

# 非常规饲料资源的开发与利用

张心如 黄柏森 郑卫东 杜干英 毛长清 沈昌明 蔡瑞琼 王道友 林秀华

四川省新津县老科学技术工作者协会,四川新津 611430

除常规饲料外,我国还有大量非常规饲料资源。据报道<sup>[1]</sup>,中国年产非常规饲料资源 10 多亿 t。据笔者测算,我国每年有非常规饲料资源近 40 亿 t。但这些非常规饲料资源未能得到有效利用,多数被废弃,成为当今中国最大的面源污染源。

## 1 动物性蛋白质饲料资源的开发利用

### 1.1 畜产品加工下脚料

畜产品加工下脚料是指屠宰场、皮革加工厂、水产品加工厂的副产物,包括动物血液、羽毛、皮革加工副产物等。这些资源可采用发酵法、酸化法、热喷法、膨化法等技术处理后作为畜禽饲料。

动物血液经脱水加工得到的血粉含粗蛋白质 80%以上,富含铁,是一种良好的蛋白质饲料。如将占全血 55%的血浆分离提纯,干燥后得到血浆蛋白粉,含蛋白质 70%~80%,且含有多种功能性蛋白质<sup>[2]</sup>。我国动物血液资源十分丰富,每年猪血资源就有 20 多亿千克。

羽毛粉是家禽羽毛经过蒸煮、酶解、膨化而形成的粉状蛋白质饲料,含粗蛋白 85%~89%<sup>[2]</sup>。我国年出栏家禽 100 多亿只,羽毛资源十分丰富。

动物加工下脚料消化率低,但经过发酵处理后消化率大幅度提高,羽毛粉蛋白质消化率从 32%提高到 80%,皮革蛋白质消化率从 48%提高到 90.6%,蹄壳蛋白质消化率从 32%提高到 76%,血粉蛋白质消化率提高到 93%~97%<sup>[3]</sup>。

### 1.2 昆 虫

昆虫是动物界中最大的类群。世界上昆虫种类有 200 多万种,地球上 80%的动物是昆虫,昆虫生物量超过地球上所有动物(包括人类)生物总量的 10 倍<sup>[4-5]</sup>。

昆虫世代周期短,多的一年能繁殖到 50 代<sup>[6]</sup>,繁殖力极强,产量极高。在适宜的条件下,一对成蝇 4 个月内即能繁殖到  $10 \times 10^{20}$  只<sup>[6]</sup>。

一些昆虫能工厂化养殖,且可利用废弃物饲养。如畜禽粪便经微生物发酵处理后饲喂苍蝇,养殖过苍蝇的粪便可混合秸秆或草料、垃圾饲养蚯蚓。1 t 猪粪经过上述处理,能得到 100~300 kg 蛆虫、20~60 kg 蚯蚓和 1 000 kg 蚯蚓粪肥<sup>[7]</sup>。

昆虫含有特殊的生物活性物质,如免疫活性物质和几丁质。苍蝇和蛆体内含有杀菌力极强的活性蛋白;对黄粉虫采取饥饿后饲喂含菌物的诱导方式,在其体内能产生大量抗菌肽,具有极高的医药价值。

昆虫营养丰富,蛋白质含量很高<sup>[8-11]</sup>。无论是虫卵、幼虫、蛹或是成虫,蛋白质含量都很高。干物质蛋白质含量一般都在 50%以上,如苍蝇为 61%、蝴蝶为 75%、蝉为 72%、蚂蚁为 67%、黄蜂为 81%、白蚁为 93%;而且氨基酸占蛋白质的比例大,为 32.82%~65.97%;必需氨基酸含量占 14.00%~22.81%,必需氨基酸占氨基酸总量的 36.00%~41.49%。

昆虫幼虫和蛹的脂肪含量高,为 10%~50%;并以不饱和脂肪酸为主,其中亚油酸含量高达 10%~40%。

昆虫是地球上优于肉和蛋类的最大的动物性蛋白质资源和动物资源,除少数有剧毒外,大多数种类都可以收集、加工和人工饲养。

### 1.3 蚯 蚓

蚯蚓属环节动物,目前已知全球有 3 000 多种。蚯蚓在野外生长良好,也可以家养和工厂化养殖、规模化生产。

收稿日期:2014-02-21

张心如,男,1942年生,高级兽医师,长期从事兽医临床和畜牧兽医管理工作。

蚯蚓食性极广,除金属、玻璃、砖石、塑料、橡胶以外,绝大多数废弃物,如人畜粪便、秸秆、杂草及人类生活、商业、工厂等排放的有机废弃物都是蚯蚓的良好食物。

蚯蚓的采食量极大,每天的采食量相当于自身体重的 1/3~1/2<sup>[7,12]</sup>。10 头猪一天排的粪(20 kg)可被 2 400 条澳洲蚯蚓 1 周吃完,或被 1 600 条日本太平洋 2 号蚯蚓 1 周吃完<sup>[13,14]</sup>。1 kg 蚯蚓 48 h 内能吃完 1 kg 粪便<sup>[9]</sup>。10 亿条蚯蚓 1 d 能吃掉 500 t 垃圾<sup>[7,12]</sup>,并能转化为蛋白质含量很高的蚯蚓粪。

蚯蚓分解有机质的能力很强,利用蚯蚓对畜禽粪便、生活垃圾和其他有机废弃物进行无害化处理,工艺简单,费用低,还能获得高蛋白质的蚯蚓粪,且并不产生二次污染。

蚯蚓繁殖力极强,产量极高。在适宜的环境条件下,每年增殖量高达 1 000 倍。1 000 条性成熟蚯蚓,2 a 内就能增殖到 10 亿条,能收获商品蚯蚓 500 t,平均每月收获 20.8 t。动物废弃物转化为蚯蚓组织的效率很高,1 t 动物废弃物可稳定转化为 100 kg 蚯蚓<sup>[16]</sup>。

蚯蚓排粪量极大,且粪便价值高。1 亿条性成熟赤子爱胜蚯蚓每日进食量 40 t,排粪 20 t<sup>[7,12]</sup>,一年排粪多达 7 300 t。蚯蚓粪便蛋白质含量高达 22.5%<sup>[7]</sup>,可作饲料,添加量为 15%~30%。在水产饲料中添加量可达 70%,甚至可用全粪喂鱼,饲养鱼生长良好。蚯蚓粪便经济价值高,养殖场蚯蚓粪的经济价值是蚯蚓本身的 1.5 倍<sup>[7]</sup>。

蚯蚓营养价值高<sup>[7,12,17]</sup>,富含蛋白质,鲜蚯蚓含量为 8%~10%;干蚯蚓含量高达 56%~60%,最高达 71%。组成蚯蚓蛋白质的氨基酸全面,尤其是亮氨酸、精氨酸和赖氨酸含量高,赖氨酸含量高达 4.3%。蚯蚓脂肪含量为 4.4%~17.3%,其中以亚油酸为主的不饱和脂肪酸特别多。另外,还含有丰富的维生素,钙、磷含量高,磷的利用率达 90%以上。

可以替代鱼粉、豆粕配制畜禽饲料和水产配合饲料,也可以用蚯蚓直接饲喂畜禽。

## 2 单细胞蛋白饲料的开发利用

单细胞蛋白(SCP)是指酵母菌、真菌、霉菌、非致病性细菌等单细胞微生物所产生的蛋白质,又称生物菌体蛋白或微生物蛋白。菌体蛋白(MBP)是指多细胞微生物,主要是丝状真菌、大型真菌的菌丝

体蛋白质。目前二者基本通用。

生产单细胞蛋白的微生物主要是酵母菌、细菌、真菌和藻类,主要采用液态发酵和固态发酵 2 种生产工艺。

单细胞蛋白含有很高的优质蛋白质,而且蛋白质氨基酸种类齐全,配比适当。细菌单细胞蛋白含蛋白质 40%~80%,酵母蛋白含 35%~60%,真菌含 20%~50%,霉菌含 40%~50%,藻类含 40%~70%;单细胞蛋白在畜禽体内经水解转化为多肽和氨基酸,吸收率高达 90%;另外,还含有丰富的维生素(特别是 B 族维生素)、生物酶和丰富的微量元素<sup>[18-20]</sup>。

### 2.1 生产原料来源广泛

植物淀粉糖类、纤维素类、农林产品加工副产物、轻工业和食品工业下脚料、石油原料和石油化工产品等都能作为单细胞蛋白的生产原料。我国最有前途的原料是可再生植物原料,如农作物秸秆、林业枝叶、树皮、木材加工副产物。糖厂、味精厂、造纸厂、淀粉厂、柠檬厂等轻工业和食品工业排放的废渣、废液都能作为单细胞蛋白的生产原料。

纤维素类,如秸秆、林业枝叶、木材加工下脚料、糖渣等,经酸化处理后采用水解方法,将其变为还原糖,再经发酵生产酵母蛋白。谷壳水解液经深层发酵生产酵母蛋白,每 3 t 谷壳就能生产 1 t 酵母蛋白<sup>[9]</sup>。我国每年有谷壳、棉子壳、玉米芯等纤维素农副产品数千万吨,如用其中的 20%作为原料,就能生产 100 万 t 单细胞蛋白饲料<sup>[21]</sup>。采用固体发酵技术处理秸秆,能使秸秆粗蛋白质含量达到 15%~20%,2 亿 t 秸秆通过微生物发酵工程处理,能转化为相当于 8 000 万 t 饲料粮<sup>[9]</sup>。我国年产 8 亿 t 秸秆,还有林业枝叶、木材加工下脚料 10 多亿 t,这些都是可以用作生产单细胞蛋白的巨大资源,有待开发。我国年产菌糠 1 000 多万 t,目前尚未开发利用。若利用微生物制作发酵菌糠,就能有效利用这一巨大饲料资源。马纯艳等<sup>[22]</sup>利用菌糠生产单细胞蛋白质饲料,使菌糠蛋白质提高到 15.23%。对酒糟、醋糟、糖渣、淀粉渣等 11 种糟渣进行固体发酵处理,粗蛋白质含量增加 35.74%~130.04%<sup>[23]</sup>。我国年产糟渣 1.68 亿 t<sup>[24]</sup>,这是生产单细胞蛋白的巨大资源。据报道,仅用我国食品与发酵工业废糟渣就能生产单细胞蛋白饲料 1 000 万 t<sup>[25]</sup>。张建红等<sup>[26]</sup>报道,5 亿 t 轻工业、食品加工业废液,就能生产 500 万 t 单细胞蛋白。据资料,1988 年,我国食品和发酵行业产生的废

液、废渣多达 207 488 万 t<sup>[27]</sup>。这是一巨大的资源,但目前利用率极低,尤其是废液,利用率不到 1%<sup>[26]</sup>。

## 2.2 生产效率高

一般动物蛋白质的生产速度与体重的倍增时间成正比。而微生物的倍增速度比猪、牛、家禽等动物快千万倍<sup>[21]</sup>。微生物富集蛋白质的能力远远高于动植物,酵母菌合成蛋白质的速度比植物快 500 倍,比动物快 2 500 倍<sup>[19]</sup>,细菌更快。1 头 500 kg 重的公牛每天只能生产蛋白质 0.4 kg,而 500 kg 酵母每天能生产蛋白质 50 000 kg<sup>[21]</sup>。

## 2.3 占地少

单细胞蛋白生产是在大型发酵罐中立体式培养,占地面积很少。据报道,年产 1 t 100% 蛋白质占地数量为:大豆为 24 500 m<sup>2</sup>、鱼为 11 150 m<sup>2</sup>、鸡蛋为 273 m<sup>2</sup>,而酵母蛋白仅为 3 m<sup>2</sup><sup>[28]</sup>。年产 10 万 t 的单细胞蛋白工厂,如产品蛋白质按 45% 计算,1 a 可生产蛋白质 45 000 t,而 1 hm<sup>2</sup> 耕地生产的大豆蛋白质只有 1 200 kg。所以,一个占地不多、年产 10 万 t 单细胞蛋白的工厂,一年所生产的蛋白质相当于 37 500 hm<sup>2</sup> 耕地所生产的大豆蛋白质总量<sup>[21]</sup>。

# 3 林业饲料资源的开发利用

林业饲料资源主要指包括乔木、灌木、半灌木、竹类、林质藤木等在内的嫩枝、叶、花、果实、种子、树皮及林业产品加工副产物。

饲料林木适应性强,分布广。除一般环境外,还可以在干旱地、半干旱地、甚至是年降水量少于 400 mm 的地区生长良好,并能提供大量饲料资源。饲料林青绿期和利用年限长,生物产量高,同等饲料林的产品比草本植物高 2~4 倍<sup>[29-30]</sup>。

科技工作者对中国林业饲料资源作了大量调查研究工作。在我国 8 000 多种木本植物中,可用作饲料的有 1 000 多种<sup>[31]</sup>,其中乔木最多,其次是灌木、半灌木和竹类植物。其中乔木类饲料植物年均可提供饲料 5 亿多 t,灌木和半灌木植物多达 500 多种<sup>[32]</sup>。据周芳萍<sup>[33]</sup>报道,2000 年,中国森林面积 1.3 亿~1.4 亿 hm<sup>2</sup>,活立木总蓄积量 118.9 亿 m<sup>3</sup>,根据森林面积、活立木总蓄积量和采伐情况进行估算,每年树叶产量约 5 亿 t,抚育间采伐和主伐残留在林地或伐区内的嫩枝叶约 1 亿 t,木材加工下脚料约 1 亿 t。这 7 亿 t 是可以加工利用的饲料资源。按照这个比例计算,2012 年,中国(森林面积 1.95 亿 hm<sup>2</sup>)

林业饲料资源多达 10 亿 t,其中 7 亿 t 树叶中含蛋白质多达 7 000 万 t 以上。

孙祥<sup>[34]</sup>对我国数十种木本植物的风干枝叶营养成分作了分析和阐述:10 种乔木枝叶粗蛋白质含量为 6.5%~13.6%,粗脂肪 5.10%~12.21%;18 种阔叶乔木枝叶粗蛋白质含量为 10.50%~29.24%,粗脂肪 1.39%~9.32%;6 种灌木枝叶粗蛋白质含量为 8.48%~18.84%,粗脂肪含 0.26%~3.82%;26 种半灌木粗蛋白质含量为 10.38%~19.37%,粗脂肪 1.05%~13.81%。另据对 19 种风干树叶分析,含粗蛋白质 10.2%~26.2%,粗脂肪 2.1%~8.6%,粗纤维 7.1%~26.9%,无氮浸出物 24.3%~54.6%,灰分 6.4%~19.1%,钙 0.05%~3.31%,磷 0.02%~1.37%<sup>[33]</sup>。

林业饲料资源纤维素含量较高,需加工处理后饲用价值才高。加工工艺主要包括青贮、水贮、微贮、发酵、蒸煮、热喷、酸化、碱化、氨化、糖化、膨化等。木材加工下脚料,如木皮、刨花、木屑、锯木等,经过酸化处理,使纤维素水解为糖类,再经过发酵,除可以提取酒精、糖醛、木醇等外,还可以生产酵母蛋白。

我国林业饲料资源利用率很低,除新疆树叶利用率达到 20% 外,全国乔木枝叶饲用率平均只有 1%<sup>[35]</sup>。如果我国林业饲料资源中 1/5 能得到有效利用,就相当于全国饲料用粮的 3 倍<sup>[36]</sup>。

## 3.1 葛藤

葛藤是我国南方地区具有代表性的高产优质林业饲料资源。

1) 资源丰富。葛藤适应性强,能在干旱地带、丘陵山区、疏林地里、悬岩峭壁、裸露石缝中栽种,且生长良好,把裸露的岩石峭壁覆盖成绿茵,不但能保持水土、绿化环境,同时又能生产饲料和药材。

葛藤具有速生性和再生性,一季之内,葛蔓可延长 15~30 m,每年能刈割 3~4 次<sup>[37]</sup>。茎叶繁茂,产量极高,野生葛每年产鲜草 3 750 kg/667m<sup>2</sup>,人工栽植年产量可达 5 000 kg/667m<sup>2</sup><sup>[38-39]</sup>。

2) 营养丰富。据刘建林等<sup>[38]</sup>报道,风干茎叶含粗蛋白质 20.89%~29.20%,粗脂肪 2.45%~4.20%,粗纤维 26.55%~34.20%,灰分 5.91%~9.96%,钙 2.11%,磷 0.09%。另据杨吉华<sup>[40]</sup>报告,葛藤的根、茎、叶含粗蛋白质 21.21%,粗脂肪 4.8%,粗纤维

24.39%，粗灰分 10.0%，无氮浸出物 39.6%，钙 2.63%，磷 0.40%。

葛藤营养价值高，适口性好，是牛、马、羊、猪、兔及家禽的一种高产优质林业饲料资源。

### 3.2 沙棘

沙棘在我国西北、华北、西南等地区均有分布，在西北干旱地区、沙漠地区生长良好，是防风固沙的重要林木，同时也是良好的饲料资源。

1) 资源丰富。2000 年，中国沙棘资源总面积超过 200 万  $\text{hm}^2$ ，以后每年以 6.7 万  $\text{hm}^2$  的速度发展<sup>[41]</sup>。中国沙棘面积占全球总面积的 90%<sup>[42]</sup>。随着我国生态建设发展及防沙工程的实施和推进，沙棘人工种植面积将大幅度增加。

2) 产量高。一般野生沙棘年产叶量为 150 ~ 200  $\text{kg}/667\text{m}^2$ ，产果 80 ~ 120  $\text{kg}/667\text{m}^2$ 。人工种植沙棘产量相应提高 1.0 ~ 1.5 倍和 4.0 ~ 5.0 倍<sup>[43]</sup>。据刘莹<sup>[44]</sup>报道，每公顷沙棘年产叶 5 t、嫩枝 3 t，估算中国年产沙棘叶、嫩枝、果实共计超过 2 000 万 t，这是一巨大饲料和药材资源。

3) 营养丰富。沙棘叶：含粗蛋白质 11.47% ~ 22.92%，粗脂肪 3.42% ~ 6.10%，粗纤维 14.28% ~ 19.72%，灰分 3.86% ~ 6.10%，无氮浸出物 48.36% ~ 61.30%；沙棘嫩枝：含粗蛋白质 13.7%，粗脂肪 1.93%，灰分 6.8%；沙棘树皮：含粗蛋白质 17.4%，粗脂肪 2.33%，灰分 4.7%；沙棘果渣：每 100  $\text{kg}$  沙棘果能榨取 20  $\text{kg}$  果渣。风干果渣含粗蛋白质 18.3%，粗脂肪 11.6%，粗纤维 12.5%，无氮浸出物 64.7%，灰分 2%，钙 0.19%，磷 0.16%<sup>[41-44]</sup>。

我国年产沙棘果 5 亿  $\text{kg}$ ，可获得沙棘籽 5 000 万  $\text{kg}$ <sup>[45]</sup>。沙棘籽含粗蛋白质 26.06%，粗脂肪 9.02%，粗纤维 12.33%，灰分 6.48%<sup>[46]</sup>。

沙棘枝叶通过青贮发酵后蛋白质含量提高 25%，粗纤维降低，适口性改善，保存期延长<sup>[47]</sup>。

## 4 秸秆

中国年产农作物秸秆 8 亿  $\text{t}$ <sup>[48]</sup>，但多数被废弃或在田间燃烧，成为我国一大农业面源污染源。

### 4.1 秸秆的营养成分

稻草、麦秆和玉米秆分别含纤维素 38.8%、43.2%和 32.9%，半纤维素 20.9%、14.2%和 32.5%，木质素 5.2%、7.9%和 4.6%，粗蛋白质 4.96%、12.4%和 20.6%<sup>[48-50]</sup>。

### 4.2 秸秆的加工处理

秸秆粗纤维和木质素含量高，要经处理后才能提高其消化率。秸秆加工处理方法很多，化学处理是提高秸秆营养价值和消化率的有效方法，包括碱化、酸化、氧化、氨化等方法<sup>[48-50]</sup>。

氨化处理成本低，设备简单，基本无污染，易推广。其中液氨氨化处理和尿素氨化处理效果好。麦秆氨化处理后粗蛋白质从原来的 3.6%增加到 11.6%，干物质体内消化率提高 24.14%，粗纤维体内消化率提高 43.77%，有机物体体内消化率提高 29.4%，粗蛋白质消化率提高 35.3%<sup>[50]</sup>。稻草氨化处理后粗蛋白质含量提高幅度为 109.5% ~ 129.9%<sup>[48]</sup>。如采用氨化和碱化复合处理，能使稻草消化率提高到 71.2%，麦秆消化率提高到 66.3%<sup>[50]</sup>。

据彭世良<sup>[51]</sup>报告，秸秆经氨化处理后，粗蛋白质增加 1.0 ~ 1.5 倍，粗纤维部分降解，消化率提高 20%以上，适口性好，如将 5 亿  $\text{t}$  秸秆进行氨化处理作饲料，可转化成 80 亿 ~ 100 亿  $\text{kg}$  动物性食品，相当于 800 亿 ~ 1 000 亿  $\text{kg}$  粮食。

秸秆是中国一巨大饲料资源。据报道，用秸秆饲喂反刍动物，每千克秸秆的能量营养价值相当于 0.25 ~ 0.45  $\text{kg}$  精料，如将全国 8 亿  $\text{t}$  秸秆全部利用，可节省 2 ~ 3 亿  $\text{t}$  饲料粮<sup>[24]</sup>。

## 5 糟渣类饲料资源

糟渣类饲料资源主要包括酒糟、醋糟、酱糟、粉渣、果渣等。我国每年产生糟渣类总量多达 16 869 万  $\text{t}$ ，其中可做精料的糟渣 14 584 万  $\text{t}$ ，粗料糟渣 2 285 万  $\text{t}$ <sup>[24]</sup>，是一巨大的饲料资源，但目前尚未得到合理利用，甚至被废弃成为一大环境污染源。

### 5.1 玉米酒糟及可溶物

玉米酒糟及可溶物 (DDGS) 是由 DDC 和 DDS 组成。DDC 是指将玉米酒糟作简单过滤、将滤渣干燥而获得的饲料，其中含有除淀粉和糖以外的其他成分，如蛋白质、脂肪和维生素。DDS 是指玉米经发酵提取酒精后的稀残留物中的酒糟可溶物干燥处理的产物，其中含有一些可溶物、发酵物、发酵产生的未知生长因子、糖化物、酵母等。将 DDC 和 DDS 按一定比例 (通常是 7 : 3) 混合烘干即得到 DDGS。在采用干法生产酒精时，每 100  $\text{kg}$  玉米能产生大约 36 L 酒精、DDGS 和  $\text{CO}_2$  各 32  $\text{kg}$ 。

DDGS 中除碳水化合物外，其他成分为原料的

2~3 倍<sup>[52]</sup>。因样品来源不同,营养成分有一定差异。据国外 300 个样品分析<sup>[53]</sup>,各种营养成分均值:粗蛋白质为 27.15%,粗脂肪 10.67%,粗纤维 6.21%,灰分 4.5%,钙 0.43%,磷 0.76%。据国内报道,国产 DDGS 含粗蛋白质 28.7%~32.9%,粗脂肪 8.8%~12.4%,粗纤维 5.4%~10.4%<sup>[54]</sup>。DDGS 中氨基酸含量和可消化氨基酸水平通常是玉米的 3 倍,赖氨酸消化率为 46%~84%<sup>[52]</sup>。脂肪含量是玉米的 3~4 倍,亚油酸含量达到 2.3%<sup>[55]</sup>。

据资料,2000 年,中国产白酒糟 2 000 多万吨,大中型酒厂已将其加工成 DDGS,而广大农村众多小酒厂的酒糟有待开发利用<sup>[24]</sup>。近些年中国每年都要进口大量 DDGS,以满足养殖业需求。

## 5.2 果蔬渣

根据国家统计局资料,2012 年,中国水果产量为 15 105 万 t。其中苹果 3 841 万 t、柑橘 3 168 万 t、梨 1 707 万 t、葡萄 1 054 万 t、香蕉 1 156 万 t,还有为数不少的菠萝等水果。

我国水果约有 38%用于深加工<sup>[56]</sup>,每加工 1 000 kg 水果就能产生下脚料 400~500 kg,烘干后得到干果渣 120~165 kg<sup>[45-46]</sup>。据报道,2003 年,中国果渣产量为 620 万 t,估算 2012 年约为 700~900 万 t<sup>[56]</sup>。

果渣经微贮发酵制作蛋白质饲料,能使粗蛋白、真蛋白和粗脂肪分别提高 74.63%、165.45%和 50.67%,粗纤维降低 61.34%<sup>[46]</sup>。但目前果渣未能得到有效利用。

1) 苹果渣。苹果渣营养丰富,干渣含粗蛋白质 6.2%、粗纤维 16.5%、无氮浸出物 61.5%、钙 0.13%、磷 0.12%、含铁量为玉米的 4.9 倍<sup>[57-59]</sup>;赖氨酸、蛋氨酸和精氨酸分别为玉米的 1.7 倍、1.2 倍和 2.75 倍,维生素 B2 为玉米的 3.5 倍<sup>[46]</sup>。

2) 柑橘皮渣。我国柑橘产量居世界之首,其中 40%用于深加工<sup>[60]</sup>,大量加工下脚料未能利用。未经处理的柑橘皮渣含干物质 90%,含粗蛋白质 6%~8%、粗脂肪 2.2%~3.4%、粗纤维 12%~18%、无氮浸出物 55%~65%、钙 0.06%~1.0%、磷 0.1%~0.2%<sup>[61-62]</sup>。经青贮发酵后,粗蛋白质、粗脂肪含量提高,苦味物质降低,适口性改善<sup>[63-64]</sup>。

3) 葡萄渣。中国盛产葡萄,80%用于酿酒,13%鲜果食用,7%用于加工果汁。葡萄渣主要由籽(8%~10%)、皮(20%~25%)和梗(10%~15%)组成<sup>[65]</sup>。目前,葡萄渣利用很少,大多数被废弃,少数用作燃

料,很少用作饲料。

葡萄皮含粗蛋白质 14.75%,粗脂肪 7.23%,粗纤维 18.46%,无氮浸出物 40.17%;葡萄籽含粗蛋白质 8.9%~10.87%,粗脂肪 10.15%~18.50%,粗纤维 23.16%~27.14%,无氮浸出物 32.17%~38.66%;葡萄渣含粗蛋白质 13%,粗脂肪 7.9%,粗纤维 31.9%;蛋白质中氨基含量为 7.76%;脂肪中亚油酸高达 75%<sup>[66-68]</sup>。

在葡萄渣中饲料利用较多的是葡萄籽,其加工产品有饼、粕和熟化葡萄籽粉。葡萄籽饼蛋白质含量高达 21%。

4) 番茄酱渣。番茄酱渣由 55%~58%的种籽和 42%~45%的果皮组成,干物质含粗蛋白质 10%,粗脂肪 12%~22%,赖氨酸比大豆高 13%<sup>[69-70]</sup>;维生素 E 含量特别高,达到 224 mg/kg,故有较强的抗氧化功能<sup>[71]</sup>。

## 6 制糖业副产物的开发利用

我国制糖原料主要是甘蔗和甜菜。糖渣是榨糖后的残渣,糖蜜是制糖过程中产生的含糖废液。糖蜜经发酵进行粗馏过程中产生的高浓度有机废物称酒精废醪液。酒精废醪液含丰富的氮、磷、钾和有机质,其中含有 10%~12%的固形物,固形物中 70%为有机质,如酵母菌体、蛋白质、糖分、氨基酸、维生素、有机酸等。滤泥是在制糖过程中,蔗汁通过澄清,由压内机或真空吸滤机过滤后的残渣,一般占压榨量的 3%~4%。滤泥含甘蔗纤维、蔗糖和蔗蜡凝胶体,粗蛋白质含 15%~17%,粗脂肪含 10%~15%,总糖分 10%~15%,还有部分微量元素<sup>[72-73]</sup>。

### 6.1 甘蔗渣

我国年产甘蔗渣 1 600 万 t<sup>[24]</sup>,甘蔗渣含纤维素 44%~46%<sup>[74]</sup>,如不经过处理,动物的消化率只有 20%~25%<sup>[75]</sup>。经氨化发酵处理后,粗蛋白质达到 8%~11%。多种微生物共生发酵甘蔗渣能使纤维素降低 60%,粗蛋白质和粗脂肪提高数倍<sup>[75-76]</sup>。

### 6.2 甜菜渣

我国年产甜菜渣 670 万 t,甜菜渣含粗蛋白质 9.2%~12.9%、粗纤维 16.7%~23.3%,其中粗纤维消化率高达 80%;含钙 0.91%<sup>[24]</sup>。

### 6.3 糖蜜

糖蜜又称糖稀,是以甘蔗、甜菜等为原料的制糖业的副产物。国外 60%用作饲料。中国年产 300

多万 t,几乎全部用作发酵工业,每年还要进口一定数量以补国内欠缺,极少用作饲料<sup>[7]</sup>。

1)营养成分。糖蜜是一种能量饲料原料,含糖 40%~46%,主要含蔗糖、果糖、葡萄糖等可溶性糖类;含蛋白质 3%~6%,还含有生物素、胆碱和可溶性 B 族维生素;含烟酸 300~800 mg/kg,肌醇 500 mg/kg,锰 20 mg/kg,钴 0.5 mg/kg<sup>[77-78]</sup>。

2)利用方式。一是配制日粮。可在日粮中添加一定比例饲喂猪、家禽和草食动物。二是制作尿素糖蜜舔砖。舔砖是以糖蜜、尿素、食盐、维生素、矿物质和微量元素为主要营养成分,添加一定量的凝固剂和填充剂压制而成<sup>[79]</sup>,供给舔砖是反刍动物补充蛋白质和微量元素的有效方法。三是在青贮中应用。糖蜜主要含可溶性糖类,而可溶性糖是制作青贮饲料的关键,含量在 4%以上可以制作出上等优质青贮料;而含量在 2.5%时,质量难以保证;含量在 1.5%以下时多为劣质青贮料。豆科植物含糖量低,难以青贮,若在其中添加一定比例糖蜜,能缩短青贮发酵进程,改善青贮效果,提高青贮品质<sup>[80-82]</sup>。

## 7 糠麸类

我国每年有稻谷糠和麸皮资源 5 000 万 t,糠不能食用,主要用作饲料和酿造行业。

菌糠是指以农作物秸秆、棉子壳、甘蔗渣、玉米芯、锯木、工业废物(酒糟、醋糟、造纸厂废液、制药厂黄浆液等)为主要原料栽培食用菌后的废弃培养物。菌糠的归类尚未定论,有的将其归为糟渣类<sup>[1]</sup>,张建红等<sup>[26]</sup>将其归为糠麸类。据资料,我国食用菌产量从 1978 年的 6 万 t,增加到 2007 年的 1 682 万 t,占世界总产量的 70%以上,年产生菌糠 600~700 万 t<sup>[83]</sup>。据中国食协行业信息部提供的数据,2012 年,中国食用菌总产量达到 2 571.7 万 t,推算菌糠已超过 1 000 万 t。菌糠经过加工处理后能成为一种新型蛋白质饲料,但目前大多数被废弃,成为一大环境污染源。

菌糠培养物原料的营养价值不高,但因食用菌的栽培原料经真菌的生物发酵和酶解作用,纤维素、半纤维素和木质素被不同程度降解,通过食用菌的生物固氮作用、酵解作用等一系列转化过程,粗蛋白质、粗脂肪含量比原培养物提高 2.2~2.9 倍,粗纤维、木质素和抗营养因子大幅度降低。如纤维素降低 50%,木质素降低 30%以上,棉酚降低

60%以上<sup>[84]</sup>。同时产生许多糖类、有机酸和生物活性物质。不但营养物质增加,还提高了营养物的消化率、适口性和安全性。

对 17 种菌糠常规营养成分含量测定结果显示:干物质 69%~92%,粗蛋白质 5.80%~15.44%,粗脂肪 0.12%~4.53%,粗纤维 2.00%~37.11%,无氮浸出物 33.0%~63.5%<sup>[85]</sup>。经过发酵处理的香菇菌糠,粗蛋白质从 10.60%提高到 25.83%<sup>[86]</sup>。

## 8 再生饲料资源的开发利用

畜禽粪便中含有大量营养物质,尤其是蛋白质。经发酵处理,鸡粪蛋白质含量达 30%以上,猪粪含 20%以上。畜禽粪便中氨基酸含量丰富,几乎含有所有必需氨基酸,并含有丰富的 B 族维生素、微量元素和生长因子。

据报道,我国年产猪、鸡粪干物质分别为 17 685 万 t 和 3 285 万 t,能提供粗蛋白质 4 400 万 t<sup>[24]</sup>。据张建红等<sup>[26]</sup>报道,我国畜禽粪便如能有 60%被充分开发利用,大约可以节省 5.2 亿 t 饲料用粮,可生产畜禽肉 2.5 亿 t。

## 9 海洋植物饲料

中国海洋植物饲料资源很丰富,其中产量较高的是海藻、海带草、海青菜、海更菜、紫菜、海谷菜等。

海藻是海洋中分布最广的生物,从微小的单细胞到长达数十米的巨藻,种类繁多,约 1 万多种。这些海洋植物的体内含有丰富的多糖、蛋白质、脂肪、维生素、矿物质、微量元素和具有特殊功能的生物活性物质,不但是人类食品、医药原料,同时也是一巨大的饲料资源库。

营养成分:以海藻为例,含粗蛋白 8.95%,粗脂肪 0.3%,粗纤维 0.6%,甘露醇 11.3%,褐藻胶 24.7%,褐藻淀粉 1.7%,褐藻糖胶 0.3%,碘 4 500 mg/kg,铁 1 900 mg/kg,锰 37 mg/kg,锌 39 mg/kg,胡萝卜素 10 mg/kg,VC 32 mg/kg,生育酚 7.2 mg/kg<sup>[87]</sup>。

生产应用:猪饲料中添加 8%~10%的海洋植物饲料,日增重提高 10%,发病率降低,猪肉品质改善,饲料成本降低<sup>[87-88]</sup>。在鸡饲料中添加 2%~5%海藻成分,蛋黄碘含量增加 10 倍以上,维生素 A 含量提高 17%~46%<sup>[87-88]</sup>。

此外,海洋植物含有苯酚类化合物和琼胶、褐藻酸等化合物。苯酚类化合物有较强的抑菌防霉作用,是天然饲料防霉剂。因含琼胶、褐藻酸等吸水物质,又是天然粘合剂和防潮剂,在饲料中添加 2%~3%海洋植物饲料,可杀灭 90%的螨虫和有害细菌,同时又可吸收饲料中的水分<sup>[8]</sup>。

## 10 结 语

2012 年,中国进口粮食达到 8 000 万 t<sup>[9]</sup>,为世界粮食贸易量的 20%。中国粮食自给率不到 90%,农产品自给率仅 80%<sup>[10]</sup>,农产品进口总量相当于利用境外  $4.2 \times 10^7$  hm<sup>2</sup> 耕地<sup>[11]</sup>。中国农产品消费水平实际上已超过中国农产品综合生产能力。

在进口的 8 000 万 t 粮食中,主要作为饲料用的大豆、玉米占 80%。2012 年,中国进口大豆 5 838 万 t,为全球大豆生产总量的 1/4,为世界大豆贸易量的 63.9%<sup>[12]</sup>,中国大豆消费量的 80%依赖进口。

随着人们生活水平不断提高和城镇化进程的推进,中国将有数亿农民转为城市居民,生活方式将发生重大转变,肉、蛋、奶和水产品消费量将有较大幅度增加,这些都需要粮食生产和转化。国务院规划,到 2020 年,全国粮食总产量稳定在 5.5 亿 t 以上,低于 2013 年的 6.02 亿 t<sup>[13]</sup>。按目前人均粮食消费水平计算,到 2030 年(16 亿人口)中国年消费粮食将达 8 亿 t,未来中国粮食缺口大,主要是饲料粮缺口巨大。这将是 中国粮食安全的巨大威胁。但是我国每年数十亿吨非常规饲料资源又未能有效利用,多数被废弃,成为当今中国最大的面源污染源,国家每年又要耗费大量人力、物力和财力来治理污染。因此,非常规饲料资源的开发利用,不但是关系到中国养殖业可持续发展,同时关系到中国粮食安全和环境安全的重大战略问题。故应将非常规饲料资源的开发利用放到国家战略高度来认识、来对待,需中央决策,全民重视。

## 参 考 文 献

- [1] 汪勇,汤海鸣,李富伟.非常规饲料资源开发利用的研究进展[J].广东饲料,2008,17(1):36-38.
- [2] 田晓燕.几种动物性蛋白质饲料的开发利用[J].饲料与畜牧,2002(4):26-28.
- [3] 钟启平.利用微生物菌体开发蛋白质饲料源(一)[J].畜禽业,1999(3):30-32.
- [4] 吕文秀,娄国强.昆虫蛋白质资源的开发利用概况[J].河南技术师范学院学报,1996,24(4):7-10.
- [5] 方洛云,郝晓平,刘风华,等.昆虫蛋白质饲料资源开发及对策研究[J].饲料研究,2009(6):71-73.
- [6] 张泽生.家蝇幼虫作为人类潜在食物蛋白质资源开发的探索[J].食品工业科技,1997(6):67-69.
- [7] 潘红平,陈伟超,曾卫军,等.怎样科学办好蚯蚓养殖场[M].北京:化学工业出版社,1913:1-8,37,42-43,59-60,158-160.
- [8] 王达瑞,张文霞,陆原,等.家蝇幼虫营养成的分析及利用[J].昆虫知识,1991(4):247-249.
- [9] 刘玉升,李玉霞.昆虫源动物蛋白质饲料的开发与利用[J].饲料研究,2001(3):35-37.
- [10] 孙涛,师希雄,龙瑞军.昆虫蛋白质饲料营养价值及开发利用现状[J].饲料工业,2008,29(15):45-47.
- [11] 魏美才,刘高强.昆虫蛋白质资源的开发与研究进展[J].中南林学院学报,2004(2):86-90.
- [12] 上海科学技术情报研究所.蚯蚓的利用与养殖[M].上海:上海科学技术出版社,1980:1-5,19-21.
- [13] 廖新佛,吴银宝,谢货清,等.不同蚯蚓对猪粪、牛粪利用特性及生长繁殖比较[J].福建畜牧兽医,1999,21(6):8-9.
- [14] 王冲,郑东梅,孙振约.蚯蚓在畜牧生态系统中的应用[J].家畜生态学报,2005,26(2):1-6.
- [15] 林青,答林森.规模化养牛场粪污无害化处理及资源化利用探讨[J].家畜生态学报,2011,32(1):93-95.
- [16] 王燕丽,李君荣.蚯蚓饲料在养猪生产中的应用研究进展[J].畜牧与饲料科学,2012,33(4):77-78.
- [17] 孔凤真.蚯蚓的养殖及开发利用[J].特种经济动物,2000(12):6.
- [18] 任静柏.单细胞蛋白的开发与应用[J].现代畜牧兽医,2007(5):30-32.
- [19] 刘建静,杨著明,宋海彬.单细胞蛋白的开发与利用[J].黑龙江畜牧兽医,2008(4):21-22.
- [20] 冯忠义.单细胞蛋白在饲料中的应用前景[J].江西饲料,2001(4):11-12.
- [21] 段永兰.单细胞蛋白和菌体蛋白饲料的生产及发展前景[J].畜牧与饲料科学,2010,31(11-12):44-46.
- [22] 马纯艳,王升厚.菌糠单细胞蛋白质饲料生产技术研究[J].食用菌,2003(3):56-58.
- [23] 赵建国.废渣固态发酵生产酵母蛋白质饲料及其产业化发展措施[J].饲料与畜牧,2006(11):32-36.
- [24] 闫荣阶,王中华.非常规饲料资源的开发地位与途径[J].山东畜牧兽医,2000(6):16-17.
- [25] 钟启平.利用微生物菌体开发蛋白质饲料资源(三)[J].畜禽业,1999(5):31-32.
- [26] 张建红,周恩芳,樊丽,等.饲料资源及利用大全[M].北京:中国农业出版社,2002:3,26-29,47-48,78-97.
- [27] 钟启平.利用微生物菌体开发蛋白质饲料资源(二)[J].畜禽业,1999(4):30-34.
- [28] 关洁.单细胞蛋白的发展趋向及本国国情探析[J].食品与发酵工业,1983(2):46-50.
- [29] 郭志芳.我国南方重要的木本饲料资源及综合利用[J].自然资源,1989(4):9-15.
- [30] 曾明义,徐载存,周洪群.中国木本饲料的应用及前景展望[J].四川草原,1989(2):8-11.

- [31] 唐亚,陈克明,谢嘉穗,等.发展木本饲料前景及其在水土保持中的地位[J].水土保持研究,2002,9(4):149-154.
- [32] 蒋建生,梁兆产,张桂荣,等.开发饲用优质灌木 建立长期人工灌草草地[J].草业科学,1992,14(3):49-53.
- [33] 周芳萍,陈宝昌,周旭英.林业饲料资源的利用与开发[J].饲料研究,2000(7):17-21.
- [34] 孙祥. 中国木本饲用植物资源及其开发利用 [J]. 内蒙古草业,1999(3):21-30.
- [35] 李忠喜,张江涛,王新建,等.浅说我国木本饲料的开发与利用[J].世界林业研究,2007,20(4):49-53.
- [36] 侯治平. 木本饲料的开发和利用 [J]. 云南农业科技,1989(5):31-32.
- [37] 毛富春,毛宏伟.野葛的饲用价值[J].内蒙古林业,1989(4):21.
- [38] 刘建林,夏明忠,罗强,等.葛藤的利用价值及其在攀西地区畜牧业中的应用[J].资源开发,2005(2):52-53.
- [39] 范子南,萧华山,朱巧禾.具有开发前景的葛属植物[J].植物杂志,1998(6):4-5.
- [40] 杨吉华,王丙云,刘玉民.8种树叶营养成分的测定及用于饲料的分析[J].山东农业科技,1995(1):27-29.
- [41] 阮成江.沙棘叶的饲料价值及开发利用[J].陕西林业科技,2002(3):26-30.
- [42] 郭改芝.山西省沙棘资源现状及开发利用前景[J].山西林业科技,2010,34(2):51-53.
- [43] 尚磊,刘学英.沙棘叶、沙棘果渣的营养价值与饲用[J].饲料与畜牧,1990(6):4-7.
- [44] 刘莹,何京亮.沙棘——一种具有潜力的饲料植物[J].国际沙棘研究与开发,2008,6(3):44-47.
- [45] 张登辉. 亟待开发的饲料资源——果渣 [J]. 饲料博览,1991(3):39-41.
- [46] 李建国.果渣作为饲料资源的开发与利用[J].畜牧与饲料科学,2005(6):10-12.
- [47] 朱万芹,陈顺,张福艳,等.沙棘嫩枝叶青贮饲料的研究[J].沙棘,2003,16(3):26-27.
- [48] 王凯,谢小东,王长平.秸秆加工处理技术的研究进展[J].中国畜牧兽医,2011,38(10):17-22.
- [49] 胡仕风,高必达,卫东捷.利用微生物技术生产秸秆蛋白质饲料的研究进展[J].中国畜牧兽医,2008,35(4):8-12.
- [50] 张文杰,李奇华,柴艳.秸秆处理方法研究进展[J].中国畜牧兽医,2011,38(7):20-33.
- [51] 彭世良,吴甫成.有机废弃物在生态农业中的多极利用[J].生态经济,2001(7):66-68.
- [52] 郭福存,江南.DDGS的营养价值及限制因素 [J]. 中国家禽,2007,29(10):43-44.
- [53] 孔祥峰,孙建和.干酒糟升级成主要的日粮原料[J].国外畜牧学—猪与禽,2012,32(1):20-22.
- [54] 张召.玉米酒精糟的营养及其在养猪日粮中的应用[J].湖北养猪,2013(1):45-46.
- [55] 张永发,刁其玉,闫贵龙.DDGS在家畜中的应用现状及前景[J].国外畜牧学—猪与禽,2011,31(1):1-2.
- [56] 曹日亮,胡广真,梁光龙.利用果渣生产蛋白质饲料[J].农产品加工,2003(1):31-32.
- [57] 司马博铎. 干苹果渣的营养价值及其在养猪生产中的应用研究进展[J].养猪,2013(1):21-23.
- [58] 贺克勇,薛泉宏.苹果渣的营养价值与加工利用[J].饲料广角,2004(4):26-27.
- [59] 杨福有,祁周约,李彩凤,等.苹果渣营养成分分析及饲用价值评估[J].甘肃农业大学学报,2000,35(3):340-344.
- [60] 吴厚以,孙志高,王华.试论我国柑橘加工业发展方向[J].食品与发酵工业,2006,32(4):85-89.
- [61] 张石蕊,陈铁壁,金宏.柑橘加工副产品中饲料营养物质的测定[J].饲料研究,2004(1):28-29.
- [62] 姚焰础,刘作华,杨正云,等.重庆市三峡库区柑橘渣的营养物质和苦味物质研究[J].中国饲料,2011(21):19-20.
- [63] 焦必林,王华,吴厚以,等.柑橘皮渣发酵饲料研究[J].饲料与畜牧,1992(3):6-9.
- [64] 姚焰础,杨飞云,刘作华,等.柑橘渣青贮过程中营养物质和苦味物质含量的动态变化规律研究[J].中国饲料,2012(7):14-15.
- [65] 吉宏武.葡萄酒厂下脚料的综合开发利用途径[J].食品研究与开发,2000,21(3):29-31.
- [66] 孔祥浩,郭金双.葡萄渣饲用价值研究概述[J].中国饲料,1997(6):37-38.
- [67] 许宏,杭瑚,郝晓所.葡萄籽的化学成分及其抗氧化性质的研究[J].食品工业科技,2000,21(2):18-19.
- [68] 李凤英,李润丰.葡萄籽中主要化学成分及其开发利用[J].河北职业技术师范学院学报,2002,16(2):65-67.
- [69] 敬思群,杨文菊.番茄渣、皮成分分析及在食品加工工业中的应用[J].新疆大学学报,2006,5(2):197-200.
- [70] 兰芳,王玉芳.番茄酱渣的营养价值及开发前景[J].饲料博览,2009(2):33-34.
- [71] 郭长江,韦京豫,杨继军,等.66种蔬菜水果抗氧化活性的比较研究[J].营养学报,2003,25(2):203-207.
- [72] 刘刚.甘蔗饲料资源的开发利用[J].饲料研究,2000(12):1.
- [73] 张跃彬,高正卿.蔗糖副产物滤泥、糖蜜酒精废醪液的开发利用[J].中国糖料,2009(1):63-67.
- [74] 王允圃,李积华,刘玉环,等.甘蔗渣综合利用技术的最新进展[J].中国农学通报,2010,26(16):370-375.
- [75] 聂艳丽,刘永国,李亚.甘蔗渣资源利用现状及开发前景[J].林业经济,2007(5):61-63.
- [76] 娄仁.开发利用甘蔗制糖副产品[J].饲料研究,1988(6):26-29.
- [77] 蒋振山.糖蜜的饲用价值及其应用 [J]. 中国农业大学学报,2000,5(6):69-72.
- [78] 李改英,付彤,廉红霞.糖蜜在反刍动物生产及青贮饲料中的应用[J].中国畜牧兽医,2010,37(3):32-34.
- [79] 覃树华.尿素舔砖的营养、制作方法和使用方法[J].广西畜牧兽医,2000(6):12-13.
- [80] 赵亮亮,董宽虎,张端忠.添加不同水平糖蜜对燕麦青贮的影响[J].草原与草坪,2007(5):49-53.
- [81] 李改英,高腾云,博彤,等.不同糖蜜添加量对紫花苜蓿青贮品质和发酵过程的影响 [J]. 华中农业大学学报,2008,27(5):625-628.
- [82] 丁武蓉,干友民,郭旭刊,等.添加糖蜜对胡枝子青贮品质的影响[J].中国畜牧杂志,2008,44(1):61-64.
- [83] 马景刚.中国食用菌产业发展概况[J].新农业,2009(2):54-55.
- [84] 马寿福,军花,刁治民.食用菌糖营养价值及利用途径研究[J].青海草业,2006,15(3):36-40.
- [85] 潘军,刘博,廉红霞,等.菌糠在饲料中的应用研究[J].家畜生态