激素，所含的植物雌激素的作用类似于人类的雌激素（如异黄酮），但没有任何副作用，可以促进骨组织的形成和增加骨密度，防止骨质疏松症，而且对预防癌症和心脏病方面有很大的作用，还有助于控制更年期的潮热、月经前的不适症状和乳房的纤维囊病；富含食物源皂角苷，皂角苷可以降低胆固醇和有害的低密度脂蛋白的含量。皂角苷还可以刺激免疫系统提高 T 淋巴细胞和干扰素的活动。苜蓿芽的皂角苷含量比种子高 4.5 倍。苜蓿芽也含有大量抗氧化剂，阻止 DNA 遭到破坏。苜蓿芽还是一种很好的天然利尿剂，其对于治疗泌尿系统感染和前列腺紊乱有很好的疗效。苜蓿芽可以分解体内毒素，尤其是肝脏毒素。苜蓿芽中有的还包括抗菌因子，有的还具有促进脑下垂体腺的功能。

值得一提的是，从营养学的角度来看，苜蓿芽所含的营养成分种类多却不充足，它不是糖类、蛋白质与维生素的充足来源。例如，每 100 g 的苜蓿芽，其所含的维生素 A 仅占

每日建议摄取量的2%，换句话说，如果要从苜蓿芽中摄取足够的维生素A，每天要吃5 kg的苜蓿芽。另外，每100 g苜蓿芽所含的维生素C，也仅占每日建议摄取量的27.3%。

此外，必须注意的是，并非所有的人都适合吃苜蓿芽。苜蓿芽中的刀豆氨酸会使人类产生自体免疫性的疾病，所以患有红斑性狼疮的病患应避免食用苜蓿芽，以免病情恶化。

2. 苜蓿芽菜的生产工艺

苜蓿芽菜的加工工艺如下。

（1）种子采购。采购的种子通常是袋装的，并且包装袋上包含了厂商名称、地址、生产批号、种子类型和产地等。采购的种子除了常规的发芽率、休眠和硬实的分析外，用于制作芽菜的种子最好有病原体方面的检测。

（2）种子贮藏。种子贮藏过程中要注意防鼠、虫和鸟。开口的袋要注意防止污染。

（3）发芽浸泡。浸泡可以使种子膨胀和表皮变软以利于发芽。在此过程中可以加入次氯酸盐溶液、氯、过氧化氢或乙醇进行种子消毒，还可以通过加热来消灭一些微生物。美国食品和药品管理局要求生产商用2%的$Ca(ClO)_2$溶液进行种子灭菌。如果不进行消毒则需浸泡12 h，含有消毒水的浸泡时间可以短一些。然而，消毒水的浓度和浸泡时间却没有固定的比例。一般来说，消毒水浓度为25～5 000 mg/kg时，相应的浸泡时间为5～120 min。

（4）漂洗。漂洗可以去掉浸泡所产生的残余物。根据发芽浸泡的情况采取或不采取杀菌措施，例如，①消毒水浸泡，清水漂洗；②清水浸泡，消毒水漂洗；③浸泡和漂洗都用消毒水进行。

（5）发芽。不同植物种子的芽菜生产方式和设备有所不同，在生产过程中一般不再添加营养素和添加剂。芽菜的生产一般采用水培的方式。水培有两种方式，一是旋转的圆桶，通常有充足的光照，另一种是固定的容器（发芽箱、发芽床或发芽桶等），受人工气候调节或没有光照。

苜蓿芽菜的生产一般采用可以转动的圆桶。圆桶通常用硬塑料制成，直径和高度都大约为1.5 m。圆桶侧向一边，筒底用链条与地面连接以便转动防止芽菜挤堆，圆桶内通常用相同的塑料四等分。每个圆桶可以容纳29～45 kg种子，45 kg种子可以产生5倍的芽菜。种子放入圆桶后，盖上桶盖后旋转，间歇地向种子上喷水。如每隔10～15 min喷施10 s。水温可以采用室温或加热到24℃。喷水的主要目的是：①防止发芽过程中过热；②去除发芽过程中的副产品，如乙烯气体；③给芽菜补充水分。生产过程中还要向圆桶中鼓入空气。有些生产商在生产过程中已经实现了旋转速度、水温和通风的自动控制。

苜蓿芽菜的生产需要3～7 d，生长到2.6～3.8 cm时即可收获。发芽结束后，用清水冲洗掉多余的种皮。然后用离心机甩干1 min或烘干2 min，冷却和控干后进行包装。

（6）包装。芽菜收获和清洗后，进行大宗包装或零售包装。包装类型有：①塑料袋（有孔或无孔）；②留有部分呼吸膜的玻璃纸；③刚性塑料杯或顶层覆膜的盒状容器；④蛤蜊状容器以便一部分种子继续发芽。

包装一般在原产地进行，但大宗商品可以运到目的地后进行分装。

（7）冷凉贮藏。包装好的产品可以不经冷却直接送到零售商手里或进行冷藏。一般来

说，冷藏的时间可以是 1 h，但最好不超过 5 d。冷藏温度一般是 1～4.7℃。

（8）分发。在分发过程中，要根据路途远近、耗时长短和气温高低来考虑运输工具的选用，如货车、小车或冷藏车等。在分发之前，如有条件，最好对大肠杆菌和沙门氏菌进行分析。

3. 苜蓿芽菜的贮藏技术

苜蓿芽菜经过 3～7 d 的生长，收获清洗包装后，可进行冷凉贮藏。一般来说，封口放入冰箱可保鲜 5～7 d，冬季和春季采收的苜蓿芽，堆放室内可保存 3～5 d。塑料袋包装，在 8～10℃冷柜或冰箱内可放 10 d 左右。另外，苜蓿芽还可腌渍贮藏：每 1 000 g 苜蓿芽用盐 100 g，一层苜蓿，一层盐，压实，坛口密封，可贮存 3～5 个月。放在 20% 的盐水中，可贮存 3 个月左右。

（二）苜蓿茶的生产技术

1. 苜蓿茶的保健作用

紫花苜蓿叶片中富含矿物质和维生素，尤其富含雌激素原铁和维生素 K，用来生产保健茶，可以有效预防和治疗关节炎、哮喘、血液系统失调、疲劳、消化不良、高胆固醇和糖尿病等。

2. 苜蓿茶的生产工艺

苜蓿经过切碎、蒸热、空冷、高温干燥、低温干燥、再次切碎、搅拌和烘焙等处理工序，可生产类似绿茶的保健茶。下面简单介绍苜蓿保健茶的制作要点。

（1）从根部割取株高 30～40 cm 的苜蓿。根、茎均可利用。

（2）用切割机切成 1 cm 长的原料。

（3）将切碎原料用 120℃的蒸汽加热约 5 s。蒸汽加热作用有杀菌、灭活氧化酶，并使植物变茶色的物质——叶黄素失去作用。

（4）将蒸热处理后的原料用空气冷却至常温，以防损失维生素。

（5）将冷却后的原料放入粗揉机，用 90～95℃的干燥空气高温干燥 35～40 min。在干燥的同时进行揉合。通过粗揉处理可去掉 80% 的水分。

（6）将粗揉处理后的原料放入干燥机中，用 37～40℃的低温干燥空气干燥约 8 h，然后用粗碎机进一步切碎，使之颗粒化。干燥后的苜蓿尚有青草味。

（7）将茶叶化的苜蓿放入厚不锈钢制的加热锅中，烘焙 10 min 使苜蓿的温度达到 50℃。通过烘焙处理可除掉苜蓿中的青草味，产生近似绿茶的香味。这阶段的制品可作为茶叶饮用。为完全利用苜蓿中的营养成分，应先用粗碎机将干燥制品粗碎至 8.46 mm 以下，然后用冲击式粉碎机将粗碎原料粉碎成约 0.295 mm 的粉末。将苜蓿粉末装入小袋，作为速溶苜蓿茶。

3. 苜蓿茶的贮藏技术

茶叶，如不善加贮藏，就会很快变质，颜色发暗，香气散失，味道不良，甚至发霉而不能饮用。为防止茶叶吸收潮气和异味，减少光线和温度的影响，避免挤压破碎，损坏茶

叶美观的外形，就必须了解影响茶叶变质的原因并采取妥善的保藏方法。

（1）影响茶叶品质的因素有如以下几点。

① 温度。高温能加快茶叶的自动氧化，使茶叶的香气、汤色、滋味等发生很大的变化；温度愈高，变质愈快，茶叶外观色泽越容易变深变暗，尤其是在南方一到夏天，气温便会升到40℃以上，即使茶叶已经于阴凉干燥处保存了，也会很快变质，使得绿茶不绿，红茶不鲜，花茶不香。因此要维持或延长茶叶的保质期，应采用低温冷藏。这样可降低茶叶中各种成分的氧化过程，有效减缓茶叶变褐及陈化。一般以10℃左右贮存效果较好，如降低到0～5℃，则效果更好。因此用冰箱冷藏贮存通常是长时间保存茶叶的一个很好选择。

② 湿度。成品茶具有很强的吸湿性，空气中的水分轻易便可被吸收。如果把干燥的茶叶放在室内，且直接接触空气，只需一天的工夫，其含水量便可到达7%左右；放置五六天后，便可上升到15%以上。如果在阴雨潮湿的天气里，每露置1 h，其含水量就可增加1%。在温度较高、微生物活动频繁的月份，一旦茶叶含水量超过10%时，茶叶便会发霉，色香味俱失，不再适宜饮用。因此茶叶必须在干燥的环境下保存，不能受到水分侵袭。若不慎吸水受潮，轻者失香，重者霉变。此时不可将受潮茶叶放在阳光下直接暴晒，而应把受潮的茶叶放在干净的铁锅或烘箱中用微火低温烘烤，同时要不停地翻动茶叶，直至茶叶干燥发出香味。

③ 氧气。氧气能与茶叶中的很多化学成分相结合而使茶叶氧化变质。茶叶中的多酚类化合物、儿茶素、维生素C、茶黄素、茶红素等的氧化均与氧气有关。这些氧化作用会产生陈味物质，严重破坏茶叶的品质。所以，茶叶最好能与氧气隔绝开来，使用真空抽气或充氮包装贮存。

④ 光线。光线对茶叶品质也有影响，光线照射可以加快各种化学反应，对茶叶的贮存产生极为不利的影响。特别是绿茶放置于强光下太久，很容易破坏叶绿素，使得茶叶颜色枯黄发暗，品质变坏。光能促进植物色素或脂质的氧化，紫外线的照射会使茶叶中的一些营养成分发生光化反应，故茶叶应该避光贮藏。

（2）茶叶的贮藏方法。明代王象晋在《二如亭群芳谱》中，把茶的保鲜和贮藏归纳成3句话："喜温燥而恶冷湿，喜清凉而恶蒸郁，宜清独而忌香臭。"现将当前常用的贮茶方法介绍如下。

① 坛藏法。用此法贮藏茶叶，选用的容器必须干燥无味，结构严密。常见的容器有陶瓷瓦坛、无锈铁桶等。另外，需要提醒的是，茶叶通常不宜混藏，因为红茶是经发酵加工而成的，花茶则以花香取胜，而绿茶又自成一体，若一旦有几种风格不一、香气迥异的茶叶贮藏在一起，则会因相互感染而失去本来的特色。

② 罐藏法。目前，有许多家庭采用市售的铁罐、竹盒或木盒等装茶。最好装满而不留空隙，这样罐里空气较少，有利于贮藏。若是双层的，其防潮性能更好。双层盖都要盖紧，用胶布黏好盖子缝隙，并把茶罐装入两层尼龙袋内，封好袋口，装有茶叶的铁罐或盒，应放在阴凉处，避免潮湿和阳光直射。

③ 袋藏法。目前用得最多的是用塑料袋贮藏茶叶，这也是家庭贮藏茶叶最简便、最经济的方法之一。用塑料袋包装茶叶，能起到有效的贮藏作用的关键是：一要茶叶本身干燥，二要选择好包装材料。

④ 冷藏法。用冰箱冷藏茶叶，可以收到令人满意的效果。但有两点是必须注意的：一是要防止冰箱中的鱼腥味污染茶叶；二是茶叶必须是干燥的。

⑤ 瓶藏法。把茶叶装入干燥的保温瓶中，盖紧盖子，用白蜡密封瓶口。

⑥ 真空法。真空法是把茶叶装入复合袋中，用抽气机抽出空气，使之成真空。在常温下贮藏 1 年以上，仍可保持茶叶原来的色、香、味；在低温下贮藏，效果更好。

需要注意的是，苜蓿茶在贮藏中的含水量不能超过 5%，如在贮藏前茶叶的含水量超过这个标准，就要先炒干或烘干，然后再贮藏。而炒茶、烘茶的工具要十分洁净，不能有一点油垢或异味，并且要用文火慢烘，要十分注意防止茶叶焦煳和破碎，以防止柴炭的烟味或其他异味污染茶叶。

（三）苜蓿营养挂面的生产技术

苜蓿加入面粉中制成的苜蓿挂面，可提高面条中蛋白质和膳食纤维的含量，提高挂面的营养价值；此外，苜蓿挂面鲜艳的绿色还给人一种很强的食欲感。

1. 工艺流程

苜蓿叶片→预处理→热烫护色→捣碎打浆→包埋处理→和面→熟化→压延→悬挂晾干→切断→成品。

2. 操作要点

新鲜苜蓿经处理后，加入 100℃的含 0.015% 醋酸锌和 0.3% 的碳酸钠混合液中，烫漂 3 min，加工成浆糊状，用 5% 环糊精包埋 2 d，按 15% 的比例加入面粉中并加 2% 的活性面筋粉、2% 食盐、0.2% 海藻酸钠改善挂面品质，可制得营养丰富的绿色挂面制品，食之可增强人体免疫力。苜蓿挂面具有广阔的市场前景。

（四）苜蓿酸奶的生产技术

以鲜乳和紫花苜蓿为原料生产紫花苜蓿酸奶，不仅增强了酸奶的营养保健作用，也增加了酸奶的风味。

1. 工艺流程

紫花苜蓿→清洗→热烫→打浆→压榨→鲜乳预热、混合→均质→杀菌→冷却→接种→发酵→后熟→检验→成品。

2. 操作要点

（1）紫花苜蓿汁的制备。紫花苜蓿种子 28℃催芽，然后定植在备好的易拉罐中，置光照为 7 000～8 000 lx，昼、夜温度分别为 24℃、16℃，日照达 16 h 的光照栽培室中。培养 35 d 收获（经测定，此时粗蛋白质含量为 24.07%），从第一片子叶叶根剪断，取其上部，洗净投入 20 倍沸水中煮 3 min，以钝化紫花苜蓿中的过氧化物酶和多酚氧化酶。85℃保持于 100 mg/kg 葡萄糖酸锌 5 min，打浆、压榨过滤，得可溶性固形物为 1.5%～2.0% 的紫花苜蓿汁。将残渣加入 10 倍的水，60～70℃热水中浸提 10 min。在提

取汁液中加入果胶酶和复合纤维素酶，快速搅拌，40～45℃下酶解 2 h，后用硅藻土过滤，得清亮透明的紫花苜蓿汁。

（2）乳化稳定剂制备。0.15% 单甘酯、0.10% 的卡拉胶与 5 倍的白砂糖充分混合，后用温水溶化。

（3）鲜乳和白砂糖混合。过滤和净化的鲜乳加热至 60～70℃时，加入剩余砂糖，充分搅拌溶化，再将紫花苜蓿加入牛乳中，搅拌均匀。

（4）均质。温度为 55℃，压力为 20 MPa。

（5）杀菌。105℃杀菌 15 min。

（6）冷却。杀菌后的紫花苜蓿汁及牛乳混合液冷却至 42℃。

（7）接种。由等量的保加利亚乳杆菌、乳酸链球菌制成的发酵剂，接种量为 4%。

（8）发酵。灌入经杀菌的酸奶容器中，在 42℃下发酵 4 h，待酸奶充分凝结后取出。

（9）后熟。发酵后酸奶立即移入 0～5℃冷藏，发酵 12 h 即得成品。

（五）膳食纤维提取技术

膳食纤维是健康饮食不可缺少的，纤维在保持消化系统健康上扮演重要的角色，同时摄取足够的纤维也可以预防心血管疾病、癌症、糖尿病以及其他疾病。纤维可以清洁消化壁和增强消化功能，同时可加速食物中的致癌物质和有毒物质的排出，保护脆弱的消化道和预防结肠癌。纤维可减缓消化速度和快速排泄胆固醇，可让血液中的血糖和胆固醇控制在最理想的水平。牧草的膳食纤维含量要远远高于小麦糠、玉米糠等常见的膳食纤维原料。因此牧草是重要的膳食纤维原料。

国内外已研究开发的膳食纤维主要包括谷物纤维、豆类种子与种皮纤维、水果和蔬菜纤维、微生物纤维、其他天然纤维、合成和半合成纤维等六大类约 30 种。牧草植物中可开发的天然纤维品种很多，如甜菜纤维、苜蓿纤维等。苜蓿纤维品质优良，是很好的天然膳食纤维源。

苜蓿膳食纤维的提取工艺包括浸泡、漂洗、脱除草腥味、二次漂洗、漂白脱色、脱水干燥、功能活化和粉碎过筛。对苜蓿叶蛋白质提取后所剩的新鲜苜蓿叶渣，首先要进行浸泡漂洗以软化纤维，同时也洗去了残留在叶渣表面的可溶性杂质。浸泡时要搅拌，加水调节，叶渣浓度控制在 10%～20% 范围内，水温最高不超过 40℃，时间 1～2 h。苜蓿叶渣有浓重的青草味，需要脱除草腥味。脱腥方法很多，以加碱蒸煮法、减压蒸馏脱气法和高压湿热处理法的效果较好。苜蓿叶渣的功能活化处理包括两方面，即纤维内部组成成分的优化与重组、纤维基团的包埋，包埋处理的目的是避免膳食纤维的某些基因与矿物元素相结合，影响人体内矿物质的代谢平衡。活化后的纤维，干燥，粉碎至粒度为 120 目为止，即为最终产品，纤维干基总得率为 75%～80%。苜蓿叶渣的主要成分是纤维，它包括纤维素、半纤维素和木质素，可作为草食家畜饲料，也可用于生产工业酒精。使用苜蓿纤维来生产乙醇的成本比其他生物质原料的成本要低很多。目前，苜蓿纤维的另一重要用途是制取高活性的膳食纤维，作为保健品使用，产品中膳食总纤维含量达 73.80%。将苜蓿膳食纤维粉碎后压制成药片或纤维胶囊，每天服用，可增加胃肠蠕动，减少便秘，清理肠道。高活性膳食纤维制品在面制食品中的添加量，以不超过 6% 为宜。

（六）乳酸提取技术

乳酸通常用作食品添加剂来提高风味和延长货架寿命，使用酶处理可以从豆科植物中提取乳酸。目前，制作乳酸的原料主要是玉米。美国奶牛研究中心的科学家 Koegel 设计了一种提取乳酸的方法。具体做法是先将苜蓿纤维在压力为 10 kg/cm^2 的热水中预处理 2 min，然后加入水解酶和乳酸杆菌，就可以得到高达全部产量 60% 的乳酸。这种方法虽然已经成功从苜蓿中提取出乳酸，但还有待降低成本和提高产量。美国市场每年大约需要 5 万 t 乳酸，其中有一半靠进口。随着苜蓿提取出乳酸技术的成熟，这一市场在以后会逐步增大。

（七）食用叶蛋白质提取技术

食用苜蓿叶蛋白质含有 57.9% 蛋白质和 12.7% 膳食纤维，可以作为一种重要的植物蛋白质来源。水分、脂肪、灰分和可利用碳水化合物含量分别为 7.9%、6.8%、5.4% 和 9.6%。其作为食品，每 100 g 可以提供热量 1.7 MJ、蛋白质 60 g、钙 800 mg、铁 50 mg、β-胡萝卜素 1.4 μg，并由于富含赖氨酸而适用于作为儿童的蛋白质补充来源。叶蛋白质的营养非常丰富，它具有防病治病、防衰抗衰、强身健体等多种生理功能。叶蛋白质制品还可用作面条、面包等食品的蛋白质添加剂，添加比例以不超过 4% 为宜。

提取食用叶蛋白质的一般步骤是：是将苜蓿茎叶分离、清洗，挑选出健康完整的叶片，经打浆处理，打浆 2～3 min 后，倒出草浆用 3～4 层的纱布进行过滤，将浆液和叶纤维分离，为了减少蛋白质的流失，滤渣经过 3 次洗涤后收集所有滤液，得到的滤液可以直接加热，且加热过程中不断搅拌，得到絮状物，然后沉淀这种絮状物，弃去上清液将絮状物离心，最后把离心沉淀物在冷冻机中冷冻干燥，可得到苜蓿叶蛋白质冻干粉。将滤液通过加热得到絮状物是提取叶蛋白质较为传统的絮凝方式，应用最早，最为普遍。另外也可以通过酸凝聚法、碱凝聚法、酸化加热凝聚法、碱化加热凝聚法、发酵法、乳酸发酵法、溶剂法、超滤法、纤维素酶解法等方式提取。

（八）功能性食用草产品

除营养和感官享受之外，还具有调节生理活动功能的食品，称为功能性食品。功能性食品强调食品的生理调节功能，是指其活性成分能充分显示对身体防御功能，调节生理节律、预防疾病和促进康复方面作用的工业化食品。欧美国家通称的“健康食品”（healthy food）或“营养食品”（nutritional food）和我国俗称的“保健食品”，其含义和内容均与“功能食品”相同或相近。“保健食品”这个通俗称谓没有明确和严格的定义，容易产生误解，功能性食品已被普遍接受。功能性食品具备普通食品的两大功能，即营养功能和感官享受功能，另外还具有特殊的生理调节功能。目前，市场上流行的功能性食用草产品的形式主要有饮料、粉剂、片剂和胶囊 4 种。

1. 饮料类

（1）苜蓿汁饮料。苜蓿汁饮料，以苜蓿作为主要原料，经榨液、浸提、煮沸调配而成，含有丰富的维生素、胡萝卜素、叶黄素、钙、铁等矿物质，既可补充营养，维持人体营养

平衡，又能增进人体健康，增强人体免疫能力，是一种新型的天然保健饮品。

① 工艺流程：鲜苜蓿→预处理（挑选、清洗）→热烫护色（95℃，3 min）→破碎浸提→粗滤→煮沸→调配→精滤→灌装→杀菌→成品。

② 技术要点如下：

A. 预处理：包括苜蓿挑选与清洗两个步骤。以初花期最佳，盛花期次之，盛蕾期又次之，结荚期最差。应采用初花期前营养丰富、含水量较高的新鲜优质苜蓿。过嫩的苜蓿营养成分不太高，且不太稳定，皂苷含量较高；结荚期由于营养物质沉淀，有效成分难以提取。拣选时应剔除有黑点叶、病害虫及干枯叶，选用含水量高、新鲜光亮的苜蓿叶。除去苜蓿表面的泥沙、污物及微生物，防止杂质进入汁液中，最大限度地防止因清洗不净而导致的变质、变味、变色。清洗后，再次剔除病虫害叶、不健康叶。

B. 热烫护色：烫漂使叶绿素酶、抗坏血酸氧化酶、多酚氧化酶完全失去活性，防止酶促褐变，使组织软化，改变细胞半透性，使细胞原生质凝固，提高出汁率，且有洗涤作用。烫漂时，加入碳酸氢钠调节 pH 至 8.0，使叶绿素在 pH 8.0 条件下水解成叶绿酸、叶绿醇和甲醇。叶绿酸再与碱反应生成稳定的叶绿酸盐，使产品保持绿色。

铜离子、锌离子可以置换叶绿素中心的镁离子，使之生成较稳定的铜、锌叶绿素衍生物。铜离子容易取代镁离子，但要求食品中铜离子残留量不超过 10 mg/kg，而适量的锌对人体有一定的保健作用。所以选用硫酸锌作护色剂。

在这个过程中要注意漂烫时间、温度以及漂烫时离子浓度对苜蓿颜色的影响。

C. 破碎浸提：用组织捣碎机将护色后的苜蓿叶进行破碎，便于提高出汁率及提取其中有效成分。浸提所用水的水质除符合 GB 5749—2006《生活饮用水卫生标准》外，还应符合软饮料工艺用水的特殊要求。浸提时按苜蓿水重量比为 1∶（20～30）加水浸提，浸提温度控制在 50～60℃，时间为 80 min。浸提时，每隔 20 min 搅动 1 次，从而提高浸提效果。

D. 粗滤、煮沸：粗滤可以除去浸提液中苜蓿梗及渣，为煮沸和粗滤做好准备，将粗滤后的苜蓿汁煮沸 2 min 左右，除去汁液中一些悬浮物质和胶体物质及大部分有害微生物。

E. 调配、精滤：调配的目的是在保持苜蓿汁本身特有的清香宜人风味的基础上，掩盖其青草气味，以适应消费者需要。调配所用原辅材料有柠檬酸、蔗糖。蔗糖用量为 12% 左右，柠檬酸用量为 0.13% 左右，具体添加量可以根据不同消费者口味而变动。调配后，再进行精滤除去苜蓿汁中的细微颗粒及沉淀物质，使之澄清透明，且在贮藏期间不会产生沉淀和絮状物，不会变质、变味、变色。

F. 杀菌：由于操作过程中有部分氧气溶解于汁液中，这部分氧气在苜蓿汁贮存过程中导致饮料成分氧化，色泽恶化，风味发生变化，引起马口铁罐内壁腐蚀。所以，杀菌前，必须除去苜蓿汁中的气体。

脱气后的汁液进入高压灭菌锅中灭菌，条件是 93℃，保持 30 min，压力为 0.1 MPa。灭菌的目的，一是杀灭微生物，防止苜蓿汁在贮存过程中腐败变质；二是破坏酶类，以免引起各种不良的变化。

（2）葛根饮料。

① 工艺流程：新鲜葛根→清洗→去皮→切碎打浆→浸泡→洗粉过滤→淀粉糊化→液化→

吸附→离心过滤→灌装→杀菌→冷却→产品。

② 技术要点如下：

A. 原料及处理：选择新鲜葛根，为白色或米黄色，无虫害、冻害；刷洗去表皮上的泥土。

B. 去皮、打浆：人工去除薄皮后立即用打浆机粉碎，过 40 目筛，以利于水原料中有效成分的提取，浆液立即入浸泡液以减缓褐变。

C. 浸泡：提取葛根淀粉和有效成分一般方法是打浆后的葛根用石灰水进行浸提，产品色泽较浅，淀粉和总黄酮类物质提取率较高。这是因为在碱性条件下一方面黄酮类物质有较大的溶解度；另一方面分解黄酮类物质的酶的活力被抑制，使得提取液颜色较浅，黄酮类物质的获得率有较大提高。碱液中的 $Ca(OH)_2$ 与果胶形成难溶性的钙盐，降低了体系的黏度，与蛋白质次级键相结合，而促使蛋白质的溶解，使得淀粉提取率有较大提高。但料液的 pH 过高可能使淀粉分子糊化，对黄酮类化合物也会产生破坏作用。

一般浸提工艺条件为：以石灰水为浸泡剂，在 pH 8.5 和 30℃条件下，浸泡时间 3 h，料液比为 1∶4。

D. 洗粉过滤：双层纱布粗滤，除去渣，将滤液用酸调至 pH 6.5，备用。

E. 淀粉糊化：料液 95℃恒温水浴加热，缓慢搅拌至透明，无白色絮片即可，一般时间为 4 min。

F. 液化：采用耐高温 α-淀粉酶，把淀粉水解为低聚糖浆。这里需要注意控制 pH、温度、酶用量和液化时间。一般为 pH 6.5，95℃，酶用量 15 U/g 淀粉，96 min。

G. 吸附过滤：液化所得的低聚糖浆中含有蛋白质、半纤维素、果胶和液化过程中所加的酶制剂等物质，经高温处理或长期放置时易产生絮状沉淀，用 3%～5% 的硅藻土进行吸附，离心分离，产品灭菌后放置。

H. 灌装、杀菌、冷却：灌装后高温短时杀菌 95℃，20 min，保温后冷却至室温。

（3）葛花茶饮料。

① 配方组成：葛花、菊花、金银花质量分数各为 0.5%～1%；食糖（甘蔗或葡萄糖）质量分数为 8%±2%；柠檬酸适量。

② 工艺流程：糖→溶解→混合调配→加水定容→加柠檬酸溶液调整酸度→过滤→离心→灌装→密封→杀菌→冷却→成品。

③ 技术要点如下：

A. 三花取汁：将葛花、菊花、金银花三者等量用开水冲泡（花∶水质量比为 1∶20），然后浸泡，榨汁，过滤，即得三花原汁。

B. 调配、离心：将三汁原液、糖液充分混匀，加水定容后加柠檬酸溶液调整酸度。然后离心，即得清亮的茶色饮液。

C. 灌装、密封、杀菌、冷却：杀菌条件是 100℃下杀菌 10～15 min，然后冷却至 38℃左右。

2. 粉剂类

苜蓿粉剂也叫苜蓿全叶粉，是由苜蓿叶片直接粉碎制成，富含维生素、矿物质、脂肪、碳水化合物和蛋白质。由于加工过程没有加热，酶的活性保持得较好。这种粉剂制品在冷

凉、干燥的环境下可以保存 3 年，其营养成分见表 6-4。

表 6-4　苜蓿全叶粉营养含量表

养分名称	养分含量	
	2 g	100 g
能量	19.80 kJ	990.00 kJ
水分含量	100.00 mg	5.00 g
蛋白质	660.0 mg	33.00 g
脂肪	96.00 mg	4.80 g
碳水化合物		
总量	960.00 mg	48.00 g
糖分	28.00 mg	1.40 g
日粮纤维	640.00 mg	32.00 g
钠	3.80 mg	190.00 mg
钾	50.00 mg	2.50 g
钙	22.00 mg	1.10 g
维生素 E	440.00 μg	22.00 mg
胡萝卜素	50.00 μg	2.50 mg
叶绿素	1.02 mg	51.00 mg

注：引自 Organic Beauty World，Australia，2007.

苜蓿粉剂可以加入西红柿和胡萝卜等蔬菜汁以及果汁中食用，还可以加入面粉中制作面条或面包。

3. 胶囊和片剂

（1）苜蓿片剂。苜蓿集食用和药用于一身。苜蓿片剂由苜蓿粉或苜蓿叶粉，加入树胶、植物纤维素和薄荷油等压片而成。

（2）苜蓿素。苜蓿素以苜蓿嫩芽为主要原料，经清洗、杀菌、消毒，用进口先进设备，采取现代植物细胞破壁技术和瞬间植物活性物质分离先进工艺，配以紫花苜蓿、水萝卜芽、大麦苗浓缩素、低聚异麦芽糖等天然营养成分浓缩精制而成，对人体无副作用，且完整地保留了苜蓿嫩芽及其他植物配料的各种营养成分。苜蓿素不仅营养成分更加丰富而且更容易被人体均衡吸收。人体摄入苜蓿素后，可补充易缺的营养素，促进食物消化吸收。

苜蓿素是防疾病、抗衰老、驻青春、增活力、促健康的优质食品，经常食用苜蓿素可平衡人体的酸碱值，为现代人不可缺少的天然健康食品。

（3）苜蓿胶囊。苜蓿胶囊是从苜蓿中提取的高纯度苜蓿皂苷（脂康素 α）精制而成的保健功能食品。苜蓿收获后，分离出叶片，进行冲洗、榨汁和低温干燥，然后制作成胶囊，这样可以最大限度地保存其原始营养成分。苜蓿皂苷是目前所发现的纯天然物质中唯一能有效在胃中通过酯化反应，降低血脂的活性物质。它能有效阻断动物体对食物中脂类和胆

固醇的吸收，调节血脂及胆固醇水平。该研究成果已获得美国食品药品管理局的认证。

苜蓿胶囊是一种非常有效的“血液净化剂”和“血管清洗剂”，它通过提高血液中的高密度脂蛋白的数量，将血液内多余的胆固醇、甘油三酯等脂类物质分解代谢，从而降低人体血液中脂类物质的浓度，清除血液垃圾，同时使人体的脂代谢功能恢复平衡。从根本上预防和阻止心血管系统疾病的发生。

（4）红三叶精华素胶囊。红三叶又名红车轴草，为豆科三叶草属多年生牧草，原产小亚细亚与东南欧，广泛分布于温带及亚热带地区。20 世纪 40 年代以来，有关红三叶异黄酮的研究日益受到重视，已开发出的药品和保健食品达百余种。红三叶中富含钙、钾、镁、磷、维生素 B_1、维生素 C、烟酸等多种营养成分，尤其富含生物活性较高的异黄酮类化合物，质量分数占干重的 0.5%～3.5%。天然红三叶异黄酮主要有芒柄花黄素、鸡豆黄素、黄豆苷元、染料木黄酮等。其中芒柄花黄素、鸡豆黄素是大豆中不存在的异黄酮类化合物。红三叶异黄酮具有弱雌激素作用、抗氧化作用、抗解痉作用、抗癌和利尿作用等，能有效地预防和治疗动脉硬化、冠心病、妇女更年期综合征、骨质疏松、乳腺癌、前列腺癌、肥胖等疾病，而且还具有清洁组织细胞、清除血液和肝脏有害毒素、促进胆汁分泌、止咳止喘、缓解疲劳、强健体质等多种保健作用。目前，较常见的保健产品有以红三叶精华素、异黄酮和其他药用植物配成的胶囊。

（5）地肤皂甙胶囊。地肤，亦称扫帚菜、地麦，为藜科一年生草本植物，已明确地肤的果实主要成分有地肤皂甙 1、2、3、4 四种。具有抑制血糖值上升、抑制血液中乙醇浓度的作用。地肤子作为中药，在《神农本草经》中列为上品，有解毒、利尿、清湿热等作用，用于皮肤湿疮、小便淋沥、脚气水肿等。在日本作为食用食物，为日本东北秋田地方“鱼酱油调料”的配方原料之一，已有百年以上历史。日本民间作为传统的强壮、强精药物，还用于治疗阳痿和利尿。

（6）苜蓿皂苷胶囊。苜蓿皂苷是从苜蓿中提取的具有独特生物学性质的活性物质，是由糖中羟基或非糖类化合物的羟基以缩醛链（苷链）脱水缩合而成的环状缩醛物。苜蓿皂苷可以降低胆固醇和血脂含量，还可通过改善冠状血管的血液循环而减轻冠心病人的心绞痛。苜蓿皂苷有消炎、抗霉菌、真菌作用。Hoagland（2001）通过试验证明苜蓿皂苷在极低的浓度（1.6 mg/L）即可 100% 抑制绿色木霉生长。苜蓿皂苷的生物药理活性在医药、保健上都有很好的应用。目前市场有苜蓿皂苷胶囊，其降血脂、降胆固醇、抗动脉粥样硬化效果好、副作用小，作用机理独特，在市场上竞争力较强。

二、能源草产品加工与贮藏技术

（一）能源草简介

能源草是一系列可以作为燃料使用的草本植物的统称，一般是禾本科多年生高大的丛生草本植物，其体内含有较为丰富的纤维素、淀粉、糖、油脂等物质，这些物质可以通过物理或化学方法转化为固体、液体、气体能源产品，以替代传统的石油、天然气、煤等能源，如芦竹、象草、柳枝稷、草芦等。优质能源草具备生长速度快、生物量大、光合效率高、抗逆性强、适应性广、富含高纤维等特点，在大面积种植情况下，更易于实现机械化作业。我国幅员辽阔，具有高光效的 C4 草本植物就有数千种，利用荒山荒滩、沙地、盐碱

地和南方冬闲地发展草本能源植物，符合“不争粮，不争地，不争油、糖”的原则，有利于改善生态环境，对维护粮食安全也具有重要意义。

欧洲和美国对能源草的研究较早，丹麦于1960年开始对芒属植物进行研究，并于1983年建立了首个能源草试验基地。美国于1984年开始启动“能源草研究计划”。芬兰为了确保国家能源供应安全，于20世纪90年代后期开始支持生物质能源的生产，开始大面积种植草芦（*Phalaris arundinacea*），并且种植面积由2001年的500 hm^2增长到2006年的17 000 hm^2。近年来，国外对能源草的研究主要集中在种质资源的收集与开发、生态效应、品种改良、能源转化等方面。

我国对能源草的研究起步较晚，2005年2月通过了《中华人民共和国可再生能源法》，“十二五”国家科技计划启动了农村领域2013年度备选项目“可高效转化的纤维类草本能源植物新品种选育及示范”项目。潘一晨等调查了辽宁省范围内几种野生禾本科草的自然种群特征，得出芒草和狼尾草在贫瘠的土壤上仍然表现出很高的产量，符合能源草的要求，应进行深入研究并利用。另外，曾汉元等测定了5种、李峰等测定了15种草本植物的纤维素和木质素含量，分别得出了河八王、荻和尖叶胡枝子适合作为纤维素类能源草进行开发利用。据初步调查目前我国已种植柳枝稷、芒草、狼尾草等能源草就达数万亩，但真正形成规模产业化的还未见报道。

（二）能源草开发利用产品种类

1. 固体燃料

能源草经粉碎、干燥后在一定温度（80℃）和压力作用下，被压缩成棒状、块状或颗粒状等固体燃料，从而改善燃烧性能，提高热利用效率。这样制成的固体燃料可以直接作为“高效无烟柴炉”的燃料，也可利用干馏技术将固体燃料干馏变成木炭。我国已经初步形成固体成型燃料的产业链雏形，在密云区太师屯镇构建了“能源草边际土地规模化种植—压缩成型与固体成型燃料加工—用户生物质炉燃料利用”的能源农业发展模式。

2. 液体燃料

能源草能够通过不同的转化方式生产生物原油、生物柴油、燃料乙醇等液体燃料。

3. 生物原油

在缺氧状态下，在极短的时间（0.5～5 s）内将生物质加热到500～540℃，迅速冷凝其会变成液体生物燃油。生物原油在常温下具有一定的稳定性，热值一般在16～18 MJ/kg。目前，中国科学院理化技术研究所在天津市武清区建立了“能源草边际土地规模化种植—高温裂解—植物基合成油气及生物质炭技术”示范工程。

4. 生物柴油

生物柴油是以植物油脂和动物油脂、微生物油脂为原料与烷基醇通过交换反应和酯化反应生成的甲酯或乙酯燃料。它是一种可以代替普通柴油使用的环保燃油，是一种可再生能源。1990年，欧洲开始以菜籽油为原料生产生物柴油，并取得了良好效果。Ugheoke等经过研究提出，添加一定浓度的催化剂，可以从油莎草中获得很好的生物柴油。

5. 燃料乙醇

生物质中的纤维素、半纤维素等有效成分经稀酸水解等预处理降解为己糖和戊糖等，后经纤维素酶解发酵可制备纤维素乙醇。纤维素制备酒精技术在19世纪就已经提出，并且美国和前苏联建有生产工厂。Moss研究分析指出，在美国俄克拉荷马州利用柳枝稷生产纤维素乙醇有很大的经济效益。

6. 沼气

沼气是由多种微生物以生物质为底物进行厌氧发酵而产生的一种混合气体，主要成分为甲烷、二氧化碳及氮气、氢气、硫化氢等少量气体。我国在此领域走在了世界前列，自20世纪70年代以来形成的具有中国特色的户用沼气方式甚至被联合国定为一种模式向发展中国家推广使用。在能源草发酵沼气方面，李联华等研究了杂交狼尾草经过预处理后，在厌氧发酵过程中产沼气量的表现，结果表明，热处理能够提高沼气产量，而微波处理会降低产量。

目前，我国正处在经济快速发展时期，需要解决好在经济发展的同时能源需求与供应紧张的矛盾，以及能源消耗与生态环境恶化的矛盾。总的来说，我国资源丰富，但由于人口众多和能源利用效率较低，我国的人均能源消费量远远低于发达国家和世界平均水平。化石燃料毕竟是一次性燃料，会有枯竭的时候，而且其使用过程中会给环境带来污染。

生物质能源的开发利用对于解决我国能源短缺问题意义重大，能源草的种植和利用前景广阔。发展能源草产业，原料供应和转化工艺是限制条件。依据国情，我国种植能源草应遵循“不争地，不争粮，不争油、糖”的原则，充分利用边际性土地。为了使能源草在贫瘠的边际土地上获得更多的产量，育种工作者需要培育出更多的耐盐碱、耐寒、耐旱、耐贫瘠等抗逆性强的优良品种。另外，需要科研机构、高等院校等做好科技攻关项目，努力研发生物、化工技术，为达到能源草的高效转化做好支撑。还需要充分发挥企业和农户的优势，政府做好指导，努力实现能源草产业化，为我国能源安全做出贡献。

三、工艺草产品加工与贮藏技术

饲草饲料除了饲用外，还可以加工成各种各样的草制工艺品。

（一）草制工艺品简介

草制工艺品也叫草编，是利用各种柔韧草本植物如麦秆、蔺草、蒲草、茅草、龙须草、玉米皮等为原料，经手工编织而成的工艺品。其原料生长地域广泛，而且易得易做。草编是中国传统工艺品之一，著名的草编有浙江金丝草编、山东河南的麦草编、广东黄草编、湖南龙须草、台湾草席等，其中以浙江金丝草编和山东麦草编质量最高。浙江是中国草编工艺的传统重点产区之一，其产品从19世纪40年代起就已远销国外。浙江草编有帽子、提袋、地毯、草杂件四大类，其中草杂件类又细分为糖果盒、首饰盒、面包盒、茶垫、靠垫、餐垫、门帘、壁挂、信插、花盆套、拖鞋、草扇、草席、草墙纸等。浙江草编上乘制品有鄞县草席、金丝草帽、马兰草篮，其中马兰草篮在美国曾被誉为“草编明星”。山东的民间草编，据1959年发现的泰安市大汶口文化遗址中出土的陶器看，早在6 000年之前就

已存在了。作为一种传统的工艺美术品和农家手工业产品，草编遍及于山东全省。山东草编以麦秸编织的草帽辫最为著名。草帽辫为山东传统工艺品，可以编出100多个花色品种，山东草帽辫与浙江金丝草帽是中国草帽两大驰名工艺。

（二）草编原料

地域不同，原料也不同，长江流域的草编原料多用野生的黄草、苏草、席草（水毛花）、金丝草、蒲草、蒯草、竹壳、箬壳等，也有用人工栽培的农作物稻草为原料的。黄河流域，如河北、河南、山东的草编，多为麦草，另外还有东莞的黄草，浙江的金丝草，湖南的龙须草等。适于草编的用草，草茎光滑，节少，质细而柔韧，有较强的拉力和耐折性；采割来的草料先要挑选，梳理整齐，进行初加工后，方可编制。

（三）草编工艺品分类

一是根据工艺用料的不同进行分类，如麦秸草编、玉米皮编、蒲草编、稻草、龙须草、马蔺草编、麻编等。二是按编织物的用途分类，属于用器类的有篓、筐、盒、盘、箱、茶垫、坐垫、箸笼、饭包、笊篱、菜筛、锅盖、扇子、花盆套、纸篓、信插、茶杯套、草玩具等等；属于衣着一类的有草帽（有礼帽、童帽、斗笠、太阳帽、麻帽等）、草鞋（有传统的冬季穿用的“蒲窝”，也有各式拖鞋与凉鞋）、蓑衣、玉米皮凉衫等，家具一类的有草屏风等；建筑及室内装饰类有草地毯、灯伞、墙壁装饰纸、草墙纸等。此外还有作为半成品的各种各样的草辫儿。三是按工艺分类则有编货、砌货、串货、钉货等。

（四）草编工艺技术

草编首先是选料，根据需要选取不同草本植物、不同部位以及特定粗细长短的原料。接着进行漂白，为改善工艺品光泽、延长其使用年限，大多采用防护剂浸泡。然后进行编辫，我国各地的编辫手法各有特色，极为丰富，如山东草编的工艺方法常用的有平编、绞编、编花（如“马蔺垛”“套扣”“链子扣”“小浪花”“十字扣”“曲径扣”“粽子扣”“梅花扣”等）、锥砌法、串接、串钉、串连、缠扣、缠锯、缠边、缠画、包裹、拧编、卷折、缝绣、粘贴、割花扎勒等。浙江草编具有结、辫、捻、搓、拧、串、盘等多种编织技法。最后是进行润色和加工，如染色和绘画等。

（五）草编工艺品的贮藏方法

草编工艺为延长使用年限，必须要及时晾晒，防止产品发霉或变形。另外，还可采用防护剂浸泡。以下是一种常用防护剂的制作方法。配方以蒸馏水为主要配方成分，再加磷酸铵20%、硫酸铵10%、硫酸铝5%、硼砂4%、叶酸钠0.18%、二硝基苯酚0.036%。制作中采用搪瓷反应锅，不使用铁质或铝质容器，以免与配方溶液产生化学变化。先在搪瓷反应锅里盛装蒸馏水，按蒸馏水的重量，称好相应比例重量的各种原料。将蒸馏水加热至50℃，在恒温条件下，慢慢加入除叶酸钠、二硝基苯酚之外的4种原料，边加边缓缓搅拌，30～40 min后，待溶液呈透明状时，再加进叶酸钠和二硝基苯酚，持续搅拌。此时，溶液温度逐渐降至30～40℃。待其缓慢冷却后静置24 h，溶液的pH即为8.4～8.7，比重为1.9

左右。最后，用定性滤纸或多层纱布过滤，滤液即制作完成。使用时根据草编品的大小和多少，将适量的防护剂倒入容器中，再把草编品浸泡在防护剂中，1～5 min 后取出，防护剂便均匀地沾在草编品表面了。

四、工业草产品加工与贮藏技术

（一）食品工业添加物及原料

1. 淀粉植物及其利用

淀粉是人类的主要食品、热能的来源，每天主食的主要成分便是淀粉。由淀粉制造的食品如糕点、粉丝、粉皮等食用量都很大。淀粉除供食用外，在工业上的用途也很广。造纸、纺织、发酵、医药、铸造、冶金等工业都需要大量淀粉作原料。如造纸工业用淀粉为胶料，以增加纸张的强度，改善纸张的性质，制造纸板、纸袋等也使用淀粉和淀粉制品为胶黏剂。

淀粉还可制造糖浆、淀粉糖和葡萄糖。糖浆的主要用途为制造各种糖果和糕点等食品；淀粉糖主要用于皮革、发酵工业中；葡萄糖主要用于医药工业中，此外。经加工制成如山梨醇、柠檬酸、葡萄糖酸等若干有机物，在工业上用途也很广。

淀粉是植物体贮藏碳水化合物的主要形式。淀粉植物种类很多，我国有近 500 种，可以分为两类：一类是人工栽培的淀粉作物，包括禾谷类作物、豆类作物和薯类作物；另一类是野生的淀粉植物，以山毛榉科、禾本科、蓼科、百合科、天南星科、旋花科等的种类较多，而且淀粉的含量也较丰富。其次是蕨类、豆科、防己科、睡莲科、桔梗科、菱科、檀香科、银杏科等，这些科的淀粉植物种类虽然比较少，但其中不少种类的淀粉含量却很高。常见的淀粉植物有珠芽蓼、油莎草、蕨、菭蒴、百合、魔芋、葛根等。

草原上的淀粉植物资源丰富，潜力很大。据统计，内蒙古境内就有橡子、沙蓬粉、灰菜籽、山谷子、野山药等 170 多种，年产量在 5 000 万 kg 以上，一般淀粉含量都在 20%～40%。例如，橡子的淀粉含量在 50% 左右，100 kg 可酿 60° 白酒 30 kg。如用全区产量的 1/2 酿酒，可酿出 6 000 t 优质白酒，节省粮食 3 000 kg。淀粉植物除了绝大部分可以作饲料外，有的还可以熬糖稀、制粉条，作副食用。

2. 植物淀粉的加工及贮藏

制造淀粉是利用淀粉不溶解于冷水并比水重的性质，用水将原料中的淀粉洗出，过筛过渣，将所得淀粉乳置于缸或槽中沉淀，得到粗制淀粉。在粗制淀粉中加入清水，搅拌成淀粉乳，再次沉淀，进一步精制。如此处理可除去原淀粉中的一部分水溶性杂质，提高淀粉的质量，将所得湿淀粉脱水干燥后即得成品。

淀粉加工工艺流程一般经过清选、粉碎、筛浆过滤、漂洗、沉淀、干燥等过程。

（1）选料：清除泥沙、枝叶、须根等杂质，便于加工，提高淀粉质量。

（2）润料：便于脱皮（壳），不需要脱皮（壳）的原料，可以不进行润料。

（3）粉碎：对于籽实原料要求将籽实磨成不含颗粒的细粉。纤维质根茎原料，为了综合利用，在原料粉碎时粉碎成丝状，然后放进清水中搅拌沉淀，直至粉质完全脱净为止。肉质根茎、块茎和鳞茎淀粉植物，为了提高出粉率，可采取蒸煮法，即将洗净的块茎或鳞

茎原料切成薄片，进行蒸煮，熟后晒干或烘干，使所含水分不高于15%～20%，然后进行粉碎除渣。

（4）筛浆过滤，用以除去残渣，以提高淀粉质量。

（5）清水反复漂洗，由于各种籽实淀粉的品质色泽不一，在过滤后，要反复进行水漂脱色，淀粉色白的可省去此工序。

（6）沉淀：采用静置沉淀或离心脱水。

（7）干燥：可采用日光晒干或喷雾干燥。

从野生淀粉植物中提取淀粉，必须对原料进行破碎，以破坏其细胞组织，使淀粉从细胞中游离出来便于提取。常用的破碎设备有刨丝机、锤片式粉碎机和砂盘粉碎机等。破碎过筛后得粗淀粉乳，粗淀粉乳含有纤维素、蛋白质等成分，必须除去这些成分才能得到高质量的淀粉。分离纤维多采用筛分的方法，去除蛋白质常用沉淀法或离心分离法。

优质淀粉粉色白净，有光泽，其保存时必须保持干燥，防止潮湿变质，并且防止放在无异味的容器中，密封保存。

3. 植物油脂资源的利用和贮藏

（1）油脂的利用。油脂植物广泛存在于植物界。植物的果实、种子、花粉、孢子、茎、叶、根等器官都含有油脂，但一般以种子含油量最高。我国利用油脂植物的历史悠久，如油料植物大豆已有几千年的栽培和利用历史。油脂是重要的工业原料，也是人们日常生活不可缺少的重要营养物质。油脂的用途十分广泛，具有较高的经济价值。

表6-5　一些牧草种子的含油量和用途

植物名称	学名	种子含油量	用途
播娘蒿	*Descurainia Sophia*	34.80%	
山野豌豆	*Vicia amoena*	18.72%	可制肥皂、润滑油
骆驼蓬	*Peganum harmala*	15.13%	可制肥皂、油漆
蒺藜	*Tribulus terrestris*	11.63%	工业用代替桐油
连翘	*Forsythia suspense*	25.20%	可制香皂、化妆品
马蔺	*Iris pallasii*	37.04%	药用、工业用
碱蓬	*Svaeda glauca*	26.15%	可制肥皂、油墨
四棱荠	*Goldbachia laevigate*	48.00%	工业用油
黄花蒿	*Artemisia annua*	28.75%	可制肥皂、润滑剂
白沙蒿	*Artemisia sphaerocephala*	21.50%	可制油漆
苍耳	*Xanthium sibiricum*	44.63%	
微孔草	*Microula sikkimensis*	43.50%	
胡卢巴	*Trigonella foenum*	6.00%～8.00%	芳香油

（2）油脂的贮藏。油脂保存不当会发生酸败，酸败是由水解和氧化作用所引起。酸败的油脂比重减小、碘值降低、酸值增高，可作为油脂保存中质量检查的指标。根据油脂酸败时化学变化的特点，可把酸败分为两大类，其特点及保存方法如下。

① 水解酸败。水解酸败是由于油脂含有脂肪酶，在水及其他适宜条件下（如25～35℃、pH 4.5～5）。催化油脂的不饱和双键水解，产生游离脂肪酸。含水油脂容易长霉菌和酵母菌，产生脂肪酶和脂肪氧化酶，因此即使在0℃以下保存，也会发生酶水解。所以，长期保存油脂的关键是除去水分。通常把油脂加热灭菌处理，即可达到破坏脂肪酶和去除水分的目的。

② 氧化酸败。氧化酸败比水解酸败更常见，在油脂保存上也更要注意。油脂一般都含有不饱和脂肪酸，不饱和程度越高，即含双键越多，越易发生氧化酸败（如亚油酸）。某些金属（如Co、Mn、Cu、Fe等）、光、水和热等都能加速油脂的氧化变质，使不饱和双键加氧生成过氧化物，后者进一步聚合或分解为具有特殊臭味和味道的低分子游离酸、醛、酮等，可凭借感官来判断。

由于油脂氧化酸败是由多因素引起，长期保存必须消除不利因素的影响。因此，油脂一般都应避光、低温、密闭保存，尽量充满容器，除尽水分和灭菌。必要时也可加入抗氧化剂，阻止或延缓氧化进行。粗制油脂一般含有天然抗氧剂（如维生素E、棉酚、芝麻酚或麦胚酚等），但精制后含量降低，故精制油脂较不稳定，容易氧化酸败。因此，精制油必须加入抗氧化剂（如邻苯二酚），但非天然抗氧化剂多为侵蚀性物质（酚、胺等），较理想的抗氧化剂目前还很难找到。常用的抗氧化剂有五倍子酸的酯类、二丁基甲酚、维生素E等，也可加增效剂（如脑磷脂、维生素C及其酯类）增强抗氧化效果。抗氧化剂、增效剂的选择标准是：能较长期抗酸败；能溶于油脂；无不良气味；无毒性。

4. 天然食品着色剂

食用色素是食品添加剂的重要组成部分。现在应用于食品工业的食用色素可以分为合成色素、仿天然色素和天然色素。天然色素是萃取于天然可食用原料，是以合法的食品加工方法生产的有机色素，如姜黄素取自郁金，花青素取自红色水果。仿天然色素是指天然存在的色素结构，而用化学合成方法制成，如β-胡萝卜素、核黄素、叶绿素铜和焦糖色素等。原花色素是黄烷醇类植物多酚的主体，它们经酸处理会形成花色素。

天然色素安全性高，来源丰富，但缺点是稳定性差、着色力低、成本高。在消费者安全健康第一的原则下，天然色素的发展速度远远超过了合成色素。由于合成色素的安全性比一般食品添加剂更具争议性，因此各国对合成色素均有极严格的限制。

牧草中含有大量的天然色素，如叶绿素、叶黄素、胡萝卜素和类胡萝卜素等。胡萝卜素是维生素A的前体，叶黄素是天然色素，叶绿素在食品和药品生产中有许多用途。提取天然色素替代人工合成色素已是大势所趋。利用液态二氧化碳，可以从苜蓿中萃取出90%的胡萝卜素及70%的叶黄素。我国目前已开发的食用色素有50余种，还有大量可供利用的色素植物资源。具有色素开发前景的牧草有多花木兰、茜草、紫草、裂叶牵牛草、红花、金盏菊、苜蓿等。

5. 蜂蜜的生产和保存

草原上的蜜源植物也很丰富。调查发现，长期认为是害草加以消灭的老瓜头，就属于优良野生蜜源植物。在毛乌素沙漠，这种经济价值很高的老瓜头已经开始种植。老瓜头属于多年生直立半灌木，植株具有毒性，在荒漠沙区生长，繁殖力强。目前，主要分布在宁夏银南地区、内蒙古伊盟和陕西榆林地区的15万km^2草原上，生长面积达243万hm^2，其