

中国农业部科技发展中心负责翻译了题为：“Consensus Document on Compositional Considerations for New Varieties of Cotton (*Gossypium hirsutum* and *Gossypium barbadense*): Key Food and Feed Nutrients and Anti-nutrients”, Copyright OECD, 2004 的英语文件。经济合作和发展组织不会对于相对原文内容的中文翻译质量及其一致性予以负责。

OECD秘书处对该文件在2009进行了修改。

Translated under the responsibility of the Development Center for Science and Technology, Ministry of Agriculture of People's Republic of China, from the original English edition published under the title “Consensus Document on Compositional Considerations for New Varieties of Cotton (*Gossypium hirsutum* and *Gossypium barbadense*): Key Food and Feed Nutrients and Anti-nutrients”, Copyright OECD, 2004. The OECD is not responsible for the quality of the Chinese translation and its coherence with the original text.

Corrections brought to the document in 2009 were added by the OECD Secretariat.

Compared to the original 2004 version, the present document revises Table 8 “Levels of minerals in hulls and meal”, as agreed at the 16<sup>th</sup> Meeting of the OECD Task Force for the Safety of Novel Foods and Feeds held on 19-20 November 2009. In addition, Table 10 was slightly amended regarding the level of malvalic acid in whole cottonseed.

经2009年11月19至20日举行的经合组织新型食品和饲料安全特别工作组第十六次会议同意，对于此文件2004版中的表8“棉子粕和棉子壳中的矿物质含量”（305页）以及表10（307页）的全棉子的锦葵酸的含量进行了少量校对，修改如下：

**表8 棉子粕和棉子壳中的矿物质含量<sup>a</sup>**

参考资料来源		棉子粕 <sup>b</sup>		棉子壳 <sup>c</sup>
		机械提取	溶剂提取	范围
钠	mg/100g	0.7-40	30-140	150-180
钾	mg/100g	1240-1680	1200-1720	1130-1160
钙	mg/100g	160-230	160-222	150-180
磷	mg/100g	760-1140	760-1200	120-150
镁	mg/100g	350-650	350-660	80-170
铁(*)	mg/100g	10.7-16.0	12.6-16.2	3.01-6.8
铜(*)	mg/100g	1.09-5.39	2.6-4.4	0.5-3.6
锌(*)	mg/100g	3.77-6.28	6.1-7.4	0.99-1.7

注：<sup>a</sup>数据以干重的比例表示。

<sup>b</sup>数据摘自USDA ARS (2004), NRC (2000、2001)；可能包括转基因品种的统计数据；Tanksley, 1990。棉子粕通过机械提取或溶剂提取制成。

<sup>c</sup>数据摘自NRC (2000a), NCPA (1999)；可能含转基因品种的统计数据。

(\*)数据更改于2009年12月。

表10 全棉子、棉子粕和棉子油中的棉子酚（占干重的百分比）<sup>a</sup>  
和环丙烯脂肪酸的含量（占脂肪酸的百分比）

参考资料来源	全棉子 <sup>b,c,e,f,g</sup>	棉子油 <sup>b,g</sup>	棉子粕 <sup>b,c,d</sup>
棉子酚（总的）	0.51-1.43	0.00-0.09	0.93-1.43
棉子酚（游离的）	0.47-0.7	ND <sup>h</sup>	0.02-1.77
锦葵酸	0.17-0.66(*)	0.22-1.44	
苹果酸	0.13-0.70	0.08-0.58	
二氢苹果酸	0.11-0.50	0.00-0.22	

注：<sup>a</sup>干重

<sup>b</sup>Monsanto (2000)。

<sup>c</sup>Martin (1999)。

<sup>d</sup>Tanksley (1999)，数值转换成占干物重的百分比。

<sup>e</sup>Arana *et al.* (2000)，假定干重为91%转换的数值。

<sup>f</sup>Bayer (2002)。

<sup>g</sup>Berberich *et al.* (1996)。

<sup>h</sup>ND=未检测到。

(\*)数据更改于2009年12月；ILSI农作物成分数据库([www.corpcomposition.org](http://www.corpcomposition.org))；于2009年访问该网页)。

# 第四章

## 陆地棉 (*Gossypium hirsutum*) 和海岛棉 (*Gossypium barbadense*) 新品种成分的共识文件: 食品与饲料的关键营养素与抗营养成分\*

### 第一节 背景

#### 1. 食用和饲用棉花的生产

棉花是棉属(*Gossypium*)作物,种植于各主要大洲、西印度群岛以及太平洋岛屿中。棉花栽培于炎热的地区。在干旱的气候条件下,通过灌溉可生产高品质棉花。棉花是世界上纺织纤维的最主要来源,占世界纤维使用总量的40%以上(USDA ERS, 2002)。棉花是最古老的栽培作物之一,可追溯到约5 000年前。据文献记载,巴基斯坦、埃及和美国中南部在远古时代就生产棉布。15—16 世纪期间,人们希望找到更多的棉花来源,这刺激了欧洲的探险活动(NCPA, 1999)。在西印度群岛和墨西哥发现了当地人穿着的棉织服装。棉花有40多个种,但具有经济价值的只有4个种。在美国,栽培的2个棉种分别是陆地棉(*Gossypium hirsutum*)和海岛棉(*Gossypium barbadense*),其中陆地棉是主要的栽培种,棉纤维长2.5~3.2 cm;海岛棉种植不多,棉纤维长2.5~3.8 cm(USDA ERS, 2002)。

棉花植株由一个主茎和多个分枝组成。每朵花有典型的5个独立的花瓣,雄蕊围绕着花柱。植株的子房发育成棉铃,该器官后期的含水量低,干燥时裂成4~5瓣。棉铃由纤维和棉子组成。每一根棉纤维均由种皮表皮单细胞生长而来。纤维素沿着细胞壁周围层层积累。表皮细胞可发育成两种长度的纤维,长的为棉纤维,短的为短绒,其中棉纤维用于纺织工业。

表 1 2001/2002 年世界的棉花产量

	产量 (千 t)	占总产量的百分比 (%)
中国	5 313	25
美国	4 421	21
印度	2 569	12
巴基斯坦	1 785	8.4
乌兹别克斯坦	1 067	5
土耳其	849	4

\* Originally published by OECD in English under the title: "Consensus Document on Compositional Considerations for New Varieties of Cotton (*Gossypium hirsutum* and *Gossypium barbadense*): Key Food and Feed Nutrients and Anti-Nutrients" © 2004 OECD.

(续)

	产量 (千 t)	占总产量的百分比 (%)
巴西	784	3.7
澳大利亚	675	3.1
希腊	457	2.1
叙利亚	348	1.6
埃及	310	1.2
马里	250	1.1
其他国家	2 499	11.7
世界总产量	21 327	

资料来源: [http://www.fas.usda.gov/cotton\\_arc.html](http://www.fas.usda.gov/cotton_arc.html).

棉铃既可提供纺织用纤维、又可食用或饲用。棉株的其他部位如秸秆还田分解后可作为肥料。历史上,棉花都是人工采摘的,但目前工业化国家主要用机械采收。收获之后,子棉通常被机械压成棉模,以便于运送到轧花厂加工。棉模的含水量通常很高,必须及时加工以避免纤维品质下降。摘锭式采棉机和剥离式采棉机(stripper)收获的棉花中分别含有15%和48%的轧花杂质,这些杂质包括茎秆、叶片、棉铃碎屑和沙子。在轧花之前,用清棉筛、振荡器和风选装置清除这些杂质。在轧花过程中,纺织用纤维从棉子上分离下来并被压缩成217.7 kg的包(NCPA, 1999)。此时分离出来的种子称为带绒棉子,约占子棉重量的60%左右,带绒棉子既可进一步加工,也可直接用作牛饲料。

## 2. 带绒棉子的加工

带绒棉子可加工成4种主要的产品:棉子油、棉子粕、棉子壳和棉子绒。Cherry和Leffler(1984)报道,带绒棉子加工后一般生产45%的棉子粕、26%的棉子壳、16%的棉子油和9%的棉子绒,还有4%的损失。带绒棉子送到加工厂后,首先用一系列精细的圆形锯齿切割短绒进行脱绒,脱下的短绒可用来制作人类食品(NCPA, 1999)。短绒在碱性和高温条件下进行深加工,除去非纤维素组分后是化学用及食品用纤维素的主要来源。脱绒种子用装有刀片的机械切开后去壳,分离器将棉子从棉子壳中筛分出来。棉子壳用于生产动物饲料。得到的去壳棉子经过一系列铁制滚筒的加工可生产出棉子饼。棉子饼进行烹制,以降低其中的含水量。烹制过的棉子饼可用压榨机来榨油。为了使榨油效率最大化,可使用现代化的高压螺旋榨油机,另外溶剂提取法也是常用的提高榨油效率的方法。棉子油被抽出、过滤后贮存于油罐中。棉子油通过进一步加工可供人类食用。收集榨过油的棉子粕,冷却后研磨成粉状物。上述榨油工序的榨油率可达96%~97%,即棉子粕中仅含有3%~4%的油分。棉子粕可用作动物饲料。

## 3. 棉子油的加工

棉子油需进一步加工才可食用。棉子油加热后在其中加入氢氧化钠,形成皂料或皂脚,这些物质可通过离心除去。皂料和粗棉子油都可用于生产脂肪酸。在粗棉子油中加入漂白黏土,并与着色材料相结合,可获得清澈的棉子油,着色材料可通过过滤而与油分离。硬脂酸是棉子油的组分之一。将棉子油温度降至3.3~4.4℃,硬脂酸会形成结晶,

该结晶可通过过滤法从棉子油中分离而除去。将棉子油在局部真空条件下进一步用蒸气处理除去异味，就生产出了高度精炼和品质优良的产品。由于这种油的香味极稳定，因此大多数纯净油可作为烹饪油或色拉油。

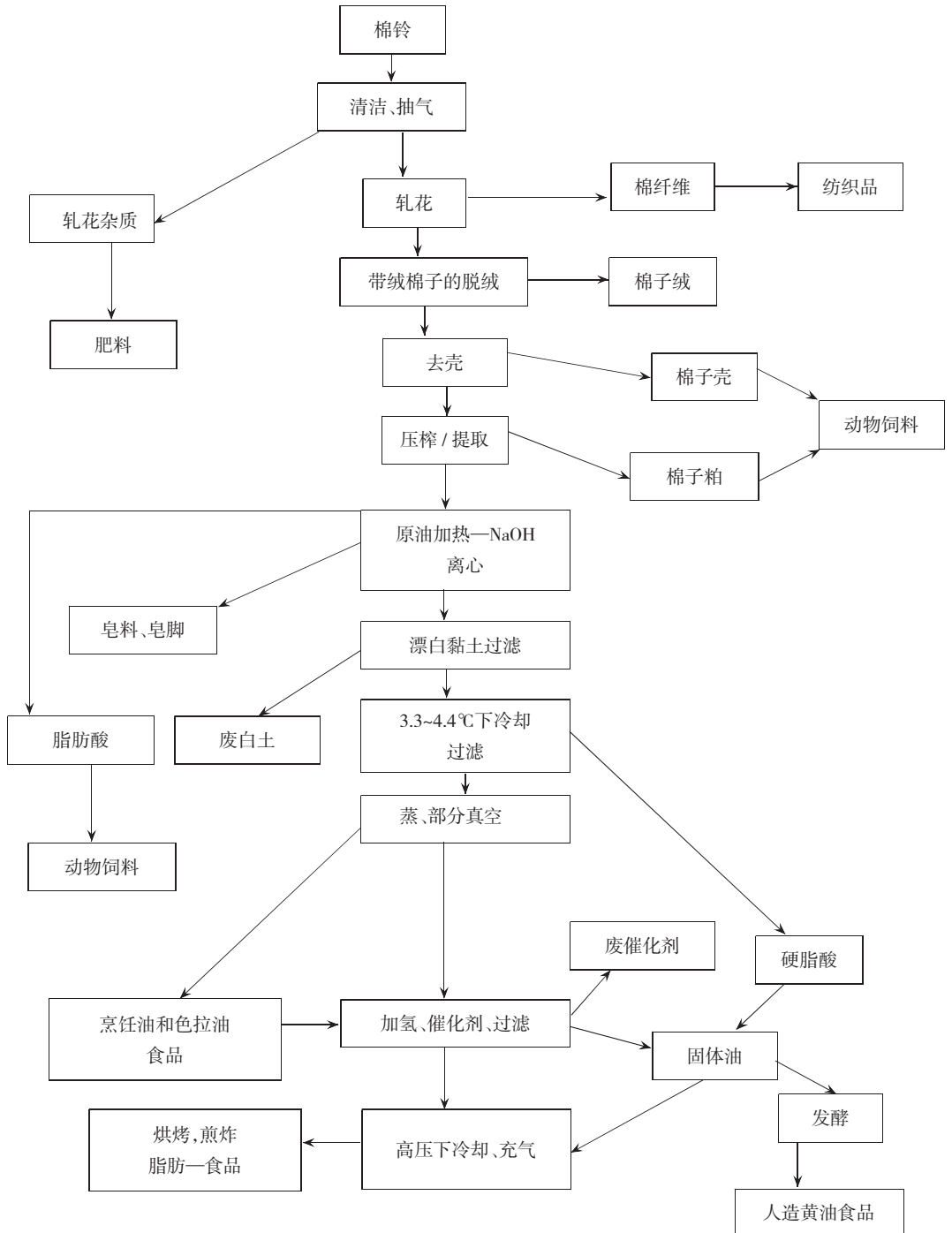


图1 棉花的加工

通过凝固而分离的硬脂酸可用于制造黄油和酥油。用于制造黄油和酥油的纯净油，必须在催化剂存在的条件下进行加氢凝固。加氢之后，将产品再次过滤，除去其中的催化剂。制造黄油时，将凝固的油与高温灭菌的脱脂牛奶、盐及微量成分混合。在高压下将凝固的油冷却并充气，可制备酥油。

#### 4. 检测新品种的合适对照

本文提出了棉花研发培育人员应当测定的参数。比较理想的是，新品种的测定结果应当与近等基因的非转基因品种进行比较。研发人员也可将新品种的测定数据与本报告中列出的文献报道值进行比较。要比较的关键成分包括已经提出的食物源中的关键营养素、毒素和抗营养成分。关键营养素是指对总体饮食可能产生重要影响的某一特定产品中的成分，可以是主要组分（脂肪、蛋白质、结构性和非结构性碳水化合物）或次要化合物（维生素和矿物质）。关键毒素是指物种中天然存在的具有重要毒理学意义的化合物，即其毒力和含量会影响人类和动物健康的化合物。类似地，应当考虑已知抗营养成分和致敏原的含量。作为比较内容的一部分，应当分析一些选择的次生代谢物，其在某物种中的特征水平是已知的，以进一步说明遗传改良是否对代谢产生非预期影响。

#### 5. 棉花培育人员筛选的传统特征

表型特征为评价新品种是否适合于商业销售提供了重要的信息。新品种的选择最初依据亲本数据。开发棉花新品种的植物育种人员应在发育过程的不同阶段评价多个参数。在生长早期，棉花育种人员评价出苗率和幼苗活力。植物成熟时，评价病虫害（如根腐病、叶斑病、棉疫病，棉铃虫/烟青虫，棉蚜、黄萎病和枯萎病病）抗性方面的数据（U. Ga. 2002; TAM, 2002）。收获的子棉可测定产量、棉纤维长度和强度（Bourland, 2002）。在某些情况下，植株改良的目的是特异性提高其中的某些成分，此时要求育种人员对此类成分进行分析。

## 第二节 棉子以及棉子产品的营养素

### 1. 棉子

带绒棉子或全棉子是子棉轧花除去棉纤维（用于纺织）后留下的部分（NCPA, 2002）。有时棉子脱绒后并不进一步加工，也有些品种不着生短绒，如著名的 Pima 棉。这些产品目前占饲用棉子的比例很小。关于脱绒棉子或 Pima 棉品种的可用数据不多，只知其所含的棉子酚较其他品种高（Kirk 和 Higginbotham, 1999）。Arana 等（2000）指出，他们发现脱绒产品中所含的中性洗涤纤维与酸性洗涤纤维比全棉子低。全棉子的营养成分见表 2 至表 5。

表 2 棉子的组分分析<sup>①</sup>

参考资料来源		USDA <sup>②</sup>	Ensminger <sup>③</sup>	NCPA <sup>④</sup>	NRC <sup>⑤</sup>	商业品种的范围 <sup>⑥</sup>	所有报道值的范围
含水量	% fw <sup>⑦</sup>	4.7	9.0	8.4	8.0~9.9	4.0~8.7	4.0~9.9
蛋白质	% dw <sup>⑦</sup>	34.2	24.0	22.5	23.0~24.4	21.8~28.2	21.8~34.2
总脂肪	% dw	36.3		29.5	17.2~23.1	15.4~23.8	15.4~36.3

(续)

参考资料来源		USDA <sup>②</sup>	Ensminger <sup>③</sup>	NCPA <sup>④</sup>	NRC <sup>⑤</sup>	商业品种的范围 <sup>⑥</sup>	所有报道值的范围
灰分	% dw	4.8 <sup>④</sup>		3.8	4.2~5.0	3.8~4.9	3.8~5.0
中性洗涤纤维 (总纤维)	% dw			47.2	40.0~50.3	42.1~54.8	40.0~54.8
酸性洗涤纤维 (纤维素)	% dw			38.8	29.0~40.1	35.5~37.7	29.0~40.1
粗纤维	% dw		21.4		20.8~24.0	15.4~28.2	15.4~28.2
总膳食纤维	% dw	5.77				5.77	5.77
非纤维性碳水化合物 <sup>⑧</sup>	% dw				23.0	45.6~53.6	23.0~53.6

注：①棉花的组分分析通常包括酸性洗涤纤维 (ADF) 和中性洗涤纤维 (NDF)。ADF 和 NDF 这些术语通常用于饲料工业，可得到用于比较的数值。粗纤维尽管不是首选成分，但仍有一些分析对其进行测定。然而对食用而言，膳食纤维是首选项，尽管其定义和分析方法尚不统一 [见：美国食用纤维定义小组 (NRC, 2001b)]。Souci *et al.* (1989) 报道的总食用纤维的数值是应用修改的美国官方分析化学家协会 (Association of Official Analytical Chemists, AOAC) 推荐的分析方法而获得。这一方法测定的总食用纤维包括木质素和非淀粉类多糖 (包括纤维素、半纤维素和果胶)。

②USDA ARS (2004) 烘烤的棉子仁；利用规定的含水量，将 g/100g 可食用部分的数据转换成干重数据；可能包括转基因品种。

③Ensminger *et al.* (1990)。

④NCPA (1999)。

⑤数值摘自 NRC (1982)，NRC (1989)，NRC (1994)，NRC (2000) 和 NRC (2001a)；可能包括转基因品种的数据。

⑥非转基因对照的商业品种范围，由 Monsanto (2000) 和 Bayer (2002) 根据酸脱绒棉子的数据而整理。

⑦fw=鲜重；dw=干重。

⑧非纤维性碳水化合物 = 100 - (%NDF + %CP + %脂肪 + %灰分)。

表 3 棉子中矿物质和维生素的含量<sup>①</sup>

参考资料来源		USDA <sup>②③</sup>	NRC <sup>③④</sup>	NCPA <sup>③⑤</sup>	商业品种的范围 <sup>⑥</sup>	所有报道数值的范围
钠	mg/100 g	26.2	10~290	8.0	5.4~300	5.4~300
钾	mg/100 g	1 417	1 210~1 240	1 140	1 080~1 250	1 080~1 417
钙	mg/100 g	105	160~170	140	120~330	105~330
磷	mg/100 g	839	600~750	560	610~860	560~60
镁	mg/100 g	461	320~380	350	370~490	320~490
铁	mg/100 g	5.7	9.4~16.0	5.0	4.2~7.2	4.2~16.0
铜	mg/100 g	1.3	0.7~5.4	0.7	0.4~1.0	0.4~5.4
硒	mg/100 g		0.00~0.01			0.00~0.01
锌	mg/100 g	6.3	3.7~3.8	3.3	2.7~5.1	2.7~6.3
锰	mg/100 g	2.3	1.0~1.3		1.1~1.8	1.0~2.3
维生素 A	mg /kg RE <sup>⑦</sup>	442				442
维生素 B <sub>1</sub> (硫胺)	mg /kg	7.5				7.5
维生素 B <sub>2</sub> (核黄素)	mg /kg	2.6				2.6



(续)

参考资料来源		USDA <sup>②③</sup>	NRC <sup>③④</sup>	NCPA <sup>③⑤</sup>	商业品种的范围 <sup>⑥</sup>	所有报道数值的范围
维生素 B <sub>6</sub> (盐酸吡哆辛)	mg /kg	7.8				7.8
维生素 C (抗坏血酸)	mg /kg	90				90
维生素 E	mg ATE <sup>⑦</sup>	30				30
叶酸, 总的	mcg /kg	2.0				2.0
烟酸 (尼可酸)	mg /kg	3.0				3.0

注: ①数值以占干重的比例表示。

②USDA ARS (2004) 烘烤的棉子仁; 结果由规定的总干重数据和 4.65% 这一报道过的含水量计算而来。

③可能包括转基因品种。

④数值摘自 NRC (1982), NRC (2000) 和 NRC (2001a)。

⑤NCPA (1999)。

⑥Monsanto (2000)。

⑦RE (相当于视黄醇)。

⑧1 mg ATE (相当于  $\alpha$ -生育酚) 等于 1.1 个国际单位的维生素 E。

表 4 棉子中的氨基酸组成 (占干重的百分比)<sup>①</sup>

参考资料来源	USDA <sup>②③</sup>	NRC <sup>③④</sup>	商业品种的范围 <sup>⑤</sup>	所有报道数值的范围
甲硫氨酸	0.53	0.40	0.35~0.54	0.35~0.54
半胱氨酸	0.86	0.41	0.38~0.48	0.38~0.86
赖氨酸	1.65	1.02	1.01~1.33	1.01~1.65
色氨酸	0.49	0.30	0.23~0.36	0.23~0.49
苏氨酸	1.21	0.81	0.74~0.96	0.74~1.21
异亮氨酸	1.17	0.75	0.71~0.88	0.71~1.17
组氨酸	1.03	0.73	0.62~0.82	0.62~1.03
缬氨酸	1.67	1.10	1.01~1.28	1.01~1.67
亮氨酸	2.23	1.38	1.27~1.65	1.27~2.23
精氨酸	4.40	2.71	2.38~3.23	2.38~4.40
苯丙氨酸	2.03	1.25	1.13~1.45	1.13~2.03
甘氨酸	1.58		0.93~1.19	0.93~1.58
丙氨酸	1.51		0.85~1.13	0.85~1.51
天冬氨酸	3.55		2.09~2.66	2.09~3.55
谷氨酸	8.16		4.33~5.28	4.33~8.16
脯氨酸	1.39		0.82~1.14	0.82~1.39
丝氨酸	1.63		0.94~1.32	0.94~1.63
酪氨酸	1.17		0.48~0.79	0.48~1.17

注: ①以占干重的百分比表示。

②USDA ARS (2004) 烘烤的棉子仁。

③可能包括转基因品种。

④摘自 NRC (1994、1998、2001a); NRC (1994、1998) 的数值在规定的总重量的基础上计算而来; NRC (2001a) 的数值由规定的、基于干重的粗蛋白含量计算而来。

⑤摘自 Bayer (2002) 和 Monsanto (2000)。

表 5 棉子中的脂肪酸组成 (以占干重的百分比计算)<sup>①</sup>

参考资料来源	USDA <sup>②</sup>	Monsanto <sup>③</sup>	Monsanto <sup>④</sup>	范围
14: 0 肉豆蔻酸	0.36	0.35	0.32	0.32~0.36
16: 0 棕榈酸	8.84	9.41	8.88	8.84~9.41
16: 1 棕榈油酸	0.27	0.24	0.21	0.21~0.27
18: 0 硬脂酸	0.89	0.88	0.88	0.88~0.89
18: 1 包括油酸	6.93	6.09	5.13	5.13~6.93
18: 2 包括亚油酸	18.74	20.12	16.01	16.01~20.12
18: 3 包括亚麻酸	0.07	0.07	0.07	0.07

注: ①数据以占干重的比例表示。

②USDA ARS (2004) 烘烤的棉子仁; 可能包括转基因品种; 利用规定的 4.65%含水量, 将 g/100g 可食用部分的数值转换成占干重数据。

③Monsanto (1994) 非转基因亲本品种; 利用棉子中的平均油脂含量 (39.2%), 将占总脂类百分比的数值转换成占干重百分比的数值。

④Monsanto (1995) 非转基因亲本品种; 利用棉子中的平均油脂含量 (33.5%), 将占总脂类百分比的数值转换成占干重百分比的数值。

## 2. 棉子油

棉子油是美国生产的第一种油子油 (White, 2000)。原油约含 2% 的非甘油酯类物质, 大部分可在加工过程中除去。这些物质包括萜类植物抗毒素、环丙烯脂肪酸 (CPFA)、磷脂、固醇、树脂、碳水化合物及有关色素。最有名的萜类植物抗毒素是棉子酚 (Hanson, 2000)。本文稍后将讨论棉子酚和 CPFAs 的毒性效应。前面介绍的棉子油的加工过程去除了大多数的棉子酚, 除臭步骤也可除去大多数的 CPFAs。棉子油是纯脂肪酸源。精炼过棉子油的脂肪酸组成见表 6。

表 6 精炼棉子油的脂肪酸组成 (占总脂类脂肪酸的百分比)

参考资料来源	USDA <sup>①②</sup>	NCPA <sup>③</sup>	White <sup>④</sup>	Monsanto <sup>⑤</sup>	Bayer <sup>⑥</sup>	范围
14: 0 肉豆蔻酸	0.8	0.8	0.9	0.8~2.4	0.6	0.6~2.4
16: 0 棕榈酸	23.8	24.4	24.7	24.3~28.1	21.1	21.1~28.1
16: 1 棕榈油酸	0.8	0.4	0.7	0.4~1.0	0.6	0.4~1.0
18: 0 硬脂酸	2.4	2.2	2.3	2.1~3.1	2.9	2.1~3.1
18: 1 油酸	17.8	17.2	17.6	12.9~20.1	14.9	12.9~20.1
18: 2 亚油酸	54.0	55.0	53.3	46.0~57.1	58.2	46.0~58.2
18: 3 亚麻酸	0.2	0.3	0.3	0.1~0.3	0.2	0.1~0.3

注: ①USDA ARS (2004); 烘烤的棉子仁。可能包括转基因品种。

②将 g/100g 油转换成占总脂类脂肪酸的百分比。

③NCPA (1999)。

④White (2000)。

⑤Monsanto (2000) 非转基因商用品种。

⑥Bayer (2002) 非转基因亲本品种。

### 3. 棉子粕、棉短绒和棉子壳

棉子粕、棉短绒和棉子壳是棉子油工业的副产品。这些产品中棉子粕的产量最高，通过压榨和溶剂提取的方法生产，可带有棉子壳，也可不带。最常见的是粗蛋白含量为41%的产品，一些官方的饲料定义中要求所有片状和粉状棉子产品中粗蛋白的含量不得低于36%。为了作为低棉子酚产品销售，棉子酚的含量限定在0.04%（400 ppm）（AAFCO，2003）。棉短绒几乎由纯的纤维素组成。品质最好的棉短绒需要通过消化、漂白、清洗、干燥等化学处理而纯化（NCPA，1999）。棉子壳中难消化的纤维含量极高。棉子粕和棉子壳的组分分析、矿物质含量以及氨基酸含量分别见表7至表9。

表7 棉子粕和棉子壳的组分分析（以干重的百分比表示）<sup>①</sup>

参考资料来源	棉子粕 <sup>②</sup>		棉子壳 <sup>③</sup>
	机械提取	溶剂提取	范围
水分	7.7~9.2	8.0~10.9	10.0~11.0
蛋白质	41.7~46.1	41.7~48.9	4.2~6.2
脂肪	3.9~11.4	0.8~3.5	2.5
粗纤维	11.4~12.6	11.2~12.7	47.8~48.6
NDF <sup>④</sup>	28~32.3	20.8~30.8	89.0
ADF <sup>⑤</sup>	18.1	17.3~19.9	64.9
灰分	6.0~7.2	6.2~7.5	2.8

注：①数据以占干重的比例表示。

②数据摘自 NRC（1998、2000、2001a）；NCPA（1999）；Tanksley（1990）；摘自 NRC（1998）的数值是将占饲料的比例转换成占干重的比例；棉子粕通过机械提取或溶剂提取制成。

③NRC（2001a）；NCPA（1999）。

④中性洗涤纤维。

⑤酸性洗涤纤维。

表8 棉子粕和棉子壳中的矿物质含量<sup>①</sup>

参考资料来源		棉子粕 <sup>②</sup>		棉子壳 <sup>③</sup>
		机械提取	溶剂提取	范围
钠	mg/100 g	0.7~40	30~140	150~180
钾	mg/100 g	1 240~1 680	1 200~1 720	1 130~1 160
钙	mg/100 g	160~230	160~222	150~180
磷	mg/100 g	760~1 140	760~1 200	120~150
镁	mg/100 g	350~650	350~660	80~170
铁	mg/100 g	1 070~1 600	1 260~1 620	301~680
铜	mg/100 g	109~539	260~440	50~360
锌	mg/100 g	377~628	610~740	99~170

注：①数据以占干重的比例表示。

②数据摘自 USDA ARS（2004），NRC（2000、2001a）；可能包括转基因品种的统计数据；Tanksley，1990。棉子粕通过机械提取或溶剂提取制成。

③数据摘自 NRC（2001a），NCPA（1999）；可能含转基因品种的统计数据。

表 9 棉子粕中的氨基酸组成 (以占棉子粕干重的百分比表示)<sup>①②</sup>

参考资料来源	机械提取的棉子粕	溶剂提取的棉子粕
氨基酸	%	%
甲硫氨酸	0.62~0.73	0.62~0.74
半胱氨酸	0.64~0.78	0.69~0.90
赖氨酸	1.57~1.79	1.85~2.01
色氨酸	0.51~0.57	0.53~0.56
苏氨酸	1.44~1.52	1.45~1.58
异亮氨酸	1.27~1.56	1.29~1.59
组氨酸	1.15~1.45	1.27~1.50
缬氨酸	1.80~2.05	1.83~2.20
亮氨酸	2.50~2.74	2.62~2.67
精氨酸	4.40~4.63	4.71~4.96
苯丙氨酸	2.14~2.35	2.21~2.38
甘氨酸	1.83	1.87
酪氨酸	1.01	1.27
丝氨酸	1.84	2.01

注：①数据以占干重的百分比表示。

②数据摘自 NCPA (1999), NRC (1982、1998 和 2001a); 可能含转基因品种的统计数据; 摘自 NRC (1998) 的数值是将占饲料的比例转换成占干重的比例; 棉子粕通过机械提取或溶剂提取制成。

### 第三节 棉花中的抗营养成分

#### 1. 棉子酚

棉花含有大量的萜类植物抗毒素。植物抗毒素属于抗生素, 在棉花中积累于色素腺体中。它们对抵抗侵染棉花的潜在病原菌具有重要作用。棉花的萜类植物抗毒素一般包括棉子酚、半棉子酚、脱氧甲氧基半棉子酚, 2, 7-二羟基卡达烯, 半棉酚酮和杀实夜蛾素 H1 和 H2 (Stipanovic, 1994)。棉子酚是最有名的萜类植物抗毒素, 最早从棉子的色素腺中分离得到。它对非反刍动物具有特异性毒性, 并具有雄性不育特性。棉子酚可以以游离态存在也可以以结合态存在。游离的棉子酚为有毒化合物。Sudweeks (2002) 报道了一个因饲喂大量棉子粕而引起的棉子酚中毒事件, 估计棉子酚摄入量为 24 mg/头/天。在回顾和总结系列数据的基础上, Sudweeks (2002) 提出 18 mg 游离棉子酚 (相当于 0.1% 的棉子酚) 为饲养奶牛的最大用量。Bailey 等 (2000) 和 Ziehr 等 (2000) 的结果表明, 棉子酚存在 (+) 和 (-) 两种异构体。(-) 异构体的毒性更强。研究人员对棉子酚的抗病毒性和抗癌性也进行了研究 (NIH, 2002; Reidenberg, 2003)。棉子中总棉子酚和游离棉子酚的含量见表 10。

#### 2. 环丙烯脂肪酸

棉花中含有一些与棉子油有关的环丙烯脂肪酸 (CPFA)。可测定到的 CPFA 有锦葵

酸、苹婆酸和二氢苹婆酸 (Wood *et al.*, 1994)。这些 CPFAs 提高了全棉子和棉子粕动物饲料中脂肪的熔点。其作用机制可能是抑制了饱和脂肪酸的去饱和。CPFA 对鸡产生两种不利影响, 即蛋黄退色、孵化能力降低, 因此工业上限制棉子粕和棉子油在家禽饲料中的应用 (Phelps *et al.*, 1965)。尽管黄曲霉毒素这种棉花中常见的毒枝菌素污染物可使虹鳟鱼罹患肝癌 (Park 和 Price, 2001), 但全棉子饲养的鲑鱼患肝癌的几率很高也与 CPFAs 有关 (Hendricks *et al.*, 1980)。这些 CPFAs 通常在棉子中的含量见表 10。

表 10 全棉子、棉子粕和棉子油中的棉子酚 (占干重的百分比)<sup>①</sup>  
和环丙烯脂肪酸的含量 (占脂肪酸的百分比)

参考资料来源	全棉子 <sup>②③⑤⑥⑦</sup>	棉子油 <sup>②⑦</sup> (精炼的)	棉子粕 <sup>②③④</sup>
棉子酚 (总的)	0.51~1.43	0.00~0.09	0.93~1.43
棉子酚 (游离的)	0.47~0.70	ND <sup>⑧</sup>	0.02~1.77
锦葵酸	0.17~61	0.22~1.44	
苹婆酸	0.13~0.70	0.08~0.58	
二氢苹婆酸	0.11~0.50	0.00~0.22	

注: ①干重。

②Monsanto (2000)。

③Martin (1990)。

④Tanksley (1990), 数值转换成占干物重的百分比。

⑤Arana *et al.* (2000), 假定干重为 91% 时转换的数值。

⑥Bayer (2002)。

⑦Berberich *et al.* (1996)。

⑧ND=未检测到。

### 3. 其他化合物

棉叶中含有类黄酮、单宁酸和花青素。收获时子棉中掺杂着一些棉叶, 它们在轧花过程中被除去。在特殊情况下, 如干旱时, 轧花杂质和棉花残茬有时也用作牛饲料。不过, 由于类黄酮、单宁酸和花青素进入此类途径的量有限, 因此不认为它们是主要的抗营养成分或天然毒素。

## 第四节 食 用

### 1. 人类消费的主要棉花产品

棉子油是人类消费的主要棉花产品。棉子油在大豆油和玉米油之后位列食用油的第三位, 但消费量远不及前二者, 只占美国国内脂肪和食用油供应的 5%~6% (NCPA, 1999)。粗棉子油大约含 2% 的非甘油酯类物质, 如棉子酚和 CPFAs, 如前所述, 加工过程可除去这些物质 (White, 2000)。大约 56% 的棉子油用作色拉油和烹饪油, 36% 用作烘烤和煎炸脂肪, 余下的 8% 用于制造黄油或其他用途。棉子油是最不饱和的油之一, 与之并列的是油菜子油、玉米油、大豆油、红花油和葵花子油。棉子油的味道淡且似坚果, 因而其成为理想的色拉油。

加工过的棉短绒浆在食用方面主要用于生产大腊肠、香肠和法兰克福香肠的包装纸。不过，棉短绒的总用量很小。棉纤维也用于冰淇淋和色拉调味酱以增加黏度（NCPA, 1999）。

在中美洲，食品级的棉子粉与玉米粉、园酵母混合，并经过烟酸、核黄素、维生素 A 和铁的加强，提供给那些缺乏蛋白质的一周岁内的孩子。类似产品已进入其他拉丁美洲国家和印度的市场（Franck, 1989; Ensminger *et al.*, 1994）。不过，这种产品易受黄曲霉素的污染，不适于人类消费（FDA, 1998）。另一种棉子粉产品的用途是作为食品着色剂，但要限制其中砷、铅和棉子酚的含量（FDA, 2002）。

## 2. 新品种的主要产品和推荐的分析参数

对人类营养而言，评价棉子油中脂肪酸的组成很重要。棉子油中生育酚的含量也应当进行评价。生育酚（维生素 E）是一种重要的微量营养素和抗氧化剂，可延长棉子油和含有棉子油食品的货架寿命。测定棉子或棉子油中棉子酚和 CPFAs（锦葵酸、苹婆酸和二氢苹婆酸）的含量也很重要。由于其他棉子产品也在一定程度上用作人类食品，因此建议对棉子的进行组分分析。表 11 中列出了新品种的主要产品和推荐的分析参数。

表 11 人类食品中所用棉子基质推荐分析的营养参数和成分参数

参 数	棉子油	棉 子
组分分析 <sup>①</sup>		X
生育酚（维生素 E） <sup>②</sup>	X	X
脂肪酸	X	X
棉子酚（总的以及游离的）	X	X
锦葵酸	X	X
苹婆酸	X	X
二氢苹婆酸	X	X

注：①主要组分包括蛋白质、脂肪、灰分、总食用纤维、碳水化合物（计算的）以及含水量。

②1 个国际单位（IU）的维生素 E 是 1 mg DL- $\alpha$ -生育酚的活性。

## 第五节 饲 用

### 1. 动物消费的主要棉子产品

棉子粕是反刍动物极好的蛋白质来源。它是棉子中对动物价值最高的产品，占棉子总价值的 1/3 以上。由于游离棉子酚的存在，加之限制性氨基酸赖氨酸的含量低以及消化性差、能量消化性低，使得棉子粕的用途受到限制，仅主要作为反刍动物的饲料。不过，近来的研究表明，棉子粕也可用于非反刍动物饲料中，但是其含量必须低于总蛋白含量的 50%（Tanksley, 1990）。用棉子粕作饲料养猪时，需加入高品质蛋白质如豆粕或鱼粉，以获得最佳的结果（Dove, 1997）。也有人建议根据游离棉子酚的含量加入 1:1 的硫酸亚铁。溶剂提取的棉子粕中棉子酚的含量往往较低（<0.05%）（Tanksley, 1990）。棉子榨油效率的提高使得棉子粕产品的价值下降，因为含油量的降低（榨油率提高的结果）意味着棉子粕是一种较差的能量源。对反刍动物来说，组分分析很重要，因为它决定其营养

价值。对非反刍动物而言，除了组分分析之外，氨基酸含量的分析也是很重要的。棉子粕中赖氨酸的含量有限。

全棉子是一种十分重要的奶牛饲料，也是肉牛和羊的次要饲料。全棉子作为浓缩的蛋白质、脂肪和能量源添加到奶牛饲料中，加入量占总饲料的 15%，或使摄入量达到 1.8~3.2 kg/头/天。添加量更高通常会降低饲料的吸收。重要的营养参数包括主要组分、氨基酸和脂肪酸。钙和磷等矿物质也很重要。棉子酚的含量以及一定程度上 CPFAs 的含量限制了奶牛饲料中棉子的添加量。

棉子壳是反刍动物的美食，通常与少量的玉米青贮饲料或干草一起添加。带短绒的棉子壳比脱绒棉子壳要好。对刚断奶的乳牛而言，最初的日粮中首选添加带绒棉子壳。添加棉子壳可提高饲料的手感和口感。

## 2. 新品种的主要产品和推荐的分析参数

通常对动物饲料进行组分分析，包括氮、乙醚提取物、灰分和粗纤维。碳水化合物是指淀粉或不含氮的提取物。不含氮的提取物包括淀粉、糖、一些纤维素、半纤维素和木质素，并用以下方程计算： $100 - CP\% - EE\% - \text{灰分}\% - CF\%$ 。将氮含量乘以 6.25（基于蛋白质中平均氮含量的转换因子）可计算出粗蛋白的含量。脂肪被认为是酸—乙醚—提取物（Ensminger *et al.*, 1990）。对反刍动物和猪而言，传统的粗纤维分析已经过时，现已被中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维的分析所代替。就氨基酸而言，10 种必需氨基酸加上赖氨酸、半胱氨酸、酪氨酸、丝氨酸和脯氨酸是主要的营养素。亚麻酸是棉子粕中十分重要的脂肪酸，而相对脂肪酸谱对棉子油更为重要。

其他矿物质如硒也很重要，其在植物中的含量是土壤中含量的反映。根据膳食平衡的需要，营养学家要向饲料中补充钙、磷、氯化钠、镁、铁、锌、铜、碘和硒等物质。而且，营养学家在猪饲料中补充维生素 A、维生素 D、维生素 E、维生素 K、维生素 B<sub>12</sub>、核黄素、烟酸和泛酸（NRC, 1998），在反刍动物饲料中补充维生素 A、维生素 D、维生素 E、维生素 K（NRC, 2000、2001a）。

考虑棉子和棉子产品中的抗营养成分和天然毒素时，棉子酚、锦葵酸、苹婆酸和二氢苹婆酸对动物饲料比较重要。

考虑饲喂动物的棉子产品时，如果全棉子的含量没有改变，则其营养成分的含量也不会发生改变。因此，建议只对全棉子和棉子粕进行分析（表 12）。不过，就氨基酸和脂肪酸而言，棉子和棉子粕中的含量是相当的。

表 12 动物饲料中所用棉花基质推荐分析的营养参数和成分参数

参 数	棉 子	棉子粕
组分分析 <sup>①</sup>	X	X
氨基酸 <sup>②</sup>	X	
脂肪酸 <sup>③</sup>	X	
钙	X	X
磷	X	X
棉子酚（总的以及游离的）	X	X
苹婆酸	X	X

参 数	棉 子	棉子粕
二氢苧婆酸	X	X
锦葵酸	X	X

注：①主要组分包括蛋白质、脂肪、灰分、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维和含水量。

②见第 22 段，测定的主要氨基酸。

③见第 22 段，测定的主要脂肪酸。

## ◆ 参考文献

- AAFCO (American Feed Control Officials) 2003. Official Publication. AAFCO, P. O. Box 478, Oxford, IN, U. S. A. , page 261.
- Arana, M. , E. DePeters, J. Fadel, J. Pareas, H. Perez - Monti, N. Ohanesian, M. Etchebarne, C. Hamilton, R. Hinders, M. Maloney, C. Old, and T. Riordan. 2000. Comparing Cotton by Products for Dairy Feed Rations. Dairy Business Communications; <http://www.dairybusiness.com/western/Oct00/byproducts3.htm> Bailey, C. A. , R. D. Stipanovic, M. S.
- Bailey, C. A. , R. D. Stipanovic, M. Ziehr, A. U. Haq, M. Sattar, L. F. Kubena, H. L. Kim, and R. D. Vieira. 2000. Cottonseed with a High (+) to (-) Gossypol Enantiomer Ratio Favorable to Broiler Production. USDA, Ag. Res. Ser. , TEKTRAN. <http://www.nal.usda.gov/ttic/tektran/data/0000116667.html>
- Bayer CropScience. 2002. Premarket Biotechnology Notice for the Safety, Compositional and Nutritional Aspects of Glufosinate - Tolerant Cotton Transformation Event LLCotton25. U. S. FDA/CFSAN. BNF 86.
- Berberich, S. A. , J. E. Ream, T. L. Jackson, R. Wood, R. Stipanovic, P. Harvey, S. Patzer and R. Fuchs. 1996. The Composition of Insect - Protected Cottonseed Is Equivalent to that of Conventional Cottonseed. J. Agric. Food Chem. 44 (1): 365 - 371.
- Bourland, F. M. 2002. University of Arkansas Cotton Breeding Program - 2001 Progress Report. Summaries of Arkansas Cotton Research 2001, Arkansas Ag. Exp. Station Report, Research Series 497, page 19.
- Cherry, J. P. and H. R. Leffler. 1984. Seed. Cotton (Koher, R. J. and C. F. Lewis, editors) Agronomy 24: 512.
- Dove, C. R. 1997 Cottonseed Meal for Nursery Pigs. 1997 Annual Report (pp. 224 - 231) UGA. (1 Apr 1998) . [http://www.ads.uga.edu/annrpt/1997/97\\_224.htm](http://www.ads.uga.edu/annrpt/1997/97_224.htm)
- Ensminger, A. K. H. , M. E. Ensminger, J. E. Konlande and J. R. K. Robson. 1994. Foods Nutrition Encyclopaedia, 2nd Edition. Ann Arbor, MI USA.
- Ensminger, M. E. , J. E. Oldfield, and W. W. Heinemann. 1990. Feeds and Nutrition (Second Edition). The Ensminger Publishing Co. , Clovis, CA, USA.
- FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations) 1996. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation on Biotechnology and Food Safety. Rome, Italy, 20 September to 4 October, 1996. FAO, Rome.
- FAO. 2000. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation on Foods Derived from Biotechnology, Geneva, Switzerland, 29 May to 2 June 2000.
- FDA (Food and Drug Administration, U. S. ) . 1998. Import Alert. [http://www.fda.gov/ora/fiars/ora\\_import\\_ia0501.html](http://www.fda.gov/ora/fiars/ora_import_ia0501.html)
- FDA. 2002. Listing of Color Additives Exempt from Certification; Foods; Toasted Partially Defatted



- Cooked Cottonseed Flour. Code of Federal Regulations (U.S.) Title 21: Chapter 1: Part 73: Sec. 73.140.
- Franck, A. W. 1989. Food Uses of Cottonseed Protein. Development in Food Proteins - 5. New York; p 31 - 80.
- Hanson, L. E. 2000. Reduction of Verticillium Wilt Symptoms in Cotton Following Seed Treatment with *Trichoderma virens*. J. Cotton Science 4: 224 - 231.
- Hendricks, J. D., R. O. Sinnhuber, P. M. Loveland, N. E. Pawlowski and J. E. Nixon. 1980. Hepatocarcinogenicity of Glandless Cottonseeds and Cottonseed Oil to Rainbow Trout (*Salmo gairdnerii*). Science 208: 309 - 311.
- Kirk, J. H. and G. E. Higginbotham. 1999 U. Cal., Davis Cooperative Extension Service. [http://www.vetmed.ucdavis.edu/vetext/INF-DADA\\_Gossypol.html](http://www.vetmed.ucdavis.edu/vetext/INF-DADA_Gossypol.html)
- Martin. 1990. Drought Strategies for Dairy Producers; Guidelines For Use of Aflatoxin Containing Feeds in Dairy Rations. Feedstuffs August, 1990.
- Monsanto. 1994. Safety, Compositional and Nutritional Aspects of Bollgard Cotton line 531 Conclusion Based on Studies and Information Evaluated According to FDA's Policy on Foods from New Plant Varieties. U. S. FDA/CFSAN. BNF 13
- Monsanto. 1995. Safety, Compositional and Nutritional Aspects of Bollgard Cotton lines 757 & 1076; Conclusion Based on Studies and Information Evaluated According to FDA's Policy on Foods from New Plant Varieties. U. S. FDA/CFSAN. BNF 13
- Monsanto. 2000. Safety, Compositional, and Nutritional Aspects of Bolegard II Cotton Event 15985. U. S. FDA/CFSAN. BNF 74
- NCPA (National Cottonseed Products Association). 1999. Cottonseed and Its Products. CSIP 10<sup>th</sup>ed. National Cottonseed Products Assoc. Cordova, TN 38187 - 2267 U. S. A. <http://www.cottonseed.com>
- NCPA. 2002. Cottonseed Feed Product Guide. National Cottonseed Products Assoc., Cordova, TN, U. S. A. <http://www.cottonseed.com/publications/feedproductsguide.asp>
- NIH (National Institutes of Health). 2002. Prospective Grant of Exclusive License; Gossypol, Gossypol Acetic Acid and Derivatives Thereof and the Use Thereof for Treating Cancer. U. S. Federal Register (67FR9762d - 9763), Washington D. C.
- NRC (National Research Council). 1982. United States - Canadian Tables of Feed Composition (Third Revision). National Academy Press, Washington D. C., USA.
- NRC. 1989. Nutrient Requirements of Dairy Cattle (Sixth Revised Edition, Update 1989). National Academy Press, Washington D. C., USA.
- NRC. 1994. Nutrient Requirements of Poultry (Ninth Revised Edition). National Academy Press, Washington D. C., USA.
- NRC. 1998. Nutrient Requirements of Swine (Tenth Revised Edition). National Academy Press, Washington D. C., USA.
- NRC. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle (Update 2000). National Academy Press, Washington D. C., USA.
- NRC. 2001a. Nutrient Requirements of Dairy Cattle (Seventh Revised Edition). National Academy Press, Washington D. C., USA.
- NRC. 2001b. Dietary Reference Intakes; Proposed Definition of Dietary Fiber. National Academies Press. Washington D. C., USA.
- OECD (Organisation for Economic Co - Operation and Development). 1993. Safety Evaluation of Foods Derived by Modern Biotechnology; Concepts and Principles. OECD, Paris, France.

- OECD. 1997. Report of the OECD Workshop on Toxicological and Nutritional Testing of Novel Foods. Aussois, France, 5 - 8 March 1997.
- OECD. 2000. Report of the Task Force for the Safety of Novel Foods and Feeds for the G8 Summit (Okina-wa) C (2000) 86/ADD1. OECD, Paris, France.
- Park, D. L. and W. D. Price. 2001. Reduction of Aflatoxin Hazards using Ammonization. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 171: 139 - 175.
- Phelps, R. A. , F. S. Shenstone, A. R. Kemmer and R. J. Evans. 1965. A Review of Cyclopropenoid Compounds; Biological Effects of Some Derivatives. *Poultry Science* 44: 358 - 394.
- Reidenberg, M. 2003. Clinical Pharmacology and Pharmacology of Gossypol, N. Y. Weith Cornell Med. Center. [http://www.nycornell.org/dept/medical\\_pharmacology/highlights.html](http://www.nycornell.org/dept/medical_pharmacology/highlights.html)
- Souci, S. W. , H. Fachmann, and H. Kraut. 1989. Food Composition and Nutrition Tables. Stuttgart; Wiss. Verlagsges.
- Stipanovic, R. D. 1994. Gossypol in Cotton. Biochemistry of Cotton Workshop Proceedings. Cotton Incorporated, 4505 Creedmoor Rd. , Raleigh, NC 27612 U. S. A.
- Sudweeks, E. M. 2002. Feeding Whole Cottonseed to Dairy Cows and Replacements. Texas A&M University, College Station, TX, U. S. A. Publication 13277101 - cottonsd. wp6. <http://animalscience-extension.tamu.edu/publications/13277101cottonsd.wp6.htm>
- TAM (Texas A. and M. University) . 2002. Entomology. Aphid and Stick Cotton Research. Texas A&M Ag. Research and Ext. Center. Vernon, TX. <http://juniper.tamu.edu/Entomology/sticky.htm>
- Tanksley, T. D. Jr. 1990. Cottonseed Meal. Nontraditional Feed Sources for Use in Swine Production (Thacker, P. A. and R. N. Kirkwood, editors) . Butterworths, Stoneham, MA, USA.
- U. Ga. (University of Georgia) . 2002. Cotton Diseases. College of Ag. and Env. Sciences and Warner School of Forest Resources. <http://www.bugwood.org>
- USDA ARS (U. S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service) . 2004. USDA Nutrient Database for Standard Reference, Release 16.1 Nutrient Data Laboratory Home Page. <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp>
- USDA ERS (United States Department of Agriculture, Economic Research Service) . 2002. Cotton Background. USDA/ERS Washington D. C. <http://www.ers.usda.gov/briefing/cotton/background.htm>
- White, P. J. 2000 Fatty Acids in Oilseeds (Vegetable Oils) . Fatty Acids in Foods and their Health Implications (Second Edition edited by Ching Kuang Chow) . Marcel Dekker, Inc. NY, NY, USA.
- WHO (World Health Organization) . 1991. Strategies for Assessing the Safety of Foods Produced by Biotechnology, Report of a Joint FAO/WHO Consultation. WHO, Geneva.
- Wood, R. , L. Rice and D. Stelly. 1994. Studies Designed to Eliminate Cyclopropenoid Fatty Acids in Cottonseed. The Development of a Method for the Rapid Analysis of Cyclopropenoid Fatty Acids. Biochemistry of Cotton Sept. 28 - 30, 1994. Galveston, TX. Cotton Inc. , Raleigh, NC, USA.
- Ziehr, A. U. Haq, M. Sattar, L. F. Kubena, H. L. Kim and R. D. Vieira. 2000. Cottonseed with a High (+) - to - (-) Gossypol Enantimer Ratio Favorable to Broiler Production. USDA/ARS. <http://www.nal.usda.gov/ttic/tektran/data/000011/66/0000116667.html>