

大豆皮在奶牛、肉牛和猪饲养中的应用¹

SOYHULL UTILIZATION IN CATTLE (DAIRY AND BEEF) AND SWINE

R. L. Preston 博士，美国德州理工大学

前 言

大豆用作为人膳食中的蛋白质来源已有五千多年的历史(Central Soya Co., Inc., 1990)。公元前 2800 年左右，中国的炎帝神农氏首先提倡种植大豆。在本世纪初传入美国以前，大豆主要在中国种植。起初，美国主要关心大豆的含油量，提出油以后的大豆粕和大豆皮仅仅是副产品。不久，大豆粕中蛋白质的优异品质被人们所认识。从此，大豆粕成了猪、鸡日粮中补充蛋白质的主要来源。全世界来说，动物饲料中所用的所有植物性饼粕中 62% 为大豆粕（其次为油菜籽粕，占 12%）；在美国，大豆粕总量中用于猪、鸡日粮的分别占 52% 和 29% (Chandler, 1999)。

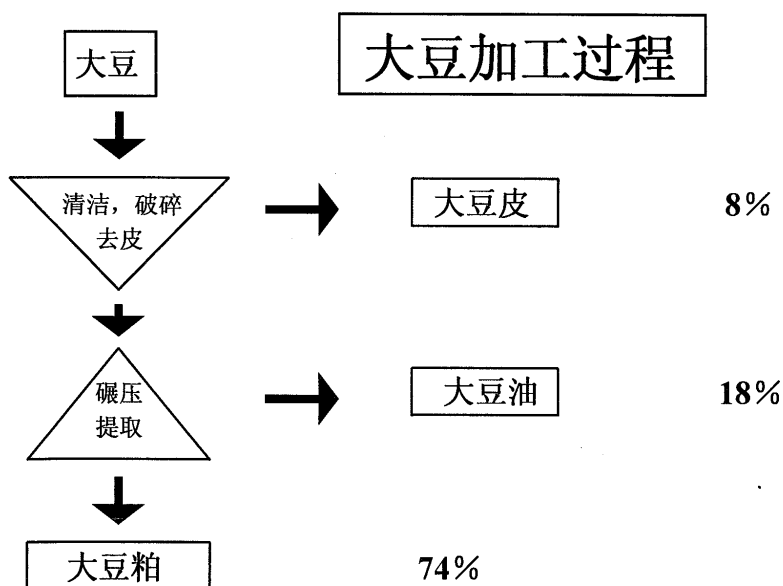


图 1 大豆的加工过程简图

¹ 首次发表于 1999 年 8 月

大豆加工时可得到 8% 的豆皮（图 1）。所以，大豆皮(soyhull)是对饲料工业有价值的主要副产品。美国奶牛业中主要使用九种副产品饲料，其贡献相当于生产了加利福尼亚牛奶产量的 31%(Grasser et al, 1995)。在大豆副产品所用的术语方面有一些混淆不清的地方。大豆皮的定义是包裹于大豆外部的一层皮。它在经过蒸汽处理和碾压后也可称为大豆麸片(soybran flakes)。此外还有两种大豆皮副产品：大豆厂饲料(soybean mill feed)和大豆厂下脚料(soybean mill run)。这些副产品一般作为大豆皮销售，除非提出特别的需要(Kung and Lin, 1997)。

有关大豆皮的营养和饲用价值已发表了两篇很好的综述(Kohlmeier, 1996; Kung and Lin, 1997)。

大豆皮的成分

评价任何一种潜在饲料原料的第一步就是测定其成分(Weiss, 1991)。表 1 展示了大豆皮和大豆粕(49%粗蛋白(CP), 90%干物质(DM))的典型成分(Preston, 1999)。相比而言，大豆皮的纤维含量高(粗纤维(CF) 38%; 酸性洗涤纤维(ADF) 47%; 中性洗涤纤维(NDF) 63%)，大豆粕的蛋白质含量高(54%，DM 基础)。蛋白质含量较低的大豆粕(44% CP, 90% DM) 是往 CP 49% 的大豆粕中回加大豆皮而得(约 12%大豆皮, 88%大豆粕)。但是，由于原料来源、加工厂和所加副产品的不同，副产品饲料的成分可能有相当大的变化(Belyea et al, 1989; Arosemena et al, 1995)。

决定任何饲料中纤维素消化率的重要因素是纤维素的木质化程度。大豆皮的木质素含量不高。表 2 比较了 5 种副产品饲料的成分，即大豆皮、甜菜渣、大米细糠、酒精酒糟和啤酒糟。让我们以这些资料为例来阐述饲料评定的基本知识。大豆皮、甜菜渣和大米细糠的蛋白质含量低，因此，主要用作能量饲料；酒精酒糟和啤酒糟的蛋白质含量高，因此，用作蛋白质饲料。大豆皮的纤维素(ADF 和 NDF)含量较高，但其纤维素的木质化程度较低，表现为木质素对 NDF 之比较小。大米细糠的木质素对 NDF 之比较大。木质化程度影响反刍动物对 NDF 的消化率，这可通过 NDF 在瘤胃尼龙袋中的消化程度来说明(DePeters et al, 1997)。大豆皮的 NDF 消化率高达 100%，而大米细糠的木质素对 NDF 之比最高，因而，其 NDF 的消化率最低，仅 49%。其他副产品饲料的木质素对 NDF 之比和 NDF 消化率则居中。但是请注意，大豆皮 NDF 的消化速率较低(3.8% / 小时)，这意味着，为了消

化大豆皮的 NDF，它需在瘤网胃中停留较长的时间，其原因可能是大豆皮的水合化速度较慢(Bhatti and Firkins, 1995)。这说明，大豆皮最宜用于进食量较低的高纤维日粮，而不是用于高精料日粮。

表 1 大豆皮和大豆粕的典型成分

组 成	大豆皮	大豆粕 ^a
	%	%
干物质 (DM)	90	90
<u>干物质基础：</u>		
粗蛋白 (CP)	12	54
不降解的进食蛋白 (UIP) ^b	28	32
粗纤维 (CF)	38	3
酸性洗涤纤维 (ADF)	47	6
中性洗涤纤维 (NDF)	63	9
非结构性碳水化合物	16	29
NDFCP	3.9	
ADFCP	0.9	
木质素	1.9	0.2
醚提取物 (EE)	2.5	1.2
灰分	5	6

^a 49%CP 大豆粕 (90%DM 基础)

^b CP 的%

在反刍动物营养中的一个重要概念是饲料蛋白质被瘤胃微生物降解的程度。表 1 比较了大豆皮和大豆粕的 UIP(undegradable intake protein, 即所进食蛋白质中不能在瘤胃中降解的那部分, 或称过瘤胃蛋白); 这两种饲料的蛋白质的 UIP 都较低。关于 UIP 的饲料价值已有综述(Preston, 1999)。当饲料受到热处理时, 蛋白质和部分碳水化合物相结合 (美拉德反应) 而形成在瘤胃中降解率较低的复合物, 如果热损害严重, 就可能降低总体的蛋白质消化率。表 2 列出了 CP 中与 NDF 相结合

的部分 (NDFCP)。酒精酒糟的 CP 中有较大部分是 NDFCP；这还取决于干燥时的条件。NDFCP 较低的副产品饲料一般有较低的 UIP 值。

表 2 五种主要副产品饲料的成分 (DM 基础)

组成	大豆皮	甜菜渣	大米细糠	酒精酒糟	啤酒糟
	%	%	%	%	%
CP	12.0	8.7	13.7	24.7	25.9
ADF	47.0	18.8	9.8	19.7	19.0
NDF	63.0	35.8	21.6	39.2	50.8
木质素 (L)	1.9	1.5	3.6	4.7	4.9
L/NDF × 100	3.0	4.2	16.7	12.0	9.6
NDFCP,CP 的%	32.5	42.5	15.3	58.7	24.7
NDF, 消化率 ^a	100	96	49	83	63
NDF,消化/小时 ^a	3.8	8.3	7.0	7.0	6.7

^a 瘤胃尼龙袋

消化率

如上所述，大豆皮的 NDF 在反刍动物瘤胃尼龙袋中的消化速率较慢。用大豆皮进行的瘤胃原位 (*in situ*) 消化率实验(Firkins, 1995)既证明其消化速率较慢，也证明其消化率较高 (表 3；大米细糠未列入该实验)。副产品饲料与饲草相比，由于有较低的木质素对 NDF 之比和较慢的 NDF 消化速率，一般有较高的 NDF 消化率。

大豆皮在消化道中总的消化率是高的。用含有 80% 各种副产品饲料 (其余为蛋白质、矿物质和维生素补充料) 的日粮进行绵羊饲养试验表明，大豆皮 DM、OM (有机物)、NDF 和 ADF 的消化率略低于玉米纤维 (表 4)，但显著地高于燕麦皮或棉籽皮 (Hsu et al, 1987)。分析表明，大豆皮 DM、OM、NDF 和 ADF 在瘤网胃中的消化率分别为 54、58、73 和 67%。早先的研究表明，大豆麸皮中的 OM、CF 和纤维素有高的消化率 (Johnson et al, 1962)。

表 3 瘤胃原位 NDF 消化速率和消化率

饲料	每小时%	瘤胃消化 (%)
大豆皮	4.4	91
甜菜渣	8.6	69
酒精酒糟	5.0	72
啤酒糟	5.4	50
苜蓿干草	10.8	47
玉米青贮	5.6	41

表 4 反刍动物的总消化道消化率 (%)

组成	大豆皮	玉米纤维	燕麦皮	棉籽皮
DM	74	80	49	42
OM	75	83	50	42
NDF	72	80	40	27
ADF	72	73	30	28
CP	61	74	78	40

大豆皮对奶牛和肉牛的饲用价值

早先的研究证明,用大豆皮替代奶牛混合精料中的燕麦或玉米并不使产奶量和产奶效率下降 (Kohlmeier, 1996; Kung and Lin, 1997)。Owen 等 (1984) 在三个独立的奶牛试验中用大豆皮代替 21 - 50% 的混合谷物,产奶量或产奶效率未受显著影响。在后来的研究中 (Nakamura and Owen, 1989), 奶牛混合精料 (制成颗粒) 中大豆皮含量占 0、50 或 95%, 平均日产奶量分别为 29.8、28.9 和 27.3 公斤, 平均乳脂率分别为 3.13、3.33 和 3.49%。Weiss (1995) 报道, 在整个泌乳期中用 45% 大豆皮和 16% 苜蓿粉代替奶牛混合精料中的玉米, 产奶量仍达到上述水平, 乳脂率则略高于上述水平。饲喂大豆皮时经常可观察到乳脂率提高。这些结果表明, 大豆皮可有效地代替泌乳牛日粮中的玉米。据发现, 为了生产脂肪校正奶, 可以用整粒大豆加大豆皮的办法有效地代替饲喂整粒棉籽 (Able-Caines et al, 1997)。

在一个泌乳的奶用绵羊试验中 (Zervas et al, 1998), 用大豆皮代替混合精料中 60% 的玉米 (日粮组成为 40% 黑麦草干草和 60% 混合精料), 结果为: 产奶量提高 3%, 乳脂率提高 14%, 脂肪校正奶产量提高 16%。

对生长牛和肥育牛来说, 大豆皮的利用率在高粗料日粮中更好。几个试验表明, 用大豆皮饲喂放牧牛或主要喂粗料型日粮的牛, 饲料采食量和生长率维持不变, 日粮的纤维消化率并未下降 (Hendrix 1995; Kohlmeier, 1996; Kung and Lin, 1997)。某生长阉牛试验也是很好的说明。该试验中使用高粗料日粮 (玉米秸青贮、碎玉米芯和雀麦干草) 和大豆粕 (作为蛋白质补充料), 日粮中玉米粒或大豆皮的含量递增 (McDonnell et al, 1982)。如表 5 所示, 当精饲料用量低的时候, 大豆皮和玉米粒的作用相当; 但当日粮中精饲料含量达 50% 时, 采食含 50% 大豆皮的日粮的阉牛, 其日增重和增重效率就不如采食玉米的阉牛。

表 5 用大豆皮取代生长阉牛高粗料日粮中的玉米

日粮	日增重 (公斤)	增重/100 饲料
对照, 100% 粗料	0.48	7.7
12.5 % 精料 (玉米)	0.66	10.9
12.5 % 精料 (大豆皮)	0.68	10.0
25.0 % 精料 (玉米)	0.76	11.5
25.0 % 精料 (大豆皮)	0.78	11.2
50.0 % 精料 (玉米)	0.98	13.1
50.0 % 精料 (大豆皮)	0.90	12.0

总结五个放牧试验时发现, 大豆皮可有效地用作促进增重的能量补充料 (Anderson et al, 1988)。这些作者的结论是, 作为放牧牛的能量补充料, 大豆皮至少相当于玉米。他们进一步的结论是, 由于大豆皮比淀粉 (如玉米中的淀粉) 含有较多的可消化纤维, 它既能供应能量, 又能减少瘤胃发酵的波动 (比如 pH 的波动) 及减少对消化饲草纤维的不利影响。易消化的纤维性副产品饲料 (如大豆皮) “相当于, 很可能还优于在冬季饲喂干草; 这些副产品是对冬牧场的补充, 而且往往比干草便宜” (Kerley and Williams, 1995)。

对于采食低粗料日粮的牛，大豆皮的价值低于玉米粒。当用大豆皮取代含 5% 粗料的日粮中 20、40 或 60% 玉米时 (Ludden et al, 1995)，增重大大较低，采食量增加，饲料效率下降 (表 6)。这些作者估计，使用于低粗料/高精料日粮时，大豆皮的饲用价值相当于玉米粒的 74 - 80%。当往反刍动物日粮中添加脂肪时，纤维消化率常常下降，但是在上述试验中添加脂肪 (占日粮的 5%) 却并未降低能量或大豆皮中 NDF 的消化率。

表 6 大豆皮在肥育阉牛低粗料/高精料日粮中的应用

项目	大豆皮，日粮 DM 的%			
	0	20	40	60
日增重，公斤	1.40	1.39	1.30	1.19
日采食量，公斤	9.81	10.86	11.32	11.15
增重/100 DM	14.3	12.8	11.6	10.7

Hsu 等表明 (1987)，在中等粗料日粮 (占日粮 DM 的 37% 或 60%) 中，使用大豆皮与使用玉米粒相比，日增重较低 (1.20 比 1.27 公斤)，增重效率也较低 (14.0 比 15.4 公斤/100 公斤)。

反刍动物日粮中的有效 NDF

人们早就知道纤维素在反刍动物日粮中的重要性，却不知如何在配制日粮时量化此重要性。Sniffen 等 (1992) 提出了有效 NDF (eNDF) 这种新指标，并在康乃尔净碳水化合物和蛋白质体系 (Cornell Net Carbohydrate and Protein System) 中进行试验和应用。虽然 eNDF 的定义有些模糊，但是与老指标 (粗料水平，粗纤维含量) 相比，它能更好地预测，从而监控日粮对瘤胃 pH 的不利影响 (如酸中毒、纤维消化率下降、微生物蛋白合成量减少) (Pitt et al, 1996)。eNDF 的饲用价值已经发表 (Sniffen et al, 1992; Preston, 1999)。当日粮 DM 中 NDF 总量为 31%，其中饲草 NDF (因此属于 eNDF) 占 80、70 或 60%，其余的日粮 NDF 由大豆皮提供时，NDF 消化率和奶牛的产奶性能未受影响 (Sarwar et al, 1992)。这些作者的结论是，在含有大豆皮的奶牛日粮中，如果日粮 NDF 中至少 60% 是以饲草 NDF

的形式（即日粮含饲草 NDF19%），则产奶性能将不受影响。若干试验已证明，奶牛日粮中饲草 NDF 含量可低至 14 - 16%（Firkins，1995）；其余（一般可达 28 - 31%NDF）可来自副产品饲料。和上述情况相一致的一个结果是，如果在含 60% 饲草的日粮中用大豆皮代替 25%的饲草，只要在日粮中加入碎干草，产奶性能就不至于下降（Weidner and Grant，1994）。

如果奶牛日粮中 eNDF 含量太低，乳脂率会下降，原因是瘤胃微生物发酵将导致瘤胃 pH 降低和乙酸对丙酸之比下降。有人对用副产品饲料中的 NDF 取代奶牛日粮中的饲草 NDF，从而维持乳脂率的功效进行了评定（Swain and Armentano，1994）。乳脂率随着添加苜蓿青贮而提高，直至日粮 NDF 达到 23%；可是，副产品饲料中 NDF 的效率只相当于苜蓿青贮中 NDF 的 35 - 68%。可惜该试验中未包括大豆皮，但是可以推想，大豆皮的 eNDF 可能较低（据测定为 NDF 的 4% Preston，1999）。

大豆皮对猪和其他单胃动物的饲用价值

用大豆皮喂猪的材料不多。在三个用大豆皮取代生长 - 肥育猪日粮中玉米粒的试验中（始重 22 公斤），大豆皮用量在 12% 以内不影响增重，但饲料转化率下降 6%；大豆皮在日粮中含量达 24% 时，增重下降 6%，饲料转化率下降 18%（Kornegay，1978）。大豆皮中 DM、能量、CP、无氮浸出物、细胞内容物、CF、NDF 和 ADF 的消化率（根据差异计算）分别为 50、48、32、73、48、44、54 和 49%，说明大豆皮中的纤维有相当好的消化率。在断奶猪（体重 7 公斤）日粮中加入 15.6% 大豆皮，对增重无影响，饲料采食量增加 6%，饲料转化率降低 4%（Gore et al，1986）。

由于大龄猪（如母猪）对纤维的消化率提高，所以大豆皮在怀孕母猪日粮中可能有用，此时正需要限制能量进食量以防止过肥。Rees（1997）在一篇关于怀孕母猪日粮中的纤维含量的综述中建议，为了限制能量进食量和每窝多得 0.5 头断奶仔猪，每天应饲喂 350—400 克 NDF，这相当于在怀孕母猪日粮中加入 20% 大豆皮。大豆皮也用于需对能量进食量加以限制的宠物饲料，如，限(制)能(量)日粮(lite)或维持日粮。

大豆皮的饲料处理特性

应注意的是大豆皮的容重 (10.6 磅/立方英尺或 170 克/升) 小于其他常见原料 (37 - 45 磅/立方英尺或 590 - 720 克/升), 因而增加了饲料处理方面的问题, 并提高了运输费用。磨碎或制粒可使其容重提高 1 - 2 倍 (Hendrix , 1995)。

结 论

大豆皮是把大豆加工成人的食品和动物饲料过程中产生的一种重要的副产品饲料。它的纤维含量高, 但木质素含量低, 因而消化率较高, 尤其是对于反刍动物。奶牛和肉牛的饲养试验证明, 大豆皮相当于玉米粒, 特别是用于粗料含量中等或高的日粮。由于大豆皮在瘤网胃中发酵缓慢, 它不会抑制其他日粮原料中的纤维素的消化率。因此, 大豆皮是放牧牛的理想能量补充料。对于饲喂日粮中粗料含量低的牛来说, 大豆皮的饲用价值低于玉米粒。大豆皮可作为谷物的替代物饲喂单胃动物 (如猪), 但在日粮中的含量不能高。大豆皮是一种可用于限能日粮的好原料。

(周鼎年 翻译)

参考文献

- Anderson , S.J. , J.K. Merrill and T.J. Klopfenstein. 1988. Soybean hulls as an energy supplement for the grazing ruminant. *J. Anim. Sci.* 66:2959-2964.
- Able-Caines ,S.F. ,R.J. Grant and S.G. Haddad. 1997. Whole cottonseeds or a combination of soybeans and soybean hulls in the diets of lactating cows. *J. Dairy Sci.*80:1353-1357.
- Arosemena ,A. ,E.J. Depeters and J.G. Fadel. 1995. Extent of variability in nutrient composition within selected by-product feedstuffs. *Anim. Feed Sci. Tech.* 54:103-120.
- Belyea , R.L. , B.J. Steevens , R.J. Restrepo and A.P. Clubb. 1989. Variation in composition of by-product feeds. *J. Dairy Sci.* 72:2339-2345.
- Bhatti ,S.A. and J.L. Firkins. 1995. Kinetics of hydration and functional specific gravity of fibrous feed by-products. *J. Anim. Sci.* 73 1449-1 458.
- Central Soya Co. ,Inc. 1990. The Protein Book. Central Soya Chemurgy Div. ,Fort Wayne ,IN ,46801 .
- Chandler , P. 1999. Due to variables , by-product feeds must be subjected to extensive testing.

FeedStuffs 71(15) , pp11 , 18 , 19 , 21 (April 12).

Depeters , E.J. , J.G. Fadel and A. Arosemena. 1997. Digestion kinetics of neutral detergent fiber and chemical composition within some selected by-product feedstuffs. Anim. Feed Sci. Tech. 67:127-140.

Firkins ,J.L. 1995. Fiber value of alternative feeds. In: Alternative Feeds for Dairy and Beef Cattle ,pp. 221-231 . 2nd National Alternative Feeds Symposium. USDA-Extension Service and Allied industries , University Extension Conference Office , Univ. Missouri , Columbia .

Gore , A.M. , E.T. Kornegay and H.P. Veit. 1986. Theeffects of soybean oil on nursery air quality and performance of weanling pigs. J. Anim. Sci. 63:1-7.

Grasser , L.A. , J.G. Fadel , I. Garnett and E.J. Depeters. 1995. Quantity and economic importance of nine selected by-products used in California dairy rations.J. Dairy Sci.78:962-971.

Hendrix , K. 1995. Soybean hulls - A substitute for grain in beef cattle rations. Purdue Univ. Coop. Extension Service , Dept. Anim. Sci. , Purdue Univ. , Lafayette , IN.

Hsu ,J.T. ,D.B. Faulkner ,K.A. Garleb ,R.A. Barclay ,G.C. Fahey ,Jr. and L.L. Berger.1987. Evaluation of corn fiber ,cottonseed hulls ,oat hulls and soybean hulls as roughage sources for ruminants. J. Anim. Sci. 65:244-255.

Johnson , R.R. , E.W.Klosterman and H.W. Scott. 1962. Studies on the feeding value of soybran flakes for ruminants. J. Anim. Sci.21:406-411.

Kerley , M.S and J.E. Williams. 1995. Alternative feeds for beef cattle on pasture. In:pp 147-154.

Kohlmeier , R.H. 1996. The use of soybean hulls for ruminants and other species. Am. Soybean Assoc. , Brussels , Belgium.

Kornegay , E.Y. 1978. Feeding value and digestibility of soybean hulls for swine. J.Anim. SCi. 47:1272-1280.

Kung ,L.and C.L. Lin. 1997. Soyhulls in beef and dairy cattle nutrition. Am. Soybean Assoc. Tech. Bul. AN16-1997. Singapore , China.

Ludden , P.A. , M.J. Cecava and K.S. Hendrix. 1995. The value of soybean hulls as a replacement for corn in beef cattle diets formulated with of without added fat. J. Anim. SCi.73:2706-27 11.

McDonnell , M.L. , T.J. Klopfenstein and J.K. Merrill. 1982. Soybean hulls as energy source for ruminants. Nebraska Beef Cattle Rpt. MP 4354. Univ. Nebraska , Lincoln.

Nakamura , T. and F.G. Owen. 1989. High amounts of soyhulls for pelleted diets. J.Dalry SCi. 72:988-994.

- Owen , F.G. , L.L. Larson. J. Meader and E. Hawkins. 1984. Make use of ag byproducts for dairy cow rations. Nebraska Dairy Rpt. EC83-220:17. Univ. Nebraska , Lincoln.
- Pitt , R.E. , J.S. Van KeSsel , D.G. Fox , A.N. Pell , M.C. Barry and P.J. Van SoeSt. 1996. Prediction of ruminal volatile fatty acids and PH within the net carbohydrate and protein system. J.Anim.Sci. 74:226-244.
- Preston , R.L. 1999. Typical composition of feeds for cattle and sheep. Beef 35(6):20-32.
- Sarwar , M. , J.L. Firkins and M.L. Eastridge. 1992. Effects of varying forage and concentrate carbohydrates on nutrient digestibilities and milk production by dairy cows. J.Dairy Sci. 75:1533-1542.
- Sniffen , C.J. , J.D. O'Connor , P.J. Van Soest , D.G. Fox and J.B. Russell. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets:II. Carbohydrate and protein availability. J.Anim.Sci.70:3562-3577.
- Swain , S.M. and L.E. Armentano. 1994. Quantitative evaluation of fiber from nonforage sources used to replace alfalfa silage. J. Dairy Sci.77:2318-2331 .
- Weidner , S.J. and R.J. Grant. 1994. Soyhulls as a replacement for forage fiber in diets for lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 77:513-521 .
- Weiss , W.P. 1991. Evaluating nutritional quality of alternative feeds using chemical analyses. In:Alternative Feeds for Dairy & Beef Cattle E.R. Jordan editor pp123-128. Univ. Missouri Extension Conf.Office , Columbia , MO.
- Weiss , W.P. 1995. Full lactation response of cows fed diets with different sources and amounts of fiber and ruminal degradable protein. J. Dairy Sci. 78:1802-1814.
- Zervas , G. , K. Fegeros , K. Koytsotolis , C. Goulas and A. Mantzios. 1998. Soy hulls as a replacement for maize in lactating dairy ewe diets with or without dietary fat supplements. Anim. Feed Sci. Tech. 76:65-75.