

现代农业科技译丛

XIAN DAI NONG YE KE JI YI CONG

2

中国科学院长沙农业现代化研究所

图书情报资料室

一九八四年六月

目 录

粗饲料营养价值的加工处理效果	1
糖蔗饲料的描述：名称及营养信息	20
尿素添加饲料的利用	40
评论畜禽鱼结合养殖系统	44

粗饲料营养价值的加工处理效果

对反刍动物能有效地利用纤维素当作一种能量来源的特殊功能，已经有了大量的报道。而对于废弃物、残渣及副产品等，除被利用的部分外，均视为环境的污染物。既然很多植物含有大量的纤维素，将其转化成反刍动物的饲料看来是合理的，问题是它们通常含有相当多的木质素，以致显示出营养价值低劣的饲料特性。自上个世纪以来，已经找到了去除或转变木质素的方法，但一般来说，还没有用于提高饲料的质量，这主要是因为，转化成高质量的饲料，受经济上的可行性所影响（至少在北美是如此）本文将侧重近来的研究，它表明为把低质饲料转变成营养价值高的饲料所采用的种种物理和化学方法是可行的。

化学处理

历史

用化学方法改变低质粗饲料的营养价值，在本世纪前就已经采用了，并且是在采用诸如木料、秸秆之类的木质纤维物质发展造纸的基础上进行此类去木质素处理的。1900年凯尔纳（Kellner）和科洛（Kohlor）用NaOH和其几种碱性盐类溶液加压蒸煮黑麦草来处理饲料纤维素”（伍德曼Woodman和伊文斯Evans 1947年引证），有机质和粗纤维的消化率分别达到88%和99%，而未处

处理的原料均在50%以下，相比之下，可见这一处理的效果。伍德曼和伊文斯（1947）在1942—1946年间，采用了自秸杆中提取的纤维素进行研究，他把麦秸在6%的NaOH溶液中加压蒸煮，然后冲洗掉剩余纤维素中的碱液并进行干燥处理。含38%的该种纤维素饲料配成日粮用于羊的消化试验，该成分的干物质消化率达74%。伍德曼（Woodman）和伊文斯（Evans）计算此种饲料纤维素的淀粉价（纯能值）为70，与值为69的燕麦（籽实）相当。长达40多年的有价值的研究，证明了去木质素的方法能把低质粗饲料转变成有较高能值的饲养，但这种用加热加压，从秸杆中除去木质素和半纤维的方法，不适用于农场，因而发展较简单的处理秸杆的方法，得到了支持和鼓励。

培克曼（Backman）说明了一个已被广泛用来提高秸杆营养价值的处理方法，在欧洲战争年代动物饲料供给短缺时期，此法曾受到特别重视。培克曼（Backman）的处理步骤是在常温常压下，将已剁碎的稻草在1.5%的NaOH溶液中（溶液与稻草之比为8:1）浸泡4小时以上，然后排干液体，并用流动水冲洗至无碱，用所获得的湿润“秸杆浆”喂动物，虽然它的可消化性不及凯尔纳（Kellner）的饲料纤维素，但由于较为适度的处理，其浆料的消化率还是要接近未经处理的两倍。有关培克曼（Backman）处理过程，文献中已有很多报道，本综述着重介绍目前的研究。

改进的培克曼 (Backman) 过程。

在培克曼 (Backman) 处理过程中, 通常引述的局限因素包括处理剂和洗涤水的大量使用以至可溶性物质损失占原料干物质的 25%, 这样就提出了克服这些弱点的改进方向。兰姆皮勒 (Lampila 1963) 建议减少 NaOH 溶液用量采用一半量的苛性钠并改进冲洗步骤以减少水的需要量。兰姆皮勒 (Lampila) 报告的结果是用这一方法处理的原料, 有机物和粗纤维的消化率与原来的处理方式没有差异。在威尔逊和皮格登 (Wilson Pigden 1964) 描述的干处理过程中, 大量减少了浓 NaOH 溶液的用量, 经处理的小麦秸秆, 干物质体外消化率达 80%。多尼弗等人 (1969) 测定了不同的 NaOH 溶液用量和浓度对纤维素体外消化率的影响 (图一), NaOH 用量高于 8 g $\text{NaOH}/100\text{g}$ 秸秆, 结果纤维素体外消化率下降, 增加水的用量则纤维素消化率增加, 后者可能是由于秸秆比较湿润, 促进了与 NaOH 的反应更加完全。即使实验者选择作为体内消化试验的 NaOH 用量和稀释度 (8 g NaOH 和 60 ml 溶液/100 g 秸秆) 未曾观察到最大的体外纤维素消化率, 但它减少了碱和水的用量, 并使秸秆的消化率得到了预期的显著改善。

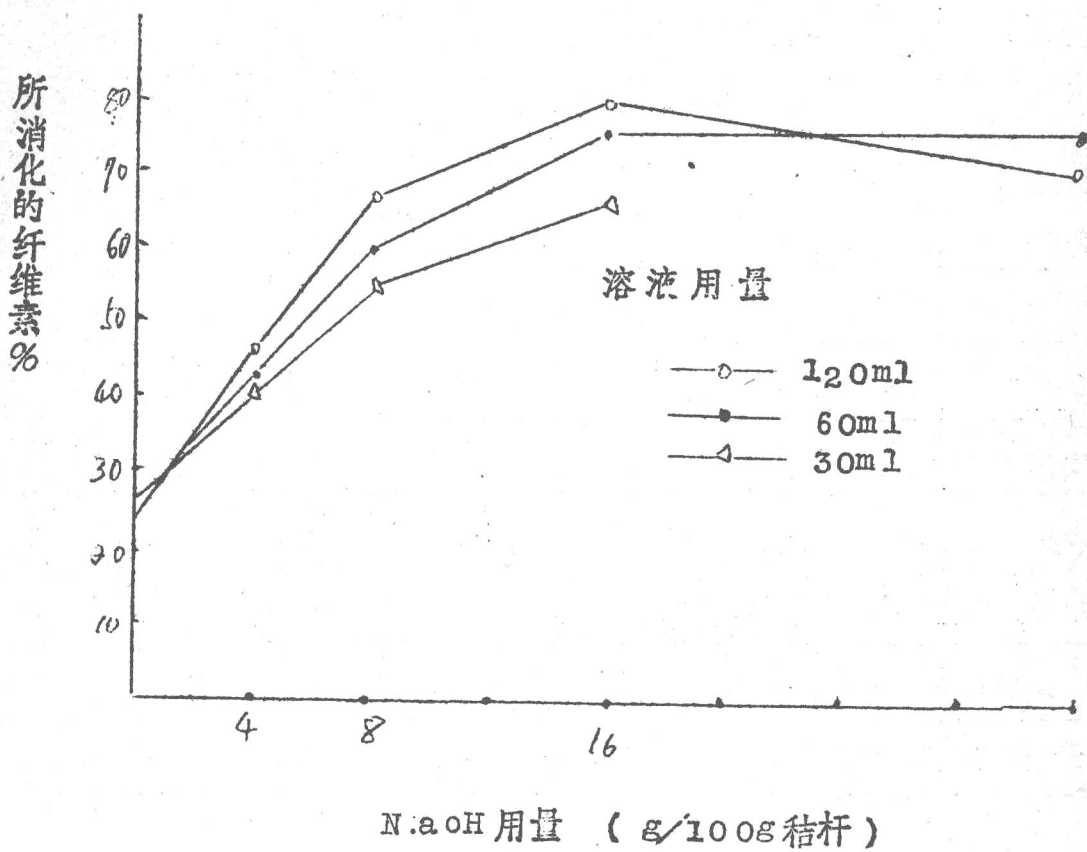
图一

最近一些关于鉴定处理秸杆 NaOH 最适用量的研究情况综合于表一。由不同的试验者用体外消化试验获得的相应曲线看出,当 NaOH 用量大于 8—10 g/100 g 秸杆时,消化率趋向于水平或明显下降

表一 NaOH 处理用量和稀释度

来 源	g NaOH 100g 秸杆	ml 溶液 100g 秸杆	NaOH 溶液 (%重量/体积)
培克曼 (Backman 1921)	12	800	1.5
钱德罗、杰克逊 (Chandra Jackson) ¹⁹⁷¹	10	100	10.0
多尼弗等人 (Tonefer 1969)	8	60	13.3
奥洛来德 (Ololade 1970)	8	800	1.0
兰姆皮勒 (Lampila 1963)	6	300	2.0
多尼弗等人 (Tonefer 体内试验 数据未发表)	4	160	2.5
辛格、杰克逊 (Sing Jackson) ¹⁹⁷¹ , 体内消化	3.3	100	3.3
威尔逊、皮格登 (Wilson, Pigden, 1964)	9	30	30.0

(Chondran, Jackson 1971; Tonefer 等人 1969; Wilson, Oshen 1964; Wilson, Pigden 1964) 这些研究中, 虽然处理时间不同, 但是均在常温常压下进行的。当处理温度提高 (达 130℃) 并且时间的长短因不同的 NaOH 用量而异, 体外消化率都得以提高, 所以, 可采用较低的 NaOH 用量或较短的处理时间来获得与在常温或常压下一致, 甚至更高的消化率 (奥洛来德等人,



图一、NaOH用量和稀释度对纤维素体外消化率的影响

(引自多尼弗等人 1969)

Ololade 1970) 。盖戈尔泽等人 (Gugolz 1971) 在对高温高压的研究中, 使用实验室规模的压力容器, 28 kg/cm^2 、温度为 232°C 的高压蒸汽, 另加或不加 NaOH 来处理各种秸秆。(盖戈尔泽) 他应用酶的分解技术来测定处理效果, 他 (1971a, b) 发现, 多年生黑麦草和稻草处理 4 分钟后, 增加的消化率又下降。虽然单独使用高压蒸汽时, 牧草消化率平均增加 50% 以上, 再加入 NaOH , 则大多数秸秆的消化率是原来的两倍。奥洛来德等人 (1970) 用低压低温蒸汽 (如同高压消毒器中所得到的 130°C , 20 kg/cm^2), 没有发现大麦秸秆的体外消化率有所增加。

不同 NaOH 的化学处理方法

虽然 NaOH 是处理木质素饲料最普通的化学物质, 但对其它化学物质的可行性也进行了研究。沙利文 (Sullivan) 和赫希伯格 (Hershtberger 1959) 将二氯化氯气体通入麦秸, 纤维素的体外消化率达 52%。对比之下, 用 0.5% 的石灰液处理稻秆, 其体内干物质消化率甚微 (纳斯 Nath 1969)。钱德罗 (Chander) 和杰克逊 (Jackson 1971) 比较了六种化学物质不同用量对增进磨碎的玉米蕊 (在尼龙袋里) 干物质消化率的作用, 并断定, NaOH 是最有效的试剂, 其它用于试验的化学物质是硫酸钠、硫化钠、碳酸钠、过氧化氢和漂白粉。用漂白粉实际上降低了消化率, 可能是由于残余氯对瘤胃微生物的毒害作用。史密斯 (Smith 1970)

等人试验了六种化学物质，测定对增加牛粪体外细胞壁消化率的能力，发现氢氧化钠、氢氧化钙、过氧化钠和次氯酸钾的效果相同，但氢氧化钠是最经济的。

有趣的是利用氨增加低质饲料消化率及氮素含量的能力。泽弗伦 (Zafren 1961) 记述了苏联用氢氧化氨处理秸杆，他指出在反应中释放出来的乙酰基因，将和氨结合生成醋酸铵。他告诫说，饲喂前，应该使经处理的秸杆透气，以蒸发掉未反应的氨。我们实验室的研究说明，在采用相似强度的溶液时，在增加体外纤维素消化率方面，远不如氢氧化钠。塔科 (Tarkow) 和菲斯特 (Feist 1969) 报告，虽然经10小时处理之后，枫树木头的体积（纤维素饱和点）和氮素含量实际上都增加了，但室温下液氨的反应时间比NaOH溶液长。米利特等 (Millitt 1970) 报告，采用液氨或氨气处理的白杨树锯屑，实际上增加了体外消化率。

处 理 木 头

用木头或木材的副产品作为草食动物的饲料是有意义的。未经处理的产品如锯屑，已经作为日粮的一种成分，但是通常用量少，主要是作为高能饲料的填充剂（安东尼等 Anthong，基茨等 Kitts 1969）。范德等 (1969 Pfander) 把硬质纤维板工厂的一种液体副产品——半纤维素提出物，作为高营养价值、带高品性质的试验性饲料是成功的。在改进的培克曼 (Backman) 法“干”处理的

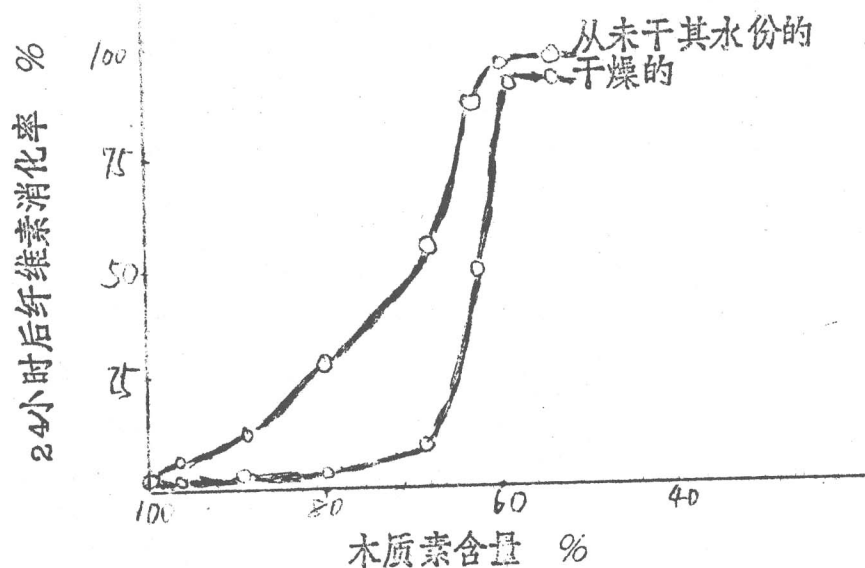
报告中，威尔逊和皮格登（1964 Wilson Pigten）的观察包括粉碎的白杨木标本，它的体外消化率随着 NaOH 用量增加而增加，其特性类似于秸秆，但只有秸秆消化率的一半左右。

菲斯特等（Feist 1970）给出了12种硬木碱处理的体外消化率的数据，他发现消化率与木质素含量成反比；树种间体外消化率差异明显；经处理的和未经处理的体外消化率分别为3—38%及12—50%。他发现，每100克木头用碱5—6克可获得最高的消化率，颤扬的稳定消化率为50%。在同一实验室的另一项研究中，未利特等（Milett 1970）测定了用不同的化学和物理处理方法，处理不同种类的硬木和软木的木质和皮部的体外消化率，未经处理的软木基本上不能消化，通常未经处理的皮质比相应的木质消化率要高；两种化学处理的研究中，氨化处理（液氨或气氨）白杨锯屑，体外消化率由33%（未处理控制）增加到平均值为47%（已处理），并增加了营养价值——粗蛋白含量由0.5%增加到9%。在同一研究中，用 NaOH 溶液处理的一些硬木类（白杨、椴木），其体外消化率增至55%。当哈弗门等（Huffman 1971）用 NaOH 和加热的方法处理几种木头时，他们发现，扬属树体外消化率反应明显，软木没有处理效果，黄杉属处理或不处理，消化率几乎都为零。

本德（Bender 1970）等研究了在时间和压力（温度）不同组合的条件下，对几种木头进行蒸煮的作用，他指出，白杨木经过2

小时 165°C 蒸煮处理后，体外消化率达 56.6% 。他们的实验组还报道了一些木料的体外消化率显著增长的情况，就如同他们曾认为用实际价值太昂贵的不同的化学方法进行去木质素处理，有同样的效果。用去木质素方法，从一些软木中分离出的全纤维素，其体外消化率达 60% 。这些相同树种用蒸汽或 NaOH 处理后，相对来说是不消化的。这说明，与硬木比较软木木质化的特性使其具有不同的反应。

根据斯通 (Stone 1969) 等人的报道，处理前木料是否干燥是软木处理的一个重要因素，当干燥的黑云杉木标本用于人工瘤胃发酵时，在进行纤维素消化之前，必须用化学方法剔除 60% 以上的木质素；而没有干过水分的同样树木标本，由于降低木质素含量，纤维素的消化率几乎直线上升 (如图二)



图二 经人工瘤胃发酵的云杉木亚硫酸纸浆的消化率

(Stone 等 1969)

纸作饲料

探索废纸作为草食动物的饲料的可能性很有意义，既然纸是一种经化学方法除去了木质素的纤维素原料，就可以作为一种经过处理的粗饲料来考虑。麦特斯等人（1971a）对11种纸作了体外消化试验。在原资料的基础上，提供了说明消化率有很大差异的资料。消化率最高的是褐色的包装纸及卡片纸，分别为90.8%和77.8%，而最低的是报纸，为26.5—33.2%。

尼希马特等人（Nishmuta 1969）在绵羊的日粮中掺入45%的办公废纸（证卷纸、油印品、复印本）作为能量饲料的部分，它获得了比干草更高的能量消化率。丹尼尔斯（Daniels 1970）等在日粮中掺入12%的粉碎报纸作为基础粗料和含8%的棉籽壳的日粮比较，其生长速度或饲料报酬并没有明显的差异。迪尼尔斯和奥尔特詹等人（Dinius, Oltjen 1971）用粉碎的报纸喂牛，发现用量占日粮的10%时对生产性能没有影响，但用量为16—24%时，减少了增重。默坦斯等人（Mertens 1971b）在日粮中用20%粉碎的报纸，牛奶产量（未矫正奶）明显下降，但用10%时却没有影响。由于纸的比例增高，乳脂明显增多，这两种处理对标准乳没有影响。

以上资源表明，使用纸的极限，涉及其质量，去掉一部分木质素，营养价值相对低的软木制成的新闻纸，如果有相当的数量可用，即可在日粮中补充较大的比例。

其它木质素原料的处理

除了稻草和木头外，世界各地还分布着大量各种类型的饲养原料。大多数由于营养价值不高而没有被利用。诺德弗尔特 (1951 Nordfeldt) 研究了用培克曼 (Backman) 方法处理甘蔗渣的实用性。从对奶牛的饲养试验推断这种处理方式对甘蔗渣的营养价值有一定的改善。他告戒说，原始甘蔗渣的质量是重要的，较好的结果是从象甘蔗渣髓质那样较好的原料获得的。斯通、琼斯、多尼弗 (Stone 1965, T. A. O. C. Jones, E. Donefer 没有发表的资源) 用 NaOH 处理蔗渣后，蔗渣的体外纤维素消化率接近 60%。兰德尔 (Randall 1970) 等用经碱处理过的蔗渣来代替玉米，配成奶牛全价日粮的 20%，在 50 天的试验期中，产奶量没有明显的降低。盖格尔泽 (Cugolz 1971 b) 等已处理了很多农产品的残余物，体外消化率增加最高的，是高温 (231°C) 和高压 ($281\text{kg}/\text{cm}^2$) 下的碱处理获得的。尽管反应程度看来与原料木质素相关。史密斯 (Smith 1970) 等提高了鲜牛粪的体外消化率，比这六种化学物质，结果 NaOH 是最经济的一种。

体外消化技术的正确性

在最近大多数关于对饲料营养价值的化学处理效果的研究中，所采用的主要标准是种种体外瘤胃发酵系统。应用体外消化技术作为一个筛选方法，从而使对不同的化学物质，其用量和时间均不等来进行许多低处理的研究有可能进行。关于化学处理的体内、体外法比较是有限的，但通常很一致。

R、K威尔逊、W、J皮格登及J、奥希 (Wilson、P gden J.Oshea) (没有发表的资料), 比较了未经处理的和用 $6g NaOH/100g$ 秸杆处理的秸杆, 发现其体内和体外消化的结果极为接近 (前者分别为 42.1% 和 40.8% , 后者分别为 57.3% 和 57.1%)。在对比中, 多尼弗 (Donefer 1969) 等发现未经处理的秸杆, 纤维素体内消化率明显高于体外消化率, 而用碱处理的秸杆, 体内体外消化率却是接近的。

钱德罗 (Ghandra) 和杰克逊 (Jackson 1971) 用 $10g NaOH/100g$ 秸杆, 运用体内尼龙袋法, 获得干物质的消化性增加。当用碱量高于每百克秸杆 3.3 克时, 作为生长中日粮成分的 75% , 有机质的消化性没有进一步增加 (辛格和杰克逊, Singh、Jackson

1971)。同时, 他们注意到处理秸杆用碱量 $3.3g/100g$, 其自由采食量减少。玛恩格 (Maeng) 等 (1971) 分别用 100% 、 50% 和 25% 的碱处理麦秸和青贮苜蓿混合喂羊, 日粮中秸杆的干物质消化率分别是 70.0 、 72.6 和 79.3 。这些数据可认为是在处理用碱量相近的情况下获得的大约为 70% 的体外消化率。

梅隆伯杰 (Mellenberger 1971) 等在粗料含量高 (苜蓿) 和高能量浓度 (玉米) 日粮中, 分别加入 40% 的未经处理和用 $NaOH$ 处理的白杨锯屑, 他们推算发现, 未经处理的木屑在高粗料

日粮中的体内干物质消化率较高能量浓度日粮为高，（分别为41%和28%）和以前报道的体外消化率相近（33%）。至于处理白杨锯屑的体内干物质消化率，高粗料日粮为52%，高能量日粮为40%，相应的体外消化率为55%。希尼和本德（Heaney、Bender 1970）用60%经蒸汽处理的扬木，40%苜蓿干草饲喂，木料干物质消化率平均为48.4%，而体外消化率平均值为51%。

一般来说，虽然体内、体外消化的绝对值有一定程度的差异，但其相对数量级是准确的。资料表明，体外消化测定的结果是在一个更为灵敏的范围之内，当未经处理的材料获得低结果时，其数值特别的精确。体内、体外消化数据任何差异的原因，包括发酵时间不同（不加控制的体内消化）。一些报告指出，体外消化要很长的发酵时间，才能达到稳定的消化率（梅隆伯杰 Mellenberger 等，1970）。另外，化学处理对动物机体的生理效果比在玻璃容器中微生物和基质的关系复杂得多。用碱处理的日粮饲喂时，水的摄入量 and 尿的排出量增加，说明由于化学处理粗料而引起了一种生理反应（多尼弗 Donefer 等 1969，马恩奇 Maenge 等 1971，辛格和杰克逊 Singh、Jackson 1971）。体外消化技术作为一个筛选方法具有其价值，但即是最有希望的处理方法，在作出有关营养价值的正确结论前，必须用体内方法予以检验。

日 粮 的 生 产

用体外方法测定化学处理粗料的效果，已有不多的体内消化数据给予了验证，但有关日粮生产中这种饲料的使用，仅有有限的近期情报可利用。兰德尔等 (Randal 1970) 已经提到，他成功地用占日粮 20% 的经处理的蔗渣取代了玉米；辛格、杰克逊 (Singh, Jackson 1971) 报告，在生长中的日粮中，给予 76.5% 的经 3.3% NaOH 原料处理的麦秸，与没有处理的麦秸比较，生长速率高 30%。雅弗德和多尼弗 (Javed, Doner 1970) 分别用含 80% 的苜蓿或经 NaOH 处理的秸秆的日粮饲喂羔羊，平均日增重分别为 0.18 公斤和 0.14 公斤。在进一步的羔羊生长试验中，处理秸秆用碱量由每 100g 秸秆 8g 下降到 4g，饲喂含处理^料 76% 的日粮，日平均增重 0.18 公斤，而用含苜蓿 82% 的日粮饲喂，日平均增重为 0.22 公斤 (未发表的资料)。萨克西尼 (Saccen 1971) 等用含碱处理秸秆 66% 的日粮饲喂羔羊，平均日增重 0.18 公斤 (这一增重速度为 NRC 标准的 95%)。在羔羊的生长试验中，希尼和本德 (Heaney, Bender 1970) 报道，用含经蒸汽处理的杨木 42% 的日粮，平均日增重为 0.21 公斤，而含干苜蓿草 45% 的日粮，生长速度为 0.18 公斤。

消化率增加的机制

采用高压 (高温) 的化学处理基本上是一个去木质的过程，其木

质素被去除，残渣中全纤维素含量增加。这种纯化后的产品，由于纤维素分解菌的作用而具有高消化率的特性，但由于处理费用高，不是经济可行的饲料（造纸的纸浆的价格，与等量的农副产品饲料干物质相比，要高好几倍）。

去木质素并非木质化原料处理的唯一方法，如木料、稻草等是用弱碱液、 150°C 以下这样“温和”的条件处理的。这在许多研究已经证明了，由于化学处理而消化率大大提高，一般来说，处理的原料中木质素含量只有微小（或几乎没有）减少。那么，消化率提高的机制是什么呢？斯通（Stone 1969）、塔科（Tarkow）、菲斯特（Feist 1968, 1969）等总结出，膨胀作用是物理影响的结果之一，持水力明显增加（纤维素饱和点），使纤维素分解酶易于接触底物（纤维素）。关于化学效果，塔科和菲斯特（1969, Tarkow Feist）证明了 NaOH 和氨参与了糖醛酸脂和乙酰基团的皂化过程，而乙酰基团是与木质纤维素类物质的木聚糖链结合的。皂化的结果是破坏了交联，使基质部分更易接触到酶。关于假说的证实，菲斯特（Feist 1970）等表明，获得最高消化率的最低 NaOH 用量（ $5-6\text{ g NaOH}/100\text{g}$ 木料），与糖醛酸乙酰脂皂化需要量的计算值非常一致。在一定的碱处理条件下， PH 值下降的趋势，也可用处理木头时释放醋酸来解释。

粗饲料的物理处理

减少颗粒大小