



创新 持续 坚韧
为健康世界创造卓越价值

饲料工业指南



卡诺拉菜粕



卡诺拉菜粕

卡诺拉菜粕-饲料工业指南是加拿大卡诺拉油菜理事会一系列出版物中的最新一期。

每隔几年，这本应用指南都会更新，以纳入有关卡诺拉菜粕应用及饲料技术发展的最新研究结果。上一版2015年出版之后，在世界各地不同畜种做了大量的饲养试验，据此对该指南做了相应更新，包括：

- 加拿大境内油脂加工厂连续7年抽样分析和检测结果
- 卡诺拉菜粕粗蛋白瘤胃降解、纤维消化、氨基酸供应及其对产奶量的影响
- 卡诺拉菜粕在猪、禽日粮中的能量和配合比例
- 卡诺拉菜粕在水生动物饲料中的配合比例

本指南以中文、西班牙文和英文出版，其电子版可在加拿大卡诺拉油菜理事会网站
www.canolacouncil.org或Canolamazing.com免费下载。

目录

第一章 基本介绍	02
第二章 营养成分	07
第三章 反刍动物日粮中的价值	12
第四章 猪日粮中的价值	22
第五章 家禽日粮中的价值	32
第六章 水生动物日粮中的价值	41
参考文献	50
致谢	65



基本介绍



营养成分



反刍



猪



禽



水产



参考文献



参考文献



水产



禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍

第一章 基本介绍

卡诺拉油菜是加拿大最重要的农作物之一，也是世界上贸易量仅次于大豆的植物性蛋白。土地肥沃的加拿大西部是卡诺拉油菜的主产区。每年初夏，鲜艳的黄色花朵点缀着乡村，西部草原片片金黄，孕育约2000万吨的油菜籽实。微小的圆形籽粒含有大约44%的油分，压榨浸提后成为世界上最健康的食用油之一---芥花油，所余籽实的固体部分富含蛋白质，加工后成为优质的动物饲料原料 --- 卡诺拉菜粕。

卡诺拉油菜和芥花油的命名是为了区分传统的普通油菜及其菜籽油。卡诺拉油菜是以甘蓝型油菜和芸苔属植物为亲本，采用传统育种技术培育而成的油菜品种，抗营养因子水平低，特别是芥花油中的芥酸含量低(<2%)，菜粕中硫代葡萄糖苷含量低(<30微摩尔/克)。在有些国家，特别是欧洲国家，称卡诺拉油菜为“双零油菜”(低芥酸、低硫代葡萄糖苷)，以表征其籽、油、粕的品质。卡诺拉菜粕中的硫代葡萄糖苷微乎其微，动物适口性非常好。

生产与市场

加拿大卡诺拉油菜的产量稳步增长，目前年产约2000万吨。加拿大油菜行业为应对日益增长的世界需求，预计在2025年整体产能提升到2600万吨。行业目标将通过持续提高产量、建立消费者对卡诺拉油菜的价值认同，以及达成可靠、畅通的贸易关系等策略来实现。如图1所示，过去20年间卡诺拉产量翻了一番，行业目标在2025年单产达到197公斤/亩。

加拿大卡诺拉油菜籽产能的一半供出口，另一半在国内加工(见表1)。大多数国家进口卡诺拉油菜是为了榨油，油是籽实中最有价值的部分，剩余的菜籽粕则成为优质的蛋白质饲料喂养动物。卡诺拉菜粕的来源丰富，贸易量大，多以粉料散装或压粒料的形式供应。

加拿大卡诺拉菜粕的贸易规范列于表2。卡诺拉菜粕和普通菜粕在世界各国都被广泛用于动物饲料，已成为豆

粕以外全球贸易量最大的蛋白质饲料。卡诺拉菜粕和普通菜粕的主产地在加拿大、澳大利亚、中国、欧盟和印度。卡诺拉菜粕在动物饲料中的应用，因市场不同而因地制宜。在加拿大国内，菜粕基本用于奶牛、猪和家禽饲料。直接出口到美国的卡诺拉菜粕基本都用于奶牛饲料。

加拿大卡诺拉油菜籽出口到许多国家，在当地加工后的菜粕用途多样，用于猪、禽和水生动物饲料。

卡诺拉菜粕生产工艺

多数采用溶剂萃取将卡诺拉菜籽中的油和粕分离，称为预榨浸提油工艺，其加工过程通常包括以下步骤(图2):

•籽粒清选

•籽粒预调制和压片

•籽粒熟化

•机械压榨籽粒压片并获取部分油分

•溶剂萃取并获得剩余油分

•脱溶剂并烘焙菜粕

•干燥和冷却菜粕

加拿大境内仅有很少一部分加工厂采用纯压榨工艺，也称双榨工艺。与预榨浸提工艺比较，纯压榨工艺缺少溶剂萃取、脱溶剂、干燥和冷却步骤，因而菜粕中油分较高，可达8-11%。

加工过程对菜粕品质的影响

榨油厂加工条件的改变会对菜粕品质产生正面或负面的影响。加工过程中应设定黑芥子酶失活的最低温度，否则，未灭活的黑芥子酶在动物消化道内将硫代葡萄糖苷分解，形成具有毒性的代谢物(糖苷配基)。加工过程中的热处理也会使菜粕中30-70%的硫代葡萄糖苷降解(Dau and Adolphe,1997)，但过长时间的高温处理会降低菜粕蛋白质的品质。

加拿大境内榨油厂的加工条件十分相似，不同工厂的菜粕品质没有明显差异。小规模的生产和加工可能对温度控制不严，其菜粕品质的变异相对较大。

表1. 加拿大卡诺拉油菜籽/粕产量及国内消费和出口量(× 1000吨)¹

	作物年度	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018
油菜籽总产量	16,410	18,377	19,599	21,328	
出口总量	9,137	10,268	11,052	10,771	
中国	4,032	4,016	3,999	4,319	
日本	2,177	2,179	2,214	2,584	
墨西哥	1,491	1,382	1,565	1,474	
阿联酋	220	587	807	637	
巴基斯坦	515	1,081	932	678	
欧盟	100	434	798	0	
美国	576	368	622	652	
其他国家	26	221	114	427	
国内油菜籽加工	7,360	8,315	9,191	9,269	
国内菜粕用量	571	581	504	606	
菜粕出口总量	3,601	4,097	4,672	4,534	
美国	3,411	3,576	3,604	3,246	
中国	11	320	908	1,248	
其他国家	179	201	160	40	

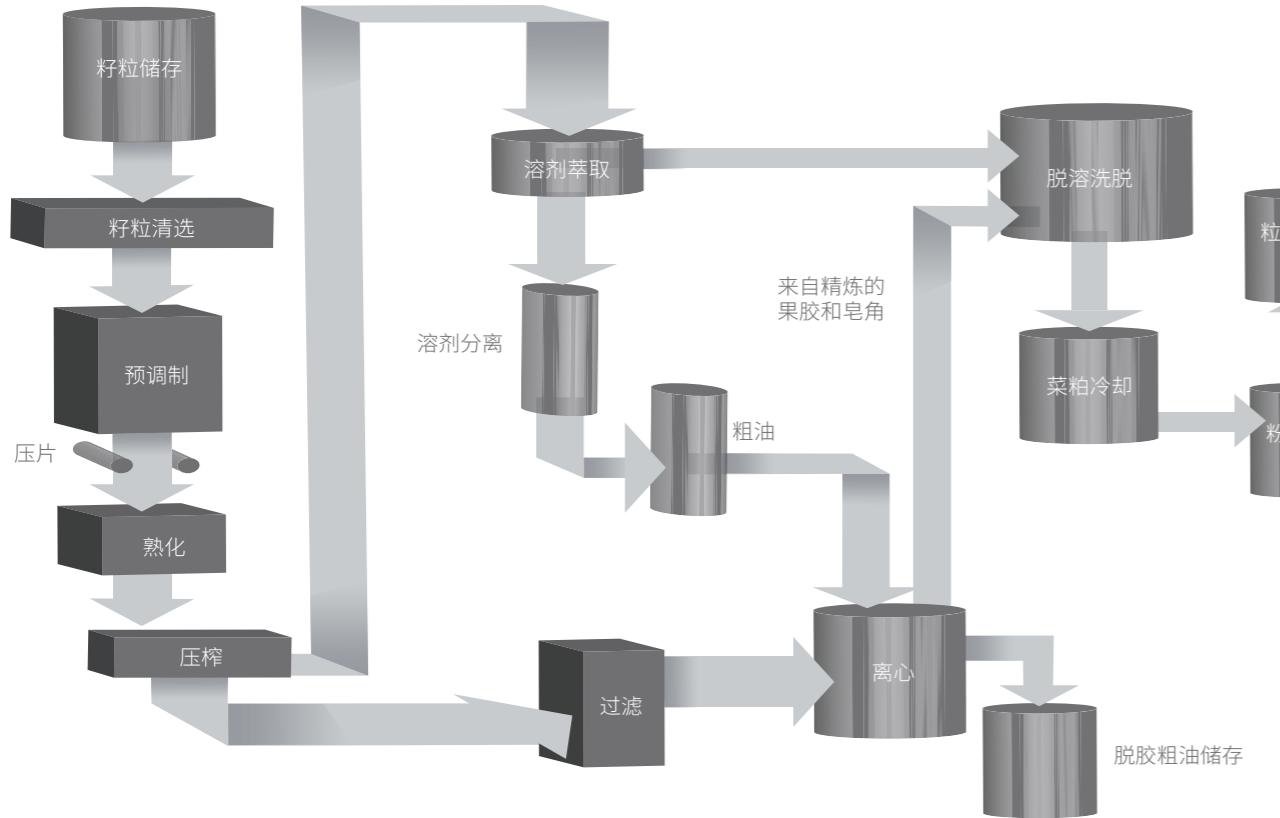
¹加拿大统计局

表 2. 加拿大卡诺拉菜粕贸易规范 (加拿大油籽加工协会制定)¹

指标 (卡诺拉菜粕)	加拿大、美国	出口
粗蛋白, %	≥ 36	-
蛋白质 - 脂肪 (合并), 质量 %	-	≥ 37
脂肪 (预榨浸提), 质量 %	≥ 2	-
脂肪 (纯压榨), 质量 %	≥ 10	-
水分, 质量 %	≤ 12	≤ 12
粗纤维, 质量 %	≤ 12	≤ 12
沙粒或石砾, 质量 %	-	≤ 1

¹加拿大油籽加工协会, 2019

图 2. 预榨浸提工艺示意图



第二章 营养成分

预榨浸提菜粕的营养成分

来源于加拿大的卡诺拉菜粕，是甘蓝型油菜、芸苔属和芥菜属种子经压榨、溶剂萃取后的混合物，绝大部分 (>95%) 是甘蓝型油菜种子预榨浸提的菜粕。与任何其他作物一样，生长期气候条件、收获季节的变化会影响卡诺拉菜粕的养分组成，品种和加工过程也对菜粕养分有些微影响。表1列举了加拿大境内13家加工厂连续7年菜粕样品的测试结果。

表 1. 预榨浸提菜粕的养分组成
(加拿大 13 家加工厂连续 7 年调查检测¹)

养分	水分 12%	干物质基础
水分, %	12	0
粗蛋白 (N*6.25), %	36.9	42.0
过瘤胃蛋白, 蛋白质 % (NRC) ²	43.5	43.5
过瘤胃蛋白, 蛋白质 % (CNCPS) ³	53.0	53.0
醚提取物, %	2.81	3.20
油酸, %	1.74	1.98
亚油酸, %	0.56	0.64
亚麻酸, %	0.24	0.27
粗灰分, %	6.42	7.30
钙, %	0.67	0.76
磷, %	1.03	1.17
总膳食纤维, %	33.6	38.2
酸性洗剂纤维, %	16.3	18.6
中性洗剂纤维, %	25.5	29.0
芥子碱, %	0.88	1.00
植酸, %	2.02	2.30
硫代葡萄糖苷, 微摩尔/克	3.14	3.57

¹ Radfar et al., 2017² Broderick et al, 2016³ Ross, 2014

蛋白质和氨基酸

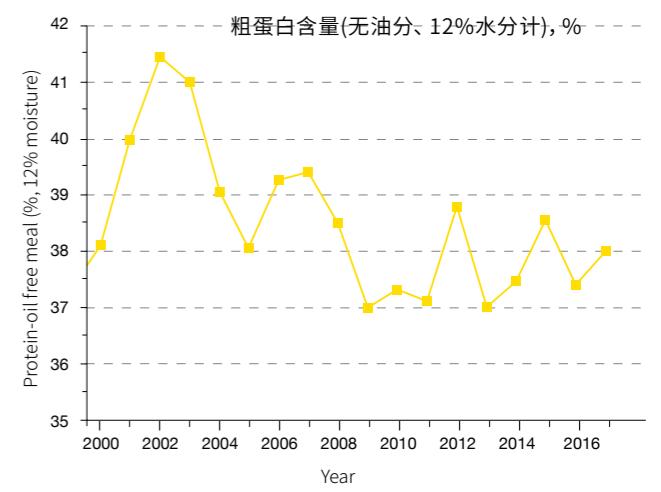
加拿大卡诺拉菜粕粗蛋白的最低保证值为36% (基于12%水分)，实际上粗蛋白介于36%到39%之间 (基于12%水分)。在贸易中，预榨浸提菜粕的粗蛋白最低保证值为36% (基于12%水分)，由于生长条件等原因，最小保证值允许油菜籽组分随年份出现些微变化。图1显示2000--2017年天气和土壤条件对加拿大卡诺拉菜粕粗蛋白含量的影响。如图所示，以无油分、12%水分计，卡诺拉菜粕的粗蛋白含量在37-42%。

卡诺拉菜粕的氨基酸组成非常适合喂养动物。与许多植物性蛋白饲料一样，菜粕中赖氨酸有限，但以蛋氨酸和胱氨酸含量高为人所知，按粗蛋白36%校正后的氨基酸组成可能低于实际值。卡诺拉菜粕中氨基酸含量随蛋白质含量的不同而变化，可以用粗蛋白含量乘以氨基酸占蛋白质的比例来计算(表2)。

脂肪

其他国家出产的卡诺拉菜粕或普通菜粕，其油分含量约1-2%，而加拿大本地卡诺拉菜粕中油分相对较高，达3.2%。加拿大的加工厂，一般采用的工艺是将精炼过程中回收的果胶按1-2%回加到菜粕中，而果胶的主要成分是糖脂、磷脂和不等量的甘油三酯、甾醇、脂肪酸和脂溶性维生素，回加的果胶提升了卡诺拉菜粕的能量。研究证实，即使卡诺拉菜粕中果胶添加高达6%，对肉鸡和蛋鸡的营养价值也无不利影响 (Summers, et al., 1978)。在有关肉牛(Mathison, 1978)、奶牛(Grieve, 1978)和猪(McCuig and Bell, 1981)饲料中，果胶添加量比油脂加工厂回加到菜粕的果胶量更高时，也未对以上肉牛、奶牛和猪

图 1. 2000-2017 年卡诺拉菜粕粗蛋白随作物年度的变化





基本介绍



营养成分



反刍



猪



禽



水产



参考文献



参考文献



水产



禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍

表 2. 卡诺拉菜粕氨基酸的组成
(粗蛋白 36%，水分 12%)^{1,2}

氨基酸	菜粕百分比, %	粗蛋白百分比, %
丙氨酸	1.58	4.38
精氨酸	2.19	6.08
天冬氨酸 + 天冬酰胺	2.49	6.92
谷氨酸 + 谷氨酰胺	6.22	17.28
甘氨酸	1.73	4.81
组氨酸	1.08	3.00
异亮氨酸	1.38	3.84
亮氨酸	2.38	6.60
赖氨酸	2.04	5.66
蛋氨酸	0.69	1.93
蛋氨酸 + 脯氨酸	1.33	3.69
苯丙氨酸	1.34	3.71
脯氨酸	2.49	6.92
丝氨酸	1.32	3.66
苏氨酸	1.43	3.97
色氨酸 ²	0.48	1.33
酪氨酸	0.90	2.51
缬氨酸	1.61	4.46

¹ Radfar et al., 2017² Evonik AminoDat platinum

的生产性能产生负面影响。同样，加拿大油脂加工厂在精炼芥花油过程中，会分离得到一些游离脂肪酸或皂角，约有1-2%的游离脂肪酸会保留在卡诺拉菜粕中。所以，菜粕中的游离脂肪酸和果胶除额外增加能量以外，也有助于减少粉尘。

表3列举了芥花油中脂肪酸的所有成分。从表中的数值看出，饱和脂肪酸只在芥花油中占很小的比例，最多是油酸。卡诺拉菜粕中Ω-6和Ω-3的比例为2: 1，所以芥花油富含Ω-3脂肪酸。有些时候，芥花油也添加在动物日粮中以丰富肉、奶、蛋中脂肪酸的种类和比例 (Gallardo, et al., 2012; Güll, et al., 2012; Chelikani, et al., 2004)。

表 3. 芥花油脂肪酸的组成¹

脂肪酸	脂肪酸的 %
C16:0 棕榈酸	3.8
C16:1 棕榈油酸	0.2
C18:0 硬脂酸	1.9
C18:1 油酸	61.4
C18:2 亚油酸 (omega-6)	20.1
C18:3 亚麻酸 (omega-3)	9.3
C22:1 芥酸	<0.1
总完全饱和脂肪酸	7.0
总单不饱和脂肪酸	64.4
总多不饱和脂肪酸	28.6

¹Zambiazi et al., 2007

碳水化合物和纤维

卡诺拉菜粕中碳水化合物的组成相当复杂(表4)。其纤维大部分为酸性洗剂纤维(ADF)和中性洗剂纤维(NDF)，其NDF比ADF的含量大约高出10%。非纤维成分则为糖类，主要是蔗糖。加工过程中籽粒上的种皮不容易全部除掉，因而卡诺拉菜粕中粗纤维含量高于其他植物性蛋白饲料。

矿物质

卡诺拉菜粕中矿物质的含量，大多数引用了 Bell 和 Keith (1991) 的研究结果，这些结果为他本人后来的调查再次确认 (Bell, et al. 1999)，直至最新的调研报告 (Broderick, et al., 2016; Adewole et al., 2016) 也确认最初关于卡诺拉菜粕中矿物质的含量。结果指出，卡诺拉菜粕较于其他油料饼粕，也是相对优质的矿物质来源 (表 5)，特别是硒和磷。与其他植物源性的磷一样，其中一部分是植酸磷。

维生素

卡诺拉菜粕中维生素的信息有限，一般认为富含胆碱、生物素、叶酸、烟酸、核黄素和硫胺素 (NRC 2012, 表 6)。正如大多数天然来源的饲料原料一样，不应依赖其提供的维生素养分，饲料调制时应配合维生素添加剂。

表 4. 卡诺拉菜粕碳水化合物和膳食纤维的组成^{1,2,3}

	12% 水分	干基
非纤维碳水化合物, %		
单糖 (果糖和葡萄糖), %	1.55	1.76
双糖 (蔗糖), %	5.58	6.34
低聚糖, %	2.23	2.53
淀粉, %	0.43	0.49
纤维碳水化合物, %		
酸性洗剂纤维, %	16.32	18.55
中性洗剂纤维, %	25.51	28.99
总膳食纤维, %	34.53	39.24
非淀粉多糖, %	20.15	22.90
纤维素, %	7.65	8.69
非纤维素多糖, %	12.50	14.21
糖蛋白 (中性洗剂纤维中不溶性粗蛋白), %	4.30	4.89
木质素和多酚, %	8.68	9.86
木质素, %	5.82	6.61

¹ Adewole et al., 2016² Broderick et al., 2016³ Slominski and Rogiewicz, unpublished

抗营养因子

普通菜粕中的抗营养因子主要是硫代葡萄糖苷，限制了其在动物饲料中的添加比例。卡诺拉菜粕源于普通菜粕，但抗营养因子水平很低，也不至于影响动物的生长性能，几乎可饲喂所有畜禽和水生动物。

硫代葡萄糖苷是所有十字花科植物常见的一大类次生代谢产物，虽然对植物自身没有毒性，但其分解产物对动物生长产生不利影响。相较于普通油菜，卡诺拉油菜中硫代葡萄糖苷非常少，这也是植物育种学家改良油菜品质的结果。

卡诺拉油菜籽中的硫代葡萄糖苷主要是脂肪族和吲哚族两类，其中脂肪族硫代葡萄糖苷约占85%，吲哚族硫代葡萄糖苷约占15% (Adewole et al., 2016)。过去7年连续调查的结果显

表 5. 卡诺拉菜粕中的矿物元素^{1,2,3}

	12% 水分	干基
钙, %	0.65	0.74
磷, %	0.99	1.13
植酸磷, %	0.64	0.73
非植酸磷, %	0.35	0.40
钠, %	0.07	0.08
氯, %	0.10	0.11
钾, %	1.13	1.28
硫, %	0.63	0.72
镁, %	0.54	0.61
铜, mg/kg	4.7	5.3
铁, mg/kg	162.0	184.0
锰, mg/kg	58.0	66.0
钼, mg/kg	1.4	1.6
锌, mg/kg	47.0	53.0
硒, mg/kg	1.1	1.3

¹ Adewole et al., 2016² Sauvant et al., 2002³ Dairy One (www.dairyone.com)

表 6. 卡诺拉菜粕中的维生素¹

	12% 水分	干基
生物素, mg/kg	0.95	1.08
胆碱, mg/kg	6,500	7,400
叶酸, mg/kg	0.8	0.9
烟酸, mg/kg	15.6	17.7
泛酸, mg/kg	9.3	10.6
吡哆醇, mg/kg	7.0	8.0
核黄素, mg/kg	5.7	6.5
硫胺素, mg/kg	5.1	5.8
维生素 E, mg/kg	13.0	14.8

¹ NRC, 2012



基本介绍



营养成分



反刍



猪



禽



水产



参考文献



参考文献



水产



禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍

示, 加拿大卡诺拉菜粕硫代葡萄糖苷含量平均3.6微摩尔/克(Slominski and Rogiewicz, unpublished), 与之相比, 普通菜粕硫代葡萄糖苷含量高达120微摩尔/克。

硫代葡萄糖苷对动物的影响在分子水平, 鉴于脂肪族硫代葡萄糖苷侧链不同, 其分子量大小也不同, 因而表达硫代葡萄糖苷含量以分子为基础的微摩尔比重量(mg/kg)更为精确。

近年来, 卡诺拉油菜的选择培育使得油菜籽中硫代葡萄糖苷一直呈下降趋势。就过去10年, 菜籽压榨前硫代葡萄糖苷的平均值约10微摩尔/克, 在菜粕中浓缩、加工过程中再度降低至3.6微摩尔/克左右。

卡诺拉菜粕中丹宁的含量为1.5-3.0%, 褐粒品种的单宁含量高于黄粒品种。卡诺拉菜粕中的单宁主要是与种皮相关的不溶性物质, 似乎不像其他植物性饲料而影响其适口性和蛋白质消化率(Khajali and Slominski, 2012)。

卡诺拉菜粕中芥子碱含量约为1%。Qiao and Classen (2003)的研究显示, 芥子碱有苦味, 但卡诺拉菜粕中芥子碱的含量水平不足以影响采食量和生长速度。芥子碱是一种芥子酸胆碱脂, 会导致一些褐壳蛋鸡品系生产具有鱼腥味的鸡蛋(Khajali and Slominski, 2012), 近年在多数褐壳蛋鸡品系选育方面已经克服了芥子碱的不利影响。

纯压榨菜粕的营养成分

为区分溶剂萃取和纯压榨所得的菜粕, 产生了一些可交替使用的术语, 比如预榨浸提菜粕、纯压榨菜粕和压饼。

目前, 加拿大仅有少量的油菜籽采用纯压榨工艺制油。小型加工厂和生物柴油相关的企业基本采用纯压榨工艺, 而不是溶剂萃取; 纯压榨工艺只借助机械压力, 因而所产菜粕的油分比标准溶剂萃取法所得菜粕的油分高出许多。

纯压榨菜粕的油分含量在8-12%, 能值也高, 其他养分与预榨浸提菜粕的价值相当。表7列出了纯压榨菜粕的营养成分, 鉴于油分含量的变异, 校准纯压榨菜粕的能量非常必要。与预榨浸提菜粕比较, 纯压榨菜粕中油分含量高, 但也稀释了其他营养成分。

卡诺拉油菜籽的营养成分

卡诺拉油菜籽的关键营养指标列于表8, 这些数据源自近年来发表的研究文献(Assadi, et al., 2011; Leterme, et al., 2008)。卡诺拉油菜籽的营养价值也能通过油和粕的成分换算而得, 因为籽实的56%为粕而44%为油。能量的估算例外, 因为粕和油

的能值相加并不能可靠地估计油菜籽的能量。以猪和禽为例, 油菜籽的能量要小于油及菜粕能量的加和, 很可能是由于油菜籽并未经过与油和粕同等程度的处理, 因而也不能像油和粕那样被动物很好地消化, 微粉、膨胀或膨化及热处理油菜籽, 可提高油菜籽的能量消化率。

表 7. 纯压榨菜粕的营养成分^{1,2}

	12% 水分	干基
水分(实测), %	4.02	0
粗蛋白(N×6.25), %	34.28	38.95
过瘤胃蛋白, % 粗蛋白(NRC) ²	48.5	48.5
过瘤胃蛋白, % 粗蛋白(CNCPS) ³	59.1	59.1
醚提取物, %	10.96	12.44
油酸, %	6.85	7.75
亚油酸, %	2.20	2.50
亚麻酸, %	0.91	1.03
灰分, %	6.96	7.90
钙, %	0.62	0.71
磷, %	0.96	1.09
总膳食纤维, %	37.07	42.12
酸性洗剂纤维, %	16.72	19.00
中性洗剂纤维, %	26.83	30.49
硫代葡萄糖苷, 微摩尔/克	8.85	10.06
蛋氨酸, % 粗蛋白	1.93	1.93
赖氨酸, % 粗蛋白	5.93	5.93
苏氨酸, % 粗蛋白	3.69	3.69

¹ Adewole et al., 2016

² Broderick et al., 2016

³ Ross, 2014

表 8. 卡诺拉油菜籽的营养成分(水分 12%)

组成	饲料百科 2018	NRC2001	Assadi 等, 2011	Montoya 和 Leterme, 2008
水分, %	6.8	10.1	5.0	5.7
粗蛋白(N×6.25), %	18.4	18.0	20.0	20.7
醚抽提物, %	40.5	35.6	43.8	38.6
亚油酸, %	8.3	7.3	8.5	7.9
亚麻酸, %	4.1	3.4	4.2	3.9
粗灰分, %	3.8	4.0	3.7	4.1
粗纤维, %	8.9	-	-	-
酸性洗剂纤维, %	12.7	9.7	-	-
中性洗剂纤维, %	17.9	15.7	16.6	12.9
钙, %	0.43	0.38	-	-
磷, %	0.64	0.60	-	-

Feedipedia, 2018 (www.feedipedia.com) / NRC, 2001 / Assadi et al., 2011 / Montoya and Leterme, 2008



基本介绍



营养成分



反刍



猪



禽



水产



参考文献



参考文献



水产



禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍



第三章 牛 卡诺拉菜粕 在反刍动物 日粮中的价值

卡诺拉菜粕广泛用于奶牛和肉牛饲料，其高品质的蛋白质满足奶牛的生长发育和产奶需要，是奶牛、肉牛以及小反刍动物的优质饲料。

适口性

对于反刍动物，饲养试验已反复证实卡诺拉菜粕是适口性很好的植物性蛋白饲料。Ravichandran et al. (2008) 评估卡诺拉与普通菜粕不同水平硫代葡萄糖苷对5月龄犊牛采食量的影响，犊牛饲喂硫代葡萄糖苷含量小于20微摩尔/克的卡诺拉菜粕，其采食量基本与对照组未饲喂卡诺拉菜粕的采食量相当，分别为1.10公斤和1.08公斤；犊牛饲喂硫代葡萄糖苷含量高的普通菜粕(>100 微摩尔/克)，采食量仅0.76公斤。另外一项饲养试验观察犊牛对菜粕型和豆粕型日粮的采食行为和采食量 (Hadam et al., 2015)，结果证实，从断奶过渡为固体饲料期间，犊牛采食行为和采食量没有差别，但犊牛在1-35天菜粕型日粮的采食量低于豆粕型日粮，分别为269克和315克。

卡诺拉菜粕对肉牛的适口性也非常好。在最近的一项研究中，Nair 等 (2015) 在肉牛育肥前期，用卡诺拉菜粕替代精料中的大麦，分别替代日粮中15%或30%的大麦(干物质计)，肉牛的采食量明显增加。Nair 等 (2015) 在后续的育肥期研究中，精料配比卡诺拉菜粕10%或20%(干物质计)，肉牛采食量明显得到改善。肉牛育肥前期对10%卡诺拉菜粕型精料的采食量明显高于玉米酒糟或小麦酒糟(Li et al., 2013)，在肉牛生长育肥期，卡诺拉菜粕取代大麦且达精料干物质的30%，采食量并未受到影响(He et al., 2013)。无论预榨浸提菜粕还是纯压榨菜粕，肉牛采食量试验结果相同。

最近的研究揭示，卡诺拉菜粕替代奶牛日粮中的豆粕或酒糟，奶牛采食量增加或维持不变。11.7%的卡诺拉菜粕替代8.7%的豆粕，奶牛的干物质采食量增加了0.5公斤/天(Broderick and Faciola, 2014)；以20.8%的卡诺拉菜粕替代13.7%的豆粕，奶牛的干物质采食量分别为23.6和24.0公斤/天(Maxin et al., 2013a)；高产奶牛日粮中干物质高达20%的卡诺拉菜粕替代酒糟，奶牛的干物质摄入量并没有下降(Swanepoel et al., 2014)。

能量

与多数浓缩成分一样，卡诺拉菜粕也是很好的能量来源，为微生物生长供应养分，并支持动物生长和生产。过去，卡诺拉菜粕的能量价值被低估(NRC, 2001; NRC 2015)，并且在许多出版物中仍然存在误差，许多配方系统仍以木质素抵扣植物细胞壁的消化率。例如，NRC (2001) 估计的无效中性洗剂纤维接近65%，有效中性洗剂纤维35%，根据通过率推算实际消化的量甚至更低。

Cotanch et al. (2014) 建立了新的检测模型，卡诺拉菜粕在瘤胃消化120小时，无效中性洗剂纤维只有32%，因此，潜在的可消化细胞壁约68%。当然，细胞壁在完全消化结束之前就已通过瘤胃，实际消化率可能会低一些。Paula et al. (2017b) 连续4年收集加拿大12个卡诺拉油菜加工厂的菜粕样品，经瘤胃消化288小时，菜粕中性洗剂纤维瘤胃消化率为80.2%，估计维持摄入量3倍时的实际瘤胃消化率为60.2%。这些结果印证了早期的一些研究，泌乳奶牛可以消化大约一半的中性洗剂纤维(Mustafa et al., 1996, 1997)，绵羊(Hentz et al., 2012) 和肉牛(Patterson et al., 1999a) 对卡诺拉菜粕中性洗剂纤维的消化率更高。

肉牛育肥试验表明，预榨浸提菜粕用于维持和增重的净能与大麦相当(Nair et al., 2015)。以干物质计，维持育肥牛日粮净能，卡诺拉菜粕可以替代精料中15%和30%的大麦。Christen 等(2010) 比较了解酒糟、高蛋白酒糟、豆粕和卡诺拉菜粕四种植物性蛋白饲料对奶牛泌乳期能量校正奶产量和体况评分的影响，结果没有差异；Swanepoel 等(2014) 的研究指出，替代玉米酒糟的卡诺拉菜粕高达20%，同样没有看到对干物质采食量和体况评分的影响。日粮中卡诺拉菜粕比例较高的奶牛，其牛奶的能值也高，表明卡诺拉菜粕的能量至少与高蛋白酒糟的能量相当。基于最近的研究，表1归纳了卡诺拉菜粕的能值。

蛋白质和氨基酸

对于反刍动物，卡诺拉菜粕一直被珍视为有价值的植物性蛋白饲料，与其他植物性蛋白饲料比较，卡诺拉菜粕的氨基酸成分更接近动物维持和产奶需要(Schingoethe, 1991)。依据2011-

表 1. 卡诺拉菜粕的能值(干基)

	加工工艺	
	预榨浸提菜粕	纯压榨菜粕
可消化养分(TDN), %	68.2	74.6
消化能(DE), Mcal/kg	3.20	3.61
代谢能(ME) Mcal/kg	2.69	2.96
泌乳净能(NE-L 3X), Mcal/kg	1.71	1.93
维持净能(NE-M), Mcal/kg	1.84	2.01
增重净能(NE-G), Mcal/kg	1.20	1.36



基本介绍



营养成分



反刍



猪



禽



水产



参考文献



参考文献



水产



禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍

2014年的调研结果，将卡诺拉菜粕过瘤胃蛋白的氨基酸组分列于表2，测定方法和步骤参见文献 (Ross et al., 2013)。结果表明，卡诺拉菜粕提供大量的蛋氨酸，而蛋氨酸通常是动物生产的第一限制性氨基酸。

过瘤胃蛋白

许多饲料数据库不知不觉地设定了原料的过瘤胃蛋白和瘤胃可降解蛋白，其实这些值并不正确，直到最近才慢慢地予以纠正。过去认为，可溶性蛋白质在瘤胃中大量被降解，事实上可溶性蛋白在瘤胃的降解度变异很大。

最近的研究表明，来自饲料原料的一部分可溶性蛋白质仍未降解，并且未降解的数量随蛋白质来源而变化。对于卡诺拉菜粕，未降解的可溶性部分占比很高。卡诺拉油菜籽两种主要种子贮藏蛋白是napin蛋白和cruciferin蛋白，虽然napin蛋白分子量小且可溶，但显然不易降解 (Perera et al., 2016)。

Hedqvist 和 Udén (2006) 最先发现，有些植物性蛋白质的可溶性组分在瘤胃并未被降解。此后，其他科研机构的学者也佐证这一发现 (Bach et al., 2008; Stefanski et al., 2013; Ross et al., 2013)。卡诺拉和普通菜粕可溶性蛋白的降解程度平均

表2. 卡诺拉菜粕的必需氨基酸组成和过瘤胃蛋白 (康奈尔大学)¹

	% 干物质		% 粗蛋白	
	过瘤胃蛋白	卡诺拉菜粕	过瘤胃蛋白	卡诺拉菜粕
精氨酸	2.23	2.17	6.19	6.03
组氨酸	0.91	0.92	2.53	2.56
异亮氨酸	1.28	1.24	3.56	3.44
亮氨酸	2.68	2.52	7.44	7.00
赖氨酸	1.76	1.84	4.89	5.11
蛋氨酸	1.55	1.27	4.31	3.53
苯丙氨酸	1.49	1.44	4.14	4.00
苏氨酸	1.51	1.47	4.19	4.09
色氨酸	0.51	0.48	1.42	1.33
缬氨酸	1.54	1.44	4.28	4.00

¹Ross 2015

仅为总量的40%，未降解的可溶性部分对过瘤胃蛋白成分的贡献列于表3。

卡诺拉菜粕过瘤胃蛋白成分更多地取决于测定方法。以前的半体内尼龙袋法，部分有效蛋白 (表3) 被损失，细小颗粒也被洗脱 (Maxin et al., 2013b)，并没有计入可溶性蛋白组分。新近建立的模型和评估方法校准了过瘤胃蛋白，蛋白质瘤胃代谢的

表3. 卡诺拉和普通菜粕可溶性蛋白降解率

文献	降解蛋白 / 可溶性蛋白	过瘤胃蛋白 / 可溶性蛋白
Bach et al., 2008	37%	63%
Hedqvist and Uden, 2006	44%	56%
Stefanski et al., 2013	43%	57%

最新见解，支持配方系统配置较低浓度的蛋白质日粮；基于氨基酸平衡配制反刍动物日粮，卡诺拉菜粕显示了在动物生长和产奶方面的优势。

与卡诺拉菜粕饲喂价值紧密相关的是与其他蛋白质，特别是豆粕之间过瘤胃蛋白的比较。表4列出了近期关于预榨浸提菜粕与豆粕过瘤胃蛋白的比例，每个来源代表略有不同的分析方法。

总体而言，卡诺拉菜粕过瘤胃蛋白占粗蛋白的比例都比豆粕高，过瘤胃蛋白和粗蛋白之间的关系可用于校正配方系统中菜粕和豆粕的价值，使得两种蛋白质原料的营养价值更为精确，配方更为精准。

瘤胃微生物蛋白

一些报告提供了卡诺拉菜粕型日粮瘤胃微生物蛋白合成的研究结果，Brito等(2007) 和 Paula 等(2018) 都测定过养分在皱胃的流量，卡诺拉菜粕取代豆粕作为蛋白质来源，微生物蛋白产量没有差异。在双回流发酵试验中，Paula 等(2017a) 测定卡诺拉菜粕和豆粕的微生物蛋白产量，两者同样没有差异。

表4. 卡诺拉菜粕和豆粕过瘤胃蛋白 (几种测试方法所得结果)

参考文献	卡诺拉菜粕	豆粕	卡诺拉菜粕 / 豆粕
Broderick et al., 2016	46.3	30.5	1.51
Ross et al., 2015	53.2	45.2	1.18
Jayasinghe et al., 2014	42.8	31.0	1.38
Maxin et al., 2013b	52.5	41.5	1.27
Tylutki et al., 2008	41.8	38.3	1.09
Hedqvist and Uden, 2006	56.3	27.0	2.07

¹卡诺拉菜粕测定结果来自27个样本

Krizsan 等 (2017) 指出，增加热处理卡诺拉菜粕的浓度会产生更多的过瘤胃蛋白和更少的瘤胃微生物蛋白。然而，热处理的卡诺拉菜粕代替日粮中的大麦，改变了支持微生物生长所需的可用淀粉。

瘤胃脂肪酸

瘤胃中的不饱和脂肪酸有可能积聚生物氢化中间体，这些中间体可干扰乳脂合成，并抑制微生物生长。然而，并非所有不饱和脂肪酸的效果都相同。如第二章所述，预榨浸提菜粕的油分约3.5%，这种高度不饱和脂肪酸主要由单不饱和脂肪酸--油酸(C18:1)组成，油酸不大可能产生抑制乳脂合成的脂肪酸中间体。

He 和 Armentano (2011) 在奶牛泌乳期日粮大量添加了不同脂肪酸组成的植物油(占干物质5%)，添加油酸(C18:1)和亚麻酸(C18:3)的乳脂量从1.14公斤/头/天下降到1.02公斤/头/天，但亚油酸(C18:2)的降低到0.86千克/头/天；在后续研究中添加高浓度的油脂以观察其抑制乳脂合成的作用，He 等 (2012) 证实C18:2抑制乳脂合成比C18:1更有效。Stoffel 等(2015)为奶牛提供了几种脂肪酸组成不同的日粮，并且脂肪来源和添加量与生产实际相符，发现脂肪来源和添加量对乳脂率和乳脂量的影响显著不同，亚油酸(C18:2)为主要脂肪来源的乳脂量为1.44公斤/头/天，而亚油酸(C18:2)主要脂肪来源的乳脂量为1.31公斤/头/天，对照组低脂肪日粮的乳脂量为1.41公斤/头/天。

矿物质和维生素

本指南第二章已介绍了卡诺拉菜粕中矿物质和维生素养分，有些关键点还是值得强调。

磷

卡诺拉菜粕富含磷，其中大部分为植酸磷。因为瘤胃中存在细菌植酸酶，可快速降解植酸盐，所以菜粕中的植酸磷可被反刍动物利用 (Spears, 2003)。

事实上，反刍动物对植酸磷的利用效率比非植酸磷更高。Garikipati (2004) 为奶牛配制日粮设定磷一半来自植酸磷，测得总磷的消化率为49%，而植酸磷的消化率为79%，其中大约一半的磷是植酸盐。Skrivanova 等 (2004) 同样发现10周龄小牛对磷的消化率为72%，即97%的植酸磷可被小牛消化利用。

碘

长期以来，碘一直被当做矿物质添加在饲料中，用以对抗许多引起肢蹄病和乳房炎的传染性微生物，奶牛日粮添加碘通常会导致牛奶中碘的浓度上升，人们考察牛奶营养成分时也会关注牛奶中碘的浓度。十字花科植物如卡诺拉和普通油菜籽中硫代葡萄糖苷的存在，降低了甲状腺和乳腺对碘的吸收(Flackowsky et al., 2014)。

尽管硫代葡萄糖苷在现今卡诺拉菜粕或双低菜粕中含量已经很低，一些研究表明，即使奶牛采食大量的低硫代葡萄糖苷，牛奶中碘浓度会降低 (Vesely et al., 2009; Troan et al., 2018)。Troan 等 (2018) 给奶牛饲喂四种日粮，纯压榨普通菜粕的添加量分别为0%, 6%, 14% 和20%，普通菜粕含硫代葡萄糖苷1.07μmol/g；结果确定，碘从四种日粮转移到牛奶中的比例分别为25%，19%，13%和10%。Weiss 等 (2015) 的研究证实，奶牛采食13.9%卡诺拉菜粕的日粮，奶中碘浓度为2.0 μg/L，奶中碘浓度与添加碘0.5 mg/kg的无菜粕日粮基本相当；菜粕日粮会导致血清碘浓度的大幅上升(表5)，即使奶牛日粮中碘的添加量较大，也不会导致牛奶中碘浓度超标。

阴离子与阳离子

日粮阴离子(氯和硫)和阳离子(钠和钾)的差异可以用公式计算，阴阳离子等量时，日粮为中性。

对于奶牛，期望干奶期过量的阴离子利于降低产犊时乳热的发生率，泌乳期开始后，血钙的消耗陡然增加，必须增加钙吸收

表5. 卡诺拉菜粕对奶牛血清及牛奶碘浓度的影响 ($\mu\text{g/L}$)¹

奶牛日粮碘的浓度(干基), mg/kg						
	0.5		2.0			
卡诺拉菜粕, % 干物质	0	3.9	13.9	0	3.9	13.9
血清碘浓度, $\mu\text{g/L}$	99	142	148	175	251	320
牛奶碘浓度, $\mu\text{g/L}$	358	289	169	733	524	408

¹ Weiss et al., 2015

和动员骨骼钙以补充钙的消耗。日粮阴阳离子差为负值时,有助于骨骼钙的释放,以维持正常的血钙水平。

阴离子盐通常可以添加到奶牛日粮,但有时会降低饲料的适口性和干物质摄入量。饲料中阴阳离子都来源于饲料原料及矿物质添加剂,日粮中添加大量阳离子的成分,也会增加对阴离子盐的需要。正确选择饲料原料有利于获得阴阳离子平衡的日粮,减少对阴离子盐的需要,节省饲料成本。卡诺拉菜粕的阴阳离子差为负(表6),有助于减少反刍动物日粮阴离子盐的添加量。

卡诺拉菜粕喂养泌乳期奶牛

饲养试验荟萃分析

自2011年以来已有4个荟萃分析,比较了卡诺拉菜粕和其他植物性蛋白饲料的过瘤胃蛋白和氨基酸组成,及其对奶牛泌乳期

生产性能的影响。这些研究都确认,卡诺拉菜粕过瘤胃蛋白及氨基酸组成更接近牛奶生产的需要。Huhtanen 等 (2011) 总结了122个试验,这些试验都以豆粕或卡诺拉菜粕为植物蛋白替代谷物或牧草,结果显示:卡诺拉菜粕粗蛋白摄入量每增加1公斤,产奶量增加3.4公斤,而豆粕粗蛋白摄入量每增加1公斤,产奶量增加2.1公斤。研究人员得出结论,与豆粕相比,卡诺拉菜粕的价值通常被低估了。

Martineau 等 (2013) 采用稍微不同的数据标准,选择了49个研究报告,用卡诺拉菜粕替代其他植物性蛋白饲料,并维持卡诺拉菜粕在日粮中供应等量的粗蛋白,即卡诺拉菜粕摄入量2.3公斤/天,奶牛日产奶量平均增加1.4公斤。Martineau 等 (2014) 评估了奶牛日粮蛋白质来源与血浆氨基酸的响应,当奶牛日粮蛋白质来源于卡诺拉菜粕时,牛奶必需氨基酸成分增加,同时牛奶尿素氮降低。这些差异的确反映了卡诺拉菜粕氨基酸组成的重要性,因为它涉及泌乳奶牛的营养需要。

表6. 常见饲料原料粗阴阳离子差(干基)¹

饲料原料	钾	钠	氯	硫	阴阳离子差, mEq/kg
带皮玉米	107	9	-23	-63	31
玉米酒糟	281	130	-28	-275	109
豆粕	775	13	-155	-244	389
卡诺拉菜粕	361	30	-11	-456	-76
苜蓿草	775	13	-155	-188	445
青贮玉米	307	4	-82	-88	142
青贮牧草	795	22	-181	-131	505
青贮大麦	621	57	-203	-106	369

¹ Erdman and Iwaniuk, 2017

表7. 预榨浸提卡诺拉菜粕与其他植物性蛋白对泌乳期奶牛产奶量的影响(公斤/天)

卡诺拉菜粕	其他植物性蛋白	差异	文献
41.1	豆粕	+1.1	Brito and Broderick, 2007
31.7	31.7	0	Christen et al., 2010
40.7	39.7	+1.0	Broderick et al., 2012
37.3	36.4	+0.9	Faciola and Broderick., 2013
30.9	31.9	-1.0	Maxin et al., 2013
38.8	38.2	+0.6	Broderick and Faciola, 2014
39.5	38.5	+1.0	Broderick et al., 2015
30.2	29.5	+0.7	Gidlund et al., 2015
39.4	37.6	+1.8	Weiss et al., 2015
40.3	39.4	+0.9	Paula et al., 2015
55.7	51.2	+4.5	Moore and Kalscheur, 2016
46.0	43.7	+2.3	Galindo et al., 2017
44.1	42.9	+1.2	Paula et al., 2018
22.3	棉籽粕		
28.0	21.8	+0.5	White et al., 2000
41.1	27.0	+1.0	Maesoomi et al., 2006
35.2	40.5	+0.6	Brito and Broderick, 2007
31.7	玉米酒糟		
30.9	34.3	+0.9	Mulrooney et al., 2009
47.9	31.2	+0.5	Christen et al., 2010
34.9	32.2	-1.3	Maxin et al., 2013a
26.7	44.9	+3.0	Swanepoel et al., 2014
27.0	35.5	-0.6	Acharya et al., 2015
45.0	小麦酒糟		
30.9	45.0	0	Chibisa et al., 2012
43.4	30.8	+0.1	Maxin et al., 2013a
40.4	42.4	+1.0	Mutsvanga et al., 2016
26.7	40.2	+0.2	Abeysekara and Mutsvanga, 2016
27.0	葵花粕		
27.0	25.1	+1.6	Vincent et al., 1990
23.4	26.7	+0.3	Beauchemin et al., 2009
27.0	亚麻		
23.4	26.8	0.2	Beauchemin et al., 2009
27.0	啤酒糟		
23.4	22.3	+1.1	Moate et al., 2011
47.1	普通菜粕		
45.0	45.0	+2.1	Hristov et al., 2011



基本介绍



营养成分



反刍



猪



禽



水产



参考文献



参考文献



水产



禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍

为反映最新的研究进展, Martineau 等(2019)又做了一次荟萃分析, 以比较植物性蛋白饲料的饲养试验结果。入选的研究报告仅限于卡诺拉菜粕与另一种植物性蛋白饲料完全或部分的比较, 一些研究表明, 奶牛日粮中卡诺拉菜粕与其他植物蛋白饲料混合饲喂可提高非卡诺拉饲料蛋白的价值, 但不清楚非卡诺拉饲料蛋白是否能提高卡诺拉饲料蛋白的价值; 进一步说明, 其他植物性饲料蛋白与卡诺拉菜粕混合饲喂, 不会改善奶牛的产奶性能; 卡诺拉菜粕作为奶牛单一植物性蛋白饲料, 即使饲喂量高达干物质采食量的19%, 奶牛也不会损失产奶量, 对干物质采食量也没有影响 (图1)。

图1. 增加卡诺拉菜粕摄入量不影响干物质采食量

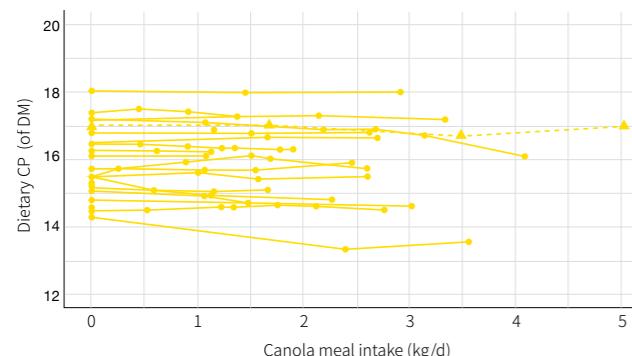


表 8. 卡诺拉菜粕在中国牧场示范试验结果¹

牧场	内容	产奶量变化升/天
牧场 1	泌乳期奶牛 352 头, 交叉试验, 卡诺拉菜粕替代豆粕, 卡诺拉菜粕摄入量 1.7 公斤 / 头 / 天	-0.2
牧场 2	泌乳期奶牛 320 头, 交叉试验, 卡诺拉菜粕替代豆粕, 卡诺拉菜粕摄入量 0.7 公斤 / 头 / 天	+0.3
牧场 3	泌乳期奶牛 325 头, 交叉试验, 卡诺拉菜粕替代豆粕, 卡诺拉菜粕摄入量 1.0 公斤 / 头 / 天	+0.6
牧场 4	泌乳期奶牛 1,700 头, 依据产奶量平衡日粮并持续 80 天, 卡诺拉菜粕替代豆粕, 卡诺拉菜粕摄入量 2.4 公斤 / 天	+1.0
牧场 5	泌乳期奶牛 330 头, 依据产奶量平衡日粮, 卡诺拉菜粕替代豆粕和棉籽粕, 卡诺拉菜粕摄入量 1.7 公斤 / 头 / 天	+1.2

¹各试验乳成分没有差异 (Wang, 2013)

预榨浸提菜粕喂养奶牛

饲养试验

依据历史文献, 表7归纳了卡诺拉菜粕与其他常见植物性蛋白一对一饲养试验的结果。数据指出, 卡诺拉菜粕喂养泌乳期奶牛, 其产奶性能往往优于其他植物性蛋白, 起码不比其他植物性蛋白差。

中国的奶牛饲养试验

中国乳业一直在稳步增长, 随之而来的是对可靠蛋白质饲料的需求。为满足中国乳业对蛋白质饲料的需求, 加拿大卡诺拉油菜理事会在2011年支持中国境内几个大型牧场展开示范试验, 这些牧场都有良好的质量体系和管理规范, 日平均产奶量35升, 只有1个牧场日产奶量25升, 与北美试验牧场的生产水平基本相当。各牧场的试验结果见表8, 卡诺拉菜粕替代奶牛泌乳期日粮中其他成本高的植物性蛋白, 即使卡诺拉菜粕的添加比例较低, 奶牛仍然保持其产奶水平或增加产奶量。

纯压榨菜粕饲养试验

正如所预期的那样, 纯压榨菜粕的营养价值与预榨浸提菜粕相当, 只是油分含量高, 能值也高, 由于加工方法不同, 可能过瘤胃蛋白也多。Theodoridou 和 Yu (2013) 采用分子光谱法确定了热处理对纯压榨菜粕蛋白质的影响, 与预榨浸提菜粕比较, 热处理更大程度上改变了纯压榨菜粕的蛋白质, 其中过瘤胃蛋白也多一些。Heim 和 Krebs (2018) 确定, 湿热处理纯压榨菜粕的过瘤胃蛋白比冷榨菜粕更多, 且随湿热压力的处理时长线性增加。

鉴于纯压榨菜粕的量少且多用于非反刍动物饲料, 这方面的研究较少, 但与预榨浸提菜粕比较, 过瘤胃蛋白更多, 更适合于喂牛。表9归纳和比较了预榨浸提菜粕、纯压榨菜粕和热处理菜粕对奶牛产奶量的影响, 其中纯压榨菜粕饲养试验是在萨斯喀彻温大学完成的 (Beaulieu et al., 1990; Jones et al., 2001), 最近的研究在宾夕法尼亚州立大学完成 (Hristov et al, 2011)。结果表明, 纯压榨菜粕饲喂泌乳期奶牛, 产奶量与预榨浸提菜粕相当, 甚至比预榨浸提菜粕更高。

纯压榨菜粕比其他植物性蛋白饲料更有优势, 其油分较高, 可以改善乳脂的脂肪酸组成。Johansson 和 Nadeau (2006) 用纯压榨菜粕取代奶牛泌乳期有机日粮中的蛋白质精料, 观察到产奶量由35.4公斤/天增加到38.4公斤/天, 棕榈酸(C16:0)含量由30.3%降低到21.9%, 油酸(C18:1)由15.7%增加到20.9%。Jones 等 (2001) 用纯压榨菜粕饲喂奶牛, 也观察到牛奶脂肪酸组成的变化。类似研究证实, 纯压榨菜粕替代奶牛日粮中其他蛋白质饲料, 牛奶的饱和脂肪酸含量下降, 油酸(C18:1)含量增加。这些结果表明, 纯压榨菜粕中的脂肪对瘤胃生物氢化有一定的抵抗能力, 因此, 一部分脂肪在小肠直接吸收。

虽然评估纯压榨卡诺拉菜粕饲养效果的研究较少, 但在欧洲已经完成了许多应用双低菜粕的试验。Rinne 等 (2015) 比较了纯压榨豆粕、纯压榨双低菜粕对奶牛产奶性能的影响, 采用增量方式添加于三叶草青贮饲料, 随纯压榨菜粕添加量增加, 能量校正奶大幅增加。Gidlund 等(2017) 确定在泌乳期奶牛日粮中添加纯压榨双低菜粕, 甲烷排放减少。另一项研究, Puhakka 等(2016) 用纯压榨双低菜粕取代日粮中的蚕豆, 观察到采食量下降, 产奶量降低。

卡诺拉菜籽和芥花油喂养奶牛

一般而言, 奶牛日粮中很少应用油菜籽和芥花油。过去, 人们一直对过瘤胃卡诺拉油菜籽和芥花油感兴趣, 期望能设计和生产功能性肉制品和奶制品。Chicholowski 等 (2005) 的研究证实了油菜籽对反刍动物的益处, 卡诺拉油菜籽和粕相比, 磨碎

的油菜籽会降低牛奶中ω-6与ω-3的比例, 共轭亚油酸(CLA)和反式异油酸(CLA的前体)的比例更高, 这表明在不影响产奶量的前提下, 生产功能性ω-3牛奶的可能性。

Johnson 等 (2002) 也观察到日粮中添加卡诺拉油菜籽和棉籽时, 牛奶中共轭亚油酸和油酸含量增加, Bayourthe 等 (2000) 观察到奶牛饲喂卡诺拉油菜籽实、籽粉和膨化油菜籽时, 牛奶中饱和脂肪显著减少, 还观察到卡诺拉脂肪酸的钙盐加入奶牛日粮时, 牛奶中饱和脂肪酸也显著降低。除油菜籽实, 奶牛日粮中补充高脂肪的卡诺拉油或粕, 产奶量增加。表明经加工处理的卡诺拉油菜籽或瘤胃保护的芥花油是改善奶制品脂肪酸组成的有效方法。

最近一些研究评估了脂肪酸对奶牛健康和繁殖性能的影响。Salehi 等 (2016a, 2016b) 产前饲喂卡诺拉油菜籽试图改善母牛健康、繁殖性能以及犊牛的健康, 干奶期母牛饲喂对照组日粮, 试验组日粮添加卡诺拉油菜籽(C18:1, 油酸) 或葵花籽(C18:2, 亚油酸), 产犊后饲喂相同的泌乳期饲料; 与对照组比较, 试验组(干奶期饲喂卡诺拉油菜籽)的犊牛出生体重更大, 饲喂葵花籽的母牛其初乳品质比饲喂卡诺拉油菜籽的更好, 但在产前饲喂油籽往往增加繁殖障碍。

甲烷是瘤胃微生物产生的温室气体, 代表牛的能量损失。Beauchemin 等 (2009) 在泌乳高峰期后展开试验研究, 分别在奶牛泌乳期日粮中添加磨碎的亚麻籽、葵花籽和卡诺拉菜籽, 评估长链脂肪酸对瘤胃甲烷产生的影响, 其中亚麻籽和葵花籽富含多不饱和脂肪酸, 而卡诺拉菜籽富含单不饱和脂肪酸; 相对于对照组, 无论来源于亚麻籽、葵花籽或卡诺拉菜籽的脂肪酸都减少了瘤胃甲烷的产生, 脂肪酸来源对泌乳高峰期后的产奶量没有影响, 卡诺拉菜籽对干物质消化率没有影响, 但亚麻籽和葵花籽降低了日粮干物质消化率。

卡诺拉菜籽、芥花油、菜粕喂养肉牛

卡诺拉菜粕已被证明是适合肉牛的蛋白质来源, 能替代其他几种植物性蛋白饲料。如前所述, 卡诺拉菜粕的能量相当于大麦 (Nair et al., 2015, 2016), 也被证明是肉牛生长期和育肥期有价值的能量饲料 (Damiran and McKinnon, 2018)。

一项小母牛饲养试验, Llewellyn 等 (2015) 在草料中补充农场加工的卡诺拉菜粕、亚麻籽粕和豆粕, 小母牛平均日增重分别为0.50、0.34和0.42公斤/天。

除卡诺拉菜粕以外, 小麦酒糟在加拿大西部也是现成的。Li 等 (2014) 设计了生长期小母牛日粮, 对照组为低蛋白日粮, 试验组配比卡诺拉菜粕、小麦酒糟、玉米酒糟、高蛋白玉米酒糟+尿



基本介绍



营养成分



反刍



猪



禽



水产



参考文献



参考文献



水产



禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍

素，与低蛋白日粮相比，补充以上四种植物性蛋白饲料都提高了母牛生长性能和干物质采食量，卡诺拉菜粕组的全消化道消化率最高，高蛋白玉米酒糟+尿素组进入十二指肠的总蛋白质最多。Good 等 (2017) 在肉牛生长育肥期分别配比3种植物性蛋白饲料及其组合，卡诺拉菜粕、豆粕、50% 卡诺拉菜粕+50% 小麦酒糟、50%豆粕+50%小麦酒糟，以比较4种日粮对肉牛生长性能的影响；结果说明，卡诺拉菜粕、豆粕、卡诺拉菜粕+小麦酒糟3种日粮之间，肉牛体增重或饲料转化效率没有差异，但豆粕+小麦酒糟日粮对育肥和肉牛评级有负面影响。Yang 等 (2013) 发现，生长期阉牛精料中添加卡诺拉菜粕能增加采食量和日增重，且平均日增重明显高于玉米酒糟和小麦酒糟。

Petit 和 Veira (1994) 在生长期阉牛青贮草料中补充卡诺拉菜粕，观察到补充卡诺拉菜粕改善了肉牛日增重，该团队后续的研究用卡诺拉菜粕饲喂育肥期阉牛，并注意到日增重增加、育肥期缩短。He 等 (2013) 分别用15%和30% 的预榨浸提菜粕和纯压榨菜粕，替代育肥期肉牛饲料中的大麦，肉牛日增重没有差异；30%菜粕组的干物质采食量增加，但饲料转化效率低于15%菜粕组和大麦对照组。Damiran 和 McKinnon (2018) 用卡诺拉菜粕替代育肥期肉牛平衡日粮中10%和20%的大麦，肉牛生产性能没有差异。虽然饲喂超出常规量的卡诺拉菜粕并不常见，研究表明，肉牛对饲喂大量卡诺拉菜粕并不排斥。

卡诺拉菜粕也用于妊娠期和哺乳期母牛饲料。Patterson 等 (1999a, 1999b) 评估母牛在劣质牧场放牧时，豆类、葵花粕和卡诺拉菜粕等蛋白质精料对繁殖性能的影响。结果指出，3种蛋白质精料对犊牛出生重、母牛体况的效应相当，组间没有差异，但饲喂卡诺拉菜粕的母牛在妊娠期体重损失最少。Auldist 等 (2014) 的一项研究显示，当卡诺拉菜粕替代部分小麦时，放牧的哺乳牛产奶量增加，这个结果也被后来的研究证实 (Damiran et al., 2016)。

同样，芥花油已被证明可以改善牛肉脂肪酸的组成。Rule 等 (1994) 的试验展示，全脂油菜籽增加了牛肉皮下脂肪、肌肉脂肪的单不饱和脂肪酸和 ω -3脂肪酸含量；He 等 (2013) 同样揭示了牛肉脂肪酸组成的改善与菜粕油分组成的相关性。芥花油用于生长期山羊饲料，增加了山羊肌肉 ω -3脂肪酸，降低了脏器脂肪黏附，改善了羊肉对棕榈油的氧化稳定性(Karami et al., 2013)。

卡诺拉菜籽、芥花油、菜粕喂养犊牛

仅有很少文献综述了卡诺拉菜粕在犊牛断奶前的应用。加拿大的一项研究，Miller-Cushon 等 (2014) 用卡诺拉菜粕颗粒料和豆粕颗粒料饲喂犊牛，犊牛对豆粕颗粒料的采食量更

高。Hadam 等 (2016) 供给断奶前犊牛3种饲料，分别配比豆粕24%、豆粕12.5%+卡诺拉菜粕16.5%、卡诺拉菜粕35%，每个试验组12头犊牛，试验发现35日龄前3种饲料对犊牛的生长没有统计意义上的差别，但卡诺拉菜粕组的犊牛采食量明显下降，虽然没有统计意义上显著的差异，犊牛对豆粕的饲料转化效率更好。研究人员建议，卡诺拉菜粕用于犊牛断奶前，添加调味剂有助于改善采食量。

卡诺拉菜粕在后备奶牛和肉犊牛饲料中的添加量没有上限。Schoonmaker (2004) 比较了卡诺拉菜粕和豆类(豌豆、鹰嘴豆、扁豆)等植物性蛋白饲料对犊牛断奶后生长性能的影响，犊牛料粗蛋白16%，配比9.4%卡诺拉菜粕的犊牛饲料转化效率较高，分别为4.1和3.8，但日增重略低于豆类，分别为1.67公斤/天和1.89公斤/天。在最近的一项研究中，Terré 和 Bach (2014) 评估了粗蛋白18%犊牛料的采食量与犊牛生长速度，犊牛料的粗蛋白主要来源于卡诺拉菜粕或豆粕，两者的生长速度基本相当。研究人员得出结论，犊牛断奶后饲喂卡诺拉菜粕不需要添加调味剂。12月龄以上小母牛，在消化率和氮保持率下降之前，饲料中玉米酒糟只能部分替代卡诺拉菜粕(Suarez-Mena et al., 2015)。

与卡诺拉菜粕不同，豆粕含有高浓度的植物雌激素，可以模拟雌激素的作用并改变激素周期(Woclawek-Potocka et al., 2005; Cools et al., 2014)。Gordon 等 (2012) 给8-24周龄母牛供应卡诺拉菜粕或豆粕日粮，之后饲喂普通日粮到60周龄配种，在小母牛发育期饲喂卡诺拉菜粕组的妊娠率为66.7%，而饲喂豆粕组的妊娠率只有41.7%。卡诺拉菜粕中植物雌激素的浓度很低，对出现繁殖困难的母牛群体，可能是值得选择的植物蛋白饲料。

卡诺拉菜粕喂养小反刍动物

生产羊毛和马海毛需要含硫氨基酸的供应，因而卡诺拉菜粕是绵羊和山羊的理想饲料(Reis et al., 1990)。此外，已经证明卡诺拉菜粕能满足绵羊或山羊的生长需要。传统上，羽扇豆在澳大利亚是羔羊的首选植物性蛋白，Wiese (2004) 认为卡诺拉菜粕在羔羊增重和饲料效率方面优于羽扇豆，日增重分别为272克/天和233克/天；Malau-Aduli 等 (2009) 也证实，卡诺拉菜粕对羔羊增重的效果优于羽扇豆。一项加拿大的研究，Agbossamey 等 (1998) 发现，卡诺拉菜粕对羔羊增重的效果比鱼粉还好。

卡诺拉菜粕也能够支持小反刍动物的生长和发育。Mandiki 等 (1999) 在羔羊饲料中添加高达30%与卡诺拉菜粕同等质量的普通菜粕，菜粕硫代葡萄糖苷达6.3 $\mu\text{mols/g}$ ，虽然观察到羔羊甲状腺增大、甲状腺激素分泌减少，但羔羊增重和采食量不受影响。Asadollahi 等 (2017) 在羔羊日粮中配比7%的熟化卡诺拉菜籽，与试验组比较，熟化菜籽改善了羔羊的生长速度、肉的肌间脂肪、眼肌面积和感官特征。

卡诺拉菜粕同样可用于小反刍动物泌乳期。Andrade 和 Schmidely (2006) 做了山羊泌乳期饲养试验，对照组日粮没有卡诺拉菜籽，试验组配比20%粉碎的卡诺拉菜籽，结果显示试验组的产奶量增加了。山羊奶的氨基酸组成与牛奶相似，所以卡诺拉菜粕也非常适合作为山羊泌乳期饲料。

表 9. 预榨浸提菜粕、纯压榨菜粕、热处理压榨菜粕与泌乳期奶牛产奶量

文献	胎次	泌乳阶段	加工处理	日产奶量, 公斤
Beaulieu et al., 1990	头胎、经产混合	泌乳中期	预榨浸提菜粕	28.0
			纯压榨菜粕	28.0
Jones et al., 2001	经产	泌乳高峰后期	预榨浸提菜粕	28.6
			纯压榨菜粕	30.0
			热处理压榨菜粕	30.0
Jones et al., 2001	经产	泌乳高峰后期	预榨浸提菜粕	23.6
			纯压榨菜粕	24.0
			热处理压榨菜粕	25.2
Hristov et al., 2011	经产	泌乳早期	预榨浸提菜粕	41.7
			纯压榨菜粕	41.7

表 10. 卡诺拉菜粕在小反刍动物饲料中的实际比例

畜种	添加比例
断奶前犊牛	高达 35%，调味剂有助于增加采食量
生长期小牛、绵羊和山羊	没有限制
泌乳期奶牛和奶羊	没有限制
生长期肉牛	没有限制
育肥期肉牛	没有限制



基本介绍



营养成分



反刍



猪



禽



水产



参考文献



参考文献



水产



禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍



第四章 卡诺拉菜粕在猪日粮中的价值

随配方技术的改进和对饲料原料营养价值的更多了解,卡诺拉菜粕广泛用于猪生长育肥和繁殖期日粮配方,且在配方中比例逐渐增加。以标准回肠可消化氨基酸和净能(NE)为表征的精准营养模型逐渐建立,可以更为准确地评估卡诺拉菜粕的营养价值,使得精准饲养成为可能。卡诺拉菜粕的遗传品质有别于普通菜粕,已成为猪饲料中的常规原料。

适口性和采食量

众多因素影响采食量,如原料的适口性、配方中的比例、配伍的其他原料、能量水平、纤维浓度(容重)、矿物质平衡等变量,因而很难客观地评估原料对猪采食量的影响。

就卡诺拉菜粕,一些潜在因素可能会影响猪的采食量,诸如硫代葡萄糖苷、丹宁、芥籽碱、粗纤维和矿物质平衡(详见本指南第二章)。硫代葡萄糖苷具有苦味,许多动物拒绝采食,当然对猪的采食量有负面影响。加拿大出产的卡诺拉菜粕味道中性,硫代葡萄糖苷含量很低(3.75微摩尔/克),而普通菜粕中硫代葡萄糖苷浓度高达100微摩尔/克(详见本指南第二章)。为了避免高浓度硫代葡萄糖苷对猪采食量的影响,猪日粮中只能少量应用普通菜粕。

Heyer等(2018)用预榨浸提菜粕(挤压强度低、中、高三三种卡诺拉菜粕)替代对照组20%的豆粕,以测试卡诺拉菜粕中硫代葡萄糖苷浓度对采食量的影响。尽管挤压强度越大,菜粕中硫代葡萄糖苷越少,但以上处理对断奶仔猪采食量没有显著影响,仔猪采食量、增重、饲料转化效率在各处理包括对照组没有显著差别。试验说明,卡诺拉菜粕替代20%豆粕,不影响断奶仔猪采食量、增重和饲料转化率,进一步降低卡诺拉菜粕中硫代葡萄糖苷对仔猪采食量没有效果。

Landero等(2018)做了断奶仔猪采食偏好试验,给予仔猪豆粕型或卡诺拉菜粕型日粮,仔猪对豆粕型日粮有强烈的偏好,这与以前文献报道一致;若只有卡诺拉菜粕型日粮,仔猪没有选择,日粮中高达20%卡诺拉菜粕并未影响断奶仔猪采食量和生长性能。

鉴于过去对卡诺拉菜粕可消化养分的不当评价,导致猪生产性能的下降,实践中一般会限制卡诺拉菜粕添加比例,但实践经验不断被研究人员挑战和证伪。卡诺拉菜粕对猪的营养价值逐渐被了解和认识,对其价值和添加量的限制主要是有效能,即净能。目前的数据清楚地表明,只要配方得当,菜粕型日粮可以支持猪的高效生产。最终,卡诺拉菜粕在精准配方中的比例取决于原料成本和养分浓度之间的量化关系。

能量

卡诺拉菜粕是油籽加工业的副产品,纤维成分较多,碳水化合物成分复杂,因而其消化率有限。以净能和可消化氨基酸为基准的猪料中,配合适当比例的卡诺拉菜粕,不影响动物的生产性能。据以往资料和最近的研究结果,卡诺拉菜粕的能值列于表1,测定结果的变异较大。Kim等(2018)评估了测算净能的几种模型,评估方法的不同导致净能估计值变化较大,卡诺拉菜粕净能为1,960–2,233千卡/公斤。

纯压榨和冷榨菜粕的能量与其中醚抽提物有关,为区别预榨浸提菜粕的能量估计值,Woyengo等(2016)提出以下模型,估计纯压榨或冷榨菜粕的能值,并允许适当调整净能:

$$\text{净能, 千卡/公斤} = 0.700 \times \text{消化能} + 1.61 \times \text{醚抽提物} + 0.48 \times \text{淀粉} - 0.91 \times \text{粗蛋白} - 0.87 \times \text{酸性洗剂纤维}$$

表 1. 预榨浸提卡诺拉菜粕的能量(千卡/公斤)

文献	消化能	代谢能	净能
NRC, 2012	3,154	2,903	1,821
Heo et al., 2014	2,901	2,692	1,850
Le et al., 2017	2,605	2,409	1,765
Liu et al., 2014	2,883	2,681	1,769
Maison et al., 2015	2,972	2,724	1,798 ¹
Berrocoso et al., 2015	3,084	2,922	1,928 ¹
Liu et al., 2016	2,630	2,303	1,520 ¹
Kim et al., 2018	3,180	2,925	2,099

¹ 净能 = 代谢能 × 0.66 (Kil et al., 2013)



基本介绍



营养成分



反刍



猪



禽



水产



参考文献



参考文献



水产



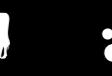
禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍

酶的作用

碳水化合物复合酶已被开发和应用，消化非淀粉多糖和细胞壁以释放更多的能量。卡诺拉菜粕型日粮中添加酶以提高有效能已成为通行的做法，Sanjayan 等 (2014) 在断奶仔猪料配方中应用20% 和25%卡诺拉菜粕，同时添加了碳水化合物复合酶，

表 2a. 预榨浸提菜粕的标准回肠氨基酸消化率 – 生长育肥猪¹

氨基酸	平均值 ²	标准差
必需氨基酸		
精氨酸	87.19	2.92
组氨酸	77.46	9.11
异亮氨酸	78.55	3.83
亮氨酸	81.20	2.96
赖氨酸	77.23	3.71
蛋氨酸	85.44	3.18
苯丙氨酸	80.48	5.61
苏氨酸	74.59	4.52
色氨酸	82.93	4.08
缬氨酸	76.46	3.95
非必需氨基酸		
丙氨酸	78.72	3.68
天冬氨酸 + 天冬酰胺	74.76	4.42
胱氨酸	73.16	6.67
谷氨酸 + 谷氨酰胺	85.23	2.32
甘氨酸	77.63	6.77
脯氨酸	82.83	8.51
丝氨酸	77.25	4.44
酪氨酸	78.47	4.75

¹Adewole et al., 2017; Almeida et al., 2014; Berrocoso et al., 2015; Flavero et al., 2014; le et al., 2017; Maison and Stein, 2014; Mejicanos and Nyachoti, 2018; Sanjayan et al., 2014; Trindade Neto et al., 2012 ²二十九个数据平均值

动物生长性能未有改善，但提高了粗蛋白全消化道表观消化率。直到最近，Velayudhan 等 (2018) 注意到碳水化合物复合酶的作用，干物质的全消化道表观消化率提高了3.6%，总能全消化道表观消化率提高了3.3%，采食量相同的母猪体重损失更少(5.3与3.3公斤)。

表 2b. 纯压榨菜粕的标准回肠氨基酸消化率 – 生长育肥猪¹

氨基酸	平均值 ²	标准差
必需氨基酸		
精氨酸	85.83	4.70
组氨酸	83.77	2.32
异亮氨酸	78.77	2.27
亮氨酸	77.13	7.21
赖氨酸	77.63	2.40
蛋氨酸	83.73	4.55
苯丙氨酸	78.77	4.89
苏氨酸	71.50	3.98
色氨酸	84.30	2.40
缬氨酸	74.07	6.53
非必需氨基酸		
丙氨酸	76.63	5.89
天冬氨酸 + 天冬酰胺	73.50	5.82
胱氨酸	72.43	5.15
谷氨酰胺 + 谷氨酸	81.73	5.99
甘氨酸	68.40	13.50
脯氨酸	90.80	
丝氨酸	74.80	4.01
酪氨酸	76.33	3.72

¹Seneviratne et al., 2011; Grageola et al., 2013; Woyengo et al., 2016

²三个数据平均值

以上试验结果适用于猪各生长发育阶段，但具体表现因卡诺拉菜粕在日粮中的比例多少而变化。体外消化试验有助于了解每一种饲料原料的消化率，不受配方中其他原料的影响。补充酶使得预榨浸提卡诺拉菜粕和纯压榨卡诺拉菜粕的干物质消化率分别提高了8.7%和9.2% (Lee et al, 2018)。

氨基酸

氨基酸消化率

猪料一般都以可消化氨基酸，而不是总氨基酸需要设计配方。最近的饲养试验表明，在仔猪及后期的生长育肥阶段，保证可消化赖氨酸与豆粕型日粮相同，猪的生长速度与豆粕为主要蛋白质来源的日粮相同。即使卡诺拉菜粕的配合比例很高，猪的生长性能也不受影响(详见本章小猪部分)。

早有学者提出，猪日粮配方的设计应以真实或标准可消化氨基酸为基准 (Nyachoti, et al., 1997)，饲料原料的可消化氨基酸已是猪营养数据库的优选配置 (Stein et al., 2007)，其可靠之处在于校正了动物自身消化过程的内源性损失，以及饲料原料中不可消化的部分。表2a罗列了近期关于预榨浸提卡诺拉菜粕

标准可消化氨基酸的试验结果，表2b则是纯压榨菜粕的标准可消化氨基酸。一些文献涉及了不同的油菜品种，菜粕样品来自于加拿大境内加工甘蓝型卡诺拉油菜籽的加工厂。

氨基酸组成

已证实卡诺拉菜粕的氨基酸组成能非常高效地满足猪的需要，额外补充合成赖氨酸以满足猪对蛋白质的需要。赖氨酸作为第一限制性氨基酸，工业合成的赖氨酸稳定可靠。

传统上以各必需氨基酸与赖氨酸的比例评估饲料的氨基酸成分，无论是NRC (2012) 还是 (INRA) 评估氨基酸需要，卡诺拉菜粕的氨基酸组成几乎完美(表3)，只有第一限制性氨基酸-赖氨酸需要增加(Van Milgen and Dourmad, 2015)。也就是说，猪能有效地利用卡诺拉菜粕中的氨基酸，并转化为体组织。

脂肪

对猪而言，卡诺拉菜粕中的脂肪消化率很高。Seneviratne等(2011)发现纯压榨菜粕中脂肪93.6% 可消化，因为芥花油主要由单不饱和脂肪酸组成，饱和脂肪酸的含量很低，因而脂肪的消化率高。

表 3. 两种模型估计的氨基酸成分 (赖氨酸 %)

氨基酸	模型		卡诺拉菜粕	
	INRA	NRC	菜粕本身	补充赖氨酸 ¹
蛋氨酸	30	29	33	30
蛋氨酸 + 胱氨酸	60	56	63	58
苏氨酸	65	61	74	67
缬氨酸	70	65	73	67
异亮氨酸	55	52	59	54
亮氨酸	100	101	123	113
苯丙氨酸	50	60	69	63
苯丙氨酸 + 酪氨酸	95	94	109	100
组氨酸	32	34	56	51
精氨酸	42	46	108	99

¹诺拉菜粕中赖氨酸增加9% (赖氨酸含量 × 1.09)



基本介绍



营养成分



反刍



猪



禽



水产



参考文献



参考文献



水产



禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍

矿物质和维生素

第二章已介绍了卡诺拉菜粕中矿物质和维生素等营养成分，这里补充猪对卡诺拉菜粕中钙和磷的研究结果。

与其他油料籽粕一样，卡诺拉菜粕富含磷，但大部分是植酸磷，实践中通常添加植酸酶以改善磷的消化和利用效率，减少配方中其他来源的磷并节省成本。三个试验都证实，配方中添加植酸酶，猪对卡诺拉菜粕中磷的消化率由34%提高到61% (Akinmusire and Adeola, 2009; Flavelo et al., 2014; Adhekari et al., 2016)。Maison 等 (2015) 收集了5个卡诺拉菜粕样品，测定磷的消化率为45%，日粮中补充植酸酶后磷消化率达64%，与以前研究结果相符。

植酸酶也改善了卡诺拉菜粕中钙的消化率。

González-Vega 等 (2013) 调查植酸酶对钙吸收的效果，试验发现钙的消化率由47% 提高到70%；Adhekari 等 (2016) 也观察到植酸酶使钙的消化率由58% 提高到75%。

硫代葡萄糖苷耐受性

对猪而言，卡诺拉菜粕中的硫代葡萄糖苷是最主要的抗营养因子。卡诺拉菜粕喂猪之初，猪对硫代葡萄糖苷的耐受性已被界定，Bell (1993) 最先提议猪料中硫代葡萄糖苷的上限为2.0-2.5微摩尔/克，接下来的两个试验研究支持关于耐受性上限的设定 (Schöne et al., 1997a, 1997b)。在最初的两个试验中，小猪体重大约20-50公斤，日粮配方中有等量卡诺拉菜粕，但硫代葡萄糖苷范围在0-19微摩尔/克；日粮中硫代葡萄糖苷超过2.4微摩尔/克就对猪采食量、生长速度和甲状腺功能产生负面影响 (Schöne et al., 1997b)；第二个试验硫代葡萄糖苷的安全上限设定为2微摩尔/克(Schöne et al., 1997b)。假设加拿大出产的卡诺拉菜粕硫代葡萄糖苷平均含量3.6微摩尔/克，相当于在生长育肥猪日粮中配合55-69%的菜粕，远远超出以谷物为基础的日粮对氨基酸的需要。最近的研究指出，中大猪饲料中配比30%的卡诺拉菜粕，生长性能良好(Smit et al., 2014a)；小猪饲料中配比40%的卡诺拉菜粕，生长性能表现良好(Parr et al., 2015)。猪料硫代葡萄糖苷最高限量仍然受到关注，鉴于卡诺拉菜粕硫代葡萄糖苷很低，在生长育肥猪饲料配方中的比例似乎不会受到限制。

预榨浸提菜粕饲养试验

小猪

较早的试验指出，卡诺拉菜粕在小猪料中比例超过5%会影响生产性能，但新近的研究结果与以前不同。Landero 等 (2011) 试验证实，20%卡诺拉菜粕的饲料喂养体重8.1公斤的断奶仔猪，对生产性能没有负面影响；Sanjayan 等 (2014) 在断奶仔猪日粮中配合25%的卡诺拉菜粕，喂养断奶体重7.26公斤的仔猪，一周后仔猪生长性能仍属正常。为确定卡诺拉菜粕与谷物类型的最佳搭配，Mejicanos 等 (2017) 用20%豆粕和20%卡诺拉菜粕，分别与小麦和玉米配合，喂养平均断奶体重6.7公斤的仔猪，饲养效果没有差异。与早期的试验研究相比，最近的研究都是以净能和标准回肠可消化氨基酸平衡日粮配方。

Wang 等 (2017) 选择4个不同来源的卡诺拉菜粕喂养断奶仔猪，配方中卡诺拉菜粕达20%。因生长季节极端的气候差异，其品质稍有不同，但4种菜粕的消化率没有差异，豆粕和菜粕的全消化道表观消化率有明显差异。

Parr 等 (2015) 用10%、20%、30%、40%卡诺拉菜粕替代仔猪日粮中的豆粕，随卡诺拉菜粕配合比例增加，饲料效率线性增加。这个试验的重要性不言而喻，卡诺拉菜粕在仔猪日粮中可达40%。

表4列举了试验研究预榨浸提或纯压榨卡诺拉菜粕的比例及其对日增重和饲料效率的影响，并与豆粕对比。总之，各处理对日增重和饲料效率几乎没有影响。

中大猪

最近几年关于中大猪的饲养试验结果归纳列于表5，其中2个试验以预榨浸提菜粕为处理组，以预榨浸提豆粕为对照组，中大猪生长性能在处理和对照组之间没有差异。Smit 等 (2018) 对比了预榨浸提菜粕与纯压榨豆粕喂养生长育肥猪的效果，观察到纯压榨豆粕组饲料效率更高。作者指出，在中猪料中陡然配入25%的卡诺拉菜粕，会导致短期内采食量下降；如果猪料中卡诺拉菜粕配合比例很高，有必要随饲养阶段渐次增加。

表 4. 预榨浸提菜粕和豆粕喂养仔猪效果对比

文献		卡诺拉菜粕	豆粕(对照)	P
Landero et al., 2011	比例, %	20	20	
	平均日增重, g	493	488	0.592
	增重 / 饲料	0.70	0.73	0.087
Mejicanos et al., 2017	比例, %	20	20	
	平均日增重, g	408	408	0.459
	增重 / 饲料	0.61	0.59	0.024
Parr et al., 2015	比例, %	40	28	0.951
	平均日增重, g	0.57	0.56	0.001
	增重 / 饲料	0.68	0.59	
Sanjayan et al., 2015	比例, %	15	20	
	平均日增重, g	453	452	0.979
	增重 / 饲料	0.60	0.60	0.714
Seneviratne et al., 2011	比例, %	15	15	
	平均日增重, g	445	469	0.870
	增重 / 饲料	0.71	0.71	0.323
Wang et al., 2017	比例, %	20	20	
	平均日增重, g	664	660	0.457
	增重 / 饲料	0.66	0.65	0.047



基本介绍

营养成分

反刍

猪

禽

水产

参考文献



参考文献

水产

禽

猪

反刍

营养成分

基本介绍

表 5. 预榨浸提菜粕与豆粕对中大猪生长性能的影响

文献		卡诺拉菜粕	豆粕(对照)	P
Kim et al., 2015	比例, %	11.3	27.3	0.102
	平均日增重, g	700	725	
	增重 / 饲料	0.46	0.44	
Little et al., 2015	比例, %	27.3/23.2	21.0/18.0	0.700
	平均日增重, g	0.94	0.93	
	增重 / 饲料	0.36	0.37	
Smit et al., 2018 ¹	比例, %	25/20	15/12.5	0.001
	平均日增重, g	0.988	1.025	
	增重 / 饲料	0.361	0.373	

¹ 对照组为纯压榨豆粕日粮。

墨西哥饲养试验

墨西哥的三个饲养试验在Nuevo León, Sonora 和 Michoacán州完成(Hickling, 1996), 目的是以墨西哥地产高粱和玉米为主要谷物原料, 在墨西哥当地环境、当地猪种、管理措施等条件下, 重复和示范以往在加拿大完成的饲养试验。试验所用的卡诺拉菜粕来源于墨西哥境内进口加拿大油菜籽的榨油厂, 试验设计也与以前加拿大的饲养试验相同, 3个处理为对照组、中等比例卡诺拉菜粕日粮、大比例卡诺拉菜粕日粮。配方能量水平相当, 满足理想蛋白和最少可消化氨基酸的需要。鉴于品种、季节等因素的影响, 试验结果有一定程度的变异, 表6归纳了3个处理对生长速度、饲料效率及胴体品质的影响。

表 6. 墨西哥饲养试验: 卡诺拉菜粕和豆粕对猪生长期(20-60公斤)和育肥期(60-100公斤)生产性能的影响¹

饲料原料	生长期(20-60公斤)			育肥期(60-100公斤)		
	豆粕	卡诺拉菜粕(中)	卡诺拉菜粕(高)	豆粕	卡诺拉菜粕(中)	卡诺拉菜粕(高)
日粮组成						
高粱	72	-	68	-	66	-
玉米	-	72	-	67	-	66
豆粕	24	24	19	20	16	17
卡诺拉菜粕	-	-	8	8	12	12
油脂	-	-	1	1	2	1
L- 赖氨酸	-	-	0.33	-	0.47	-
其他	4	4	4	4	4	5
养分						
粗蛋白, %	17.6	17.7	17.9	16.0	16.2	16.4
消化能, 千卡 / 公斤	3,150	3,150	3,150	3,160	3,160	3,160
赖氨酸, %	0.92	0.93	0.94	0.81	0.82	0.83
可消化赖氨酸, %	0.75	0.75	0.75	0.65	0.65	0.65
蛋 + 胱氨酸, %	0.58	0.63	0.65	0.55	0.58	0.61
可消化蛋 + 胱氨酸, %	0.45	0.47	0.49	0.41	0.44	0.46
苏氨酸, %	0.71	0.71	0.72	0.63	0.63	0.64
可消化苏氨酸, %	0.53	0.53	0.53	0.47	0.47	0.47
性能指标						
平均日采食量, 公斤	2.17	2.23	2.18	3.22	3.21	3.12
平均日增重, 公斤	0.778	0.773	0.764	0.851	0.833	0.824
料重比	2.78	2.87	2.86	3.79	3.85	3.79
试验全期(20-100公斤)						
豆粕	2.72	2.74	2.67	2.67	2.67	2.67
平均日采食量, 公斤	0.818	0.807	0.797	0.797	0.797	0.797
平均日增重, 公斤	3.32	3.39	3.33	3.33	3.33	3.33
料重比	48.6	48.8	49.3	49.3	49.3	49.3
瘦肉率, %	2.38	2.33	2.15	2.15	2.15	2.15
胴体被膘厚, 厘米	2.38	2.33	2.15	2.15	2.15	2.15

¹Hickling, 1996



基本介绍



营养成分



反刍



猪



禽



水产



参考文献



参考文献



水产



禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍

妊娠和哺乳母猪

早期的研究表明,卡诺拉菜粕在繁殖母猪和后备母猪饲料中很容易被接受。Flipot 和 Dufour (1977) 的试验发现,母猪日粮中配合10%卡诺拉菜粕与不添加卡诺拉菜粕,母猪繁殖性能没有差异。Lee 等 (1985) 发现后备母猪一胎的繁殖性能也没有显著差异。阿尔伯塔大学的试验显示,后备母猪日粮日粮配合12%的卡诺拉菜粕,连续两个繁殖周期的生产性能也没有差异(Lewis et al., 1978)。也有研究指出,哺乳母猪日粮中20%的卡诺拉菜粕没有影响其生产性能 (King et al., 2001)。以上研究结果说明,卡诺拉菜粕可以作为后备、妊娠和哺乳母猪日粮的主要蛋白饲料。

最近,Valayudhan 和 Nyachoti (2017) 完成了一项哺乳母猪饲养试验,母猪自进入产房到分娩后21天断奶,分别饲喂卡诺拉

菜粕0%、15%和30%的哺乳料,母猪哺乳期间乳成分、体重损失和背膘变化,以及仔猪生长性能在各处理间没有差异,母猪断奶到发情间隔也没有差异。研究人员得出结论,母猪饲喂30%的卡诺拉菜粕不影响其繁殖性能和仔猪的生长性能。后续的研究证实,母猪饲喂30%的卡诺拉菜粕,其生产性能最佳 (Velayudhan et al., 2018)。

最近的一个母猪饲养试验, Liu 等 (2018) 从妊娠第7天开始到仔猪断奶,在妊娠期和哺乳期以卡诺拉菜粕替代50%和100%的豆粕,卡诺拉菜粕在妊娠母猪和哺乳母猪料所占的比例为23.3%和35.1%。结果说明,卡诺拉菜粕组的仔猪成活率比豆粕组高,但母猪断奶到配种间隔较豆粕组稍长(见表7)。

纯压榨卡诺拉菜粕

正如所预期的那样,纯压榨卡诺拉菜粕喂猪,其生产性能没有如何损失。Seneviratne 等 (2011) 以15%的纯压榨菜粕替代断奶仔猪日粮中15%的豆粕,仔猪日增重、饲料效率没有差异(表8)。Landero 等 (2012) 在仔猪保育期(26天断奶至54天)以5%、10%、15%和20%的纯压榨菜粕替代豆粕,各处理保持相同水平的净能及标准回肠可消化氨基酸。结果发现,保育猪的生产性能在各处理间没有差异,但随菜粕增加,蛋白质和能量的全消化道表观消化率线性下降。

卡诺拉油菜籽和芥花油

芥花油通常适用于猪各生长发育阶段,粗油通常是经济的能量饲料,在饲料生产加工过程中抑制扬尘。卡诺拉油菜籽作为蛋白质和能量饲料,比例过高会导致胴体脂肪变软,因而在猪料配方中的比例通常限制在10%以下(Kracht, et al., 1996)。卡诺拉油菜籽喂猪之前应该粉碎,尽管热处理有益于消化和吸收,但加工过程中过度的热处理会降低氨基酸消化率。应该对卡诺拉油菜籽的营养成分做深入分析,特别是不适合榨油厂加工处理的油菜籽

Montoya 和 Leterme (2010) 估计全脂卡诺拉油菜籽的净能为3,560千卡/公斤(干基),由于生长期试验中油菜籽配比10%以上导致采食量下降,净能估计值可能偏低。

表 7. 母猪及仔猪生产性能¹

参数	日粮			P
	豆粕	豆粕 / 卡诺拉菜粕	卡诺拉菜粕	
母猪数量	40	37	37	
平均胎次	2.33	2.32	2.33	
体重损失	28.2	27.2	32.8	0.22
窝产活仔数	12.5	11.9	12.2	0.76
出生窝, kg	18.7	19.1	19.2	0.65
仔猪成活率, %	80.2	87.0	87.0	<0.05
断奶 - 配种间隔, 天	5.42	5.22	5.80	<0.05

¹Liu et al., 2018

表 8. 仔猪保育期纯压榨卡诺拉菜粕与豆粕饲养试验

文献		纯压榨卡诺拉菜粕	对照 (豆粕)	P
Landero et al., 2012	比例, %	20	20	
	平均日增重, g	455	454	0.933
Seneviratne et al., 2011	增重 / 饲料	0.71	0.72	0.757
	比例, %	15	15	
	平均日增重, g	445	469	0.870
	增重 / 饲料	0.72	0.71	0.323

表 9. 卡诺拉菜粕在猪日粮中配合比例

阶段	配合比例	依据
仔猪	40%	文献报道配比 40% 生产性能最佳
生长育肥猪	25%	未见文献报道配比超过 25%
妊娠母猪	25%	未见文献报道配比超过 25%
哺乳母猪	35%	文献报道配比 35% 生产性能最佳



基本介绍



营养成分



反刍



猪



禽



水产



参考文献



参考文献



水产



禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍

第五章 卡诺拉菜粕在家禽饲料中的价值

卡诺拉菜粕氨基酸组成非常合理，也是替代豆粕和补充植物性蛋白质的优质饲料，因而在世界各地广泛用于喂养所有类型的家庭。卡诺拉菜粕的配方价值体现在氨基酸的平衡，以及蛋白质的高性价比，特别是对能量要求较高的肉鸡日粮。必须注意，卡诺拉菜粕型日粮采用可消化氨基酸模型，以保证其最佳的生产性能。



适口性和采食量

一般而言，卡诺拉菜粕在配方中比例较高且以有效氨基酸平衡日粮，家禽将保持适当的采食量。然而，一些研究指出在肉鸡和火鸡的雏鸡阶段，卡诺拉菜粕限制在20%以下，雏鸭、幼鹅、鹌鹑开口料限制在10%以下。随家禽日龄增长，卡诺拉菜粕在生长后期料中可达30-40%。Oryschak 和 Beltranena (2013) 以及Rogiewicz 等 (2015) 试验展示，采用适当的配方体系，蛋鸡日粮中20%的卡诺拉菜粕不会改变采食量。饲喂20%卡诺拉菜粕，肉鸡1-35日龄采食量正常 (Naseem et al., 2006)，肉鸡生长育肥期，可以饲喂30%卡诺拉菜粕的日粮 (Newkirk and Classen, 2002; Ramesh et al., 2006)。

能量

与最常用的植物性蛋白质饲料—豆粕比较，卡诺拉菜粕的能值较低，在肉鸡日粮要求能量较高时应用受限。以最佳成本优化日粮，蛋鸡和火鸡早期料中应用卡诺拉菜粕的成本较高。关于能量的研究归纳列于表1，卡诺拉菜粕在肉鸡生长中后期的能量比先前公布的高出200千卡/公斤。

表 1. 家禽表观代谢能 (AMEn, 千卡 / 公斤)

家禽	水分 12%	干基	文献
肉鸡	1789	2032	Rahmani et al., 2017
	1834	2084	Rad-Spice, 2017
	1777	2019	Adewole et al., 2017
	1810	2057	Jia et al., 2012
	1851	2217	Gorski et al., 2017
	1822	2071	Gallardo et al., 2017
	1983	2254	Chen et al., 2015
	2144	2437	Jayaraman et al., 2016
蛋鸡	1936	2200	Jia et al., 2012
火鸡	1766	2007	Jia et al., 2012
	1886	2143	Kozlowski et al., 2018
鸭	1885	2142	Wickramasuriya et al., 2015
鹌鹑	1852	2105	Mandal et al., 2005



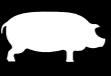
基本介绍



营养成分



反刍



猪



禽



水产



参考文献



参考文献



水产



禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍

酶与能量

饲料酶的使用在家禽日粮很常见，特别是大麦、小麦型日粮，这些已被证明可以提高碳水化合物的消化率。卡诺拉菜粕中有一大部分未被家禽消化的植物细胞壁成分，许多学者试图应用饲料酶提高卡诺拉菜粕中碳水化合物的消化率 (Kocher et al., 2000; Mandal et al., 2005; Meng et al., 2005; Meng and Slominski, 2005; Meng et al., 2006; Ravindran et al., 1999; Ramesh et al., 2006; Simbaya et al., 1996; Slominski and Campbell, 1990)。多数研究检测纤维素酶和非淀粉多糖降解酶的剂量效应，但对卡诺拉菜粕消化率没有明显的效果，Meng 和 Slominski (2005) 在肉鸡日粮中添加复合酶(木聚糖酶、葡聚糖酶、果胶酶、纤维素酶、甘露聚糖酶、半乳糖酶)，该复合酶提高卡诺拉菜粕中非淀粉多糖的全消化道消化率，但未观察到其他营养素和肉鸡生长性能的改善。Jia 等 (2012) 在卡诺拉菜粕型肉鸡日粮应用复合酶测定卡诺拉菜粕的表观代谢能，结果发现酶使卡诺拉菜粕的表观消化能提高了6%。Gallardo 等 (2017) 估计复合酶使卡诺拉菜粕的能量增加了8%。然而，Rad-Spice (2017) 和 Jayaraman et al. (2016) 使用复合酶，卡诺拉菜粕的表观消化能仅增加了2.5%和2.9%。尽管数据并不完全确定，复合酶似乎改善了卡诺拉菜粕的消化率，同样也改善了其他饲料成分的消化率。

氨基酸

在家禽日粮中大量配合卡诺拉菜粕的关键是以有效氨基酸平衡日粮。近年来，关于卡诺拉菜粕标准回肠氨基酸消化率的研究做了多次，结果见表2。

其他家禽标准回肠氨基酸消化率的数据很少，可以参考肉鸡的试验结果。Huang 等 (2006) 发现，肉雏鸡、蛋鸡和成年公鸡的氨基酸表观回肠消化率没有差别，这个结论仅适用于卡诺拉菜粕，其他饲料原料则不尽然。

表 2. 预榨浸提卡诺拉菜粕标准回肠氨基酸消化率 - 生长期肉鸡¹

氨基酸	平均值 ²	标准差
必需氨基酸		
精氨酸	87.26	2.64
组氨酸	71.21	13.86
异亮氨酸	81.08	2.99
亮氨酸	83.96	2.32
赖氨酸	78.77	2.17
蛋氨酸	88.88	2.59
苯丙氨酸	84.00	2.02
苏氨酸	76.21	3.25
色氨酸	90.68	5.83
缬氨酸	78.60	1.93
非必需氨基酸		
丙氨酸	82.34	2.42
天冬氨酸 + 天冬酰胺	78.59	3.35
胱氨酸	75.69	4.97
谷氨酸 + 谷氨酰胺	87.84	3.39
甘氨酸	79.71	3.13
脯氨酸	78.17	3.23
丝氨酸	77.95	2.50
酪氨酸	85.15	5.90

¹Adewole et al., 2017; Chen et al., 2015; Gallardo et al., 2017; Kim et al., 2012; Kong and Adeola, 2013

²二十四个数据平均值

表 3. 预榨浸提卡诺拉菜粕标准回肠氨基酸消化率 - 家禽

氨基酸	蛋鸡 ¹	火鸡 ²	鸭 ³
必需氨基酸			
精氨酸	88.0	88.0	86.1
组氨酸	83.0	73.5	81.0
异亮氨酸	77.5	71.5	81.0
亮氨酸	80.5	75.0	86.5
赖氨酸	81.0	77.5	75.8
蛋氨酸	88.5	79.0	86.5
苯丙氨酸	81.0	85.0	85.6
苏氨酸	71.5	74.5	75.9
色氨酸	77.5		87.4
缬氨酸	78.0	70.5	79.0
非必需氨基酸			
丙氨酸	79.0	78.0	81.3
天冬氨酸 + 天冬酰胺	76.0	80.0	75.8
胱氨酸	79.0	69.5	
谷氨酸 + 谷氨酰胺	87.0	84.0	87.4
甘氨酸	76.0	84.0	76.1
脯氨酸		72.0	85.5
丝氨酸	72.0	81.5	86.6
酪氨酸	78.0	73.0	81.3

¹Saki et al., 2017b; Huang et al., 2006

²Koslowski et al., 2011; Koslowski et al., 2018; Huang et al., 2006

³Kong and Adeola, 2013

矿物质和维生素

本指南第二章已全面介绍了卡诺拉菜粕的矿物质营养，其养分浓度可以作为配方依据。

磷

卡诺拉菜粕富含磷，而磷是所有家禽日粮中重要的营养素。过去，人们认为卡诺拉菜粕中只有非植酸磷可被家禽利用，约为总磷的35%；然而，采用回肠消化技术，一小部分植酸磷也可被家禽消化和利用，Mutucumarana 等 (2014) 测算卡诺拉菜粕中有效磷可达47%。通常在饲料中添加植酸酶以改善磷的消化吸收效率，但家禽饲料中植酸酶对来源于卡诺拉菜粕磷的消化效果并不理想 (Slominski, 2011; Kong and Adeola, 2011)。相反，植酸酶被证明有效改善普通菜粕中磷的利用效率(Czerwiński et al., 2012)。

肉鸡

与普通菜粕不同，卡诺拉菜粕中硫代葡萄糖苷的浓度很低，消除了对这种抗营养因子的担忧。在实际应用中，卡诺拉菜粕在肉鸡日粮的配比不受硫代葡萄糖苷耐受上限的约束。

最近对肉鸡营养需要的理解和进步，使配方程序和步骤更为规范，允许在肉鸡日粮中应用更多的卡诺拉菜粕。比如，通常的做法是基于阴-阳离子或电解质平衡设计配方。卡诺拉菜粕含硫量高，会干扰钙的吸收，某种程度上需要额外补充钙；但也必须谨慎，过多的钙会降低采食量。在日粮中补充碳酸氢钾是个好办法，可以从根源上解决问题。在卡诺拉菜粕的一些开创性研究中，肉鸡的采食量与日粮阴-阳离子平衡相关(Summers and Bedford, 1994)，卡诺拉菜粕的钾离子浓度比豆粕低(分别为1.2%和1.9%)，因而卡诺拉菜粕型日粮的电解质平衡值比豆粕型日粮低。



基本介绍

营养成分

反刍

猪

禽

水产

参考文献



参考文献



水产



禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍

采用标准回肠可消化氨基酸配制日粮，会改善肉鸡生长速度，特别是在生长阶段，这与其他蛋白质饲料基本相同。最近的研究表明，肉鸡日粮中配比高达30%的卡诺拉菜粕。Gorski等(2017)在1-21日龄的小鸡料可配比0、10、20、30和40%卡诺拉菜粕，配合比例30%和40%时采食量下降，日增重降低；在21-37日龄的中、大鸡料中配比0、10、20和30%卡诺拉菜粕，平均日增重和采食量与对照组没有差别。

Gopinger等(2014)在7-35日龄的肉鸡日粮中配比0、10、20、30和40%卡诺拉菜粕，配比为10、20和30%卡诺拉菜粕组的生长速度比豆粕组快，尽管配比40%卡诺拉菜粕组在7-35天生长速度下降，但在15-35日龄的生长速度正常。从这两项研究来看，似乎卡诺拉菜粕在肉鸡0-7日龄的饲料中配比可达20%，7-14天配比30%，甚至有可能超过40%。

Ariyibi(2019)采用类似的研究方法，在肉鸡饲料中设置6个梯度，以不同比例配入卡诺拉菜粕，比如0-7天日粮中配比0-15%，7-14天日粮中配比0-18%，14-21天日粮中配比0-25%，21-28天日粮中配比0-35%。数据指出，菜粕比例的增加对肉鸡生长性能没有影响。这些结果与较早的研究结果一致(Newkirk and Classen, 2002; Naseem et al., 2006)，并证明卡诺拉菜粕对肉鸡的适用性。

蛋鸡

卡诺拉菜粕是蛋鸡料常用且性价比好的蛋白饲料，与配比肉鸡日粮一样，必须采用标准回肠可消化氨基酸配方系统。早期的研究以粗蛋白为基础配制蛋鸡日粮，卡诺拉菜粕替代豆粕，尽管保持日粮的粗蛋白水平一致，但蛋重下降，原因是赖氨酸供应不足(Kaminska, 2003)。Novak等(2004)的研究在日粮中额外补充了赖氨酸，将赖氨酸摄入量由860毫克/天增加到959毫克/天，蛋重由59.0克增加到60.2克，试验结果支持赖氨酸不足影响蛋重的假设。

传统上，由于肝脏出血死亡率与高硫代葡萄糖苷油菜品种之间的潜在关联，卡诺拉菜粕在蛋鸡日粮的比例限定在10%以下(Butler et al., 1982; Campbell and Slominski, 1991)。作者认为，这可能是早期油菜籽中残留硫代葡萄糖苷所致(Campbell and Slominski, 1991)。植物育种持续地降低了硫代葡萄糖苷的水平，目前的含量仅为早期研究所用油菜品种的三分之一。最近的研究表明，蛋鸡日粮中大量配比卡诺拉菜粕，其生产性能表现优异。

Orysacak 和 Beltranena (2013)证明，适当的配方系统可以允许卡诺拉菜粕在蛋鸡日粮中配比20%，对产蛋率、鸡蛋品质或鸡蛋脂肪酸成分没有不利影响。图1所示，在为期36周试验期间，蛋重、产蛋率保持不变，母鸡肝脏出血也没有差异，鸡蛋中也没有检测到鱼腥味。Rogiewicz等(2015)证实，日粮中配比15-20%的卡诺拉菜粕，蛋鸡性能表现优异。Gorski(2015)在33-49周龄蛋鸡日粮中分别配合0、8、16和24%的卡诺拉菜粕，在为期16周的试验研究期间，采食量、产蛋率、蛋重和母鸡体重在各处理间没有差异。

Savary等(2017)做了另外一个试验，蛋鸡日粮以豆粕、10%和20%卡诺拉菜粕为主要蛋白质饲料，分四阶段饲养，即30-41周龄、42-49周龄、50-61周龄、62-78周龄。作者发现，在试验期任何饲养阶段，产蛋率、饲料效率或死亡率在各处理间没有差异。研究人员还指出，鸡蛋品质和母鸡体重也没有差别。

基于这些最近的发现，以可消化氨基酸体系设计配方，卡诺拉菜粕在蛋鸡日粮中可以有效地配合较高比例，且不会影响产蛋率、蛋重、鸡蛋品质或鸡蛋脂肪酸组成。反复证明，只要日粮硫代葡萄糖苷低于1.43微摩尔/克，蛋鸡能够大量消化和利用卡诺拉菜粕(Bell, 1993)。

肉种鸡

卡诺拉菜粕在肉种鸡的新资料有限，很可能是因为产蛋母鸡的研究结果也适用于肉种鸡。卡诺拉菜粕具高蛋白高纤维的养分特征，使之成为控制肉种鸡体重的理想饲料。早期的研究指出，卡诺拉菜粕对来航鸡种蛋受精率或孵化率没有影响(Kiiskinen, 1989; Nasser et al., 1985)。Ahmadi等(2007)评估了肉种鸡日粮中配合0、10、20和30%普通菜粕对生产性能的影响，尽管这些菜粕中硫代葡萄糖苷的含量并不清楚；作者得出结论，普通菜粕可以有效地用于肉种鸡日粮，且对产蛋率、蛋重或雏鸡质量没有影响。基于蛋鸡和其他家禽研究获得的广泛信息，卡诺拉菜粕适用于肉种鸡也是合理的。

火鸡

卡诺拉菜粕是生长期火鸡的优质蛋白质来源，实践中通常在火鸡生长肥育期日粮中配比很多卡诺拉菜粕。

人们早就知道，在火鸡日粮中成功应用卡诺拉菜粕的关键是保证氨基酸的平衡。早期，Waibel(1992)就在火鸡日粮中配比20%的卡诺拉菜粕，在没有维持相同能量和氨基酸水平的情况下，火鸡生长速度和饲料转化效率降低；然而，在额外补充动物

脂肪并维持氨基酸水平相同的情况下，火鸡生长性能与对照组相当甚至优于对照组。与其他畜禽种类一样，重要的是以可消化氨基酸平衡日粮配方。

最近，Kozlowski等(2018)证明在火鸡幼龄和生长期日粮中配比20%卡诺拉菜粕，生长速度与豆粕组相当，幼龄期料重比略高于豆粕组，分别为1.43和1.36；在日粮中加入碳水化合物复合酶，料重比由1.43降低到1.37。总体而言，在长达8周的试验期，平均日增重、采食量和饲料转化效率在各处理间没有差异。同样，Noll等(2017)在幼龄期火鸡日粮中分别配比0、8、16和24%卡诺拉菜粕，以豆粕为对照组。研究人员观测到火鸡生长性能参数与对照组没有差异；后续的短期试验表明，火鸡在幼龄期最敏感的前3周，可以利用高达24%的卡诺拉菜粕。

卡诺拉菜粕在火鸡商品料中的比例一般都超过20%。这种情况下，配方的关键是保证日粮电解质平衡值在合理的区间，卡诺拉菜粕的电解质平衡值($\text{Na} + \text{K}-\text{Cl}$)约307 mEq/kg，但由于大量硫的存在，电解质平衡值应采用($\text{Na} + \text{K}) - (\text{Cl} + \text{S}) = 103 \text{ mEq/kg}$ (Khajali and Slominski, 2012)。

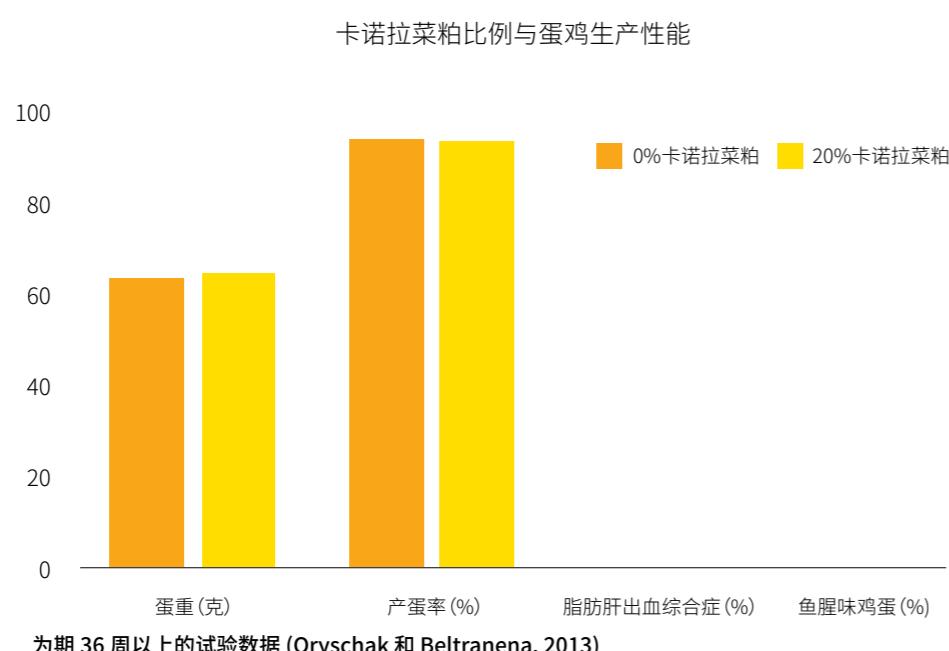
鸭和鹅

鸭和鹅是禽肉的第三大来源，因其蛋和羽毛而备受珍视。卡诺拉菜粕通常被用于鸭和鹅饲料，还未见到影响其生产性能的报道。

Wickramasuriya等(2015)确定蛋氨酸是鸭的第一限制性氨基酸，卡诺拉菜粕的氨基酸组成均衡，比豆粕更适合做为鸭的蛋白质饲料。另外，丰富的有效磷也是卡诺拉菜粕优于豆粕的理想属性。Bernadet等(2009)研究了普通菜粕对生长期骡鸭的影响，并指出普通菜粕在日粮中的比例受硫代葡萄糖苷浓度的限制，但该研究没有测度原料和日粮硫代葡萄糖苷的水平。然而，作者在幼鸭和生长育肥期日粮中分别配比7%和21%的普通菜粕，试验期间肉鸭生长性能表现优异。不容置疑，相当比例的卡诺拉菜粕用于肉鸭饲料是肯定的。

鹅比其他家禽具有更强的消化能力，似乎能更有效地消化卡诺拉菜粕(Jamroz, et al., 1992)。指南第二章表2已列举了卡诺拉菜粕氨基酸消化率，鸭对卡诺拉菜粕和豆粕氨基酸的消化率基本相当(Kluth and Rodehutscord, 2006)。

图1. 卡诺拉菜粕比例与蛋重、产蛋率、鱼腥味及母鸡脂肪肝出血综合症





基本介绍



营养成分



反刍



猪



禽



水产



参考文献



参考文献



水产



禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍

鹌鹑

鹌鹑既生蛋也产肉。Saki 等 (2017b) 评估了46-56周龄鹌鹑日粮中配比10、20和30%卡诺拉菜粕对生产性能的影响；结果说明，日粮中配比10%的卡诺拉菜粕，鹌鹑生产性能不受影响，但日粮中20%和30%的卡诺拉菜粕导致产蛋率下降。作者还指出，卡诺拉菜粕可以替代鹌鹑产蛋期日粮中1/3的豆粕。在早期的一项研究中，Sarıçicek 等 (2005) 用卡诺拉菜粕替代产蛋期鹌鹑日粮中0、25和50%的豆粕，卡诺拉菜粕在日粮中配比相应为0、9.25和18.5%，在126天的试验期，鹌鹑体重、饲料效率、产蛋率和蛋重没有差异。

表 4. 卡诺拉菜粕或豆粕与鹌鹑生长性能¹

	日粮		
	替代日粮粗蛋白 0%	替代日粮粗蛋白 25%	替代日粮粗蛋白 50%
卡诺拉菜粕 配合比例	0	12.15	24.3
	不添加饲料酶		
增重, g	150	144	132
采食量, g	761	751	740
料重比	5.06	5.22	5.59
	添加饲料酶		
增重, g	143	142	147
采食量, g	738	753	755
料重比	5.16	5.13	5.16

¹Sarıçicek et al, 2005

Sarıçicek 等 (2005) 比较了卡诺拉菜粕或豆粕对鹌鹑生长的影响(表4)，也用卡诺拉菜粕替代日粮中来源于豆粕的0、25和50%粗蛋白，日粮中卡诺拉菜粕的比例相应为0、12.15和24.3%，并额外添加了碳水化合物复合酶和植酸酶以测定其是否改善消化率。结果指出，在没有额外添加酶的情况下，卡诺拉菜粕替代日粮50%粗蛋白会影响鹌鹑生长速度；若添加酶，鹌鹑生长速度、采食量和料重比在各处理间没有差异。

表 5. 肉鸡饲养试验测定纯压榨菜粕的表观代谢能 (千卡 / 公斤)

文献	油分 %, 干基	表观代谢能, 12% 水分	表观代谢能, 干基
Woyengo et al., 2010	12.0	2,370	2,694
Toghyani et al., 2014	8.3	1,987	2,258
Kong and Adeola, 2016	13.9	2,376	2,697
Bryan et al., 2017	10.1	2,053	2,333
Bryan et al., 2017	14.2	2,294	2,607

纯压榨卡诺拉菜粕

卡诺拉菜粕虽然是家禽优质蛋白质饲料，但预榨浸提菜粕的能量水平限制了其在速生型禽料中的比例。纯压榨菜粕残留较多油分，其能量水平高于预榨浸提菜粕，可以作为家禽日粮唯一的蛋白质来源且无需额外添加油脂。最近开展了许多纯压榨菜粕的饲养试验，以确定纯压榨菜粕对肉鸡的表观代谢能(表5)。从数据看出，不同来源纯压榨菜粕的油分不同，油分越高能值也越高；另外，纯压榨菜粕提供了充足的必需脂肪酸和亚油酸，超出了家禽对必需脂肪酸的需要，因而其日粮中无需补充其他来源的脂肪。

Oryschak 和 Beltranena (2013) 曾配比20%的纯压榨菜粕，饲养尼克褐壳蛋鸡，产蛋率、鸡蛋品质和鸡蛋脂肪酸组成均属上乘。纯压榨卡诺拉菜粕也是饲喂火鸡的有效蛋白质饲料，Palander 等 (2004) 曾以蛋白质消化率为基础，在火鸡生长期日粮中配合纯压榨菜粕，发现其消化率与预榨浸提菜粕基本相当。

谨记，纯压榨菜粕的油分与压榨效率相关，应测试其油分含量并相应地校正能值，每1%的油分大约相当于80千卡的能量。

如表6所示，纯压榨菜粕中氨基酸消化率与预榨浸提菜粕相似。Bryan 等(2017)证明，高温烘焙会导致菜粕中氨基酸消化率降低。

表 6. 纯压榨菜粕的标准回肠氨基酸消化率 – 生长期肉鸡¹

氨基酸	平均值 ²	标准差
必需氨基酸		
精氨酸	83.60	3.65
组氨酸	71.01	12.15
异亮氨酸	76.23	6.77
亮氨酸	78.93	2.67
赖氨酸	79.55	1.00
蛋氨酸	85.18	2.91
苯丙氨酸	80.38	2.03
苏氨酸	76.68	4.20
色氨酸	80.00	5.77
缬氨酸	77.33	4.43
非必需氨基酸		
丙氨酸	80.40	1.76
天冬氨酸 + 天冬酰胺	77.80	2.91
胱氨酸	75.80	2.17
谷氨酸 + 谷氨酰胺	84.13	6.66
甘氨酸	81.78	5.41
脯氨酸	74.98	1.74
丝氨酸	77.95	3.26
酪氨酸	74.50	6.14

¹ Woyengo et al., 2010; Toghyani et al., 2014; Toghyani et al., 2015; Bryan et al., 2017 ²十六个样品平均值



基本介绍



营养成分



反刍



猪



禽



水产



参考文献



参考文献



水产



禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍

卡诺拉油菜籽和芥花油

卡诺拉油菜籽含油量高，可用作能量饲料。Toghyani 等(2017)分析了有代表性的6个卡诺拉油菜籽样品，生长期肉鸡对其表观代谢能的范围在4,501-4,791千卡/公斤(干基)，表观代谢能平均值4,554千卡/公斤(干基)；能值变化是由于菜籽油分不同，因为菜籽含油量从40.8%到47.9%不等。以干物质计，卡诺拉油菜籽的表观代谢能与Barekatain 等 (2015)先前测定的结果相当，平均值为4,691千卡/公斤。

芥花油通常作为肉鸡的能量饲料。除了能量，芥花油也是不饱和脂肪酸的优质来源。Kanakri 等 (2018) 在肉鸡饲料中配比约3%的牛油、亚麻籽油、玉米油、芥花油、澳洲坚果油或椰子油，肉鸡生长性能在不同脂肪处理间没有差异，但肌肉脂肪酸组成应脂肪种类而不同；芥花油组鸡肉饱和脂肪酸浓度最低，鸡肉omega-3浓度仅次于亚麻籽油组。

此外，芥花油亚油酸(omega-6)和亚麻酸(omega-3)的比例约为2:1，而大豆油的比例为7:1，玉米油为50:1。这一点很重要，常用去饱和酶延长两种脂肪酸，家禽具备将亚麻酸延长至二十二碳六烯酸(DHA)的能力，过量的亚油酸限制亚麻酸的转化(Cachaldora et al., 2008)。

母鸡能够将亚麻酸合成为DHA，所以鸡蛋通常能提供性价比好的长链omega-3脂肪酸。日粮中添加来源于亚麻油或奇异果油的亚麻酸是成功生产富含DHA鸡蛋的关键，卡诺拉已经被证明是供给亚油酸的最优日粮 (Gonzalez-Esquerra and Leeson, 2001; Goldberg et al., 2016)。此外，Rowghani 等 (2007) 研究表明，玉米豆粕型日粮中添加3-5%的芥花油，其鸡蛋DHA含量是无油日粮的8倍以上。

表 7. 卡诺拉菜粕在家禽日粮中的配合比例

家禽种类	配合比例	依据
肉鸡早期	20%	配比超过 20% 可能降低采食量
肉鸡中期	30%	配比 30% 生产性能最佳
肉鸡后期	40%	配比 40% 生产性能最佳
肉种鸡	30%	研究数据有限
蛋鸡	24%	配比超过 24% 的研究数据有限
火鸡早期	24%	配比超过 24% 的研究数据有限
火鸡中期	24%	配比超过 24% 的研究数据有限
鸭鹅早期	7%	研究数据有限
鸭鹅中期	21%	配比超过 21% 的研究数据有限
鹌鹑	18.5%	研究数据有限

第六章 卡诺拉菜粕 在水产饲料中 的价值

卡诺拉菜粕已成为全球水产饲料的重要成分。由于许多鱼类都是肉食性的，而世界鱼粉的库存正在减少，迫使该行业寻求替代的植物性蛋白质，以满足水生动物对氨基酸和高品质蛋白的需要。尽管仍然存在一些挑战，但已经证明卡诺拉菜在许多水生动物饲料的适用性。



适口性和采食量

卡诺拉菜粕作为水产饲料的蛋白质来源，其适口性很好。早期的试验研究中涉及普通菜粕，普通菜粕硫代葡萄糖苷含量高且有苦味，有时会降低适口性。如本指南第二章所述，卡诺拉菜粕硫代葡萄糖苷含量已经很低。与早期研究形成明显对比的是，可溶性卡诺拉浓缩蛋白已经作为诱食剂用于水产饲料，以减少水产饲料中鱼粉的比例。Hill等(2013)在阳光鲈料中添加了1%可溶性卡诺拉浓缩蛋白，采食量和增重显著增加。

表 1. 卡诺拉菜粕在典型肉食性鱼饲料中的平均配合比例

种类	学名	平均配比, %
肉食性海水鱼		
虹鳟 ¹	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	20
大西洋鲑 ²	<i>Salmo salar</i>	10
尖吻鲈 ³	<i>Lates calcarifer</i>	30
舌齿鲈 ⁴	<i>Dicentrarchus labrax</i>	25
日本真鲈 ⁵	<i>Lateolabrax japonicus</i>	15
肉食性淡水鱼		
淡水神仙鱼 ⁶	<i>Pterophyllum scalare</i>	8
大头兔脂鲤 ⁷	<i>Leporinus macrocephalus</i>	38
阳光鲈 ⁸	<i>Morone chrysops</i>	20

¹Thiessen et al., 2003; Thiessen et al., 2004; Yigit et al., 2012; Collins et al., 2012; Collins et al., 2013. ²Burr et al., 2013; Collins, et al., 2013. ³Ngo et al., 2016. ⁴Lanari and D' Agaro, 2005. ⁵Cheng et al., 2010 ⁶Erdogan and Olmez, 2009. ⁷Galdioli et al., 2001; Soares et al., 2000. ⁸Webster et al., 2000

表 2. 卡诺拉菜粕在典型杂食性鱼饲料中的平均配合比例

种类	学名	平均配比, %
杂食性海水鱼		
澳洲鲷鱼 ¹	<i>Pagrus auratus</i>	60
杂食性淡水鱼		
澳洲银鲈 ²	<i>Bidyanus bidyanus</i>	60
南美鲱 ³	<i>Prochilodus lineatus</i>	8
南亚野鲮 ⁴	<i>Labeo rohita</i>	20
武昌团头鲂 ⁵	<i>Megalobrama amblycephala</i>	35
尼罗罗非鱼 ⁶	<i>Oreochromis niloticus</i>	33
青鱼 ⁷	<i>Mylopharvngodon piceus</i>	11
草鱼 ⁸	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	37
细鳞鲳 ⁹	<i>Piaractus mesopotamicus</i>	19
麦瑞加拉鲮 ¹⁰	<i>Cirrhinus mrigala</i>	24
苏氏圆腹鱼 ¹¹	<i>Pangasius sutchi</i>	30

¹Glencross et al., 2004. ²Booth and Allan, 2003.: ³Galdioli et al., 2002; Iqbal et al., 2015; Umer and Ali, 2009; Parveen et al., 2012; Umer et al., 2011. ⁵Zhou et al., 2018. ⁶Yigit and Olmez, 2009; Zhou and Yue, 2010; Luo et al., 2012; Mohammadi et al., 2016; Fangfang et al., 2014; Soares et al., 2001. ⁷Huang et al., 2012. ⁸Veiverberg et al., 2010; Jiang et al., 2016. ⁹Viegas et al., 2008. ¹⁰Parveen et al., 2012. ¹¹Van Minh et al., 2013

能量与纤维

与家禽和哺乳类动物相比，鱼对蛋白和能量的要求比较高。所以，水产饲料的粗蛋白水平往往高于猪和禽饲料，比如鲑饲料的粗蛋白往往超过40%，而卡诺拉菜粕的粗蛋白低于40%，在优化肉食性鱼类如鲑的日粮配方时，卡诺拉菜粕的比例限制在20%以下。然而，在鲤和罗非鱼等杂食性或草食性鱼类对粗蛋白的需要较低，卡诺拉菜粕在这些养殖鱼类日粮中的比例可以更高。

鉴于世界各地养殖鱼类消化系统的差异，卡诺拉菜粕干物质(表3和表4)及能量(表5和表6)的消化率变化很大。同样，处理加工植物性蛋白的生产系统也影响养分的消化程度，这些系统在不同试验研究之间也有很大差异。

与猪和禽一样，配方技术影响卡诺拉菜粕的营养价值和饲养价值，菜粕中脂肪含量也影响能量水平。NRC(2011)指出，虹鳟对普通菜粕能量的表观消化率为76%，尼罗罗非鱼和军曹鱼对普通菜粕能量的表观消化率分别为57%和83%。Burel等(2000)确定了虹鳟对预榨浸提菜粕的消化率为69%，而对热处理后浸提菜粕的消化率为89%。Allan等(2000)发现，银鲈对预榨浸提和纯压榨卡诺拉菜粕能量的消化率分别为58.1%和58.6%。

纤维在单胃动物消化道不会被大量消化，这也适用于水生动物。植物纤维分为两类：增加肠粘性的可溶性纤维(低聚糖)和增加饱腹感的不溶性纤维，卡诺拉菜粕纤维约50%是可溶性纤维，与豆粕相当(Mejicanos et al., 2016)。就目前掌握的资料，适当的不溶性纤维可以改善通食时间和采食量，但大量的纤维会导致饲料过于膨松。去除卡诺拉菜粕中纤维成分，可以提升卡诺拉菜粕的养分密度，进而提高其在养分富集水产饲料中的价值。



基本介绍



营养成分



反刍



猪



禽



水产



参考文献



参考文献



水产



禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍

表 3. 自 2000 年研究确认海水鱼对卡诺拉菜粕干物质的平均表观消化率

种类	学名	消化率, %
肉食性海水鱼		
虹鳟 ¹	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	73.4
大西洋鲑 ²	<i>Salmo salar L</i>	76.2
北极红点鲑 ³	<i>Salvelinus alpinus</i>	46.8
大菱鲆 ⁴	<i>Scophthalmus maximus</i>	57.1
尖吻鲈 ⁵	<i>Lates calcarifer</i>	41.2
舌齿鲈 ⁶	<i>Dicentrarchus labrax</i>	71.2
黄鳍鲷 ⁷	<i>Acanthopagrus (Sparus) latus</i>	33.5
军曹鱼 ⁸	<i>Rachycentron canadum</i>	58.5
大西洋鳕 ⁹	<i>Gadus morhua</i>	49.6
大西洋白姑鱼 ¹⁰	<i>Argyrosomus regius</i>	44.1
杂食性海水鱼		
黑线鳕 ¹¹	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	58.9
真赤鲷 ¹²	<i>Pagrus auratus</i>	19.6*

¹Mwachireya et al., 2000; Burel et al., 2000; Dalsgaard et al., 2012. ²Burel et al., 2000; Dalsgaard et al., 2012. ³Burr et al., 2011. ⁴Burel et al., 2000. ⁵Ngo et al., 2015. ⁶Igbal et al., 2015. ⁷Wu et al., 2006. ⁸Zhou et al., 2004. ⁹Tibbets et al., 2006. ¹⁰Rodrigues Olim, 2012.

¹¹Tibbets et al., 2004. ¹²Glencross et al., 2004a.

* 该数据可能有误，因为蛋白质自身的消化率将超过干物质的 30%

表 5. 自 2000 年研究确认海水鱼对卡诺拉菜粕能量的平均表观消化率

种类	学名	消化率, %
肉食性海水鱼		
虹鳟 ¹	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	78.9
大西洋鲑 ²	<i>Salmo salar L</i>	49.0
北极红点鲑 ³	<i>Salvelinus alpinus</i>	46.8
大菱鲆 ⁴	<i>Scophthalmus maximus</i>	69.3
尖吻鲈 ⁵	<i>Lates calcarifer</i>	47.6
真赤鲷 ⁶	<i>Pagrus auratus</i>	19.6
舌齿鲈 ⁷	<i>Dicentrarchus labrax</i>	91.7
黄鳍鲷 ⁸	<i>Acanthopagrus(Sparus)latus</i>	56.3
军曹鱼 ⁹	<i>Rachycentron canadum</i>	83.1
大西洋鳕 ¹⁰	<i>Gadus morhua</i>	60.6
大西洋白姑鱼 ¹¹	<i>Argyrosomus regius</i>	73.6
杂食性海水鱼		
黑线鳕 ¹²	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	60.1
真赤鲷 ¹³	<i>Pagrus auratus</i>	19.6

¹Mwachireya et al., 2000; Burel et al., 2000; Thiessen et al., 2004; Cheng and Hardy, 2002. ²Burr et al., 2011. ³Burr et al., 2011. ⁴Burel et al., 2000. ⁵Ngo et al., 2015. ⁶Glencross et al., 2004a. ⁷Lanari and D' Agaro, 2005. ⁸Wu et al., 2006. ⁹Zhou et al., 2004. ¹⁰Tibbets et al., 2006.

¹¹Rodrigues Olim, 2012. ¹²Tibbets et al., 2004. ¹³Glencross et al., 2004a.

表 4. 自 2000 年研究确认杂食性淡水鱼对卡诺拉菜粕干物质的平均表观消化率

种类	学名	消化率, %
杂食性淡水鱼		
澳洲银鲈 ¹	<i>Bidyanus bidyanus</i>	51.9
南亚野鲮 ²	<i>Labeo rohita</i>	51.3
尼罗罗非鱼 ³	<i>Oreochromis niloticus</i>	54.0

¹Allan et al., 2000. ²Hussain et al., 2015. ³Borges et al., 2006

表 6. 自 2000 年研究确认淡水鱼对卡诺拉菜粕能量的平均表观消化率

种类	学名	消化率, %
杂食性淡水鱼		
澳洲银鲈 ¹	<i>Bidyanus bidyanus</i>	58.1
南亚野鲮 ²	<i>Labeo rohita</i>	51.3
尼罗罗非鱼 ³	<i>Oreochromis niloticus</i>	68.0

¹Allan et al., 2000. ²Hussain et al., 2015. ³Borges et al., 2006.



基本介绍



营养成分



反刍



猪



禽



水产



参考文献



参考文献



水产



禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍

蛋白质和有效氨基酸

对大多数鱼类而言，卡诺拉菜粕的蛋白质消化率很高。NRC(2011)列举了以下鱼种对普通菜粕的蛋白质消化率：虹鳟91%，尼罗/蓝罗非鱼85%，军曹鱼89%。Hajen等(1993)确定了奇努克鲑对卡诺拉菜粕蛋白质的消化率为85%，与大豆分离蛋白的消化率84%大致相同，高于豆粕77%的消化率。对有些鱼种，特别是鲑鱼，卡诺拉菜粕蛋白对鱼类有益，但纤维限制其在配方中的配合比例。表7和表8归纳了自2000年以来有关肉食性和杂食性鱼类的研究结果。

表 7. 自 2000 年研究确认肉食性鱼对卡诺拉菜粕蛋白质的消化率

种类	学名	消化率, %
肉食性海水鱼		
虹鳟 ¹	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	96.5
大西洋鲑 ²	<i>Salmo salar L</i>	86.2
北极红点鲑 ³	<i>Salvelinus alpinus</i>	72.8
大菱鲆 ⁴	<i>Scophthalmus maximus</i>	82.9
舌齿鲈 ⁵	<i>Dicentrarchus labrax</i>	89.8
尖吻鲈 ⁶	<i>Lates calcarifer</i>	85.4
黄鳍鲷 ⁷	<i>Acanthopagrus (Sparus) latus</i>	84.7
军曹鱼 ⁸	<i>Rachycentron canadum</i>	89.0
大西洋白姑鱼 ⁹	<i>Argyrosomus regius</i>	93.9
大西洋鳕 ¹¹	<i>Gadus morhua</i>	76.0
肉食性淡水鱼		
淡水神仙鱼 ¹⁰	<i>Pterophyllum scalare</i>	86.5

¹Mwachireya et al., 2000; Burel et al., 2000; Dalsgaard et al., 2012; Gaylord et al., 2008; Gaylord et al., 2010; Thiessen et al., 2004; Cheng and Hardy, 2002. ²Burr et al., 2011. ³Burr et al., 2011. ⁴Burel et al., 2000. ⁵Lanari and D' Agaro, 2005. ⁶Ngo et al., 2015. ⁷Wu et al., 2006.

⁸Zhou et al., 2004. ⁹Rodrigues Olim, 2012. ¹⁰Erdogan and Olmez, 2010. ¹¹Tibbets et al., 2006.

表 8. 自 2000 年研究确认杂食性鱼对卡诺拉菜粕蛋白质的消化率

种类	学名	消化率, %
杂食性海水鱼		
黑线鳕 ¹	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	83.0
真赤鲷 ²	<i>Pagrus auratus</i>	82.3
杂食性淡水鱼		
澳洲银鲈 ³	<i>Bidyanus bidyanus</i>	83.0
南亚野鲮 ⁴	<i>Labeo rohita</i>	49.9
尼罗罗非鱼 ⁵	<i>Oreochromis niloticus</i>	82.0

¹Tibbets et al., 2004. ²Glencross et al., 2004a. ³Allan et al., 2000. ⁴Hussain et al., 2015. ⁵Borges et al., 2006

表 9. 几种水产蛋白原料的必须氨基酸指数 (EAAI)¹

蛋白质来源	EAAI	鲤鱼和虹鳟鱼的主要限制性氨基酸
全鱼	97	苏氨酸
鱼肉	97	苏氨酸
鲱鱼粉	94	苏氨酸
豆粕	91	蛋氨酸、胱氨酸、苏氨酸、赖氨酸
卡诺拉菜粕	95	赖氨酸
卡诺拉浓缩蛋白	94	赖氨酸

¹Burel and Kaushik, 2008



基本介绍



营养成分



反刍



猪



禽



水产



参考文献



参考文献



水产



禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍

矿物质和维生素

卡诺拉菜粕富含磷，尽管大部分磷以植酸磷的形式存在，并不能为大多数养殖鱼类所利用。因此，许多水产饲料中都添加植酸酶(NRC, 2011)以切割植酸与磷，改善磷的有效利用率。研究还表明，植酸酶也改善了其他矿物质的利用率，如钙、镁和锰(Cheng and Hardy, 2002; Vandenberg et al., 2011; Hussain et al., 2015)，减少了配方中无机矿物质的添加量。最近的研究表明，柠檬酸与植酸酶的作用类似，有利于释放植酸所结合的矿物质(Habib et al., 2018)。

抗营养特性

卡诺拉菜粕中有少量热不稳定性(硫代葡萄糖苷)和热稳定性(植酸、酚类化合物、丹宁、皂苷和纤维)的抗营养因子(见本指南第二章)。与猪和禽相比，很多鱼类对硫代葡萄糖苷的耐受性较高，如鲤鱼。加拿大卡诺拉菜粕残余硫代葡萄糖苷非常有限(3.2微摩尔/克)。一些文献已确定了鱼类日粮硫代葡萄糖苷的上限，对虹鳟鱼最保守的上限为1.4微摩尔/克，允许在虹鳟饲料中配比高达40%的卡诺拉菜粕。

碳水化合物可能被认为对某些鱼种有抗营养作用，可以在配方中添加碳水化合物酶，但这方面的研究还比较单薄。Buchanan等(1997)证实，在黑虎虾饲料中配比卡诺拉菜粕并补充碳水化合物酶，可以提高消化率和生长速度。

虽然卡诺拉菜粕抗营养因子的存在需要考虑其在某些水产饲料中的应用，但卡诺拉蛋白和芥花油比鱼粉和鱼油的应用具有明显优势，因为卡诺拉菜粕中多氯联苯二恶英(PCB)和多氯联苯呋喃(PCDD/F)的含量很低。在6个月的生长试验中，卡诺拉菜粕和芥花油全部替代配方中的鱼粉和鱼油，日粮的PCDD/F和PCBs由原来的4.06皮克/克显著地降低到0.73皮克/克，鱼片的PCDD/F和PCBs也由原来的1.10皮克/克降低到0.12皮克/克(Drew, et al., 2007)。根据欧洲食品科学委员会的建议，人体有机氯污染物的最大摄入量为14皮克/公斤体重/周。为食品安全和身体健康考虑，体重50公斤的人每周只能摄入640克用鱼粉和鱼油喂养的虹鳟，但每周可以安全地摄入5,880克用卡诺拉菜粕喂养的虹鳟。应用卡诺拉菜粕和芥花油以减少水产饲料中鱼粉和鱼油，可能会显著地影响养殖鱼类的安全性，并增加消费者对这些产品的接受度。

卡诺拉浓缩蛋白

可以通过蛋白质水相提取，将卡诺拉菜粕深加工成卡诺拉浓缩蛋白。也有几个试验评估了卡诺拉浓缩蛋白(Burr et al., 2013; Thiessen et al., 2004)，其粗蛋白水平与鱼粉大致相当，但氨基酸组成比玉米蛋白粉和豆粕更好。Collins等(2012)确认，与鱼粉相比，卡诺拉浓缩蛋白对虹鳟的生长没有负面影响。

膨化处理在水产料生产中非常普遍，该工艺对卡诺拉菜粕的消化率因鱼种而不同。Burel等(2000)确定，与预榨浸提菜粕相比，膨化处理普通菜粕对虹鳟的干物质和蛋白质消化率没有影响，大菱鲆的干物质和蛋白质消化率有明显改善，但银鲈的干物质消化率下降。Satoh等(1998)确认，膨化处理能提高奇努克鲑对菜粕的消化率。根据以上，膨化条件可能要根据鱼种而定。

鲑科鱼类

卡诺拉菜粕是鲑和鳟日粮中常见的饲料成分，鲑科鱼类对蛋白质的需要很高，卡诺拉菜粕中存在少许抗营养因子，因此配合比例受限。Collins等(2013)完成了各种植物性蛋白原料饲养鲑鱼的荟萃分析，并确定各自在鲑鱼日粮中的配合比例。采集了12个研究中30个数据点以确定卡诺拉菜粕在虹鳟料中的配合比例。总体而言，20%的卡诺拉菜粕并未显著影响虹鳟的生长速度。

杂食性鱼类

卡诺拉菜粕越来越多地用于杂食性鱼类饲料，如鲶、鲤、罗非、鲈、鲷和大菱鲆。Lim等(1997)发现鲶日粮中高达31%的卡诺拉菜粕不会对其生产性能产生负面影响。Van Minh等(2013)在苏式圆腹鱼日粮中配合30%的卡诺拉菜粕，其生产性能非常好。鲤日粮通常以植物蛋白为基础，无论卡诺拉菜粕还是普通菜粕，通常都可用于鲤鱼饲料(Cai et al., 2013)。Veiverberg等(2010)用卡诺拉菜粕替代幼龄草鱼饲料配方中的肉骨粉，生长速度和饲料效率没有差异，但饲喂卡诺拉菜粕组的鱼片产量高于饲喂肉骨粉的对照组。

罗非鱼的日粮中通常都有卡诺拉菜粕。Abdul-Aziz等(1999)在罗非鱼饲料中配比25%的卡诺拉菜粕，生产性能没有受到任何影响。Fangfang等(2014)证明，日粮中配比30%的卡诺拉菜粕，不影响罗非鱼的生长性能。在另一项尼罗罗非鱼研究中，Luo等(2012)用卡诺拉菜粕替代了配方中75%的鱼粉，观察到配方中高达55%的卡诺拉菜粕对罗非鱼生长性能没有不利影响。虽然肝酶水平的变化比较明显，但作者得出结论，卡诺拉菜粕替代配方中75%的鱼粉对罗非鱼生长没有不利影响。

卡诺拉菜粕用于罗非鱼配方，其适口性值得考虑。Yigit和Olmez(2012)发现，日粮中卡诺拉菜粕替代10%以上的鱼粉，其采食量和生长速度都会降低。Mohammadi等(2016)也发现类似现象，罗非鱼饲料中卡诺拉菜粕配比高达40%，尽管蛋白质效率比(PER)和饲料效率都没有差异，但20%和40%卡诺拉菜粕配比都降低了采食量和增重。虽然日粮中养分充足，但未能诱使罗非鱼采食。补充诱食剂有助于提升采食量。

世界各地饲养了几种鲤科鱼类作为食用，这些品种的营养需要正在研究中。Jiang等(2015)证实，草鱼料中配合30%卡诺拉菜粕、20%豆粕和10%棉粕，额外补充赖氨酸和蛋氨酸，草鱼生长性能良好。Shi等(2017)指出，卡诺拉菜粕与小球藻组合可以完全替代鱼粉，卡诺拉菜粕也有望完全替代鱼粉。Habib等(2018)在南亚野鲮卡诺拉菜粕型日粮中添加植酸酶或柠檬酸盐，并确定这两种添加剂均提高了钙、磷、钠、钾、镁的消化率，在其配方中可相应地减少这些矿物质的添加量。就蛋白质来源对南亚野鲮的生长速度而言，卡诺拉菜粕的生长速度比棉粕、普通菜粕、普通菜粕或鱼粉的更快。

在其他鱼类也有类似的发现。Glencross(2003)发现，真赤鲷饲料中高达60%的卡诺拉菜粕并没有对生长性能产生不利影响。Webster等(2000)在阳光鲈饲料中配比20%的卡诺拉菜粕，观察到生长速度与鱼粉对照组没有差异，但饲料转化效率提高。Hung和Van Minh(2013)证实，卡诺拉菜粕可以替代乌鳢饲料中20%的鱼粉，而对生产性能没有任何负面影响。

虾和对虾

卡诺拉菜粕已在世界许多地区成功地用于虾和对虾饲料。在中国一项早期的试验研究中，Lim等(1998)发现，虾饲料中配比15%的卡诺拉菜粕对生长性能没有显著影响，但配比30%和45%的卡诺拉菜粕会降低生长速度和采食量。从那时起，已经获得了这些种类营养需要相关的知识。

在墨西哥，Cruz-Suarez等(2001)认识到卡诺拉菜粕在虾料中可配比30%，并替代配方中的鱼粉、豆粕和小麦，试验证明对蓝虾幼苗期的生长没有影响。在马来西亚，Bulbul等(2016)发现，卡诺拉菜粕可以取代日本对虾配方中20%的鱼粉，生产性能并不改变；卡诺拉菜粕和豆粕混合(40:60)可以替代日本对虾料中的全部鱼粉，当然，试验中添加了诱食剂。在澳大利亚，Buchanan等(1997)在试验中以不含卡诺拉菜粕的饲料为对照，处理组分别配比20%和64%的卡诺拉菜粕，结果发现，配合比例高达64%的菜粕补充复合酶，对虾的生长速度与对照组相当。Safari等(2014)发现，粉碎的油菜籽是淡水鳌虾饲料中很有价值的原料。

对虾而言，卡诺拉菜粕一个非营养因素需要考虑，就是菜粕纤维导致颗粒在水中的稳定性差，可能需要添加颗粒粘合剂以解决颗粒沉水稳定性问题。

芥花油

现阶段人们对水产养殖鱼类和甲壳类动物的消费需求很高，导致了鱼油短缺，这一问题预期在将来会更严重。用植物油替代鱼油已有很多的研究，一般说来对鱼类的生长性能影响很小(Glencross and Turchini, 2011)。根据Turchini等(2013)的研究，芥花油和普通菜籽油是鲑和鳟料中使用最广泛的植物油，芥花油的油酸(omega 6)含量低，有助于维持鱼类天然存在的Omega 3:6比例，因而在鱼料中更为需要。Turchini等(2013)在虹鳟饲料，用芥花油替代了90%的鱼油，生产性能没有差异，但鱼片omega 3:6的比例稍有变化。同样，Karayücel和Dernekbaşı(2010)发现，虹鳟饲料中的脂肪100%来源于芥花油时，其生长性能与鱼油没有差异。

鱼料中应用油脂的另一方式是在生长前期用植物油，而在生长最后阶段用较多的鱼油，这样有利于养殖鱼类摄入较为廉价的油脂，并在生长最后阶段有效地沉积脂肪。Izquierdo等(2005)曾在鳍鲷生长前期料用芥花油，在生长最后阶段用鱼油，鳍鲷脂肪酸组成比较理想；而鳍鲷生长前期采食豆粕并在组织沉积了大量的亚油酸，尽管生长最后阶段采用鱼油，仍然不能显著地减少已沉积的亚油酸。



基本介绍



营养成分



反刍



猪



禽



水产



参考文献



参考文献



水产



禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍

参考文献

加工

COPA, 2019. Canadian Oilseed Processors Association. Trading rules. <https://copacanada.com/trading-rules/>, Winnipeg, Manitoba

Daun, J.K. and Adolphe, D. 1997. A revision to the canola definition. GCIRC Bulletin. July 1997. pp.134–141.

成分

Adewole, D.I., Rogiewicz, A., Dyck, B. and Slominski, B.A., 2016. Chemical and nutritive characteristics of canola meal from Canadian processing facilities. Animal feed science and technology, 222, pp.17-30.

Assadi, E., Janmohammadi, H., Taghizadeh, A. and Aljani, S., 2011. Nutrient composition of different varieties of full-fat canola seed and nitrogen-corrected true metabolizable energy of full-fat canola seed with or without enzyme addition and thermal processing. Journal of applied poultry research, 20(1), pp.95-101.

Bell, J.M. and Keith, M.O., 1991. A survey of variation in the chemical composition of commercial canola meal produced in Western Canadian crushing plants. Canadian journal of animal science, 71(2), pp.469-480.

Bell, J.M., Rakow, G. and Downey, R.K., 1999. Mineral composition of oil-free seeds of Brassica napus, B. rapa and B. juncea as affected by location and year. Canadian journal of animal science, 79(3), pp.405-408.

Broderick, G.A., Colombini, S., Costa, S., Karsli, M.A. and Faciola, A.P., 2016. Chemical and ruminal in vitro evaluation of Canadian canola meals produced over 4 years. Journal of dairy science, 99(10), pp.7956-7970.

Chelikani, P.K., Bell, J.A. and Kennelly, J.J., 2004. Effects of feeding or abomasal infusion of canola oil in Holstein cows 1. Nutrient digestion and milk composition. Journal of dairy research, 71(3), pp.279-287.

Evonik, AminoDat Platinum. 2018. <https://animal-nutrition.evonik.com/product/feed-additives/en/services/animal-nutrition/aminodat/>

Gallardo, M.A., Pérez, D.D. and Leighton, F.M., 2012. Modification of fatty acid composition in broiler chickens fed canola oil. Biological research, 45(2), pp.149-161.

Grieve, S.M. 1978. Rapeseed gums for lactating dairy cows. 57th Annual Feeders' Day Report, University of Alberta, p. 66.

Gül, M., Yörük, M.A., Aksu, T., Kaya, A. and Kaynar, Ö., 2012. The effect of different levels of canola oil on performance, egg shell quality and fatty acid composition of laying hens. International journal of poultry science, 11(12), p.769.

Khajali, F. and Slominski, B.A., 2012. Factors that affect the nutritive value of canola meal for poultry. Poultry science, 91(10), pp.2564-2575.

Leterme, P., Kish, P. and Beaulieu, A.D., 2008. Digestibility energy determination of canola meal and full-fat canola seeds in pigs: limitations of the substitution method. Journal of animal science , 86 (Suppl. 2) pp. 186.

Mathison, G.W., 1978. Rapeseed gum in finishing diets for steers. Canadian Journal of Animal Science, 58(2), pp.139-142.

McCuaig, L.W. and Bell, J.M., 1981. Effects of rapeseed gums on the feeding value of diets for growing-finishing pigs. Canadian journal of animal science, 61(2), pp.463-467.

Montoya, C.A. and Leterme, P., 2010. Validation of the net energy content of canola meal and full-fat canola seeds in growing pigs. Canadian journal of animal science, 90(2), pp.213-219.

NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. National Academy of Sciences, Washington, D.C.

NRC. 2012. Nutrient Requirements of Swine. National Academy of Sciences, Washington, D.C.

Qiao, H. and Classen, H.L., 2003. Nutritional and physiological effects of rapeseed meal sinapine in broiler chickens and its metabolism in the digestive tract. Journal of the science of food and agriculture, 83(14), pp.1430-1438.

Sauvant, D., Perez, J.M. and Tran, G., 2004. Tables of composition and nutritional value of feed materials. Wageningen Academic Publishers, INRA Editions.

Summers, J.D., Leeson, S. and Slinger, S.J., 1978. Performance of egg-strain birds during their commercial life cycle when continuously fed diets containing Tower rapeseed gums. Canadian journal of animal science, 58(2), pp.183-189.

Radfar, M., Rogiewicz, A. and Slominski, B.A., 2017. Chemical composition and nutritive value of canola-quality Brassica juncea meal for poultry and the effect of enzyme supplementation. Animal feed science and technology, 225, pp.97-108.

Zambiazi, R. C., Przybylski, R., Zambiazi, M. W., & Mendonça, C. B. (2007). Fatty acid composition of vegetable oils and fats. Boletim do centro de pesquisa de processamento de alimentos, 25(1).

反刍动物

Abeysekara, S. and Mutsvangwa, T., 2016. Effects of feeding canola meal or wheat dried distillers' grains with solubles alone or in combination as the major protein sources on ruminal function and production in dairy cows. Journal of animal science, 94, pp.755-756

Acharya, I.P., Schingoethe, D.J., Kalscheur, K.F. and Casper, D.P., 2015. Response of lactating dairy cows to dietary protein from canola meal or distillers' grains on dry matter intake, milk production, milk composition, and amino acid status. Canadian journal of animal science, 95(2), pp.267-279.

Agbossamey, Y.R., Petit, H.V., Seoane, J.R. and St-Laurent, G.J., 1998. Performance of lambs fed either hay or silage supplemented with canola or fish meals. Canadian journal of animal science, 78(1), pp.135-141.

Andrade, P.V.D. and Schmidely, P., 2006. Influence of percentage of concentrate in combination with rolled canola seeds on performance, rumen fermentation and milk fatty acid composition in dairy goats. Livestock science, 104(1-2), pp.77-90.

Asadollahi, S., Sari, M., Erafanimajd, N., Kiani, A. and Ponnampalam, E.N., 2017. Supplementation of sugar beet pulp and roasted canola seed in a concentrate diet altered carcass traits, muscle (*longissimus dorsi*) composition and meat sensory properties of Arabian fattening lambs. Small ruminant research, 153, pp.95-102.

Auldist, M.J., Marett, L.C., Greenwood, J.S., Wright, M.M., Hannah, M., Jacobs, J.L. and Wales, W.J., 2014. Replacing wheat with canola

meal in a partial mixed ration increases the milk production of cows grazing at a restricted pasture allowance in spring. Animal production science, 54(7), pp.869-878.

Bach, A., Ruiz Moreno, M., Thrune, M. and Stern, M.D., 2008. Evaluation of the fermentation dynamics of soluble crude protein from three protein sources in continuous culture fermenters. Journal of animal science, 86(6), pp.1364-1371.

Bayourthe, C., Enjalbert, F. and Moncoulou, R., 2000. Effects of different forms of canola oil fatty acids plus canola meal on milk composition and physical properties of butter. Journal of dairy science, 83(4), pp.690-696.

Beauchemin, K.A., McGinn, S.M., Benchaar, C. and Holtshausen, L., 2009. Crushed sunflower, flax, or canola seeds in lactating dairy cow diets: Effects on methane production, rumen fermentation, and milk production. Journal of dairy science, 92(5), pp.2118-2127.

Beaulieu, A.D., Olubobokun, J.A. and Christensen, D.A., 1990. The utilization of canola and its constituents by lactating dairy cows. Animal feed science and technology, 30(3-4), pp.289-300.

Brito, A.F., Broderick, G.A. and Reynal, S.M., 2007. Effects of Different Protein Supplements on Omasal Nutrient Flow and Microbial Protein Synthesis in Lactating Dairy Cows1. Journal of dairy science, 90(4), pp.1828-1841.

Broderick, G.A., Colombini, S., Costa, S., Karsli, M.A. and Faciola, A.P., 2016. Chemical and ruminal in vitro evaluation of Canadian canola meals produced over 4 years. Journal of dairy science, 99(10), pp.7956-7970.

Broderick, G.A. and Faciola, A.P., 2014. Effects of supplementing rumen-protected met and lys on diets containing soybean meal or canola meal in lactating dairy cows. Journal of dairy science97, (Suppl 1), pp.750-751..

Broderick, G.A., Faciola, A.P. and Armentano, L.E., 2015. Replacing dietary soybean meal with canola meal improves production and efficiency of lactating dairy cows. Journal of dairy science, 98(8), pp.5672-5687.

Broderick, G.A., Faciola, A.P., Nernberg, L., and Hickling D., 2012. Effect of replacing dietary soybean meal with canola meal on production of lactating dairy cows . Journal of dairy science. 95(Suppl 2): 249



基本介绍



营养成分



反刍



猪



禽



水产



参考文献



参考文献



水产



禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍

Chibisa, G.E., Christensen, D.A. and Mutsangwa, T., 2012. Effects of replacing canola meal as the major protein source with wheat dried distillers grains with solubles on ruminal function, microbial protein synthesis, omasal flow, and milk production in cows. *Journal of dairy science*, 95(2), pp.824-841.

Chichlowski, M.W., Schroeder, J.W., Park, C.S., Keller, W.L. and Schimek, D.E., 2005. Altering the fatty acids in milk fat by including canola seed in dairy cattle diets. *Journal of dairy science*, 88(9), pp.3084-3094.

Christen, K.A., Schingoethe, D.J., Kalscheur, K.F., Hippen, A.R., Karges, K.K. and Gibson, M.L., 2010. Response of lactating dairy cows to high protein distillers grains or 3 other protein supplements. *Journal of Dairy Science*, 93(5), pp.2095-2104.

Claassen, R.M., Christensen, D.A. and Mutsangwa, T., 2016. Effects of extruding wheat dried distillers grains with solubles with peas or canola meal on ruminal fermentation, microbial protein synthesis, nutrient digestion, and milk production in dairy cows. *Journal of dairy science*, 99(9), pp.7143-7158.

Cools, S., Van Den Broeck, W., Vanhaecke, L., Heyerick, A., Bossaert, P., Hostens, M. and Opsomer, G., 2014. Feeding soybean meal increases the blood level of isoflavones and reduces the steroidogenic capacity in bovine corpora lutea, without affecting peripheral progesterone concentrations. *Animal reproduction science*, 144(3-4), pp.79-89.

Cotanch, K.W., Grant, R.J., Van Amburgh, M.E., Zontini, A., Fustini, M., Palmonari, A. and Formigoni, A., 2014. Applications of uNDF in ration modeling and formulation. *Proceedings Cornell Nutrition Conference* pp.114-131

Damiran, D., Lardner, H.A., Jefferson, P.G., Larson, K. and McKinnon, J.J., 2016. Effects of supplementing spring-calving beef cows grazing barley crop residue with canola meal and wheat-based dry distillers grains with solubles on performance, reproductive efficiency, and system cost. *The professional animal scientist*, 32(4), pp.400-410.

Damiran, D. and McKinnon, J.J., 2018. Evaluation of wheat-based dried distillers grains with solubles or canola meal derived from Brassica napus seed as an energy source for feedlot steers. *Translational animal science*, 2(suppl_1), pp.S139-S144.

Erdman, R. and M. Iwaniuk. 2017. DCAD: It's not just for dry cows. *Proc. Florida Nutrition Conf.*

Faciola, A.P. and Broderick, G., 2013. Effects of replacing soybean meal with canola meal for lactating dairy cows fed three different ratios of alfalfa to corn silage. *Journal of dairy science*, 96(E-Suppl 1) p.452.

Flachowsky, G., Franke, K., Meyer, U., Leiterer, M. and Schöne, F., 2014. Influencing factors on iodine content of cow milk. *European journal of nutrition*, 53(2), pp.351-365.

Galindo, C.E. , D.R. Ouellet, G. Maxin, R. Martneau, D.Pellerin and H. Lapierre. 2017. Effects of protein and forage sources on milk production, rumen parameters and intestinal digestibility in lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 100 (Suppl 1) p. 111.

Garikipati, D.K. 2004. Effect of endogenous phytase addition to diets on phytate phosphorus digestibility in dairy cows. MS Thesis, Washington State University.

Gidlund, H., Hetta, M. and Huhtanen, P., 2017. Milk production and methane emissions from dairy cows fed a low or high proportion of red clover silage and an incremental level of rapeseed expeller. *Livestock science*, 197, pp.73-81.

Gidlund, H., Hetta, M., Krizsan, S.J., Lemosquet, S. and Huhtanen, P., 2015. Effects of soybean meal or canola meal on milk production and methane emissions in lactating dairy cows fed grass silage-based diets. *Journal of dairy science*, 98(11), pp.8093-8106.

Good, A.C., McKinnon, J.J., Penner, G.B., McAllister, T.A. and Mutsangwa, T., 2017. Evaluation of canola meal versus soybean meal as a protein supplement on performance and carcass characteristics of growing and finishing beef cattle. *Journal of animal science*, 95(Suppl 4), pp.125-126.

Gordon, M.B., Thompson, E. Gowen, T., Mosely, D., Small, J.A. and Barrett, D.M.W., . 2012. The effects of a soybean and canola diet during pre-pubertal growth on dairy heifer fertility. *Journal of dairy science* . 95(E-Suppl 1):800.

Hadam, D., Kański, J., Burakowska, K., Penner, G.B., Kowalski, Z.M. and Górká, P., 2016. Effect of canola meal use as a protein source in a starter mixture on feeding behavior and performance of calves during the weaning transition. *Journal of dairy science*, 99(2), pp.1247-1252.

He, M. and Armentano, L.E., 2011. Effect of fatty acid profile in vegetable oils and antioxidant supplementation on dairy cattle performance and milk fat depression. *Journal of dairy science*, 94(5), pp.2481-2491.

He, M.L., Gibb, D., McKinnon, J.J. and McAllister, T.A., 2013. Effect of high dietary levels of canola meal on growth performance, carcass quality and meat fatty acid profiles of feedlot cattle. *Canadian journal of animal science*, 93(2), pp.269-280.

He, M., Perfield, K.L., Green, H.B. and Armentano, L.E., 2012. Effect of dietary fat blend enriched in oleic or linoleic acid and monensin supplementation on dairy cattle performance, milk fatty acid profiles, and milk fat depression. *Journal of dairy science*, 95(3), p.1447.

Hedqvist, H. and Udén, P., 2006. Measurement of soluble protein degradation in the rumen. *Animal feed science and technology*, 126(1-2), pp.1-21.

Heim, R. and Krebs, G., 2018. Expeller barrel dry heat and moist heat pressure duration induce changes in canola meal protein for ruminant utilisation. *Animals*, 8(9), p.147.

Hentz, F., Kozloski, G.V., Orlandi, T., Avila, S.C., Castagnino, P.S., Stefanello, C.M. and Pacheco, G.F.E., 2012. Intake and digestion by wethers fed a tropical grass-based diet supplemented with increasing levels of canola meal. *Livestock science*, 147(1-3), pp.89-95.

Hristov, A.N., Domitrovich, C., Wachter, A., Cassidy, T., Lee, C., Shingfield, K.J., Kairenus, P., Davis, J. and Brown, J., 2011. Effect of replacing solvent-extracted canola meal with high-oil traditional canola, high-oleic acid canola, or high-erucic acid rapeseed meals on rumen fermentation, digestibility, milk production, and milk fatty acid composition in lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 94(8), pp.4057-4074.

Huang, X., Khan, N.A., Zhang, X. and Yu, P., 2015. Effects of canola meal pellet conditioning temperature and time on ruminal and intestinal digestion, hourly effective degradation ratio, and potential nitrogen to energy synchronization in dairy cows. *Journal of dairy science*, 98(12), pp.8836-8845.

Huhtanen, P., Hetta, M. and Swensson, C., 2011. Evaluation of canola meal as a protein supplement for dairy cows: a review and a meta-analysis. *Canadian journal of animal science*, 91(4), pp.529-543.

Jayasinghe, N., K. F. Kalscheur, J. L. Anderson, and D. P. Casper. 2014. Ruminal degradability and intestinal digestibility of protein and amino acids in canola meal. *Journal of dairy science (E-Suppl.1)*, pp.566-577.

Johansson, B. and Nadeau, E., 2006. Performance of dairy cows fed an entirely organic diet containing cold-pressed rapeseed cake. *Acta agriculturae scand Section A*, 56(3-4), pp.128-136.

Johnson, K.A., Kincaid, R.L., Westberg, H.H., Gaskins, C.T., Lamb, B.K. and Cronrath, J.D., 2002. The effect of oilseeds in diets of lactating cows on milk production and methane emissions. *Journal of dairy science*, 85(6), pp.1509-1515.

Jones, R.A., Mustafa, A.F., Christensen, D.A. and McKinnon, J.J., 2001. Effects of untreated and heat-treated canola presscake on milk yield and composition of dairy cows. *Animal feed science and technology*, 89(1-2), pp.97-111.

Karami, M., Ponampalam, E.N. and Hopkins, D.L., 2013. The effect of palm oil or canola oil on feedlot performance, plasma and tissue fatty acid profile and meat quality in goats. *Meat science*, 94(2), pp.165-169.

Krizsan, S.J., Gidlund, H., Fatehi, F. and Huhtanen, P., 2017. Effect of dietary supplementation with heat-treated canola meal on ruminal nutrient metabolism in lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 100(10), pp.8004-8017.

Li, C., Beauchemin, K.A. and Yang, W.Z., 2013. Effects of supplemental canola meal and various types of distillers grains on ruminal degradability, duodenal flow, and intestinal digestibility of protein and amino acids in backgrounded heifers. *Journal of animal science*, 91(11), pp.5399-5409.

Liu, G., Ma, Z., Shan, A., Wang, L. and Bi, Z., 2016. Effects of dietary rumen-protected lysine on milk yield and composition in lactating cows fed diets containing double-low rapeseed meal. *International journal of dairy technology*, 69(3), pp.380-385.

Llewellyn, D.A., Rohwer, G., Norberg, O.S., Kimura, E., Neiberger, J.S. and Fransen, S.C., 2015. Case study: evaluating farm processed canola and camelina meals as protein supplements for beef cattle. *Journal of the national association of country agricultural agents*, 8(2).

Malau-Aduli, A.E.O., Sykes, J.M. and Bignell, C.W., 2009. Influence of lupins and canola supplements on plasma amino acids, wool fibre diameter and liveweight in genetically divergent first cross Merino lambs. *Proceedings World Congress on Fats and Oils*.

Mandiki, S.N.M., Bister, J.L., Derycke, G., Wathelet, J.P., Mabon, N., Marlier, N. and Paquay, R., 1999. Optimal level of rapeseed meal in diets of lambs. In *Proceedings 10th International Rapeseed Congress*, Canberra, Australia.

Maesoomi, S.M., Ghorbani, G.R., Alikhani, M. and Nikkhah, A., 2006. Canola meal as a substitute for cottonseed meal in diet of midlactation Holsteins. *Journal of dairy science*, 89(5), pp.1673-1677.



基本介绍

营养成分

反刍

猪

禽

水产

参考文献



参考文献



水产



禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍

Martineau, R., Ouellet, D.R. and Lapierre, H., 2013. Feeding canola meal to dairy cows: A meta-analysis on lactational responses. *Journal of dairy science*, 96(3), pp.1701-1714.

Martineau, R., Ouellet, D.R. and Lapierre, H., 2014. The effect of feeding canola meal on concentrations of plasma amino acids. *Journal of dairy science*, 97(3), pp.1603-1610.

Martineau, R., Ouellet, D.R. and Lapierre, K. 2019. Does blending canola meal with other protein sources improve production responses in lactating dairy cows? A multilevel mixed-effects meta-analysis. *Journal of dairy science* (in Press)

Miller-Cushon, E.K., Terré, M., DeVries, T.J. and Bach, A., 2014. The effect of palatability of protein source on dietary selection in dairy calves. *Journal of dairy science*, 97(7), pp.4444-4454.

Maxin, G., Ouellet, D.R. and Lapierre, H., 2013a. Effect of substitution of soybean meal by canola meal or distillers grains in dairy rations on amino acid and glucose availability. *Journal of dairy science*, 96(12), pp.7806-7817.

Maxin, G., Ouellet, D.R. and Lapierre, H., 2013b. Ruminal degradability of dry matter, crude protein, and amino acids in soybean meal, canola meal, corn, and wheat dried distillers grains. *Journal of dairy science*, 96(8), pp.5151-5160..

Moate, P.J., Williams, S.R.O., Grainger, C., Hannah, M.C., Ponnampalam, E.N. and Eckard, R.J., 2011. Influence of cold-pressed canola, brewers grains and horney meal as dietary supplements suitable for reducing enteric methane emissions from lactating dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 166, pp.254-264.

Moore, S.A. E. and K. J. Kalscheur. 2016. Canola meal in dairy cow diets during early lactation increases production compared with soybean meal. *Journal of dairy science* (Suppl 1) 99: 719.

Mulrooney, C.N., Schingoethe, D.J., Kalscheur, K.F. and Hippen, A.R., 2009. Canola meal replacing distillers grains with solubles for lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 92(11), pp.5669-5676.

Mustafa, A.F., Christensen, D.A. and McKinnon, J.J., 1996. Chemical characterization and nutrient availability of high and low fiber canola meal. *Canadian journal of animal science*, 76(4), pp.579-586.

Mustafa, A.F., Christensen, D.A. and McKinnon, J.J., 1997. The effects of feeding high fiber canola meal on total tract digestibility and milk production. *Canadian journal of animal science*, 77(1), pp.133-140.

Mutsvanga, T., Kiran, D. and Abeysekara, S., 2016. Effects of feeding canola meal or wheat dried distillers grains with solubles as a major protein source in low-or high-crude protein diets on ruminal fermentation, omasal flow, and production in cows. *Journal of dairy science*, 99(2), pp.1216-1227.

Nair, J., Penner, G.B., Yu, P., Lardner, H.A., McAllister, T.A., Damiran, D. and McKinnon, J.J., 2016. Evaluation of canola meal derived from Brassica juncea and Brassica napus on rumen fermentation and nutrient digestibility by feedlot heifers fed finishing diets. *Canadian journal of animal science*, 96(3), pp.342-353.

Nair, J., Penner, G.B., Yu, P., Lardner, H.A., McAllister, T., Damiran, D. and McKinnon, J.J., 2015. Evaluation of canola meal derived from Brassica juncea and Brassica napus seed as an energy source for feedlot steers. *Canadian journal of animal science*, 95(4), pp.599-607.

NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. National Research Council, Washington, D.C.

NRC. 2015. Nutrient Requirements of Beef Cattle. National Research Council, Washington, D.C.

Patterson, H.H., Whittier, J.C., Rittenhouse, L.R., Larsen, L. and Howes, A.D., 1999. Effects of Cull Beans, Sunflower Meal, and Canola Meal as Protein Supplements to Beef Steers Consuming Grass Hay on In Situ Digestion Kinetics1. *The professional animal scientist*, 15(3), pp.185-190.

Paula, E.M., Danes, M.A.C., Lobos, N.E., Zanton, G.I., Broderick, G.A. and Faciola, A.P., 2015. Effects of replacing soybean meal with canola meal or treated canola meal on performance of lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 98(2), p.387.

Paula, E.M., Broderick, G.A., Danes, M.A.C., Lobos, N.E., Zanton, G.I. and Faciola, A.P., 2018. Effects of replacing soybean meal with canola meal or treated canola meal on ruminal digestion, omasal nutrient flow, and performance in lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 101(1), pp.328-339.

Paula, E.M., Monteiro, H.F., Silva, L.G., Benedeti, P.D.B., Daniel, J.L.P., Shenkoru, T., Broderick, G.A. and Faciola, A.P., 2017a. Effects of replacing soybean meal with canola meal differing in rumen-undegradable protein content on ruminal fermentation and gas production kinetics using 2 in vitro systems. *Journal of dairy science*, 100(7), pp.5281-5292.

Paula, E.M., Daniel, L.P., Silva, L.G., Costa H.H.A., and Faciola, A.P. 2017b. Assessing potentially digestible NDF and energy content of canola meal from twelve Canadian crushing plants over four production years. *Journal of dairy science*, 100 (Suppl2) 329-330.

Perera, S.P., McIntosh, T.C. and Wanasundara, J.P., 2016. Structural properties of cruciferin and napin of Brassica napus (canola) show distinct responses to changes in pH and temperature. *Plants*, 5(3), p.36.

Petit, H.V. and Veira, D.M., 1994. Effect of post-weaning protein supplementation of beef steers fed grass silage on performance during the finishing phase, and carcass quality. *Canadian journal of animal science*, 74(4), pp.699-701.

Ravichandiran, S., Sharma, K., Dutta, N., Patianaik, A.K., Chauhan, J.S., Agnihotri, A. and Kumar, A., 2008. Performance of crossbred calves on supplements containing soybean meal or rapeseed-mustard cake with varying glucosinolate levels. *Indian journal of animal sciences* 78, pp. 85-90.

Puhakka, L., Jaakkola, S., Simpura, I., Kokkonen, T. and Vanhatalo, A., 2016. Effects of replacing rapeseed meal with fava bean at 2 concentrate crude protein levels on feed intake, nutrient digestion, and milk production in cows fed grass silage-based diets. *Journal of dairy science*, 99(10), pp.7993-8006.

Rezamand, P., Hatch, B.P., Carnahan, K.G. and McGuire, M.A., 2016. Effects of α-linolenic acid-enriched diets on gene expression of key inflammatory mediators in immune and milk cells obtained from Holstein dairy cows. *Journal of dairy research*, 83(1), pp.20-27.

Rinne, M., Kuoppala, K., Ahvenjärvi, S. and Vanhatalo, A., 2015. Dairy cow responses to graded levels of rapeseed and soya bean expeller supplementation on a red clover/grass silage-based diet. *Animal*, 9(12), pp.1958-1969.

Ross, D. 2015. Personal communication. Ross, D.A., Gutierrez-Botero, M. and Van Amburgh, M.E. 2013. Development of an in-vitro intestinal digestibility assay for ruminant feeds. *Proceedings of the Cornell Nutrition Conference*. pp. 190–202.

Salehi, R., Ambrose, D.J. and Oba, M., 2016. Effects of prepartum diets supplemented with rolled oilseeds on Brix values and fatty acid profile of colostrum. *Journal of dairy science*, 99(5), pp.3598-3601.

Salehi, R., Colazo, M.G., Oba, M. and Ambrose, D.J., 2016. Effects of prepartum diets supplemented with rolled oilseeds on calf birth weight, postpartum health, feed intake, milk yield, and reproductive

performance of dairy cows. *Journal of dairy science*, 99(5), pp.3584-3597.

Shingfield, K.J., Vanhatalo, A. and Huhtanen, P., 2003. Comparison of heat-treated rapeseed expeller and solvent-extracted soya-bean meal as protein supplements for dairy cows given grass silage-based diets. *Animal Science*. 77,pp. 305-317

Skrivanova, V., Marounek, M. and Dvorak, R., 2004. Digestibility of total and phytate phosphorus in young calves. *Veterinarni medicina-UZPI*, 49, 191-196.

Spears, J.W., 2003. Trace mineral bioavailability in ruminants. *The journal of nutrition*, 133(5), pp.1506S-1509S.

Stefánskí, T., Ahvenjärvi, S., Huhtanen, P. and Shingfield, K.J., 2013. Metabolism of soluble rapeseed meal (*Brassica rapa* L.) protein during incubations with buffered bovine rumen contents *in vitro*. *Journal of dairy science*, 96(1), pp.440-450.

Stoffel, C.M., Crump, P.M. and Armentano, L.E., 2015. Effect of dietary fatty acid supplements, varying in fatty acid composition, on milk fat secretion in dairy cattle fed diets supplemented to less than 3% total fatty acids. *Journal of dairy science*, 98(1), pp.431-442.

Suarez-Mena, F.X., Lascano, G.J., Rico, D.E. and Heinrichs, A.J., 2015. Effect of forage level and replacing canola meal with dry distillers grains with solubles in precision-fed heifer diets: Digestibility and rumen fermentation. *Journal of dairy science*, 98(11), pp.8054-8065.

Swanepoel, N., Robinson, P.H. and Erasmus, L.J., 2014. Determining the optimal ratio of canola meal and high protein dried distillers grain protein in diets of high producing Holstein dairy cows. *Animal Feed science and technology*, 189, pp.41-53.

Swanepoel, N., Robinson, P.H. and Erasmus, L.J., 2015. Effects of ruminally protected methionine and/or phenylalanine on performance of high producing Holstein cows fed rations with very high levels of canola meal. *Animal Feed science and technology*, 205, pp.10-22.

Swanepoel, N., Robinson, P.H. and Erasmus, L.J., 2016. Impacts of adding ruminally protected phenylalanine to rations containing high levels of canola meal on performance of high producing Holstein cows. *Animal Feed science and technology*, 216, pp.108-120.



基本介绍



营养成分



反刍



猪



禽



水产



参考文献



参考文献



水产



禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍

Theodoridou, K. and Yu, P., 2013. Application potential of ATR-FT/IR molecular spectroscopy in animal nutrition: revelation of protein molecular structures of canola meal and presscake, as affected by heat-processing methods, in relationship with their protein digestive behavior and utilization for dairy cattle. *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(23), pp.5449-5458.

Tøren, G., Pihlava, J.M., Brandt-Kjelsen, A., Salbu, B. and Prestløkken, E., 2018. Heat-treated rapeseed expeller press cake with extremely low glucosinolate content reduce transfer of iodine to cow milk. *Animal feed science and technology*, 239, pp.66-73.

Tylutki, T.P., Fox, D.G., Durbal, V.M., Tedeschi, L.O., Russell, J.B., Van Amburgh, M.E., Overton, T.R., Chase, L.E. and Pell, A.N., 2008. Cornell Net Carbohydrate and Protein System: A model for precision feeding of dairy cattle. *Animal Feed science and technology*, 143(1-4), pp.174-202.

Veselý, A., Kržíková, L., Trnáctý, J., Hadrová, S., Navrátilová, M., Herzig, I. and Fišera, M., 2009. Changes in fatty acid profile and iodine content in milk as influenced by the inclusion of extruded rapeseed cake in the diet of dairy cows. *Czech journal of animal science*, 54 (9), pp.201-209.

Vincent, I.C., Hill, R. and Campling, R.C., 1990. A note on the use of rapeseed, sunflower and soyabean meals as protein sources in compound foods for milking cattle. *Animal science*, 50(3), pp.541-543.

Weiss, W.P., Wyatt, D.J., Kleinschmit, D.H. and Socha, M.T., 2015. Effect of including canola meal and supplemental iodine in diets of dairy cows on short-term changes in iodine concentrations in milk. *Journal of dairy science*, 98(7), pp.4841-4849.

Wiese, S.C., White, C.L., Masters, D.G., Milton, J.T.B. and Davidson, R.H., 2003. Growth and carcass characteristics of prime lambs fed diets containing urea, lupins or canola meal as a crude protein source. *Australian journal of experimental agriculture*, 43(10), pp.1193-1197.

Woclawek-Potocka, I., Acosta, T.J., Korzekwa, A., Bah, M.M., Shibaya, M., Okuda, K. and Skarzynski, D.J., 2005. Phytoestrogens modulate prostaglandin production in bovine endometrium: cell type specificity and intracellular mechanisms. *Experimental biology and medicine*, 230(5), pp.326-333.

猪

Adewole, D.I., Rogiewicz, A., Dyck, B., Nyachoti, C.M. and Slominski, B.A., 2017. Standardized ileal digestible amino acid contents of

canola meal from Canadian crushing plants for growing pigs. *Journal of animal science*, 95(6), pp.2670-2679.

Adhikari, P.A., Heo, J.M. and Nyachoti, C.M., 2016. High dose of phytase on apparent and standardized total tract digestibility of phosphorus and apparent total tract digestibility of calcium in canola meals from Brassica napus black and Brassica juncea yellow fed to growing pigs. *Canadian journal of animal science*, 96(2), pp.121-127.

Akinmusire, A.S. and Adeola, O., 2009. True digestibility of phosphorus in canola and soybean meals for growing pigs: Influence of microbial phytase. *Journal of animal science*, 87(3), pp.977-983.

Almeida, F.N., Htoo, J.K., Thomson, J. and Stein, H.H., 2014. Effects of heat treatment on the apparent and standardized ileal digestibility of amino acids in canola meal fed to growing pigs. *Animal feed science and technology*, 187, pp.44-52.

Bell, J.M., 1993. Factors affecting the nutritional value of canola meal: a review. *Canadian journal of animal science*, 73(4), pp.689-697.

Berrocoso, J.D., Rojas, O.J., Liu, Y., Shoulders, J., González-Vega, J.C. and Stein, H.H., 2015. Energy concentration and amino acid digestibility in high-protein canola meal, conventional canola meal, and soybean meal fed to growing pigs. *Journal of animal science*, 93(5), pp.2208-2217.

Bourdon, D. and Aumaitre, A., 1990. Low-glucosinolate rapeseeds and rapeseed meals: effect of technological treatments on chemical composition, digestible energy content and feeding value for growing pigs. *Animal feed science and technology*, 30(3-4), pp.175-191.

Favero, A., Ragland, D., Vieira, S.L., Owusu-Asiedu, A. and Adeola, O., 2014. Digestibility marker and ileal amino acid digestibility in phytase-supplemented soybean or canola meals for growing pigs. *Journal of animal science*, 92(12), pp.5583-5592.

Flipot, P. and Dufour, J.J., 1977. Reproductive performance of gilts fed rapeseed meal cv. Tower during gestation and lactation. *Canadian journal of animal science*, 57(3), pp.567-571.

González-Vega, J.C., Walk, C.L., Liu, Y. and Stein, H.H., 2013. Determination of endogenous intestinal losses of calcium and true total tract digestibility of calcium in canola meal fed to growing pigs. *Journal of animal science*, 91(10), pp.4807-4816.

Grageola, F., Landero, J.L., Beltranena, E., Cervantes, M., Araiza, A. and Zijlstra, R.T., 2013. Energy and amino acid digestibility of expeller-pressed canola meal and cold-pressed canola cake in ileal-cannulated finishing pigs. *Animal feed science and technology*, 186(3-4), pp.169-176.

Heo, J.M., Adewole, D. and Nyachoti, M., 2014. Determination of the net energy content of canola meal from B rapa napa yellow and B rapa juncea yellow fed to growing pigs using indirect calorimetry. *Animal science journal*, 85(7), pp.751-756.

Heyer, C.M.E., Wang, L.F., Beltranena, E. and Zijlstra, R.T., 2018. Growth Performance of Weaned Pigs Fed Raw or Extruded Canola Meal with Low to High Extrusion Intensity. *Journal of animal science*, 96(suppl_2), pp.176-176.

Hickling, D. 1996. Canola meal hog-feeding trials in Mexico. *Canola Council of Canada*. Winnipeg, MB, Canada.

Hickling, D. 1994. Canola meal hog-feeding trials in Western Canada. *Canola Council of Canada*. Winnipeg, MB, Canada.

Kil, D.Y., Kim, B.G. and Stein, H.H., 2013. Feed energy evaluation for growing pigs. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 26(9), p.1205.

Kim, K., Goel, A., Lee, S., Choi, Y. and Chae, B.J., 2015. Comparative ileal amino acid digestibility and growth performance in growing pigs fed different level of canola meal. *Journal of animal science and technology*, 57(1), p.21.

Kim, J.W., Koo, B. and Nyachoti, C.M., 2018. Net energy content of canola meal fed to growing pigs and effect of experimental methodology on energy values. *Journal of animal science*, 96(4), pp.1441-1452.

King, R.H., Eason, P.E., Kerton, D.K. and Dunshea, F.R., 2001. Evaluation of solvent-extracted canola meal for growing pigs and lactating sows. *Australian journal of agricultural research*, 52(10), pp.1033-1041.

Kracht, W., Jeroch, H., Matzke, W., Nürnberg, K., Ender, K. and Schumann, W., 1996. The influence of feeding rapeseed on growth and carcass fat quality of pigs. *Lipid/Fett*, 98(10), pp.343-351.

Landero, J.L., Beltranena, E., Cervantes, M., Morales, A. and Zijlstra, R.T., 2011. The effect of feeding solvent-extracted canola meal on growth performance and diet nutrient digestibility in weaned pigs. *Animal feed science and technology*, 170(1-2), pp.136-140.

Landero, J.L., Beltranena, E., Cervantes, M., Araiza, A.B. and Zijlstra, R.T., 2012. The effect of feeding expeller-pressed canola meal on growth performance and diet nutrient digestibility in weaned pigs. *Animal feed science and technology*, 171(2-4), pp.240-245.

Landero, J.L., Wang, L.F., Beltranena, E., Bench, C.J. and Zijlstra, R.T., 2018. Feed preference of weaned pigs fed diets containing soybean meal, Brassica napus canola meal, or Brassica juncea canola meal. *Journal of animal science*, 96(2), pp.600-611.

Le, M.H.A., Buchet, A.D.G., Beltranena, E., Gerrits, W.J.J. and Zijlstra, R.T., 2017. Digestibility and intestinal fermentability of canola meal from Brassica juncea and Brassica napus fed to ileal-cannulated grower pigs. *Animal feed science and technology*, 234, pp.43-53.

Lee, J.W., Patterson, R. and Woyengo, T.A., 2018. Porcine in vitro degradation and fermentation characteristics of canola co-products without or with fiber-degrading enzymes. *Animal feed science and technology*, 241, pp.133-140.

Lewis, A.J., Aherne, F.X. and Hardin, R.T., 1978. Reproductive performance of sows fed low glucosinolate (Tower) rapeseed meal. *Canadian journal of animal science*, 58(2), pp.203-208.

Little, K.L., Bohrer, B.M., Maison, T., Liu, Y., Stein, H.H. and Boler, D.D., 2015. Effects of feeding canola meal from high-protein or conventional varieties of canola seeds on growth performance, carcass characteristics, and cutability of pigs. *Journal of animal science*, 93(3), pp.1284-1297.

Liu, Y., Jaworski, N.W., Rojas, O.J. and Stein, H.H., 2016. Energy concentration and amino acid digestibility in high protein canola meal, conventional canola meal, and in soybean meal fed to growing pigs. *Animal feed science and technology*, 212, pp.52-62.

Liu, Y., Oliveira, M.S. and Stein, H.H., 2018. Canola meal produced from high-protein or conventional varieties of canola seeds may substitute soybean meal in diets for gestating and lactating sows without com-promising sow or litter productivity. *Urbana*, 51, p.61801.

Liu, Y., Song, M., Maison, T. and Stein, H.H., 2014. Effects of protein concentration and heat treatment on concentration of digestible and metabolizable energy and on amino acid digestibility in four sources



基本介绍



营养成分



反刍



猪



禽



水产



参考文献



参考文献



水产



禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍

of canola meal fed to growing pigs. *Journal of animal science*, 92(10), pp.4466-4477.

Maison, T., Liu, Y. and Stein, H.H., 2015. Apparent and standardized total tract digestibility by growing pigs of phosphorus in canola meal from North America and 00-rapeseed meal and 00-rapeseed expellers from Europe without and with microbial phytase. *Journal of animal science*, 93(7), pp.3494-3502.

Maison, T. and Stein, H.H., 2014. Digestibility by growing pigs of amino acids in canola meal from North America and 00-rapeseed meal and 00-rapeseed expellers from Europe. *Journal of animal science*, 92(8), pp.3502-3514.

Mejicanos, G.A. and Nyachoti, C.M., 2018. Effect of tail-end dehulling of canola meal on apparent and standardized ileal digestibility of amino acids when fed to growing pigs. *Animal feed science and technology*, 243, pp.102-111.

Mejicanos, G.A., Regassa, A. and Nyachoti, C.M., 2017. Effect of high canola meal content on growth performance, nutrient digestibility and fecal bacteria in nursery pigs fed either corn or wheat based diets. *Animal feed science and technology*, 231, pp.59-66.

Mejicanos, G., Sanjayan, N., Kim, I.H. and Nyachoti, C.M., 2016. Recent advances in canola meal utilization in swine nutrition. *Journal of animal science and technology*, 58(1), pp.7-20.

Montoya, C.A. and Leterme, P., 2010. Validation of the net energy content of canola meal and full-fat canola seeds in growing pigs. *Canadian journal of animal science*, 90(2), pp.213-219.

NRC. 2012. Nutrient Requirements of Swine. 11th ed. National Academies Press, Washington, D.C.

Nyachoti, C.M., De Lange, C.F. and Schulze, H., 1997. Estimating endogenous amino acid flows at the terminal ileum and true ileal amino acid digestibilities in feedstuffs for growing pigs using the homoarginine method. *Journal of animal science*, 75(12), pp.3206-3213.

Nyachoti, C.M., Zijlstra, R.T., De Lange, C.F.M. and Patience, J.F., 2004. Voluntary feed intake in growing-finishing pigs: A review of the main determining factors and potential approaches for accurate predictions. *Canadian journal of animal science*, 84(4), pp.549-566.

Parr, C.K., Liu, Y., Parsons, C.M. and Stein, H.H., 2015. Effects of high-protein or conventional canola meal on growth performance, organ weights, bone ash, and blood characteristics of weanling pigs. *Journal of animal science*, 93(5), pp.2165-2173.

Sanjayan, N., Heo, J.M. and Nyachoti, C.M., 2014. Nutrient digestibility and growth performance of pigs fed diets with different levels of canola meal from Brassica napus black and Brassica juncea yellow. *Journal of animal science*, 92(9), pp.3895-3905.

Schöne, F., Groppel, B., Hennig, A., Jahreis, G. and Lange, R., 1997a. Rapeseed meals, methimazole, thiocyanate and iodine affect growth and thyroid. Investigations into glucosinolate tolerance in the pig. *Journal of the science of food and agriculture*, 74(1), pp.69-80.

Schöne, F., Rudolph, B., Kirchheim, U. and Knapp, G., 1997. Counteracting the negative effects of rapeseed and rapeseed press cake in pig diets. *British journal of nutrition*, 78(6), pp.947-962.

Seneviratne, R.W., Beltranena, E., Newkirk, R.W., Goonewardene, L.A. and Zijlstra, R.T., 2011. Processing conditions affect nutrient digestibility of cold-pressed canola cake for grower pigs. *Journal of animal science*, 89(8), pp.2452-2461.

Smit, M.N., Landero, J.L., Young, M.G. and Beltranena, E., 2018. Effects of feeding canola meal or soy expeller at two dietary net energy levels on growth performance, dressing and carcass characteristics of barrows and gilts. *Animal feed science and technology*, 235, pp.166-176.

Smit, M.N., Seneviratne, R.W., Young, M.G., Lanz, G., Zijlstra, R.T. and Beltranena, E., 2014a. Feeding Brassica juncea or Brassica napus canola meal at increasing dietary inclusions to growing-finishing gilts and barrows. *Animal feed science and technology*, 198, pp.176-185.

Smit, M.N., Seneviratne, R.W., Young, M.G., Lanz, G., Zijlstra, R.T. and Beltranena, E., 2014b. Feeding increasing inclusions of canola meal with distillers dried grains and solubles to growing-finishing barrows and gilts. *Animal feed science and technology*, 189, pp.107-116.

Stein, H.H., Seve, B., Fuller, M.F., Moughan, P.J. and De Lange, C.F.M., 2007. Invited review: Amino acid bioavailability and digestibility in pig feed ingredients: Terminology and application. *Journal of animal science*, 85(1), pp.172-180.

Trindade Neto, M.A.D., Opepaju, F.O., Slominski, B.A. and Nyachoti, C.M., 2012. Ileal amino acid digestibility in canola meals from yellow-and black-seeded Brassica napus and Brassica juncea fed to growing pigs. *Journal of animal science*, 90(10), pp.3477-3484.

Van Milgen, J. and Dourmad, J.Y., 2015. Concept and application of ideal protein for pigs. *Journal of animal science and biotechnology*, 6(1), p.1.

Velayudhan, D.E. and Nyachoti, C.M., 2017. Effect of increasing dietary canola meal inclusion on lactation performance, milk composition, and nutrient digestibility of lactating sows. *Journal of animal science*, 95(7), pp.3129-3135.

Velayudhan, D.E. and Nyachoti, C.M., 2016. Effect of high dietary canola meal inclusion in lactating sows on nutrient digestibility and sow and piglet performance. *Journal of animal science*, 94(Suppl. 5), pp.228-229.

Velayudhan, D.E., Hossain, M.M., Regassa, A. and Nyachoti, C.M., 2018. Effect of canola meal inclusion as a major protein source in gestation and lactation sow diets with or without enzymes on reproductive performance, milk composition, fecal bacterial profile and nutrient digestibility. *Animal feed science and technology*, 241, pp.141-150.

Wang, L.F., Beltranena, E. and Zijlstra, R.T., 2017. Diet nutrient digestibility and growth performance of weaned pigs fed Brassica napus canola meal varying in nutritive quality. *Animal feed science and technology*, 223, pp.90-98.

Woyengo, T.A., Kiarie, E. and Nyachoti, C.M., 2010. Energy and amino acid utilization in expeller-extracted canola meal fed to growing pigs. *Journal of animal science*, 88(4), pp.1433-1441.

Woyengo, T.A., Sánchez, J.E., Yáñez, J., Beltranena, E., Cervantes, M., Morales, A. and Zijlstra, R.T., 2016. Nutrient digestibility of canola co-products for grower pigs. *Animal feed science and technology*, 222, pp.7-16.

家禽

Adedokun, S.A., Utterback, P., Parsons, C.M., Adeola, O., Lilburn, M.S. and Applegate, T.J., 2009. Comparison of amino acid digestibility of feed ingredients in broilers, laying hens and caecectomised roosters. *British poultry science*, 50(3), pp.350-358.

Adewole, D.I., Rogiewicz, A., Dyck, B. and Slominski, B.A., 2017. Effects of canola meal source on the standardized ileal digestible amino acids and apparent metabolizable energy contents for broiler chickens. *Poultry science*, 96(12), pp.4298-4306.

Ahmadi, A.S., Shivaazad, M., Zagharim M and Shahneh, A.Z., 2007. The effect of different levels of rapeseed meal (with or without enzyme) on the broiler breeder flocks' performance. *Proceedings of the 2nd Animal Science Congress*, Tehran, Iran. pp. 576-579.

Ariyibi, S. A. 2019. The effect of incremental dietary levels of canola (low-glucosinolate rapeseed) meal on growth performance of broiler chickens. Master of Science Thesis, University of Manitoba

Barekatain, M.R., Wu, S.B., Tohyani, M. and Swick, R.A., 2015. Effects of grinding and pelleting condition on efficiency of full-fat canola seed for replacing supplemental oil in broiler chicken diets. *Animal feed science and technology*, 207, pp.140-149.

Bell, J.M., 1993. Factors affecting the nutritional value of canola meal: a review. *Canadian journal of animal science*, 73(4), pp.689-697.

Bernadet MD, Peillod C, Lessire M, Guy G, 2009. Incorporation of Rapeseed meal in mule duck diets. *Proceedings of IV world waterfowl conference*, p.161.

Bryan, D.D., MacIsaac, J.L., Rathgeber, B.M., McLean, N.L. and Anderson, D.M., 2017. Meal residual oil level and heat treatment after oil extraction affects the nutritive value of expeller-pressed canola meal for broiler chickens. *Canadian journal of animal science*, 97(4), pp.658-667.

Butler, E.J., Pearson, A.W. and Fenwick, G.R., 1982. Problems which limit the use of rapeseed meal as a protein source in poultry diets. *Journal of the science of food and agriculture*, 33(9), pp.866-875.

Cachaldora, P., Garcia-Rebollar, P., Alvarez, C., De Blas, J.C. and Mendez, J., 2008. Effect of type and level of basal fat and level of fish oil supplementation on yolk fat composition and n-3 fatty acids deposition efficiency in laying hens. *Animal feed science and technology*, 141(1-2), pp.104-114.

Chen, X., Parr, C., Utterback, P. and Parsons, C.M., 2015. Nutritional evaluation of canola meals produced from new varieties of canola seeds for poultry. *Poultry science*, 94(5), pp.984-991.

Czerwiński, J., Smulikowska, S., Mieczkowska, A., Konieczka, P., Piotrowska, A. and Bartkowiak-Broda, I., 2012. The nutritive value and phosphorus availability of yellow-and dark-seeded rapeseed cakes and the effects of phytase supplementation in broilers. *Journal of animal and feed sciences*, 21(4), pp.677-695.



基本介绍

营养成分

反刍

猪

禽

水产

参考文献



参考文献



水产



禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍

Gallardo, C., Dadalt, J.C., Kiarie, E. and Trindade Neto, M.A., 2017. Effects of multi-carbohydrase and phytase on standardized ileal digestibility of amino acids and apparent metabolizable energy in canola meal fed to broiler chicks. *Poultry science*, 96(9), pp.3305-3313.

Goldberg, E.M., Ryland, D., Aliani, M. and House, J.D., 2016. Interactions between canola meal and flaxseed oil in the diets of White Lohmann hens on fatty acid profile and sensory characteristics of table eggs. *Poultry science*, 95(8), pp.1805-1812.

Gonzalez-Esquerra, R. and Leeson, S., 2001. Alternatives for enrichment of eggs and chicken meat with omega-3 fatty acids. *Canadian journal of animal science*, 81(3), pp.295-305.

Gopinger, E., Xavier, E.G., Elias, M.C., Catalan, A.A.S., Castro, M.L.S., Nunes, A.P. and Roll, V.F.B., 2014. The effect of different dietary levels of canola meal on growth performance, nutrient digestibility, and gut morphology of broiler chickens. *Poultry science*, 93(5), pp.1130-1136.

Gorski, M.F., 2015. Nutritional evaluation of canola meal produced from a new variety of canola seeds in broiler chickens and laying. Ph.D. Thesis, University of Illinois.

Gorski, M., Foran, C., Utterback, P. and Parsons, C.M., 2017. Nutritional evaluation of conventional and increased-protein, reduced-fiber canola meal fed to broiler chickens. *Poultry science*, 96(7), pp.2159-2167.

Huang, K.H., Li, X., Ravindran, V. and Bryden, W.L., 2006. Comparison of apparent ileal amino acid digestibility of feed ingredients measured with broilers, layers, and roosters. *Poultry science*, 85(4), pp.625-634.

Jamroz, D., Wiliczkiewicz, A. and Skorupinska, J., 1992. The effect of diets containing different levels of structural substances on morphological changes in the intestinal walls and the digestibility of the crude fibre fractions in geese (Part III). *Journal of animal feed science*, 1(3), pp.37-50.

Jayaraman, B., MacIsaac, J. and Anderson, D., 2016. Effects of derived meals from juncea (*Brassica juncea*), yellow and black seeded canola (*Brassica napus*) and multicarbohydrase enzymes supplementation on apparent metabolizable energy in broiler chickens. *Animal nutrition*, 2(3), pp.154-159.

Kong, C. and Adeola, O., 2011. Protein utilization and amino acid digestibility of canola meal in response to phytase in broiler chickens. *Poultry science*, 90(7), pp.1508-1515.

58 | 加拿大卡诺拉油菜理事会 | canolacouncil.org

Jia, W., Mikulski, D., Rogiewicz, A., Zduńczyk, Z., Jankowski, J. and Slominski, B.A., 2012. Low-fiber canola. Part 2. Nutritive value of the meal. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(50), pp.12231-12237.

Jia, W., Slominski, B.A., Guenter, W., Humphreys, A. and Jones, O., 2008. The effect of enzyme supplementation on egg production parameters and omega-3 fatty acid deposition in laying hens fed flaxseed and canola seed. *Poultry science*, 87(10), pp.2005-2014.

Kaminska, B.Z., 2003. Substitution of soyabean meal with "00" rapeseed meal or its high-protein fraction in the nutrition of hens laying brown-shelled eggs. *Journal of animal and feed sciences*, 12(1), pp.111-120.

Kanakri, K., Carragher, J., Hughes, R., Muhlhauser, B. and Gibson, R., 2018. The effect of different dietary fats on the fatty acid composition of several tissues in broiler chickens. *European journal of lipid science and technology*, 120(1), p.1700237.

Khajali, F. and Slominski, B.A., 2012. Factors that affect the nutritive value of canola meal for poultry. *Poultry science*, 91(10), pp.2564-2575.

Kiiskinen, T., 1989. Effect of long-term use of rapeseed meal on egg production. *Annals agriculture Fenniae*. 28, pp.385-396.

Kim, E.J., Utterback, P.L. and Parsons, C.M., 2012. Comparison of amino acid digestibility coefficients for soybean meal, canola meal, fish meal, and meat and bone meal among 3 different bioassays. *Poultry science*, 91(6), pp.1350-1355.

Kluth, H. and Rodehutscord, M., 2006. Comparison of amino acid digestibility in broiler chickens, turkeys, and Pekin ducks. *Poultry science*, 85(11), pp.1953-1960.

Kocher, A., Choct, M., Porter, M.D. and Broz, J., 2000. The effects of enzyme addition to broiler diets containing high concentrations of canola or sunflower meal. *Poultry science*, 79(12), pp.1767-1774.

Kong, C. and Adeola, O., 2013. Comparative amino acid digestibility for broiler chickens and White Pekin ducks. *Poultry science*, 92(9), pp.2367-2374.

Kong, C. and Adeola, O., 2016. Determination of ileal digestible and apparent metabolizable energy contents of expeller-extracted and solvent-extracted canola meals for broiler chickens by the regression method. *Springer plus*, 5(1), p.693.

Kozłowski, K., Helmbrecht, A., Lemme, A., Jankowski, J. and Jeroch, H., 2011. Standardized ileal digestibility of amino acids from high-protein feedstuffs for growing turkeys—a preliminary study. *Archiv Geflügelk*, 75, pp.185-190.

Kozłowski, K., Mikulski, D., Rogiewicz, A., Zdunczyk, Z., Rad-Spice, M., Jeroch, H., Jankowski, J. and Slominski, B.A., 2018. Yellow-seeded B. napus and B. juncea canola. Part 2. Nutritive value of the meal for turkeys. *Animal feed science and technology*, 240, pp.102-116.

Mandal, A.B., Elangovan, A.V., Tyagi, P.K., Tyagi, P.K., Johri, A.K. and Kaur, S., 2005. Effect of enzyme supplementation on the metabolisable energy content of solvent-extracted rapeseed and sunflower seed meals for chicken, guinea fowl and quail. *British poultry science*, 46(1), pp.75-79.

Meng, X. and Slominski, B.A., 2005. Nutritive values of corn, soybean meal, canola meal, and peas for broiler chickens as affected by a multicarbohydrase preparation of cell wall degrading enzymes. *Poultry science*, 84(8), pp.1242-1251.

Meng, X., Slominski, B.A., Campbell, L.D., Guenter, W. and Jones, O., 2006. The use of enzyme technology for improved energy utilization from full-fat oilseeds. Part I: Canola seed. *Poultry science*, 85(6), pp.1025-1030.

Meng, X., Slominski, B.A., Nyachoti, C.M., Campbell, L.D. and Guenter, W., 2005. Degradation of cell wall polysaccharides by combinations of carbohydrase enzymes and their effect on nutrient utilization and broiler chicken performance. *Poultry science*, 84(1), pp.37-47.

Mutucumarana, R.K., Ravindran, V., Ravindran, G. and Cowieson, A.J., 2014. Measurement of true ileal digestibility and total tract retention of phosphorus in corn and canola meal for broiler chickens. *Poultry science*, 93(2), pp.412-419.

Naseem, M.Z., Khan, S.H. and Yousaf, M., 2006. Effect of feeding various levels of canola meal on the performance of broiler chicks. *Journal of animal and plant sciences*, 16, pp.3-4.

Nassar, A.R., Goeger, M.P. and Arscott, G.H., 1985. Effect of canola meal in laying hen diets. *Nutrition reports international* 31, pp.1349-1355.

Newkirk, R.W. and Classen, H.L., 2002. The effects of toasting canola meal on body weight, feed conversion efficiency, and mortality in broiler chickens. *Poultry science*, 81(6), pp.815-825.

Novak, C., Yakout, H. and Scheideler, S., 2004. The combined effects of dietary lysine and total sulfur amino acid level on egg production parameters and egg components in Dekalb Delta laying hens. *Poultry science*, 83(6), pp.977-984.

Noll, S.L., Sernyk, J.L. and Hickling, D. 2017. University of Minnesota Research Update: Canola Meal Use in Market Turkey Diets. Proceedings of the Minnesota Nutrition Conference.

Oryschak, M.A. and Beltranena, E., 2013. Further Processing for Better Utilization of Co-products in Monogastrics. In Proceedings of the 34th Western Nutrition Conference pp. 48-61.

Palander, S., Näsi, M. and Ala-Fossi, I., 2004. Rapeseed and soybean products as protein sources for growing turkeys of different ages. *British poultry science*, 45(5), pp.664-671.

Radfar, M., Rogiewicz, A. and Slominski, B.A., 2017. Chemical composition and nutritive value of canola-quality *Brassica juncea* meal for poultry and the effect of enzyme supplementation. *Animal feed science and technology*, 225, pp.97-108.

Rad-Spice, M., 2017. Means to improve the utilization of canola meal by broiler chickens: new low-fiber canola and the use of exogenous enzymes .Ph.D. Thesis, University of Manitoba.

Ramesh, K.R., Devegowda, G. and Khosravina, H., 2006. Effects of enzyme addition to broiler diets containing varying levels of double zero rapeseed meal. *Asian-Australian journal of animal sciences*, 19(9), p.1354.

Ravindran, V., Cabahug, S., Ravindran, G. and Bryden, W.L., 1999. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broilers. *Poultry science*, 78(5), pp.699-706.

Rahmani, M., 2017. Chemical composition and available energy contents of canola meal from Canadian crushing plants. M.Sc Thesis, University of Manitoba.

Rowghani, E., Arab, M., Nazifi, S. and Bakhtiari, Z., 2007. Effect of canola oil on cholesterol and fatty acid composition of egg-yolk of laying hens. *International journal of poultry science*, 6(2), pp.111-114.



基本介绍



营养成分



反刍



猪



禽



水产



参考文献



参考文献



水产



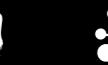
禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍

Saki, A.A., Goudarzi, S.M., Ranjbaran, M., Ahmadi, A. and Khoramabadi, V., 2017. Evaluation of biochemical parameters and productive performance of Japanese quail in response to the replacement of soybean meal with canola meal. *Acta scientiarum. Animal sciences*, 39(1), pp.51-56.

Sarıçık, B.Z., Kılıç, Ü. and Garipoğlu, A.V., 2005. Replacing soybean meal (SBM) by canola meal (CM): The effects of multi-enzyme and phytase supplementation on the performance of growing and laying quails. *Asian-australasian journal of animal sciences*, 18(10), pp.1457-1463.

Savary, R.K., MacIsaac, J.L., Rathgeber, B.M., McLean, N.L. and Anderson, D.M., 2017. Evaluating Brassica napus and Brassica juncea meals with supplemental enzymes for use in laying hen diets: production performance and egg quality factors. *Canadian journal of animal science*, 97(3), pp.476-487.

Simbaya, J., Slominski, B.A., Guenter, W., Morgan, A. and Campbell, L.D., 1996. The effects of protease and carbohydrase supplementation on the nutritive value of canola meal for poultry: In vitro and in vivo studies. *Animal feed science and technology*, 61(1-4), pp.219-234.

Slominski, B.A., 2011. Recent advances in research on enzymes for poultry diets. *Poultry science*, 90(9), pp.2013-2023.

Slominski, B.A. and Campbell, L.D., 1990. Non-starch polysaccharides of canola meal: Quantification, digestibility in poultry and potential benefit of dietary enzyme supplementation. *Journal of the science of food and agriculture*, 53(2), pp.175-184.

Summers, J.D. and Bedford, M., 1994. Canola meal and diet acid-base balance for broilers. *Canadian journal of animal science*, 74(2), pp.335-339.

Toghyani, M., Rodgers, N., Barekatain, M.R., Iji, P.A. and Swick, R.A., 2014. Apparent metabolizable energy value of expeller-extracted canola meal subjected to different processing conditions for growing broiler chickens. *Poultry science*, 93(9), pp.2227-2236.

Toghyani, M., Swick, R.A. and Barekatain, R., 2016. Effect of seed source and pelleting temperature during steam pelleting on apparent metabolizable energy value of full-fat canola seed for broiler chickens. *Poultry science*, 96(5), pp.1325-1333.

Waibel, P.E., Noll, S.L., Hoffbeck, S., Vickers, Z.M. and Salmon, R.E., 1992. Canola meal in diets for market turkeys. *Poultry science*, 71(6), pp.1059-1066.

Wickramasuriya, S.S., Yi, Y.J., Yoo, J., Kang, N.K. and Heo, J.M., 2015. A review of canola meal as an alternative feed ingredient for ducks. *Journal of animal science and technology*, 57(1), p.29.

Woyengo, T.A., Kiarie, E. and Nyachoti, C.M., 2010. Metabolizable energy and standardized ileal digestible amino acid contents of expeller-extracted canola meal fed to broiler chicks. *Poultry science*, 89(6), pp.1182-1189.

水生动物

Allan, G.L., Parkinson, S., Booth, M.A., Stone, D.A., Rowland, S.J., Frances, J. and Warner-Smith, R., 2000. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture*, 186(3-4), pp.293-310.

Booth, M.A. and Allan, G.L., 2003. Utilization of digestible nitrogen and energy from four agricultural ingredients by juvenile silver perch *Bidyanus bidyanus*. *Aquaculture nutrition*, 9(5), pp.317-326.

Borges, T.L., Racz, V.J., Wilkie, D.C., White, L.J. and Drew, M.D., 2006. Effect of replacing fishmeal and oil with simple or complex mixtures of vegetable ingredients in diets fed to Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture nutrition*, 12(2), pp.141-149.

Buchanan, J., Sarac, H.Z., Poppi, D. and Cowan, R.T., 1997. Effects of enzyme addition to canola meal in prawn diets. *Aquaculture*, 151(1-4), pp.29-35.

Bulbul, M., Kader, M.A., Asaduzzaman, M., Ambak, M.A., Chowdhury, A.J.K., Hossain, M.S., Ishikawa, M. and Koshio, S., 2016. Can canola meal and soybean meal be used as major dietary protein sources for kuruma shrimp, *Marsupenaeus japonicus*? *Aquaculture*, 452, pp.194-199.

Bulbul, M., Kader, M.A., Koshio, S., Ishikawa, M. and Yokoyama, S., 2014. Effect of replacing fishmeal with canola meal on growth and nutrient utilization in kuruma shrimp *Marsupenaeus japonicus* (Bate). *Aquaculture research*, 45(5), pp.848-858.

Bulbul, M., Kader, M.A., Asaduzzaman, M., Ambak, M.A., Chowdhury, A.J.K., Hossain, M.S., Ishikawa, M. and Koshio, S., 2016. Can canola meal and soybean meal be used as major dietary protein sources for kuruma shrimp, *Marsupenaeus japonicus*? *Aquaculture*, 452, pp.194-199.

Burel, C., Boujard, T., Tulli, F. and Kaushik, S.J., 2000. Digestibility of extruded peas, extruded lupin, and rapeseed meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, 188(3-4), pp.285-298.

Burel, C. and Kaushik, S.J., 2008. Use of rapeseed/canola in diets of aquaculture species. Alternative protein sources in aquaculture diets. New York: Haworth Press, Taylor & Francis Group, pp.343-403.

Burr, G.S., Barrows, F.T., Gaylord, G. and Wolters, W.R., 2011. Apparent digestibility of macro-nutrients and phosphorus in plant-derived ingredients for Atlantic salmon, *Salmo salar* and Arctic charr, *Salvelinus alpinus*. *Aquaculture nutrition*, 17(5), pp.570-577.

Burr, G.S., Wolters, W.R., Barrows, F.T. and Donkin, A.W., 2013. Evaluation of a canola protein concentrate as a replacement for fishmeal and poultry by-product meal in a commercial production diet for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *International Aquatic Research*, 5(1), p.5.

Cai, C., Song, L., Wang, Y., Wu, P., Ye, Y., Zhang, Z. and Yang, C., 2013. Assessment of the feasibility of including high levels of rapeseed meal and peanut meal in diets of juvenile crucian carp (*Carassius auratus gibelio*♀ × *Cyprinus carpio*♂): Growth, immunity, intestinal morphology, and microflora. *Aquaculture*, 410, pp.203-215.

Cheng, Z., Ai, Q., Mai, K., Xu, W., Ma, H., Li, Y. and Zhang, J., 2010. Effects of dietary canola meal on growth performance, digestion and metabolism of Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. *Aquaculture*, 305(1-4), pp.102-108.

Cheng, Z.J. and Hardy, R.W., 2002. Effect of microbial phytase on apparent nutrient digestibility of barley, canola meal, wheat and wheat middlings, measured in vivo using rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture nutrition*, 8(4), pp.271-277.

Collins, S.A., Desai, A.R., Mansfield, G.S., Hill, J.E., Van Kessel, A.G. and Drew, M.D., 2012. The effect of increasing inclusion rates of soybean, pea and canola meals and their protein concentrates on the growth of rainbow trout: concepts in diet formulation and experimental design for ingredient evaluation. *Aquaculture*, 344, pp.90-99.

Collins, S.A., Overland, M., Skrede, A. and Drew, M.D., 2013. Effect of plant protein sources on growth rate in salmonids: Meta-analysis of dietary inclusion of soybean, pea and canola/rapeseed meals and protein concentrates. *Aquaculture*, 400, pp.85-100.

Cruz-Suarez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., McCallum, I.M. and Hickling, D., 2001. Assessment of differently processed feed pea (*Pisum sativum*) meals and canola meal (*Brassica* sp.) in diets for blue shrimp (*Litopenaeus stylostris*). *Aquaculture*, 196(1-2), pp.87-104.

Dalsgaard, J., Verlhac, V., Hjermitslev, N.H., Ekmann, K.S., Fischer, M., Klausen, M. and Pedersen, P.B., 2012. Effects of exogenous enzymes on apparent nutrient digestibility in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets with high inclusion of plant-based protein. *Animal feed science and technology*, 171(2-4), pp.181-191.

Drew, M.D. 2004. Canola protein concentrate as a feed ingredient for salmonid fish. In Cruz-Suarez, et al. *Avances en Nutrición Acuícola VII. Memorias del Symposium Internacional de Nutrición Acuícola*.

Drew, M.D. 2009. Use of canola, pea and soy fractions in aquafeeds. Saskatchewan Agriculture Development Fund. Final Project

Erdogan, F. and Ölmez, M., 2009. The effect of canola meal on growth, somatic indices and body composition of angel fish (*Pterophyllum scalare* Lichtenstein 1823). *Tarim bilimleri dergisi*, 15(2), pp.181-187.

Erdogan, F. and Ölmez, M., 2010. Digestibility and utilization of canola meal in angel fish (*P. scalare* Lichtenstein 1823) feeds. *Journal of animal and veterinary advances*, 9(4), pp.831-836.

Fangfang, T., Qiping, G., Ruojun, W. and Nernberg, L., 2014. Effects of feeding three kinds of rapeseed meal on growth performance of tilapia and the cost performance of three kinds of rapeseed meal. *Theory and technology* 35, pp.74-80.

Galdioli, E.M., Hayashi, C., Soares, C.M., Furuya, V.R.B. and Faria, A.C.E.A.D., 2002. Replacement of soybean meal protein by canola meal protein in "Curimbatá" (*Prochilodus lineatus* V.) fingerling diets. *Revista Brasileira de zootecnia*, 31(2), pp.552-559.

Galdioli, E.M., Hayashi, C., de Faria, A.C.E.A. and Soares, C.M., 2001. Substituição parcial e total da proteína do farelo de soja pela proteína dos farelos de canola e algodão em dietas para alevinos de piavaçu, *Leporinus macrocephalus* (Garavello & Britski, 1988). *Acta Scientiarum. Animal sciences*, 23, pp.841-847.

Gaylord, T.G., Barrows, F.T. and Rawles, S.D., 2008. Apparent digestibility of gross nutrients from feedstuffs in extruded feeds for



基本介绍



营养成分



反刍



猪



禽



水产



参考文献



参考文献



水产



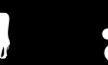
禽



猪



反刍



营养成分



基本介绍

rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Journal of the world aquaculture society, 39(6), pp.827-834.

Gaylord, T.G., Barrows, F.T. and Rawles, S.D., 2010. Apparent amino acid availability from feedstuffs in extruded diets for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture nutrition, 16(4), pp.400-406.

Glencross, B., Hawkins, W. and Curnow, J., 2003. Evaluation of canola oils as alternative lipid resources in diets for juvenile red seabream, *Pagrus auratus*. Aquaculture nutrition, 9(5), pp.305-315.

Glencross, B., Hawkins, W. and Curnow, J., 2004a. Nutritional assessment of Australian canola meals. I. Evaluation of canola oil extraction method and meal processing conditions on the digestible value of canola meals fed to the red seabream (*Pagrus auratus*, Paulin). Aquaculture research, 35(1), pp.15-24.

Glencross, B., Hawkins, W. and Curnow, J., 2004b. Nutritional assessment of Australian canola meals. II. Evaluation of the influence of the canola oil extraction method on the protein value of canola meals fed to the red seabream (*Pagrus auratus*, Paulin). Aquaculture research, 35(1), pp.25-34.

Habib, R.Z., Afzal, M., Shah, S.Z.H., Fatima, M., Bilal, M. and Hussain, S.M., 2018. Potential of Phytase and Citric Acid Treated Canola Meal Based Diet to Enhance the Minerals Digestibility in *Labeo rohita* Fingerlings. Pakistan journal of zoology, 50(6).

Hajen, W.E., Higgs, D.A., Beames, R.M. and Dosanjh, B.S., 1993. Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in sea water. 2. Measurement of digestibility. Aquaculture, 112(4), pp.333-348.

Hill, H.A., Trushenski, J.T. and Kohler, C.C., 2013. Utilization of Soluble Canola Protein Concentrate as an Attractant Enhances Production Performance of Sunshine Bass Fed Reduced Fish Meal, Plant-Based Diets. Journal of the world aquaculture society, 44(1), pp.124-132.

Huang, Y., Hu, Y., Xiao, T.Y., HUAN, Z.L., WEN, H., FENG, F.X. and YU, J.B., 2012. Influence of dietary canola meal levels on growth and biochemical indices in juvenile *Mylopharngodon piceus*. Acta Hydrobiologica sinica, 36(1), pp.41-48.

Hung, L.T. and Van Minh, N. 2013. Use of canola meal in carnivore feed: A case study in snakehead fish (*Channa striata*). International Fisheries Symposium, IFS 2013, Pattaya, Thailand

Hussain, S.M., Afzal, M., Nasir, S., Javid, A., Makhdoom, S.M., Jabeen, F., Azmat, H., Hussain, M. and Shah, S.Z.H., 2015. Efficacy

of phytase supplementation in improving mineral digestibility in *Labeo rohita* fingerlings fed on canola meal-based diets. Iranian journal of fisheries sciences, 15(2), pp.645-661.

Iqbal, K.J., Ashraf, M., Qureshi, N.A., Javid, A., Abbas, F., Hafeez-ur-Rehman, M., Rasool, F., Khan, N. and Abbas, S., 2015. Optimizing growth potential of *Labeo rohita* fingerlings fed on different plant origin feeds. Pakistan journal of zoology, 47(1).

Izquierdo, M.S., Montero, D., Robaina, L., Caballero, M.J., Rosenlund, G. and Ginés, R., 2005. Alterations in fillet fatty acid profile and flesh quality in gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed vegetable oils for a long term period. Recovery of fatty acid profiles by fish oil feeding. Aquaculture, 250(1-2), pp.431-444.

Jiang, J., Shi, D., Zhou, X.Q., Feng, L., Liu, Y., Jiang, W.D., Wu, P., Tang, L., Wang, Y. and Zhao, Y., 2016. Effects of lysine and methionine supplementation on growth, body composition and digestive function of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fed plant protein diets using high-level canola meal. Aquaculture nutrition, 22(5), pp.1126-1133.

Karayücel, İ. and Dernekbaşı, S., 2010. Effect of dietary canola oil level on growth, feed utilization, and body composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* L.). Israeli journal of aquaculture Bamidgeh, 62(3), pp.155-162.

Lanari, D. and D'Agaro, E., 2005. Alternative plant protein sources in sea bass diets. Italian journal of animal science, 4(4), pp.365-374.

Lim, C., Beames, R.M., Eales, J.G., Prendergast, A.F., McLeese, J.M., Shearer, K.D. and Higgs, D.A., 1997. Nutritive values of low and high fibre canola meals for shrimp (*Penaeus vannamei*). Aquaculture nutrition, 3(4), pp.269-279.

Lim, C., Klesius, P.H. and Higgs, D.A., 1998. Substitution of canola meal for soybean meal in diets for channel catfish *Ictalurus punctatus*. Journal of the world aquaculture society, 29(2), pp.161-168.

Luo, Z., Liu, C.X. and Wen, H., 2012. Effect of dietary fish meal replacement by canola meal on growth performance and hepatic intermediary metabolism of genetically improved farmed tilapia strain of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, reared in fresh water. Journal of the world aquaculture society, 43(5), pp.670-678.

Mejicanos, G., Sanjayan, N., Kim, I.H. and Nyachoti, C.M., 2016. Recent advances in canola meal utilization in swine nutrition. Journal of animal science and technology, 58(1), pp.7-20

Mohammadi, M., Sarsangi H., Mashaei, N., Rajabipour, F. and Bitarat, A., 2016. Canola substitution in nile tilapia *Oreochromis niloticus* Diets. Journal of cell science and therapy 7, pp. 256-260.

Mwachireya, S.A., Beames, R.M., Higgs, D.A. and Dosanjh, B.S., 2000. Digestibility of canola protein products derived from the physical, enzymatic and chemical processing of commercial canola meal in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) held in fresh water. Aquaculture nutrition, 5, pp.73-82.

Ngo, D.T., Pirozzi, I. and Glencross, B., 2015. Digestibility of canola meals in barramundi (Asian seabass; *Lates calcarifer*). Aquaculture, 435, pp.442-449.

Ngo, D.T., Wade, N.M., Pirozzi, I. and Glencross, B.D., 2016. Effects of canola meal on growth, feed utilisation, plasma biochemistry, histology of digestive organs and hepatic gene expression of barramundi (Asian seabass; *Lates calcarifer*). Aquaculture, 464, pp.95-105.

NRC. 2011. Nutrient requirements of fish and shrimp. National Academies Press, Washington, D.C.

Parveen, S., Ahmed, I., Mateen, A., Hameed, M. and Rasool, F., 2012. Substitution of animal protein with plant protein fed to *Labeo rohita* and *Cirrhinus mrigala* and its effect on growth and carcass composition. Pakistan journal of agricultural research, 49(4), pp.569-575.

Rodrigues Olim, C.P. 2012. Apparent digestibility coefficient of feed ingredients for juvenile meagre (*Argyrosomus regius*, Asso 1801)M. Sc. Thesis, University of Porto.

Safari, O., Shahsavani, D., Paolucci, M. and Atash, M.M.S., 2014. Screening of selected feedstuffs by sub-adult narrow clawed crayfish, *Astacus leptodactylus leptodactylus* Eschscholtz, 1823. Aquaculture, 420, pp.211-218.

Satoh, S., Higgs, D.A., Dosanjh, B.S., Hardy, R.W., Eales, J.G., Deacon, G., 1998. Effect of extrusion processing on the nutritive value of canola meal for chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in seawater. Aquaculture nutrition, 4, pp. 115-122

Shi, X., Chen, F., Chen, G.H., Pan, Y.X., Zhu, X.M., Liu, X. and Luo, Z., 2017. Fishmeal can be totally replaced by a mixture of rapeseed meal and chlorella meal in diets for crucian carp (*Carassius auratus gibelio*). Aquaculture research, 48(11), pp.5481-5489.

Soares, C.M., Hayashi, C., Faria, A.C.E.A. and Furuya, W.M., 2001. Substituição da proteína do farelo de soja pela proteína do farelo de canola em dietas para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de crescimento. Revista Brasileira de zootecnia, 30(4), pp.1172-1177.

Soares, C.M., Hayashi, C., Furuya, V.R.B., Furuya, W.M. and Galdioli, E.M., 2000. Substituição parcial e total da proteína do farelo de soja pela proteína do farelo de canola na alimentação de alevinos de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*, L.). Revista Brasileira de zootecnia, 29(1), pp.15-22.

Tibbetts, S.M., Lall, S.P. and Milley, J.E., 2004. Apparent digestibility of common feed ingredients by juvenile haddock, *Melanogrammus aeglefinus* L. Aquaculture research, 35(7), pp.643-651.

Tibbetts, S.M., Milley, J.E. and Lall, S.P., 2006. Apparent protein and energy digestibility of common and alternative feed ingredients by Atlantic cod, *Gadus morhua* (Linnaeus, 1758). Aquaculture, 261(4), pp.1314-1327.

Thiessen, D.L., Campbell, G.L. and Adelizi, P.D., 2003. Digestibility and growth performance of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with pea and canola products. Aquaculture nutrition, 9(2), pp.67-75.

Turchini, G.M., Moretti, V.M., Hermon, K., Caprino, F., Busetto, M.L., Bellagamba, F., Rankin, T., Keast, R.S.J. and Francis, D.S., 2013. Monola oil versus canola oil as a fish oil replacer in rainbow trout feeds: Effects on growth, fatty acid metabolism and final eating quality. Food chemistry, 141(2), pp.1335-1344.

Umer, K. and Ali, M., 2009. Replacement of fishmeal with blend of canola meal and corn gluten meal, and an attempt to find alternate source of milk fat for rohu (*Labeo rohita*). Pakistan journal of zoology, 41(6).

Umer, K., Ali, M., Iqbal, R., Latif, A., Naeem, M., Qadir, S., Latif, M., Shaikh, R.S. and Iqbal, F., 2011. Effect of various nutrient combinations on growth and body composition of rohu (*Labeo rohita*). African journal of biotechnology, 10(62), pp.13605-13609.

Vandenberg, G.W., Scott, S.L., Sarker, P.K., Dallaire, V. and De la Noüe, J., 2011. Encapsulation of microbial phytase: Effects on phosphorus bioavailability in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Animal feed science and technology, 169(3-4), pp.230-243.

Van Minh, N., B. Li, B. Dyck, L. Nernberg and L.T. Hung. 2013. Use of canola meal to replace soybean meal in *Pangasius* catfish feed. Master thesis study, Nong Lam University.

Veiverberg, C.A., Radünz, N., Emanuelli, T., Ferreira, C.C., Maschke, F.S. and dos Santos, A.M., 2010. Feeding grass carp juveniles with plant-protein diets and forage. *Acta scientiarum-Animal sciences*, 32(3), pp.247-253.

Viegas, E.M.M., Carneiro, D.J., Urbinati, E.C. and Malheiros, E.B., 2008. Canola meal in the diets of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg 1887): effects on growth and body composition. *Arquivo Brasileiro de medicina veterinária e zootecnia*, 60(6), pp.1502-1510.

Webster, C.D., Thompson, K.R., Morgan, A.M., Grisby, E.J. and Gannam, A.L., 2000. Use of hempseed meal, poultry by-product meal, and canola meal in practical diets without fish meal for sunshine bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*). *Aquaculture*, 188(3-4), pp.299-309.

Wu, X.Y., Liu, Y.J., Tian, L.X., Mai, K.S. and Yang, H.J., 2006. Apparent digestibility coefficients of selected feed ingredients for yellowfin seabream, *Sparus latus*. *Journal of the world aquaculture society*, 37(3), pp.237-245.

Yigit, N.O., Koca, S.B., Bayrak, H., Dulluc, A. and Diler, I., 2012. Effects of canola meal on growth and digestion of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry. *Turkish journal of veterinary and animal sciences*, 36(5), pp.533-538.

Yigit, N.O. and Keser, E., 2016. Effect of cellulase, phytase and pectinase supplementation on growth performance and nutrient digestibility of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) fry fed diets containing canola meal. *Journal of applied ichthyology*, 32(5), pp.938-942.

Yigit, N.O. and Olmez, M., 2009. Canola meal as an alternative protein source in diets for fry of tilapia (*Oreochromis niloticus*). *The Israeli journal of aquaculture - Bamidgeh*, 61(1), 35-41.

Zhou, Q.L., Habte-Tsion, H.M., Ge, X., Xie, J., Ren, M., Liu, B., Miao, L. and Pan, L., 2018. Graded replacing fishmeal with canola meal in diets affects growth and target of rapamycin pathway gene expression of juvenile blunt snout bream, *Megalobrama amblycephala*. *Aquaculture nutrition*, 24(1), pp.300-309.

Zhou, Q.C., Tan, B.P., Mai, K.S. and Liu, Y.J., 2004. Apparent digestibility of selected feed ingredients for juvenile cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture*, 241(1-4), pp.441-451.

Zhou, Q.C. and Yue, Y.R., 2010. Effect of replacing soybean meal with canola meal on growth, feed utilization and haematological indices of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*. *Aquaculture research*, 41(7), pp.982-990.

致谢

加拿大卡诺拉油菜理事会衷心感谢以下个人和机构为编写本指南所做出的贡献

Dr. Essi Evans, E+E Technical Advisory Services

Brittany Dyck, Canola Council of Canada

Gabriel Valentini, Canola Council of Canada

Dr. Guoqing Qin, Canola Council of Canada

资助来源





加拿大卡诺拉油菜理事会

地址: 400-167 Lombard Avenue Winnipeg, Manitoba Canada R3B 0T6

电话: 01-(204) 982-2100

邮件: admin@canolacouncil.org

网站: www.canolacouncil.org

