



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

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	05
第三章 反刍动物日粮中的价值	10
参考文献	21
致谢	25

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，称为预榨浸提制油工艺，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(Daun 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 and 加工可能对温度控制不严，其菜粕品质的变异相对较大。

图1. 1999-2019年卡诺拉每英亩单产

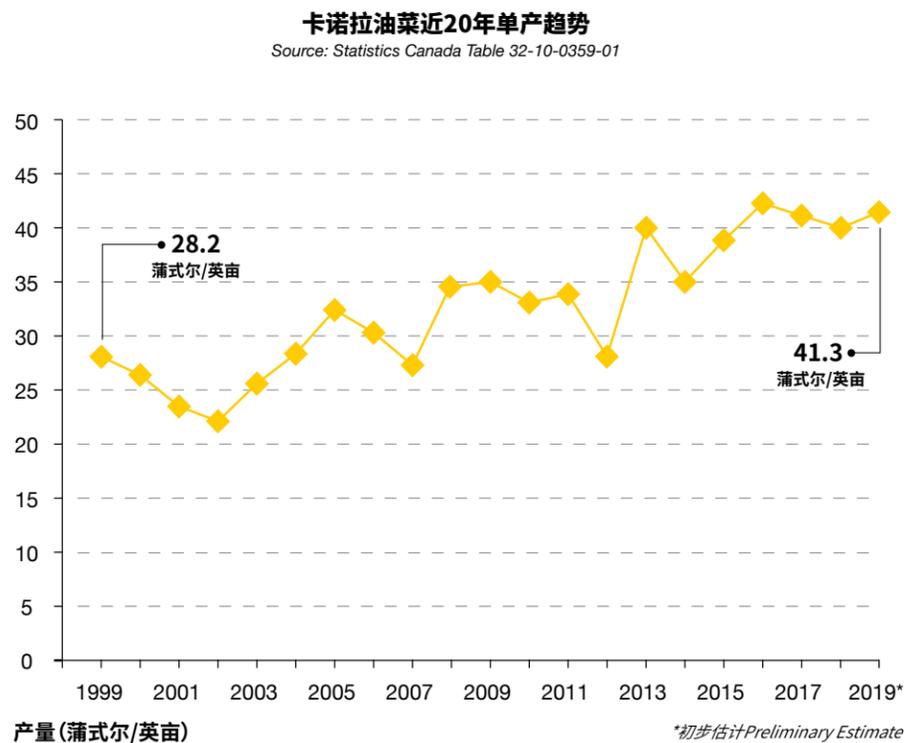


表1. 加拿大卡诺拉油菜籽/粕产量及国内消费和出口量(× 1000吨)¹

	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

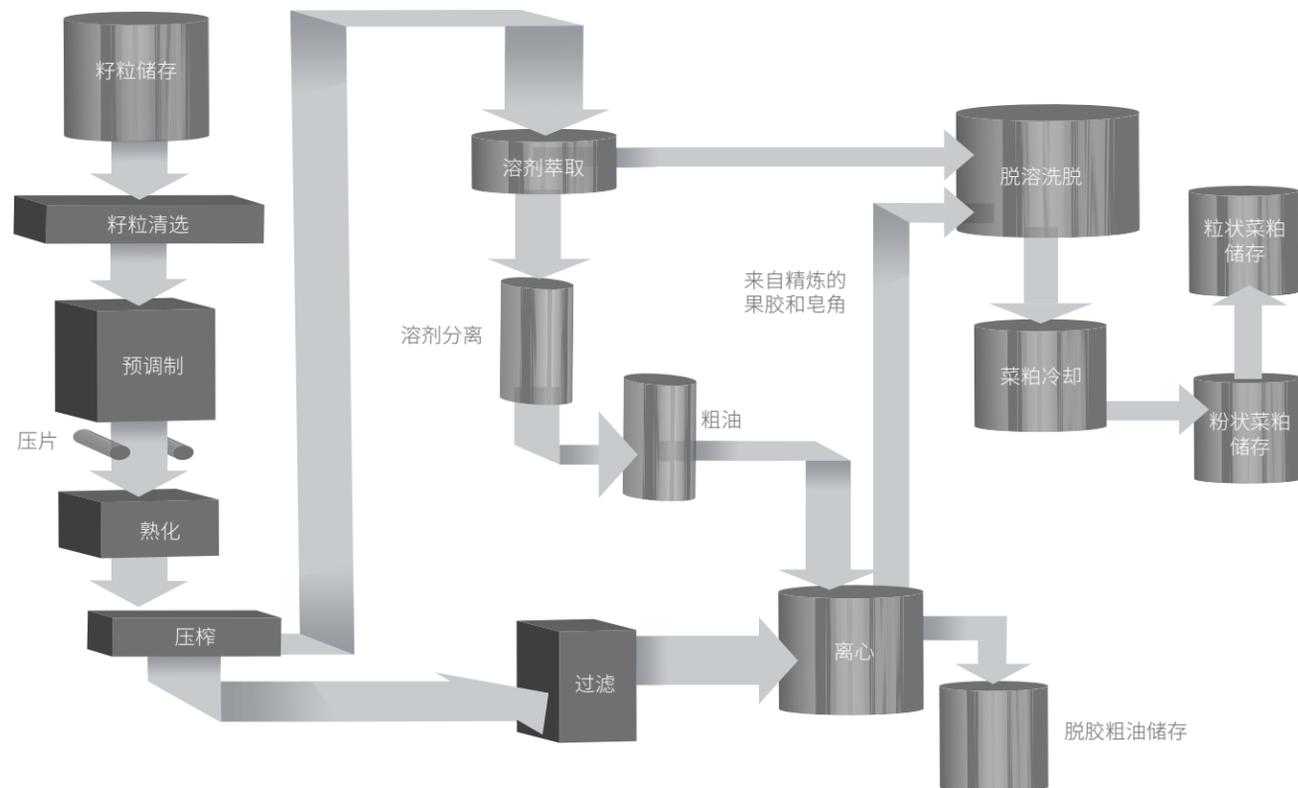
¹加拿大统计局

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
酸性洗涤剂纤维, %	16.3	18.6
中性洗涤剂纤维, %	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., 2017

² Broderick et al, 2016

³ Ross, 2014

蛋白质和氨基酸

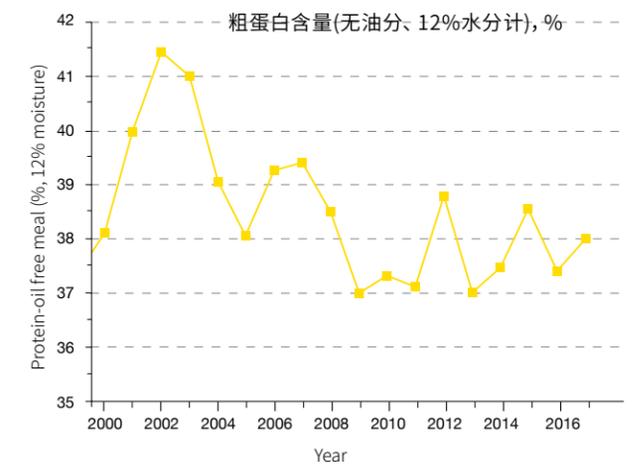
加拿大卡诺拉菜粕粗蛋白的最低保证值为36% (基于12%水分)，实际上粗蛋白介于36%到39%之间 (基于12%水分)。在贸易中，预榨浸提菜粕的粗蛋白最低保证值为36% (基于12%水分)，由于生长条件等原因，最小保证值允许油菜籽组分随年份出现些微变化。图1显示2000--2017年天气和土壤条件对加拿大卡诺拉菜粕粗蛋白含量的影响。如图所示，以无油分、12%水分计，卡诺拉菜粕的粗蛋白含量在37-42%。

卡诺拉菜粕的氨基酸组成非常适合饲养动物。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值。研究证实，即使卡诺拉菜粕中果胶添加高达6%，对肉鸡和蛋鸡的饲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(McCuaig 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



参考文献



参考文献



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 + 胱氨酸	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

¹Radfar et al., 2017

²Evonik 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; Gül, 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

¹Zambiasi 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涤剂纤维(ADF)和中性洗涤剂纤维(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，卡诺拉菜粕相较于其他油料饼粕，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, %		
酸性洗涤剂纤维, %	16.32	18.55
中性洗涤剂纤维, %	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 (中性洗涤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

¹Adewole et al., 2016

²Broderick et al., 2016

³Slominski 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

¹Adewole et al., 2016

²Sauvant et al., 2002

³Dairy 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

¹NRC, 2012

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,加拿大仅有很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值非常必要。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
酸性洗涤剂纤维, %	16.72	19.00
中性洗涤剂纤维, %	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

¹Adewole et al., 2016

²Broderick et al., 2016

³Ross, 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
醚提取物, %	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	-	-	-
酸性洗涤剂纤维, %	12.7	9.7	-	-
中性洗涤剂纤维, %	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

第三章 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) 估计的无效中性洗涤剂纤维接近65%，有效中性洗涤剂纤维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，无效中性洗涤剂纤维只有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，菜粕中性洗涤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涤剂纤维 (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涤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



参考文献



参考文献



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 Udén, 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 ¹	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菜粕，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 (µg/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, µg/L	99	142	148	175	251	320
牛奶碘浓度, µg/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。

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。

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

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
	豆粕		
41.1	40.0	+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
	棉籽粕		
22.3	21.8	+0.5	White et al., 2000
28.0	27.0	+1.0	Maesoomi et al., 2006
41.1	40.5	+0.6	Brito and Broderick, 2007
	玉米酒糟		
35.2	34.3	+0.9	Mulrooney et al., 2009
31.7	31.2	+0.5	Christen et al., 2010
30.9	32.2	-1.3	Maxin et al., 2013a
47.9	44.9	+3.0	Swanepoel et al., 2014
34.9	35.5	-0.6	Acharya et al., 2015
	小麦酒糟		
45.0	45.0	0	Chibisa et al., 2012
30.9	30.8	+0.1	Maxin et al., 2013a
43.4	42.4	+1.0	Mutsvangwa et al., 2016
40.4	40.2	+0.2	Abeysekara and Mutsvangua, 2016
	葵花粕		
26.7	25.1	+1.6	Vincent et al., 1990
27.0	26.7	+0.3	Beauchemin et al., 2009
	亚麻		
27.0	26.8	0.2	Beauchemin et al., 2009
	啤酒糟		
23.4	22.3	+1.1	Moate et al., 2011
	普通菜粕		
47.1	45.0	+2.1	Hristov et al., 2011

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)。

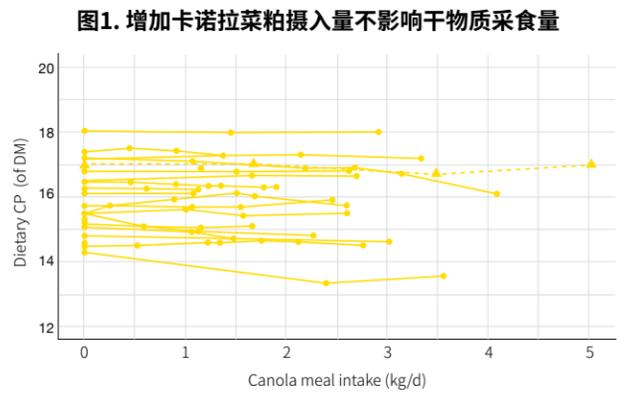


表 8. 卡诺拉菜粕在中国牧场示范试验结果¹

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

中国奶业一直在稳步增长, 随之而来的是对可靠蛋白质饲料的需求。为满足中国奶业对蛋白质饲料的需求, 加拿大卡诺拉油菜理事会于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管理体系和管理规范, 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微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会增加繁殖障碍。

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。Auldism 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 μ mol/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



参考文献



参考文献



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 Alijani, 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.

Zambiasi, R. C., Przybylski, R., Zambiasi, 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., Maret, 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 Moncoulon, 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

Chibisa, G.E., Christensen, D.A. and Mutsvangwa, 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 Mutsvangwa, 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.



基本介绍



营养成分



反刍



参考文献



参考文献



反刍



营养成分



基本介绍

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 Mutsvangwa, 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. Gowan, 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., Kairenius, 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., Ponnampalam, 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 Nikkhal, A., 2006. Canola meal as a substitute for cottonseed meal in diet of midlactation Holsteins. *Journal of dairy science*, 89(5), pp.1673-1677.

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 hominy 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.

Mutsvangwa, 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



基本介绍



营养成分



反刍



参考文献



参考文献



反刍



营养成分



基本介绍

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. *Veterinari medicina-UZPI*, 49, 191-196.

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

Stefański, 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.

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.

Trøan, 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., Křížová, L., Třináctý, 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.

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

