



HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG KHÔ DẦU HẠT CẢI

PHIÊN BẢN CẬP NHẬT CÁC NGHIÊN CỨU MỚI NHẤT VỀ
SỬ DỤNG KHÔ DẦU HẠT CẢI TRONG THỨC ĂN CHO ĐỘNG
VẬT NHAI LẠI, HEO, GIA CẦM VÀ THỦY SẢN

HỘI ĐỒNG HẠT CẢI DẦU CANADA 2024

Nội dung

Chương 1. Tổng quan về khô dầu hạt cải	1
Chương 2. Thành phần dinh dưỡng của khô dầu hạt cải	6
Chương 3. Khô dầu hạt cải cho gia súc nhai lại.....	15
Bò sữa.....	16
Bò thịt.....	40
Gia súc nhai lại nhỏ	43
Chương 4. Khô dầu hạt cải cho lợn	57
Chương 5. Khô dầu hạt cải trong gia cầm.....	80
Chương 6. Khô dầu hạt cải trong nuôi trồng thủy sản	101

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ KHÔ DẦU HẠT CẢI

Cải dầu là một trong những cây trồng quan trọng nhất của Canada và cũng là nguyên liệu protein thực vật được bán nhiều thứ hai trên thế giới. Những cánh đồng màu mỡ rộng lớn ở miền Tây Canada là vùng sản xuất hạt cải dầu. Vào đầu mùa hè, những cánh đồng cải dầu trải dài khắp vùng nông thôn với những bông hoa màu vàng rực rỡ, mang lại năng suất từ 18-20 triệu tấn hạt cải dầu vào mỗi mùa thu. Những hạt tròn nhỏ này chứa khoảng 44% dầu, được chiết xuất để sử dụng như một trong những loại dầu ăn tốt nhất thế giới cho sức khỏe. Sau khi chiết xuất dầu, chất rắn của hạt được chế biến thành sản phẩm đồng thời là khô dầu chứa nhiều protein, là nguồn bổ sung tuyệt vời cho thức ăn chăn nuôi.

Cái tên “canola” (dầu Canada) được đặt ra để phân biệt với hạt cải dầu đắng. Cải dầu được nhân giống từ hạt cải dầu Brassica napus và hạt Brassica campestris/rapa để có hàm lượng chất kháng dinh dưỡng thấp, đặc biệt là axit erucic (< 2%) trong dầu và hàm lượng glucosinolate thấp (< 30 $\mu\text{mol/g}$) trong khẩu phần ăn. Việc loại bỏ gần hết lượng glucosinolates trong cải dầu đã mang lại một loại khô dầu rất ngon miệng cho vật nuôi. Một số nước châu Âu sử dụng thuật ngữ “hạt cải dầu hai không” (axit erucic thấp, glucosinolates thấp) để mô tả chất lượng hạt, dầu và khô dầu hạt cải đã được biến đổi.

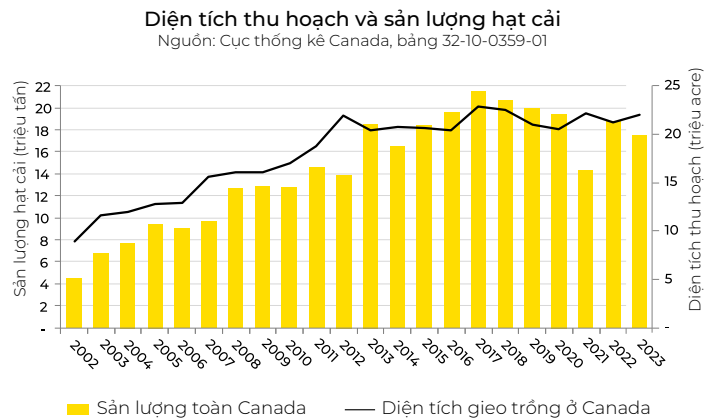
Sản xuất và thị trường

Sản lượng hạt cải dầu ở Canada tăng đều đặn và hiện đạt khoảng 18-20 triệu tấn hạt cải dầu mỗi năm. Ngành công nghiệp cải dầu Canada đang đặt mục tiêu tăng sản lượng để đạt sản lượng 26 triệu tấn mỗi năm nhằm đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng của thế giới. Kể từ đầu thế kỷ 20 đến nay.

Nhu cầu toàn cầu về dầu hạt cải và khô dầu tiếp tục tăng, thúc đẩy đầu tư vào năng lực chế biến mới tại Canada. Từ năm 2021 đến năm 2023, đã có 5 thông báo chính nhằm bổ sung công suất chế biến 6,7 triệu tấn trong vài năm tới – tăng 60% so với công suất hiện tại là 11,1 triệu tấn. Việc mở rộng này sẽ giúp cho khô dầu hạt cải luôn có sẵn để xuất khẩu từ Canada sang các nước như Mỹ, Trung Quốc, Mexico và khu vực Ấn Độ Dương-Thái Bình Dương. Khoảng một nửa hạt cải dầu của Canada được xuất khẩu và nửa còn lại được chế biến tại Canada (Bảng 1). Hầu hết các quốc gia nhập khẩu hạt cải dầu chủ yếu nhập khẩu dầu, đây là thành phần có giá trị nhất. Sau khi hạt cải được ép dầu thì sản phẩm phụ là khô dầu hạt cải được sử dụng cho ngành thức ăn chăn nuôi ở các quốc gia này. Khô dầu hạt cải được buôn bán rộng rãi với số lượng lớn dưới dạng nghiền hoặc viên. Ở một nghiên cứu trong thời

kỳ đầu chu kỳ cho sữa được thực hiện ở California với 566 con bò đang vắt sữa từ 3 đến 23 tuần, khô dầu hạt cải đã cải thiện năng suất sữa cao hơn, chi phí thức ăn thấp hơn (Swanepoel và cộng sự, 2020). Trong thử nghiệm này, khẩu phần đối chứng có chứa hạt cải, loại protein thực vật chính được sử dụng ở California. Đối với cả hai khẩu phần thử nghiệm, một nửa lượng protein bổ sung được cung cấp bởi khô dầu đậu nành để thay thế cho khô

Hình 1. Tổng sản lượng và diện tích cải dầu từ năm 2002 đến năm 2023



Khô dầu hạt cải của Canada được tiêu thụ theo các quy tắc được nêu trong Bảng 2. Khô dầu hạt cải và khô dầu hạt cải đã được sử dụng phổ biến trong thức ăn chăn nuôi trên khắp thế giới. Hai loại khô dầu này là nguyên liệu protein được sử dụng rộng rãi thứ hai sau khô dầu đậu nành. Các nhà sản xuất khô dầu hạt cải ngọt và khô dầu hạt cải đắng lớn là Canada, Australia, Trung Quốc, Liên minh châu Âu và Ấn Độ. Việc sử dụng khô dầu hạt cải thay đổi đáng kể tùy theo từng thị trường. Khô dầu hạt cải được bán trực tiếp sang Hoa Kỳ chủ yếu được cung cấp cho các bang sản xuất sữa hàng đầu. Hạt cải dầu xuất khẩu sang các nước khác để chế biến được sử dụng đa dạng hơn nhiều, bao gồm làm thức ăn cho lợn, gia cầm và cá. Tương tự, khô dầu này được ngành chăn nuôi Canada sử dụng chủ yếu dành cho bò sữa, lợn và gia cầm.

Bảng 1. Sản xuất, xuất khẩu và tiêu dùng nội địa hạt cải dầu và khô dầu hạt cải của Canada (tính bằng 1000 tấn) ¹

	-----NĂM-----			
	2019/2020	2020/2021	2021/2022	2022/2023
Tổng sản lượng hạt	19.912	19.485	13.757	18.174
Tổng xuất khẩu hạt	10.038	10.585	5.248	7.944
Trung Quốc	1.926	2.714	1.265	4.608
Nhật Bản	2.140	2.323	1.383	1.101
Mexico	1.154	1.374	1.035	1.208
Ả Rập Thống Nhất	989	997	307	169
Pakistan	691	660	64	267
Liên minh Châu Âu	2.177	1.751	625	215
Hoa Kỳ	495	429	537	320
Các nước khác	467	337	33	56
Chế biến hạt trong nước	10.129	10.425	8.555	9.961
Sử dụng khô dầu trong nước	737	625	649	528
Tổng khô dầu Xuất khẩu	4.904	5.261	4.516	5.311
Hoa Kỳ	3.466	3.581	2.920	3.484
Trung Quốc	1.417	1.577	1.587	1.819
Xuất khẩu khác	21	103	9	8

¹ Thống kê Canada

Bảng 2. Quy tắc thương mại đối với khô dầu hạt cải do Hiệp hội các nhà chế biến hạt có dầu Canada (COPA) quy định¹

ĐẶC ĐIỂM (NHƯ THỨC ĂN)	CANADA VÀ HOA KỲ	XUẤT KHẨU
Chất đạm, % tối thiểu	tối thiểu 36	tối thiểu 36
Chất béo (dầu), chiết bằng dung môi, % khối lượng	tối thiểu 2	tối thiểu 2
Chất béo (dầu), ép đùn, % khối lượng	tối thiểu 10	tối thiểu 10
Độ ẩm, % theo khối lượng	tối đa 12	tối đa 12
Xơ thô, % theo khối lượng	tối đa 12	tối đa 12
Cát và/hoặc silic, % khối lượng	-	tối đa 1

¹ COPA (Hiệp hội chế biến hạt có dầu Canada, 2020)



Các phương pháp sản xuất khô dầu

Hầu hết hạt cải dầu được chế biến bằng phương pháp chiết dung môi để tách dầu ra khỏi khô dầu. Quy trình này, còn được gọi là chiết dung môi trước khi ép, thường bao gồm (Hình 2):

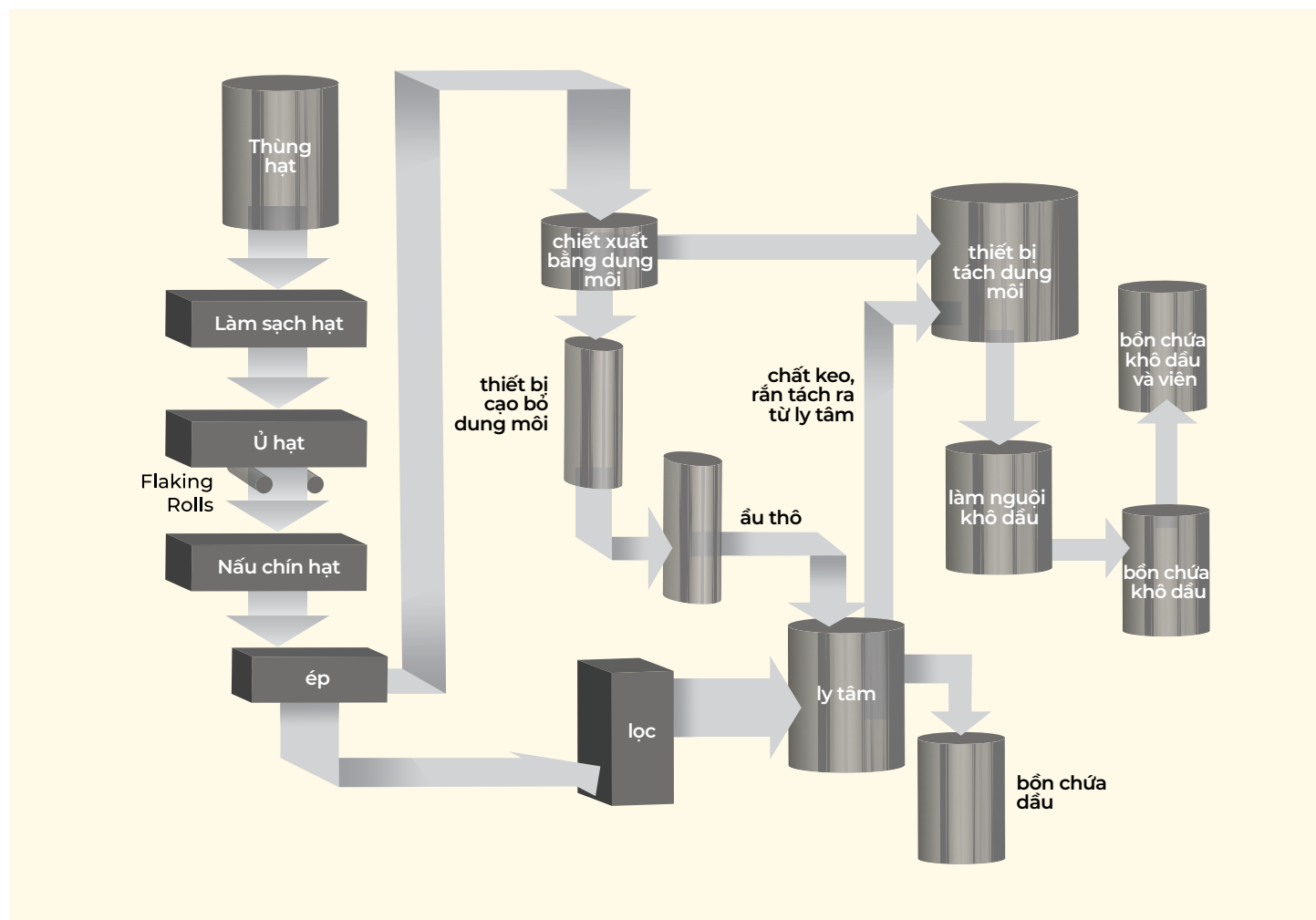
- Làm sạch hạt
- Hấp và và trương nở hạt
- Nấu hạt
- Ép vảy để loại bỏ một phần dầu một cách cơ học
- Chiết xuất dung môi bánh ép để loại bỏ phần dầu còn lại
- Loại bỏ dung môi và khuấy đảo khô dầu
- Sấy khô và làm nguội khô dầu

Một tỷ lệ nhỏ hạt cải dầu của Canada được chế biến bằng cách sử dụng phương pháp ép đùn, còn được gọi là ép kép. Hạt được ép hai lần để chiết dầu thay vì dùng dung môi để chiết dầu còn sót lại. Cho đến thời điểm chiết dung môi, quy trình này tương tự như quy trình chiết dung môi tiền xử lý truyền thống. Tuy nhiên, nó không bao gồm các giai đoạn chiết dung môi, khử dung môi, sấy khô và làm mát. Khô dầu thu được có hàm lượng dầu cao hơn, có thể dao động từ 8–11%.

Ảnh hưởng của quy trình đến chất lượng khô dầu

Chất lượng của khô dầu có thể vừa được nâng cao vừa bị giảm đi khi thay đổi các điều kiện chế biến trong nhà máy chế biến. Cần có nhiệt độ xử lý tối thiểu để vô hiệu hóa enzyme myrosinase (vì nếu không bị phá hủy, enzyme này sẽ phân hủy glucosinolate thành chất chuyển hóa độc hại (aglucones) trong đường tiêu hóa của động vật). Chế biến cải dầu cũng có thể gây ra sự phân hủy nhiệt từ 30–70% glucosinolates trong khô dầu (Daun và Adolphe, 1997). Tuy nhiên, nếu nhiệt độ quá cao trong thời gian quá lâu thì chất lượng protein của khô dầu có thể giảm sút. Chất lượng khô dầu hạt cải từ các nhà máy chế biến ở Canada không khác nhau nhiều. Chế biến ở quy mô nhỏ, nơi có sự thay đổi đáng kể về nhiệt độ chế biến có thể tạo ra khô dầu có chất lượng khác nhau.

Hình 2. Sơ đồ quá trình chiết bằng dung môi



CHƯƠNG 2. THÀNH PHẦN DINH DƯỠNG CỦA KHÔ DẦU HẠT CẢI



Thành phần dinh dưỡng của khô dầu chiết xuất bằng dung môi

Phân tích nguồn gốc và thành phần hóa học

Khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi của Canada có nguồn gốc từ hỗn hợp hạt Brassica napus, Brassica rapa và hạt Brassica juncea. Phần lớn (> 95%) hạt giống được sản xuất ở Canada là Brassica napus. Giống như bất kỳ loại cây trồng nào, có một số thay đổi trong thành phần dinh dưỡng của khô dầu hạt cải do sự thay đổi về điều kiện môi trường trong quá trình trồng trọt, điều kiện thu hoạch và ở một mức độ nhỏ do cách trồng và chế biến hạt và khô dầu hạt cải. Thành phần dinh dưỡng cơ bản của khô dầu hạt cải được trình bày trong Bảng 1. Những kết quả này dựa trên một cuộc khảo sát rộng rãi tại 13 địa điểm chế biến, được thực hiện trong khoảng thời gian 7 năm.

Bảng 1. Thành phần của khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi được xác định từ cuộc khảo sát 7 năm ở 13 nhà máy chế biến ở Canada¹

THÀNH PHẦN	12% ĐỘ ẨM	VẬT CHẤT KHÔ
Độ ẩm, %	12,00	0,00
Protein thô (N*6,25), %	36,90	42,00
Protein thoát khỏi dạ cỏ, % protein (phương pháp NRC) ²	43,50	43,50
Protein thoát khỏi dạ cỏ, % protein (phương pháp CNCPS) ³	53,00	53,00
Chiết xuất ether, %	2,81	3,20
Axit oleic, %	1,74	1,98
Axit linoleic, %	0,56	0,64
Axit linolenic, %	0,24	0,27
Tro, %	6,42	7,30
Canxi, %	0,67	0,76
Phốt pho, %	1,03	1,17
Tổng lượng chất xơ %	33,60	38,20
Chất xơ không hòa tan trong axit, %	16,30	18,60
Chất xơ trung tính, %	25,50	29,00
Sinapin, %	0,88	1,00
Axit phytic, %	2,02	2,30
Glucosinolate, uMol/g	3,14	3,57

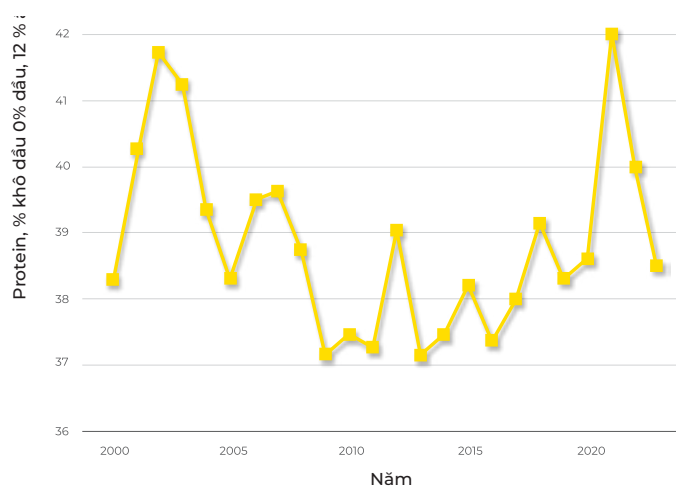
¹ Radfar et al., 2017; ² Broderick et al., 2016; ³ Ross et al., 2013.



Protein và axit amin

Đối với mục đích thương mại, giá trị protein thô tối thiểu của khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi là 36%, trên cơ sở độ ẩm 12%. Trong khi mức đảm bảo protein thô tối thiểu cho khô dầu hạt cải của Canada là 36% (độ ẩm cơ bản là 12%), thì hàm lượng protein thực tế thường dao động trong khoảng từ 37 đến 40%. Mức tối thiểu cho phép có sự thay đổi hàng năm về thành phần hạt cải dầu do điều kiện trồng trọt. Ảnh hưởng của điều kiện thời tiết và đất đai đến hàm lượng protein trong khô dầu hạt cải của Canada từ năm 2000 đến năm 2021 được thể hiện trong Hình 1. Như biểu đồ chỉ ra, hàm lượng protein trong khô dầu hạt cải thay đổi từ khoảng 37–42% khi tính toán trên cơ sở không dầu, độ ẩm cơ bản 12%.

Hình 1. Hàm lượng protein trong khô dầu hạt cải từ năm 2000 đến năm 2022. Giá trị protein được tính toán trên cơ sở không chứa dầu, độ ẩm 12% (Ủy ban ngũ cốc Canada, <https://www.grainscanada.gc.ca/en/grain-research/export-quality/oilseeds/canola/2021/06-protein.html>).



Đối với mục đích thương mại, giá trị protein thô tối thiểu của khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi là 36%, trên cơ sở độ ẩm 12%. Trong khi mức đảm bảo protein thô tối thiểu cho khô dầu hạt cải của Canada

là 36% (độ ẩm cơ bản là 12%), thì hàm lượng protein thực tế thường dao động trong khoảng từ 37 đến 40%. Mức tối thiểu cho phép có sự thay đổi hàng năm về thành phần hạt cải dầu do điều kiện trồng trọt. Ảnh hưởng của điều kiện thời tiết và đất đai đến hàm lượng protein trong khô dầu hạt cải của Canada từ năm 2000 đến năm 2021 được thể hiện trong Hình 1. Như biểu đồ chỉ ra, hàm lượng protein trong khô dầu hạt cải thay đổi từ khoảng 37–42% khi tính toán trên cơ sở không dầu, độ ẩm cơ bản 12%.

Bảng 2. Thành phần axit amin của khô dầu hạt cải trên cơ sở 36% protein khi cho ăn^{1,2}

AXIT AMIN	% KHÔ DẦU	% PROTEIN THỎ
Alanine	1,58	4,38
Arginine	2,19	6,08
Aspartate + Asparagine	2,49	6,92
Glutamate + Glutamine	6,22	17,28
Glycine	1,73	4,81
Histidine	1,08	3,00
Isoleucine	1,38	3,84
Leucine	2,38	6,60
Lysine	2,04	5,66
Methionine	0,69	1,93
Methionine + cysteine	1,33	3,69
Phenylalanine	1,34	3,71
Proline	2,49	6,92
Serine	1,32	3,66
Threonine	1,43	3,97
Tryptophan 2	0,48	1,33
Tyrosine	0,90	2,51
Valine	1,61	4,46

¹Radfar và cộng sự, 2017; ²Evonik AminoDat 6.2, 2021



Hàm lượng chất béo

Hàm lượng chiết xuất ether trong khô dầu hạt cải của Canada có xu hướng tương đối cao ở mức 3,2% (Bảng 1) so với 1–2% trong khô dầu hạt cải và khô dầu hạt cải đã được sản xuất ở hầu hết các quốc gia khác. Ở Canada, thông lệ chung là đưa glycolipids cải dầu và phospholipids vào khẩu phần trong quá trình tinh chế dầu. Tương tự như vậy, khô dầu hạt cải có thể chứa thêm 1–2% axit béo tự do có nguồn gốc từ quá trình tinh chế dầu hạt cải. Những thành phần này làm tăng giá trị năng lượng của khẩu phần và giúp giảm bụi bẩn.

Bảng 3. Thành phần axit béo của dầu hạt cải¹

AXIT BÉO	% TỔNG SỐ AXIT BÉO
Axit palmitic C16:0	4,5
Axit palmitoleic C16:1	0,2
Axit stearic C18:0	2,4
Axit oleic C18:1	64,5
Axit linoleic C18:2 (omega 6)	17,7
Axit linolenic C18:3 (omega 3)	8,6
Axit Erucic C22:1	<0,1
Tổng số bão hòa	7,8
Tổng số không bão hòa đơn	65,4
Tổng số không bão hòa đa	26,3

¹ Ghazani và Marangoni, 2013

Bảng 3 cung cấp phân tích axit béo hoàn chỉnh cho dầu hạt cải. Như bảng cho thấy, loại dầu này chỉ chứa một lượng nhỏ axit béo bão hòa và nồng độ axit oleic cao. Khô dầu hạt cải cung cấp tỷ lệ 2:1 của axit béo omega-6 và omega-3 và là nguồn cung cấp axit béo omega-3 tốt. Dầu hạt cải đôi khi được sử dụng trong khẩu phần để làm phong phú thành phần axit béo trong sữa, thịt hoặc trứng (Gallardo và cộng sự, 2012; Gül và cộng sự, 2012; Chelikani và cộng sự, 2004).

Carbohydrates và chất xơ

Carbohydrate của khô dầu hạt cải khá phức tạp (Bảng 4). Hàm lượng chất xơ cao hơn so với một số loại protein thực vật vì không thể dễ dàng loại bỏ vỏ khỏi hạt. Phần lớn chất xơ ở dạng không hòa tan trong axit (ADF), với hàm lượng chất xơ trung tính (NDF) cao hơn ADF khoảng 10%. Thành phần không phải chất xơ rất giàu đường, phần lớn được cung cấp dưới dạng sucrose (Bảng 4).

Bảng 4. Thành phần carbohydrate và chất xơ components trong khô dầu hạt cải^{1,2,3}

CARBOHYDRATE	12% ĐỘ ẨM	VẬT CHẤT KHÔ
Monosaccharides (Fructose và Glucose), %	1,55	1,76
Disaccharides (sucrose), %	5,58	6,34
Oligosaccharides, %	2,23	2,53
Tinh bột, %	0,43	0,49
Chất xơ không hòa tan trong axit, %	16,32	18,55
Chất xơ trung tính, %	25,51	28,99
Tổng chất xơ, %	34,53	39,24
Polysaccharides phi tinh bột, %	20,15	22,90
Cellulose, %	7,65	8,69
Polysaccharit không Cellulose, %	12,50	14,21
Glycoprotein (protein thô không hòa tan NDF), %	4,30	4,89
Lignin và polyphenol, %	8,68	9,86
Lignin, %	5,82	6,61

¹Adewole và cộng sự, 2016; ²Broderick và cộng sự, 2016; ³Slominski và Rogiewicz, chưa được xuất bản

Khoáng chất

Hầu hết các tài liệu tham khảo về hàm lượng khoáng chất trong khô dầu hạt cải đều sử dụng các giá trị do Bell và Keith (1991) đưa ra, đã được xác nhận lại trong một cuộc khảo sát của Bell và cộng sự (1999), và một lần nữa theo khảo sát hiện tại (Broderick và cộng sự,



2016; Adewole và cộng sự, 2016). Dữ liệu cho thấy khô dầu hạt cải là nguồn cung cấp các khoáng chất thiết yếu tương đối tốt (Bảng 5) so với các loại khô dầu khác. Khô dầu hạt cải là nguồn cung cấp selen và photpho đặc biệt tốt. Giống như các nguồn photpho protein thực vật khác, một phần tổng số ở dạng phytate.

Bảng 5. Hàm lượng khoáng chất trong khô dầu hạt cải^{1,2,3}

KHOÁNG CHẤT	12% ĐỘ ẨM	VẬT CHẤT KHÔ
Canxi, %	0,65	0,74
Photpho, %	0,99	1,13
Photpho phytate, %	0,64	0,73
Photpho không phytate, %	0,35	0,40
Natri, %	0,07	0,08
Clo, %	0,10	0,11
Kali, %	1,13	1,28
Lưu huỳnh, %	0,63	0,72
Magie, %	0,54	0,61
Đồng, mg/kg	4,70	5,30
Sắt, mg/kg	162,00	184,00
Mangan, mg/kg	58,00	66,00
Molypden, mg/kg	1,40	1,60
Kẽm, mg/kg	47,00	53,00
Selen, mg/kg	1,10	1,30

¹Adewole và cộng sự, 2016; ²Sauvant và cộng sự, 2002; ³Dairy One (www.dairystone.com)

Vitamin

Thông tin về hàm lượng vitamin trong khô dầu hạt cải rất hạn chế và các giá trị được cung cấp trong Bảng 6 được tính trung bình từ bốn nguồn (Wickramasuriya và cộng sự, 2015). Khô dầu hạt cải được ghi nhận là giàu choline, biotin, axit folic, niacin, riboflavin và thiamine (NRC 2012). Theo khuyến cáo của hầu hết các nguồn vitamin tự nhiên trong thức ăn chăn nuôi, người dùng không nên quá phụ thuộc vào các giá trị

này mà thay vào đó hãy sử dụng các hỗn hợp vitamin bổ sung.

Bảng 6. Hàm lượng vitamin trong khô dầu hạt cải¹

VITAMIN	12% ĐỘ ẨM	VẬT CHẤT KHÔ
Biotin, mg/kg	1,08	1,22
Choline, g/kg	6,7	7,6
Axit Folic, mg/kg	1,55	1,76
Niacin, mg/kg	160	182
Axit Pantothenic, mg/kg	9,4	10,6
Pyridoxine, mg/kg	7,10	8,10
Riboflavin, mg/kg	5,80	6,5
Thiamine, mg/kg	5,20	5,9
Vitamin E, mg/kg	18,5	21,0

¹Wickramasuriya và cộng sự, 2015

Các yếu tố kháng dinh dưỡng

Khô dầu hạt cải đắng, nguồn gốc của khô dầu hạt cải, được công nhận là thành phần có thể cần hạn chế trong khẩu phần ăn của vật nuôi và cá do một số yếu tố kháng dinh dưỡng, chủ yếu là glucosinolates. Những yếu tố này đã được giảm thiểu trong khô dầu hạt cải của Canada đến mức không gây ra mối đe dọa đối với năng suất và khả năng ăn vào của hầu hết các loài.

Glucosinolates

Glucosinolates là một nhóm lớn các chất chuyển hóa thực vật thứ cấp phổ biến ở tất cả các loại cây họ cải. Mặc dù bản thân chúng không độc hại nhưng các sản phẩm phân hủy của glucosinolate có thể ảnh hưởng xấu đến năng suất của vật nuôi. Canola glucosinolates bao gồm hai loại chính, glucosinolates aliphatic và indolyl (hoặc indole). Glucosinolate béo chiếm khoảng 85% lượng glucosinolate có trong khô dầu hạt cải, trong khi glucosinolate indolyl chiếm 15% còn lại (Adewole và cộng sự, 2016). Hàm lượng glucosinolate thấp của cải



dầu so với các giống hạt cải dầu trước đây là nguyên nhân chính, cải thiện chất lượng khô dầu đạt được bởi các nhà nhân giống cây trồng.

Tổng hàm lượng glucosinolate trung bình trong khô dầu hạt cải của Canada, dựa trên dữ liệu bảy năm, là 3,6 $\mu\text{mol/g}$ (Slominski và Rogiewicz, chưa được công bố). Để so sánh, khô dầu hạt cải truyền thống chứa hàm lượng glucosinolate tổng số cao tới 120 $\mu\text{mol/g}$. Lý do mà glucosinolate được biểu thị trên cơ sở phân tử ($\mu\text{mol/g}$) thay vì trên cơ sở khối lượng (mg/kg) là do glucosinolate có khối lượng phân tử khác nhau đáng kể, tùy thuộc vào kích thước chuỗi béo của chúng. Vì tác động tiêu cực lên động vật là ở cấp độ phân tử nên ước tính chính xác nhất về tác động này phải được đánh giá bằng cách biểu thị nồng độ glucosinolate trên cơ sở phân tử.

Theo dữ liệu gần đây nhất do Ủy ban Ngũ cốc Canada (2023) cung cấp (<https://www.grainscanada.gc.ca/en/grain-research/export-quality/oilseeds/canola/2021/08-glucosinolate.html>) hàm lượng hợp chất glucosinolate trong hạt cải dầu thấp và không thay đổi đáng kể kể từ năm 2000. Hàm lượng glucosinolates trong hạt cải dầu Canada trước khi chế biến trung bình khoảng 10 $\mu\text{mol/g}$. Hàm lượng Glucosinolate sau đó được tập trung trong khô dầu; sau đó, glucosinolates bị giảm trong quá trình xử lý đến giá trị trung bình 3,6 $\mu\text{mol/g}$.

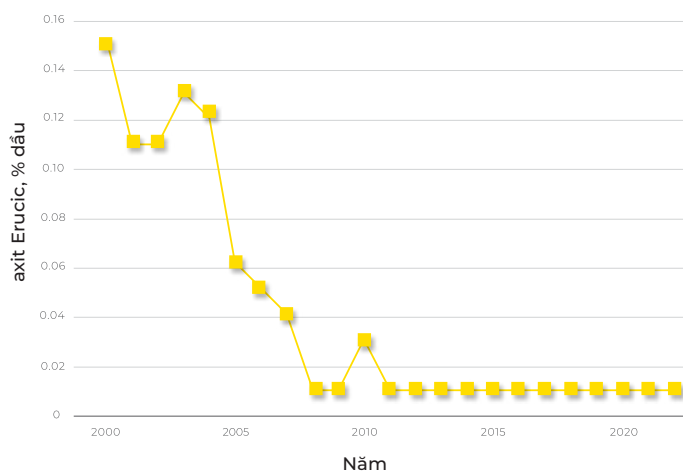
Axit erucic

Tiêu thụ axit béo này có liên quan đến tổn thương cơ tim. Tuy nhiên, các nhà nhân giống cây trồng ở Canada đã giảm thành công lượng axit erucic trong dầu hạt cải xuống mức rất gần bằng 0 (Hình 2). Axit erucic không còn được coi là vấn đề đối với khô dầu hay dầu nữa.

Tannins

Tannin có trong khô dầu hạt cải ở mức 1,5–3,0%, trong đó giống hạt nâu có hàm lượng cao hơn giống hạt vàng. Tannin trong khô dầu hạt cải gắn liền với vỏ và chủ yếu không hòa tan. Những tannin này dường như không có tác động tiêu cực đến độ ngon miệng và khả năng tiêu hóa protein như ở các loại thực vật ăn được khác (Khajali và Slominski, 2012).

Hình 2. Nồng độ axit erucic trong dầu hạt cải từ năm 2000 đến năm 2022. (<https://www.grainscanada.gc.ca/en/grain-research/export-quality/oilseeds/canola/2021/10-fatty-acid-composition.html>).



Thành phần dinh dưỡng của khô dầu hạt cải ép đùn

Một số thuật ngữ được sử dụng thay thế cho nhau để phân biệt khô dầu được chiết bằng dung môi và khô dầu được chiết xuất bằng máy ép. Các thuật ngữ thường được sử dụng để mô tả khô dầu bao gồm khô dầu ép đùn, khô dầu ép kép và bánh ép. Hiện tại ở Canada, một tỷ lệ nhỏ hạt được xử lý bằng phương pháp ép đùn. Các nhà máy hạt dầu nhỏ hơn cũng như những nhà máy liên quan đến một số nhà máy diesel sinh học sử dụng quy trình ép đùn kép thay vì chiết bằng dung môi. Vì dầu được chiết xuất đơn giản bằng phương pháp cơ học nên khô dầu thu được chứa nhiều dầu hơn đáng kể so với



khô dầu hạt cải được chiết xuất bằng dung môi tiêu chuẩn.

Thành phần dinh dưỡng của khô dầu ép đùn giống như khô dầu hạt cải, ngoại trừ việc nó chứa 8–12% chất béo và do đó có giá trị năng lượng cao hơn nhiều. Thành phần dinh dưỡng của khô dầu ép đùn được cung cấp trong Bảng 7. Hàm lượng chất béo có thể khác nhau rất nhiều, vì vậy điều quan trọng là khô dầu ép đùn phải được phân tích chất béo và giá trị năng lượng được điều chỉnh tương ứng. Hàm lượng chất béo cao cũng sẽ làm loãng các chất dinh dưỡng khác trong khô dầu tổng hợp so với khô dầu hạt cải được chiết xuất bằng dung môi.

Bảng 7. Thành phần điển hình của khô dầu hạt cải ép đùn¹

THÀNH PHẦN	12% ĐỘ ẨM	VẬT CHẤT KHÔ
Độ ẩm (được đo), %	4,02	0,00
Protein thô (N*6,25), %	34,28	38,95
Protein thoát khỏi dạ cỏ, % protein (phương pháp NRC) ²	48,50	48,50
Protein thoát khỏi dạ cỏ, % protein (phương pháp CNCPS) ³	59,10	59,10
Chiết xuất ether, %	10,96	12,44
Axit oleic, %	6,85	7,75
Axit linoleic, %	2,20	2,50
Axit linolenic, %	0,91	1,03
Tro, %	6,96	7,90
Canxi, %	0,62	0,71
Phốt pho, %	0,96	1,09
Tổng chất xơ	37,07	42,12
Chất xơ không hòa tan trong axit, %	16,72	19,00
Chất xơ trung tính, %	26,83	30,49
Glucosinolate, %	8,85	10,06
Methionin, % protein thô	1,93	1,93
Lysine, % protein thô	5,93	5,93
Threonine, % protein thô	3,69	3,69

¹Adewole và cộng sự, 2016; ²Broderick và cộng sự, 2016; ³Ross và cộng sự, 2013

Thành phần dinh dưỡng của hạt cải dầu

Các giá trị dinh dưỡng chính của hạt cải dầu được thể hiện trong Bảng 8. Những giá trị này được lấy từ các ấn phẩm gần đây (Assadi và cộng sự, 2011; Leterme và cộng sự, 2008). Hầu hết các giá trị dinh dưỡng cho hạt cải có thể được tính toán từ các giá trị dinh dưỡng trong khô dầu và dầu hạt cải, vì khoảng 56% hạt là khô dầu và 44% là dầu. Ngoại lệ là hàm lượng năng lượng, vì giá trị năng lượng của hạt cải không thể được ước tính một cách đáng tin cậy từ việc bổ sung các giá trị năng lượng cho dầu hạt cải và khô dầu hạt cải. Đối với lợn và gia cầm, hạt có ít năng lượng hơn tổng lượng dầu và thành phần khô dầu của nó. Điều này có thể là do hạt cải nguyên hạt không được chế biến ở mức độ tương tự như dầu hạt cải và khô dầu hạt cải; và do đó, không được tiêu hóa tốt. Xử lý nhiệt và giảm kích thước hạt hạt cải bằng cách micron hóa, ép đùn hoặc nghiền nhỏ thường được sử dụng để tăng khả năng tiêu hóa năng lượng của hạt.

Bảng 8. Thành phần hóa học được báo cáo của hạt cải dầu (độ ẩm 12%)

Các thành phần	TÀI LIỆU THAM KHẢO			
	Feedi- pedia, 2018	Assadi và cộng sự, 2011	Montoya và Leterme, 2008	Dairy- One, 2023
Độ ẩm, %	6,8	5,0	5,7	5,8
Protein thô, %	18,4	20,0	20,7	21,5
Chiết xuất ether, %	40,5	43,8	38,6	34,5
Axit linoleic, %	8,3	8,5	7,9	-
Axit linolenic, %	4,1	4,2	3,9	-
Tro, %	3,8	3,7	4,1	4,7
Xơ thô, %	8,9	-	-	8,9
ADF, %	12,7	-	10,6	15,9
NDF, %	17,9	16,6	12,9	22,5
Canxi, %	0,43	-	-	0,39
Phốt pho, %	0,64	-	-	0,65

Tài liệu tham khảo

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.

Canadian Grains Commission. 2023. <https://www.grainscanada.gc.ca/en/grain-research/export-quality/oilseeds/canola/2022/>

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.

DairyOne, Feed Composition Library. 2023. <https://dairyone.com/services/forage-laboratory-services/feed-composition-library/>

Evonik, AminoDat 6.2.2023. <https://animal-nutrition.evonik.com/en/products-and-solutions/feed-quality/aminodat-62-132013.html>

Feedipedia.org. 2018. <https://www.feedipedia.org/>

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.

Ghazani, S.M. and Marangoni, A.G., 2013. Minor components in canola oil and effects of refining on these constituents: A review. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 90, pp.923-932.

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. 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.

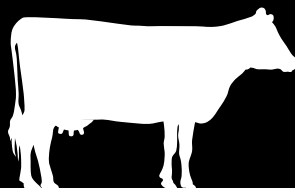
Summers, J.D., Leeson, S. and Slinger, S.J., 1978. Performance of egg-strain birds during their commercial life cycle when continuously fed diets containing Tower rapeseed gums. Canadian Journal of Animal Science, 58(2), pp.183-189.

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.

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), pp.1-9.

CHƯƠNG 3.

KHÔ DẦU HẠT CẢI CHO GIA SÚC NHAI LẠI



Tỷ lệ khô dầu cải trong khẩu phần động vật nhai lại áp dụng trong thực tế sản xuất

Loại khẩu phần	Tỷ lệ khô dầu cải trong khẩu phần
Tập ăn trước cai sữa	20% không bổ sung chất tạo hương vị
Tập ăn trước cai sữa	Lên tới 35% bổ sung thêm chất tạo hương vị
Chuyển đổi khẩu phần sau cai sữa	Không giới hạn
Bò tơ	Không giới hạn
Bò chuẩn bị vắt sữa	Không giới hạn
Bò vắt sữa	Không giới hạn
Bò thịt	Không giới hạn
Bò vỗ béo	Không giới hạn
Dê đang cho sữa	Không giới hạn
Cừu non, cừu thịt	Không giới hạn

THÔNG TIN CHUNG



GIA SỨC NHAI LẠI



LỢN



GIA CẦM



THỦY SẢN



BÒ SỮA

Cách sử dụng khô dầu hạt cải

Trong một cuộc khảo sát ẩn danh năm 2021 do đại lý tiếp thị broadhead thực hiện và ạp chí nông dân trại (Journal Farm) thay mặt Hội đồng Canola của Canada thực hiện, mối quan tâm hàng đầu của các chuyên gia dinh dưỡng về công thức thức ăn là đảm bảo lợi nhuận. Mối quan tâm thứ hai là tính bền vững của môi trường.

Khô dầu hạt cải đã trở thành nguyên liệu thức ăn phổ biến cho bò sữa. Các nhà dinh dưỡng nhận thấy rất dễ dàng để cân bằng axit amin trong khẩu phần và giảm sử dụng protein khi dùng khô dầu hạt cải. Nghiên cứu gần đây chứng minh rằng khi cho bò sữa ăn khô dầu hạt cải và dầu hạt cải đã làm giảm lượng khí thải nhà kính (GHG), so với việc bò sữa ăn các loại protein thực vật khác.

Khẩu phần khô dầu hạt cải và lợi nhuận

Một số thử nghiệm ngoài sản xuất đã cho thấy khô dầu hạt cải có thể giúp cải thiện lợi nhuận. Một thử nghiệm được thực hiện ở Wisconsin trên 1.295 con bò ở giai đoạn giữa chu kỳ cho sữa cho thấy sự cải thiện đáng kể về thu nhập so với chi phí thức ăn (Faldet, 2018). Khẩu phần được xây dựng có chứa 3,4 kg vật chất khô từ khô dầu hạt cải/bò/ngày, giúp giảm chi phí thức ăn đồng thời tăng sản lượng sữa.

Ở một nghiên cứu trong thời kỳ đầu chu kỳ cho sữa được thực hiện ở California với 566 con bò đang vắt sữa từ 3 đến 23 tuần, khô dầu hạt cải đã cải thiện năng suất sữa cao hơn, chi phí thức ăn thấp hơn (Swanepoel và cộng sự, 2020). Trong thử nghiệm này, khẩu phần đối chứng có chứa hạt cải, loại protein thực vật chính được sử dụng ở California. Đối với cả hai khẩu phần thử nghiệm, một nửa lượng protein bổ sung được cung cấp bởi khô dầu đậu nành để thay thế cho khô dầu hạt cải. Một trong những khẩu phần khô dầu đậu nành cũng chứa thêm methionine (Bảng 2).

Bản g 1. Kết quả nghiên cứu trên những con bò tham gia thử nghiệm thực địa ở Wisconsin.

Chỉ tiêu theo dõi	Giai đoạn đối chứng	Giai đoạn thử nghiệm
Số lượng bò	1.295	1.295
Chi phí khẩu phần/ngày (USD)	6,25	6,22
Sữa, kg	41,91	43,95
Tỷ lệ Chất béo %	3,86	3,92
Tỷ lệ Protein %	3,19	3,29
Tổng lượng Chất béo, kg	1,67	1,79
Tổng lượng Protein, kg	1,43	1,49
Sản lượng sữa tiêu chuẩn 3,5% FCM, kg	46,32	49,45
ECM, kg	46,41	49,27

Bảng 2 cho thấy việc thay thế một phần khô dầu hạt cải bằng khô dầu đậu nành sẽ làm giảm năng suất, ngay cả khi hàm lượng methionine thoát tiêu trong dạ cỏ tăng cao. Không có sự khác biệt về tỷ lệ loại thải của bò hoặc các vấn đề sức khỏe. Chi phí khẩu phần hàng ngày tại thời điểm thử nghiệm được tiến hành là khoảng 0,05 USD và 0,08 USD/bò/ngày, rẻ hơn khi xử lý bằng khô dầu hạt cải so với các nghiệm thức sử dụng khô dầu đậu nành hoặc khô dầu đậu nành có thêm methionine.

Bảng 2. Kết quả tại trang trại đối với những con bò tham gia thử nghiệm cho ăn ở California.

Mục lục	Khẩu phần		
	Khô dầu hạt cải	Khô dầu đậu nành	Khô dầu đậu nành + methio-nine
Khô dầu hạt cải, % VCK ¹	14,3	6,6	6,6
Khô dầu đậu nành, % VCK	0	6,6	6,6
Sữa, kg	51,31	49,55	49,93
Chất béo, kg	1,78	1,71	1,75
Protein, kg	1,45	1,38	1,44
Vật chất khô ăn vào, kg	28,5	28,2	28,3
Tỷ lệ đậu thai trong lần phối giống đầu tiên, %	48,9	44,7	48,5
Tỷ lệ đậu thai trong 2 lần phối giống %	68,9	64,2	67,4

¹ Giá khô dầu hạt cải là 405 USD/tấn (Mỹ) và giá khô dầu đậu nành là 496 USD/tấn (Mỹ), tương đương 440 USD và 550 USD/tấn (quốc tế) (1 tấn Mỹ = 2000 pound = 906 Kg, 1 tấn quốc tế =1000 Kg)

Sử dụng khô dầu hạt cải để giảm phát thải khí nhà kính

Khô dầu hạt cải đã nhiều lần được chứng minh là góp phần giảm lượng khí thải mê-tan ở bò sữa Holstein đang cho sữa. Nó đưa ra một giải pháp kinh tế để giảm lượng thải ra của khí mê-tan và oxit nitơ, hai loại khí nhà kính có tầm quan trọng lớn nhất trong chăn nuôi.

Việc sản sinh mê-tan qua đường ruột có thể được thể hiện bằng nhiều cách. Đầu tiên là số lượng/con/ngày. Điều này bị ảnh hưởng bởi kích thước cơ thể (ví dụ như Jersey so với Holstein), độ trưởng thành của vật nuôi và mức độ sản xuất sữa. Một phép đo khác được

sử dụng là lượng khí mê-tan/đơn vị thức ăn được tiêu thụ. Số liệu này hữu ích để phân tích phần tổng năng lượng bị mất trong các điều kiện xác định. Nó được gọi là năng suất mê-tan. Cường độ khí mê-tan là thước đo sản lượng khí mê-tan/đơn vị thịt hoặc sữa được sản xuất.

Bảng 3 cung cấp kết quả từ các nghiên cứu gần đây trong đó khô dầu hạt cải được sử dụng để thay thế khô dầu đậu nành như một nguồn protein trong khẩu phần thí nghiệm. Chỉ có một thử nghiệm được thực hiện với bò Jersey. Việc đưa 10,1% khô dầu hạt cải vào nghiên cứu đó không làm giảm sản lượng khí mê-tan, được xác định bằng phương pháp đo nhiệt lượng gián tiếp (Reynolds và cộng sự, 2019). Kết quả cho thấy, số trung bình của lượng sữa điều chỉnh năng lượng (ECM) tăng 1,0 kg/bò/ngày, trong khi khí mê-tan giảm lần lượt là 5,0, 7,5 và 8,6% khi biểu thị bằng gam/ngày, năng suất hoặc cường độ.

Nhiều yếu tố ảnh hưởng đến mức độ giảm sản lượng khí mê-tan qua đường ruột khi đưa khô dầu hạt cải vào khẩu phần. Một số ví dụ là nguồn thức ăn thô xanh và tỷ lệ thức ăn thô xanh và thức ăn hỗn hợp. Mức độ sử dụng khô dầu hạt cải cũng là một yếu tố. Trong một thí nghiệm gần đây (Benchaar và cộng sự, 2021), bò nhận được khẩu phần ăn có 16% protein thô, dao động từ 0-24% khô dầu hạt cải. Như Bảng 4 cho thấy, lượng khí mê-tan thải ra đã giảm khi hàm lượng khô dầu hạt cải tăng lên.

Có ít thông tin hơn về bò cặn sữa và bò cái tơ, nhưng có thể thu thập một số suy luận từ các nghiên cứu về bò thịt cũng như các thử nghiệm trong ống nghiệm. Việc thay thế khô dầu hạt cải bằng khô dầu đậu nành trong nghiên cứu đã làm giảm 27% sản lượng khí mê-tan (Elshareef và cộng sự, 2020). Tương tự như vậy, kết quả lên men trong ống nghiệm đã chứng minh việc sản xuất khí mê-tan giảm trong nhiều tình huống cho ăn khác nhau (Paula và cộng sự, 2017;

Ramirez-Bribiesca và cộng sự, 2018; Soliva và cộng sự, 2008).

Bảng 3. So sánh sản lượng khí mê-tan của các khẩu phần ăn trong đó khô dầu hạt cải thay thế khô dầu đậu nành làm nguồn protein chính.

tham khảo ²	Khẩu phần ¹		Sản lượng khí metan			
	Nguồn protein	%VCK	ECM, kg ³	g/ngày	g/kg VCK tiêu thụ	g/kg ECM ³
1	SBM	17,0	44,0	489	19,0	11,1
	CM	24,0	46,2	461	16,6	10,0
2	SBM	15,0	29,4	461	24,1	17,8
	CM	20,8	30,7	456	22,5	15,8
3	SBM	10,2	32,0	442	17,6	13,8
	CM	13,0	33,1	404	15,7	12,2
4	SBM	13,6	40,3	414	17,0	10,4
	CM	17,1	41,1	396	15,0	9,5
5	SBM	14,5	55,4	538	20,3	9,7
	CM	19,4	55,4	466	18,0	8,4
6	SBM	13,7	31,0	335	19,1	10,8
	CM	10,1	31,7	360	20,5	11,4

¹SBM = khô dầu đậu nành chiết xuất bằng dung môi.

CM = khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi

²1-Benchaar và cộng sự, 2021; 2-Gidlund và cộng sự, 2015; 3-Holtshausen và cộng sự, 2021; 4-Lage và cộng sự, 2021; 5-Moore và cộng sự, 2016;

6-Reynolds và cộng sự, 2019

³ECM = sữa điều chỉnh năng lượng

Bảng 4. Mối quan hệ giữa mức độ khô dầu hạt cải trong khẩu phần và lượng khí mê-tan thải ra được xác định trong một nghiên cứu.¹

tham khảo	Hàm lượng khô dầu hạt cải trong khẩu phần, % VCK			
	0	8	16	24
Chỉ tiêu Sản xuất				
Vật chất khô tiêu thụ (DMI), kg	25,8	26,9	27,3	27,7
Sữa điều chỉnh năng lượng (ECM), kg	44,0	45,0	45,6	46,2
Chỉ số Khí mê-tan				
g/ngày	489	475	463	461
g/kg vật chất khô ăn vào	18,9	17,8	17,1	16,8
g/kg ECM	12,5	12,0	11,6	11,3

¹Benchaar và cộng sự, 2021

Một phần việc giảm khí mê-tan của khô dầu hạt cải có thể liên quan đến thành phần lipid, rất giàu axit oleic axit béo không bão hòa đơn. Lipid có thể làm giảm khí mê-tan trong ruột theo ba cách: bằng cách nhắm mục tiêu trực tiếp vào methanogens và động vật nguyên sinh, bằng cách hoạt động như một nguồn dự trữ H⁺ và bằng cách cung cấp nguồn năng lượng tập trung. Axit béo không bão hòa có thể liên kết với màng tế bào động vật nguyên sinh và ức chế sự vận chuyển H⁺ của động vật nguyên sinh đến methanogens (Kobayashi, 2010). Quá trình hydro hóa sinh học của các axit béo không bão hòa cũng tạo ra một bể chứa hydro, dẫn đến có ít H⁺ có sẵn trong dạ cỏ để tạo ra khí mê-tan. Một phân tích tổng hợp (Eugene và cộng sự, 2008) cho thấy lượng khí mê-tan giảm 2,2% khi tăng thêm 1% lipid vào khẩu phần ăn của bò sữa. Tương tự, Beauchemin và cộng sự. (2008) phát hiện ra rằng lipid trong khẩu phần ăn làm giảm lượng khí mê-tan 5,6% cho mỗi 1% lipid được thêm vào khẩu phần ăn cho bò thịt.

Việc giảm lượng khí mê-tan xảy ra khi cho ăn khô dầu hạt cải chỉ liên quan một phần đến sự đóng góp của phần lipid. Beauchemin và cộng sự (2009) đã xác định rằng khi bổ sung dầu hạt cải, dầu lanh hoặc dầu hướng dương vào khẩu phần ăn đã chứa khô dầu hạt cải, tất cả đều góp phần làm giảm lượng khí mê-tan thải ra, chứng tỏ tính cộng sinh giữa các phần khô dầu và dầu. Hơn nữa, Ramirez-Bribiesca và cộng sự (2018) phát hiện ra rằng quá trình lên men khô dầu hạt cải làm tăng propionate, dẫn đến thải lượng carbon ít hơn ra môi trường. Các nhà nghiên cứu này đã có thể xác định mối tương quan nghịch cao giữa phần protein bị phân hủy chậm của CM (-0,99) và khí mê-tan. Ngoài ra, họ còn có mối tương quan giữa lượng khí mê-tan giảm với hàm lượng chất béo trong khẩu phần ăn (-0,80). Williams và cộng sự (2020) đã xác định rằng tannin cũng có thể làm giảm lượng khí mê-tan, có vai trò tăng cường tác dụng của chất béo. Vỏ hạt cải dầu là nguồn cung cấp tannin đáng chú ý.

Ngoài ra, khô dầu hạt cải đã được chứng minh làm giảm oxit nitơ. Nhiều tài liệu nghiên cứu, như được mô tả trong hai phân tích tổng hợp gần đây (Martineau và cộng sự, 2013; Martineau và cộng sự, 2019), đã chỉ ra rằng việc sử dụng hiệu quả protein hấp thụ từ cải dầu dẫn đến lượng nitơ urê trong máu thấp hơn so với các khẩu phần ăn đậm thực vật. Nitơ urê bài tiết nhanh chóng được chuyển đổi thành khí amoniac, do đó có thể gián tiếp đóng góp vào oxit nitơ trong khí quyển. Như Bảng 5 minh họa, sự bài tiết nitơ trong nước tiểu giảm và nitơ sữa (protein) tăng lên khi khô dầu hạt cải trong khẩu phần tăng lên. Hristov và cộng sự (2011) nhận thấy rằng việc điều chỉnh hàm lượng dầu hạt cải trong khẩu phần có chứa khô dầu hạt cải không làm thay đổi việc sản xuất oxit nitơ.

Bảng 5. Ảnh hưởng của việc tăng khô dầu hạt cải trong khẩu phần ăn đến bài tiết nitơ qua nước tiểu.¹

	Tỷ lệ khô dầu cải, % VCK			
	0	8	16	24
Nitơ của sữa, g/day	679	700	707	718
Nitơ nước tiểu, g/ngày	210	213	218	222
Nitơ nước tiểu, % ni tơ ăn vào	35,1	33,4	31,7	31,4
g/kg vật chất khô ăn vào	5,1	4,8	4,5	4,3

¹ Hassanat et al., 2020

Độ ngon miệng của khô dầu hạt cải

Khô dầu hạt cải là nguyên liệu rất ngon miệng cho động vật nhai lại trưởng thành. Nhiều nghiên cứu gần đây đã tiết lộ rằng lượng ăn vào của bò sữa có thể được duy trì hoặc tăng lên khi khô dầu hạt cải thay thế khô dầu đậu nành hoặc ngũ cốc chưng cất. Trong một nghiên cứu được thiết kế theo hình vuông Latin, Benchaar và cộng sự (2021) đã cung cấp cho bò sữa khẩu phần chứa 0, 8, 16 hoặc 24% khô dầu hạt cải, thay thế khô dầu đậu nành. Lượng vật chất khô tiêu thụ tăng tuyến tính khi bổ sung khô dầu hạt cải, góp phần làm tăng sản lượng sữa (Bảng 6). Broderick và Faciola (2014) đã thay thế 8,7% khô dầu đậu nành bằng 11,7% khô dầu hạt cải. Bò tiêu thụ thêm 0,5 kg VCK với khẩu phần bổ sung khô dầu hạt cải. Maxin và cộng sự (2013a) đã sử dụng 20,8% khô dầu hạt cải thay cho 13,7% khô đậu nành, bò tiêu thụ lần lượt 23,6 và 24,0 kg VCK cho hai khẩu phần ăn. Swanepoel và cộng sự (2014) cho bò cao sản ăn tới 20% VCK từ khô dầu hạt cải thay cho ngũ cốc chưng cất có hàm lượng protein cao mà không làm giảm VCK tiêu thụ. Ba thử nghiệm ở giai đoạn đầu vắt sữa (Moore và Kalscheur, 2016; Gauthier và cộng sự, 2019; Kuehnl và Kalscheur, 2021) đã ghi nhận lượng tiêu thụ tăng thêm 1 kg khi khô dầu

hạt cải thay thế khô dầu đậu nành trong khẩu phần. Heim và Krebs (2020) cho rằng khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi có thể ngon miệng hơn khô dầu hạt cải ép. Khô dầu chiết xuất bằng dung môi hiện đã có sẵn ở thị trường Bắc Mỹ nhiều hơn.

Bảng 6. Ảnh hưởng của việc tăng lượng khô dầu hạt cải trong khẩu phần đến lượng vật chất khô tiêu thụ.¹

	Khẩu phần			
Có bổ sung khô dầu hạt cải, %	0	7,89	15,8	23,7
Có bổ sung khô dầu đậu nành, %	17,0	11,3	5,65	0
Vật chất khô tiêu thụ, kg/ngày	25,8	26,9	27,3	27,7
Sữa điều chỉnh năng lượng, kg/ngày	44,0	45,0	45,6	46,2

¹ Benchaar và cộng sự, 2021

Tương tự như vậy, người chăn nuôi gia súc đã cho thấy khô dầu hạt cải là một nguyên liệu thức ăn ngon miệng. Nair và cộng sự (2014) phát hiện ra rằng khi hạt lúa mạch được thay thế bằng khô dầu hạt cải ở mức 15% hoặc 30% tổng lượng vật chất khô, gia súc tiêu thụ lượng thức ăn lớn hơn khi bổ sung khô dầu hạt cải. Trong phần tiếp theo của nghiên cứu đó (Nair và cộng sự, 2015) với bò vỗ béo, lượng ăn vào được cải thiện khi khô dầu hạt cải được đưa vào khẩu phần ở mức 10 hoặc 20% vật chất khô. Đối với bò thịt, bò thịt có khẩu phần có 10% khô dầu hạt cải có lượng tiêu thụ cao hơn so với khẩu phần có chứa ngũ cốc chưng cất từ ngô hoặc ngũ cốc chưng cất từ lúa mì (Li và cộng sự, 2013). He và cộng sự (2013) xác định rằng không có sự giảm lượng chất khô ăn vào (DMI) khi thay thế hạt lúa mạch bằng khô dầu hạt cải ở mức 30% tính trên vật chất khô trong khẩu phần ăn trong giai đoạn sinh trưởng hoặc giai đoạn vỗ béo với bò thịt vỗ béo tại chuồng. Cả hai phương pháp xử lý khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi và ép đùn đều được thử nghiệm trong thí nghiệm đó và cho kết quả như nhau.

Sử dụng khô dầu hạt cải làm nguồn protein

Thành phần axit amin

Khô dầu hạt cải đã được thừa nhận là nguyên liệu thức ăn tốt nhất cho bò trong tất cả các loại protein thực vật do thành phần axit amin vượt trội của khẩu phần. Một phần tư thế kỷ trước, Shingoethe (1996) đã chứng minh rằng thành phần axit amin của Khô dầu hạt cải phù hợp với nhu cầu sản lượng sữa của bò sữa (Bảng 7) và bổ sung protein vi sinh vật dạ cỏ ở mức độ lớn hơn so với các protein thực vật khác. Điều này gần đây đã được nhấn mạnh bởi Kuehnl và Kalscheur (2022), khi tiếp tục nghiên cứu tác dụng của axit amin trong giai đoạn đầu của kỳ vắt sữa, đã cho thấy rằng hiệu quả sử dụng axit amin của khô dầu hạt cải là vượt trội.

Bảng 7. Hệ thống tính điểm protein sữa dùng để so sánh protein (1,00 = hoàn hảo).¹

Protein	Điểm	Axit amin giới hạn		
		1 st	2 nd	3 rd
Protein vi sinh vật dạ cỏ	0,78	Histidine	Leucine	Valine
Bột cá	0,75	Leucine	Tryptophan	Isoleucine
<i>Khô dầu hạt cải</i>	<i>0,68</i>	Isoleucine	Leucine	Lysine
Khô dầu hạt bông vải	0,46	Methionine	Isoleucine	Lysine
Khô dầu đậu nành	0,46	Methionine	Valine	Isoleucine
Khô dầu hạt hướng dương	0,46	Lysine	Leucine	Methionine
Bột thịt và xương	0,43	Tryptophan	Isoleucine	Methionine
Bã bia	0,40	Lysine	Methionine	Histidine
Ngũ cốc chưng cất ngô	0,32	Lysine	Tryptophan	Methionine
Bột gluten ngô	0,21	Lysine	Tryptophan	Isoleucine
Bột lông vũ	0,19	Histidine	Methionine	Lysine

¹ Shingoethe, 1996

Thành phần axit amin được xác định trong nguyên liệu thức ăn khẩu phần và phần protein không bị phân giải trong dạ cỏ (RUP) của khẩu phần được trình bày trong Bảng 8. Các giá trị này được xác định bởi Ross (2015), dựa trên phương pháp RUP được phát triển bởi Đại học Cornell (Ross và cộng sự, 2013). Các kết quả này là một tổng hợp của cuộc khảo sát các mẫu thu được từ năm 2011 đến năm 2014 từ các nhà máy chế biến khô dầu hạt cải trên khắp Canada.

Bảng 8. Thành phần axit amin thiết yếu của khô dầu hạt cải và phần RUP của khô dầu hạt cải, được xác định bởi Đại học Cornell bằng phương pháp Ross.¹

	% Vật chất khô		% protein	
	Khẩu phần ăn vào	Phần RUP	Khẩu phần ăn vào	Phần RUP
Arginine	2,17	2,23	6,03	6,19
Histidine	0,93	0,91	2,56	2,53
Isoleucine	1,24	1,28	3,44	3,56
Leucine	2,52	2,68	7,00	7,44
Lysine	1,84	1,76	5,11	4,89
Methionine	1,27	1,55	3,53	4,31
Phenylalanine	1,44	1,49	4,00	4,14
Threonine	1,47	1,51	4,09	4,19
Tryptophan	0,48	0,51	1,33	1,42
Valine	1,44	1,54	4,00	4,28

¹ Ross và cộng sự, 2015

Protein không phân giải trong dạ cỏ của khô dầu hạt cải

Trong khi thành phần axit amin góp phần rất lớn vào tầm quan trọng của khô dầu hạt cải trong hệ thống thức ăn của động vật nhai lại thì thành phần RUP của khô dầu hạt cải cũng đóng góp không kém. Khoảng một nửa lượng protein trong khô dầu hạt cải ở dạng RUP (Bảng 9). RUP, được biểu thị bằng phần trăm của tổng lượng protein, đã được chứng minh là cao hơn so với RUP được tìm thấy trong khô dầu đậu nành chiết xuất bằng dung môi.

Có một số nguồn dữ liệu có giá trị không chính xác về hàm lượng RUP của khô dầu hạt cải. Trước đây, phương pháp túi nylon tại chỗ đã được sử dụng để phân chia protein thức ăn thành các phần RUP và protein phân giải ở dạ cỏ (RDP). Sai sót trong phương pháp này nằm ở chỗ protein hòa tan và protein sẽ trở nên hòa tan và để lại các túi xộp được cho là đã bị phân hủy bởi vi khuẩn trong dạ cỏ và do đó không có sẵn như một nguồn axit amin cho vật chủ. Thật vậy, quan điểm cho rằng độ hòa tan và độ phân hủy là như nhau khó được đồng ý đến mức trong bảng nhu cầu dinh dưỡng cho bò NASEM (2021) được phát hành gần đây đã không cập nhật việc chấp nhận quan điểm này kể từ lần xuất bản trước (NRC, 2001). Những sai sót trong việc ước tính cách phân chia protein thức ăn đã cản trở khả năng của các nhà xây dựng công thức thức ăn trong việc hỗ trợ sự phát triển tối ưu của vi sinh vật dạ cỏ, cũng như việc tính toán lượng axit amin đi vào ruột từ nguồn vi sinh vật và nguyên liệu thức ăn.

Bảng 9. Giá trị RUP của khô dầu hạt cải và khô dầu đậu nành, được xác định bằng một số phương pháp phân tích mới hơn (% trên tổng lượng protein)

Tài liệu tham khảo	Khô dầu hạt cải	Khô dầu đậu nành	Tỷ lệ hạt cải/ đậu nành
Broderick và cộng sự, 2016	46,3	30,5	1,51
Hedqvist và Uden, 2006	56,3	27,0	2,07
Jayasinghe và cộng sự, 2014	42,8	31,0	1,38
Maxin và cộng sự, 2013	52,5	41,5	1,27
Ross, 2015	53,2	45,2	1,18
Tylutki và cộng sự, 2008	41,8	38,3	1,09

Khả năng phân giải thực tế của protein hòa tan trong dạ cỏ rất khác nhau và từ lâu đã được biết là có thể thay đổi. Sự phân hủy protein dẫn đến giải phóng nitơ

amoniac trong dạ cỏ. Broderick và cộng sự (1991) đã đánh giá lượng amoniac được tạo ra trong điều kiện in vitro và chỉ ra rõ ràng rằng peptide và axit amin có thể tích lũy. Các tác giả cho biết “một phần protein hòa tan có thể phá vỡ cấu trúc bậc hai và bậc ba để quá trình phân giải protein diễn ra. Các protein có liên kết disulfide rộng, chẳng hạn như albumin hoặc globulin miễn dịch, hoặc những protein có chứa liên kết chéo nhân tạo do xử lý hóa học, sẽ bị phân giải chậm hơn so với các protein ít trật tự hơn.”

Protein giàu liên kết disulfide có thể hòa tan nhưng khó bị phân giải trong dạ cỏ (Wallace, 1983; McNabb và cộng sự, 1994). Hai loại protein dự trữ chính trong khô dầu hạt cải là napin, một loại protein albumin và cruciferin, một loại protein globulin (Perera và cộng sự, 2016). Trong nhiều điều kiện khác nhau, cả hai loại protein đều có thể hòa tan (Chmielewska và cộng sự, 2020), trong đó napin có khả năng hòa tan cao trong môi trường dạ cỏ. Trong trường hợp với khô dầu hạt cải, với napin giàu liên kết disulphide, khả năng phân giải của protein hòa tan kém hơn một số loại protein thực vật thông thường khác.

Bảng 10 cung cấp một ví dụ về tốc độ phân giải thực sự của phần protein hòa tan (Hedqvist và Uden, 2008). Protein hòa tan trong khô dầu hạt cải bị phân giải trong dạ cỏ chậm hơn nhiều so với protein hòa tan trong khô dầu đậu nành hoặc ngũ cốc chưng cất từ lúa mì. Điều này có nghĩa là có cơ hội đáng kể để phần hòa tan từ khô dầu hạt cải đi đến ruột. Thêm vào đó là protein hòa tan sẽ thoát ra khỏi dạ cỏ theo dòng chất lỏng, nhanh hơn gấp đôi so với tốc độ luân chuyển của chất rắn (Seo và cộng sự, 2006). Điều này cũng có thể áp dụng cho phần protein có thể hòa tan bị miêu tả sai trong khi lơ lửng trong dạ cỏ trong quá trình phân tích in-situ.

Bảng 10. Tỷ lệ tiêu hóa phần protein hòa tan trong dạ cỏ đối với một số nguyên liệu chọn lọc.¹

Đạm thực vật	Protein hòa tan, % trên tổng lượng protein	Tỷ lệ % phân giải/giờ
Khô dầu hạt cải	20,4	19
Hạt lanh (khô dầu hạt lanh)	58,6	18
Lupin	80,2	34
Đậu Hà Lan	77,8	39
Khô dầu đậu nành	16,9	46
Ngũ cốc chưng cất lúa mì	24,3	62

¹ Hedqvist và Udén, 2008

Sản xuất protein vi sinh vật dạ cỏ

Các nghiên cứu đã xác nhận rằng khẩu phần có chứa khô dầu hạt cải hỗ trợ mức độ sản xuất vi sinh vật tương tự khi so sánh với khô dầu đậu nành. Sử dụng phép đo trực tiếp lưu lượng nitơ ở dạ múi khế, Brito và cộng sự (2007) và Paula và cộng sự (2018) đều xác định rằng không có sự khác biệt về năng suất protein vi sinh vật khi sử dụng khô dầu hạt cải để thay thế khô đậu nành làm nguồn cung cấp protein. Kết quả từ hai thử nghiệm cho ăn (Lage và cộng sự, 2021; Pereira và cộng sự, 2020) sử dụng dẫn xuất purine trong nước tiểu để ước tính sản lượng protein vi khuẩn không tìm thấy sự khác biệt nào trong hai nguồn protein, trong khi Swanepoel và cộng sự (2021) sử dụng phương pháp tương tự đã phát hiện ra rằng khẩu phần khô dầu hạt cải đã thúc đẩy các điều kiện dạ cỏ để cải thiện sự phát triển của vi sinh vật. Paula và cộng sự (2017) đã xác định rằng không có sự khác biệt về năng suất protein vi sinh vật đối với khẩu phần khô dầu đậu nành hoặc khô dầu hạt cải trong một nghiên cứu lên men dòng kép.

Trong một mô hình thí nghiệm khác mà trong đó khô dầu hạt cải được thay thế cho lúa mạch, sự phát triển của vi sinh vật dạ cỏ đã giảm khi lượng khô dầu hạt cải cao hơn. Krizsan và cộng sự (2017) lưu ý rằng việc tăng nồng độ khô dầu hạt cải được xử lý nhiệt dẫn đến lượng protein thoát ra khỏi dạ cỏ nhiều hơn và lượng protein vi sinh vật dạ cỏ ít hơn. Tuy nhiên, khô dầu hạt cải được xử lý nhiệt đã thay thế lúa mạch trong khẩu phần và điều này làm thay đổi lượng tinh bột sẵn có cần thiết để hỗ trợ sự phát triển của vi sinh vật.

Năng lượng cho gia súc nhai lại

Giống như hầu hết các nguyên liệu thức ăn hỗn hợp, khô dầu hạt cải là nguồn năng lượng tốt, cung cấp chất dinh dưỡng cho sự phát triển của vi sinh vật và hỗ trợ năng suất vật nuôi. Trước đây, giá trị năng lượng của khô dầu hạt cải đã bị đánh giá thấp (NRC, 2001; NRC, 2015) và vẫn còn sai sót trong nhiều ấn phẩm. Một số chương trình xây dựng công thức thức ăn phổ biến sử dụng lignin để giảm khả năng tiêu hóa của thành tế bào. Ví dụ, NRC (2001) ước tính lượng xơ trung tính (NDF) không hữu dụng đạt gần 65%, trong khi NDF hữu dụng ước tính là 35%. Tùy thuộc vào tốc độ di chuyển, lượng tiêu hóa thực tế sẽ còn ít hơn. Sử dụng xét nghiệm NDF khó tiêu mới được phát triển, Cotanch và cộng sự (2014) đã chứng minh rằng NDF không hữu dụng trong khô dầu hạt cải là 32% tổng lượng NDF sau 120 giờ ủ dạ cỏ và do đó thành tế bào có khả năng tiêu hóa là 68%. Một lần nữa, khả năng tiêu hóa thực tế sẽ thấp hơn do thành tế bào có khả năng tiêu hóa thoát ra khỏi dạ cỏ trước khi quá trình tiêu hóa hoàn tất. Hệ thống NASEM (2021) được phát hành gần đây, sử dụng xác định khả năng tiêu hóa NDF trong 48 giờ, chính xác hơn và cung cấp giá trị năng lượng thực tế hơn.

Dựa trên kết quả khảo sát 4 năm của 12 nhà máy chế biến (144 mẫu), Paula và cộng sự (2017) xác định rằng



tỷ lệ tiêu hóa NDF sau 288 giờ ủ dạ cỏ là 80,2% NDF và ước tính tỷ lệ tiêu hóa dạ cỏ thực tế ở 3 lần tiêu thụ duy trì là 60,2%. Tiếp theo vấn đề này, Arce-Cordero và cộng sự (2021) nhận thấy rằng năng lượng thuần cho tiết sữa (NE-L) ở 3 lần ăn vào duy trì sẽ là 1,87 Mcal/kg.

Những kết quả này chứng thực một số nghiên cứu cũ cho thấy khoảng một nửa NDF thực sự được tiêu hóa ở bò sữa đang cho sữa (Mustafa và cộng sự, 1996, 1997), và tỷ lệ được tiêu hóa cao hơn ở cừu (Hentz và cộng sự, 2012) và bò thịt (Patterson và cộng sự, 1999a).

Dựa trên một nghiên cứu về thức ăn chăn nuôi, khô dầu hạt cải được chiết xuất bằng dung môi có cùng giá trị năng lượng thuần để duy trì và tăng trọng như lúa mạch (Nair và cộng sự, 2015). Khô dầu hạt cải thay thế lúa mạch ở mức 15 và 30% VCK của khẩu phần, bằng cách tính toán dựa trên sự thay thế năng lượng thuần. Trong một nghiên cứu so sánh ngũ cốc chưng cất, ngũ cốc chưng cất có hàm lượng protein cao, khô dầu đậu nành và khô dầu hạt cải, không có sự khác biệt về lượng sữa được điều chỉnh năng lượng/vật chất khô hoặc thay đổi về điểm thể trạng (Christen và cộng sự, 2010). Ngoài ra, Swanepoel và cộng sự (2014) không thấy có sự khác biệt về DMI hoặc điểm thể trạng khi có tới 20% khô dầu hạt cải thay thế các loại ngũ cốc chưng cất từ ngô có hàm lượng protein cao. Sản lượng năng lượng trong sữa cao hơn với khẩu phần có chứa khô dầu hạt cải, cho thấy giá trị năng lượng của khô dầu hạt cải ít nhất cũng lớn bằng các loại ngũ cốc chưng cất có hàm lượng protein cao. Dựa trên những kết quả mới hơn này, giá trị năng lượng của khô dầu hạt cải được cung cấp trong Bảng 11.

Bảng 11. Kết quả nghiên cứu trên những con bò tham gia thử nghiệm thực địa ở Wisconsin.

	CANOLA MEAL PROCESSING METHOD	
	Chiết xuất bằng dung môi	Ép đùn
Tổng chất dinh dưỡng tiêu hóa (TDN), %	68,2	74,6
Năng lượng tiêu hóa (DE), Mcal/kg	3,35	3,70
Năng lượng trao đổi (ME), Mcal/kg	2,70	3,01
Năng lượng thuần của quá trình tiết sữa (NEL-3M)	1,78	2,01
Năng lượng thuần để duy trì (NEM)	1,92	2,16
Năng lượng thuần để tăng trọng (NEG)	1,27	1,47

Axit béo của hạt cải

Khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi có xu hướng chứa chất béo cao hơn nhiều loại hạt có dầu khác và chất béo này góp phần tạo nên giá trị năng lượng cho bữa ăn. Nguồn axit béo không bão hòa cao này được tạo thành phần lớn từ axit oleic của axit béo không bão hòa đơn (C18:1).

Các axit béo không bão hòa trong dạ cỏ có khả năng cho phép tích tụ các chất trung gian hydro hóa sinh học có thể cản trở quá trình tổng hợp chất béo sữa và dẫn đến suy giảm chất béo trong sữa. Axit oleic ít có khả năng tạo ra các chất trung gian axit béo góp phần làm giảm chất béo trong sữa so với các axit béo có từ 2 liên kết không bão hòa trở lên. Trong một phân tích tổng hợp, Dorea và Armentano (2017) đã xác định rằng nguyên liệu thức ăn có dầu chứa chủ yếu là axit linoleic (C18:2) có khả năng giảm mỡ sữa cao gấp đôi so với những nguyên liệu chứa chủ yếu là C18:1 hoặc

axit linolenic (C18:3). Lopes và cộng sự (2017) kết luận rằng hạt có dầu có nồng độ C18:1 cao hơn có khả năng làm tăng nồng độ và năng suất chất béo trong sữa cũng như hàm lượng C18:1 trong sữa ở bò sữa, so với các loại dầu có chứa C18:2.

He và Armentano (2011) đã bổ sung một lượng lớn dầu thực vật (5% VCK) có thành phần axit béo khác nhau vào khẩu phần ăn của bò đang cho sữa. Năng suất mỡ giảm từ 1,14 kg/bò/ngày xuống 1,02 kg/bò/ngày đối với khẩu phần có bổ sung C18:1 và axit linoleic (C18:3) nhưng giảm xuống 0,86 kg/bò/ngày có bổ sung axit linoleic (C18:2). Trong một nghiên cứu tiếp theo, một lần nữa với nồng độ chất béo bổ sung cao, He và cộng sự (2012) đã xác định rằng C18:2 là một axit béo có tiềm năng cao hơn C18:1 trong việc gây giảm chất béo trong sữa. Stoffel và cộng sự (2015) đã cho bò ăn các khẩu phần thử nghiệm khác nhau về thành phần axit béo, nhưng nguồn chất béo bổ sung được cung cấp ở mức độ phổ biến trong thực tiễn chăn nuôi. Tác động lên tỷ lệ mỡ sữa và sản lượng mỡ sữa rất khác nhau đối với các khẩu phần. Năng suất mỡ sữa là 1,44 ở khẩu phần C18:1 cao so với 1,31 kg/bò/ngày ở khẩu phần C18:2 cao. Năng suất chất béo ở khẩu phần đối chứng ít dầu là 1,41 kg/bò/ngày, cho thấy khẩu phần có hàm lượng C18:1 cao hơn không ảnh hưởng đến năng suất mỡ sữa.

Hơn nữa, các axit béo không bão hòa phổ biến (axit (C18:1, C18:2 và C18:3) có thể cản trở quá trình trao đổi chất của vi sinh vật bằng cách làm mất ổn định màng tế bào, làm tăng tính thấm thấu của màng (Yoon và cộng sự, 2018). Ảnh hưởng lớn nhất khi số lượng liên kết đôi tăng lên (C18:3> C18:2>C18:1).

Ngược lại, một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng khả năng tiêu hóa dạ cỏ tăng theo C18:1. Chilikani và cộng sự (2004) đã bổ sung khoảng 6,5% dầu hạt cải (62% C18:1) vào khẩu phần ăn cho bò cuối kỳ tiết sữa và đánh giá khả năng tiêu hóa dạ cỏ. Như Bảng 12 cho thấy, giá trị

tiêu hóa dạ cỏ cao hơn đối với khẩu phần có thêm dầu hạt cải. Prom and Lock (2021) nhận thấy rằng việc bổ sung C18:1 đã cải thiện khả năng tiêu hóa vật chất khô và NDF trong dạ cỏ.

Bảng 12. Tỷ lệ tiêu hóa các chất dinh dưỡng trong dạ cỏ của bò được bổ sung dầu hạt cải.¹

Dinh dưỡng	Thí nghiệm thức	
	Đối chứng	Cải dầu
Lượng chất khô tiêu thụ, kg/ngày	14,0	14,5
Tổng lượng axit béo tiêu thụ, g/ngày	244	1.154
Dinh dưỡng	Tiêu hóa dạ cỏ, %	
Vật chất khô	42,3	45,1
Chất hữu cơ	45,5	48,5
Protein thô	24,1	37,1
Chất xơ trung tính	43,3	50,6
Chất xơ không hòa tan trong axit	34,7	44,2

¹ Chilikani và cộng sự, 2004

Tốc độ hydro hóa sinh học của C18:1 đã được chứng minh là thấp hơn so với các axit béo bão hòa hơn (Baldin và cộng sự, 2018). Điều này có nghĩa là nhiều chất hơn có thể thoát ra khỏi dạ cỏ và đi vào ruột, nơi nó có những lợi ích thêm. Không giống như các axit béo C18 khác, C18:1 đã được chứng minh là hoạt động như một tác nhân lưỡng tính và cải thiện khả năng tiêu hóa chất dinh dưỡng (Prom và cộng sự, 2021). Trong một thử nghiệm (Lopes và cộng sự, 2017) so sánh khẩu phần chứa khô dầu đậu nành thông thường (C18:2 cao) với giống khô dầu đậu nành biến đổi gen có hàm lượng C18:1 cao, người ta nhận thấy rằng khả năng tiêu hóa tổng số cao hơn ở khẩu phần có C18:1 cao. Tầm quan trọng của phát hiện này là sự khác biệt duy nhất trong khẩu phần là thành phần của các axit béo. Trong một nghiên cứu khác (Prom và cộng sự, 2018), việc truyền C18:1 vào dạ múi khế đã cải thiện khả năng tiêu hóa axit béo.

Vi dưỡng chất trong khô dầu hạt cải

Phot pho

Khô dầu hạt cải là một nguồn phot pho phong phú, với hầu hết khoáng chất này ở dạng phot pho phytate. Không giống như động vật dạ dày đơn, dạng này có ở động vật nhai lại do sự hiện diện của phytase vi khuẩn trong dạ cỏ làm phân hủy phytate nhanh chóng (Spears, 2003). Trên thực tế, các nghiên cứu đã chỉ ra rằng phot pho phytate dễ hấp thụ hơn đối với gia súc nhai lại so với phot pho không phytate. Garikipati (2004) đã cung cấp khẩu phần ăn cho bò sữa trong đó khoảng một nửa phot pho ở dạng phytate. Tỷ lệ tiêu hóa tổng thể của phot pho là 49%. Tuy nhiên, khả năng tiêu hóa của phot pho liên kết với phytate là 79%. Skrivanova và cộng sự (2004) cũng phát hiện ra rằng khả năng tiêu hóa phot pho của bê 10 tuần tuổi là 72%, với 97% phần phytate được tiêu hóa.

Iốt

Iốt từ lâu đã được công nhận là một loại khoáng chất có thể được thêm vào thức ăn và sử dụng để chống lại các vi sinh vật gây bệnh truyền nhiễm như thối móng và viêm vú. Tuy nhiên, việc tăng khẩu phần iốt thường dẫn đến nồng độ iốt đi vào sữa cao hơn, trong đó lượng iốt trong sữa cao là mối lo ngại đối với dinh dưỡng của con người. Các loại cây họ cải như cải dầu và hạt cải dầu có chứa glucosinolate làm giảm sự hấp thu iốt của tuyến giáp và tuyến vú (Flachowsky và cộng sự, 2014). Mặc dù hàm lượng glucosinolates trong khô dầu hạt cải ngày nay cực kỳ thấp, một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng nồng độ iốt trong sữa giảm khi những nguồn protein này được cung cấp ở mức tiêu thụ cao hơn (Vesely và cộng sự, 2009; Troan và cộng sự, 2018). Troan và cộng sự (2018) nghiên cứu đã cung cấp cho bò khẩu phần chứa 0, 6, 14 hoặc 20% khô dầu hạt cải ép, chứa tổng cộng 1,07 $\mu\text{mol/g}$ glucosinolates. Người ta xác định rằng tỷ lệ iốt tiêu thụ

được chuyển vào sữa là 25, 19, 13 và 10% cho bốn khẩu phần tương ứng. Lợi ích của việc này đã được thể hiện trong một nghiên cứu của Weiss và cộng sự (2015). Cho ăn 13,9% khô dầu hạt cải trong khẩu phần thử nghiệm và 2,0 mg iốt dẫn đến nồng độ iốt trong sữa gần với mức được tìm thấy khi cung cấp 0,5 mg/kg iốt trong khẩu phần ăn không bao gồm khô dầu hạt cải. Tuy nhiên, nồng độ iốt trong huyết thanh trong máu cao hơn nhiều khi dùng khô dầu hạt cải (Bảng 13), và điều này sẽ cho thấy lợi ích của việc bổ sung iốt cao hơn mà không tạo ra mức iốt không thể chấp nhận được trong sữa.

Bảng 13. Ảnh hưởng của việc cho ăn khô dầu hạt cải đến nồng độ iốt trong huyết thanh và sữa (ug/L).¹

Item	Nồng độ iốt trong khẩu phần, mg/kg VCK					
	0.5			2.0		
Khô dầu hạt cải, % VCK	0	3,9	13,9	0	3,9	13,9
Iod huyết thanh, ug/L	99	142	148	175	251	320
Iốt trong sữa, ug/L	358	289	169	733	524	408

¹ Weiss và cộng sự, 2015

Sự khác biệt anion cation trong khẩu phần

Sự chênh lệch i-on dương và âm trong khẩu phần ăn (DCAD) được sử dụng để tính toán về sự chênh lệch giữa các i-on âm chính (lưu huỳnh và clo) và i-on dương (natri và kali) trong khẩu phần ăn. Khi có số lượng bằng nhau về mặt phân tử thì khẩu phần đó là trung tính.

Nên có lượng i-on âm dư thừa trong thời kỳ cận sữa vì điều này có thể có lợi trong việc giảm tỷ lệ mắc bệnh sốt sữa khi đẻ. Sự giảm canxi máu đột ngột khi bắt đầu cho con bú phải được bù đắp bằng sự hấp thu canxi nhiều hơn cũng như huy động canxi từ xương. Khẩu phần có DCAD âm đã được chứng minh là giúp duy trì mức canxi trong máu bằng cách hỗ trợ giải phóng canxi từ xương (Wu và cộng sự, 2008; Zimpel và cộng sự, 2021).

Bảng 14. So sánh các i-on dương (kali và natri) và âm (clo và lưu huỳnh) và DCAD (mEq/kg chất khô) của một số nguyên liệu thức ăn phổ biến.¹

Nguyên liệu	I-on dương		I-on âm		DCAD
	K	Na	Cl	S	
Khô dầu hạt cải	361	30	-11	-456	-76
Hạt ngô	107	9	-23	-63	31
Ngũ cốc chưng cất ngô	281	130	-28	-275	109
Khô dầu đậu nành	775	13	-155	-244	389
Cỏ linh lăng ủ chua	775	13	-155	-188	445
Lúa mạch ủ chua	621	58	106	106	369
Ngô ủ chua	307	4	-82	-88	142
Cỏ ủ chua	795	22	-181	-131	505

¹ Erdman và Iwaniuk, 2015

Muối anion có thể được thêm vào khẩu phần, nhưng đôi khi chúng làm giảm cảm giác ngon miệng và lượng ăn vào. Vì các i-on âm và dương trong khẩu phần có nguồn gốc từ thức ăn được cung cấp cũng như các chất bổ sung khoáng chất nên việc lựa chọn nguyên liệu có thể có lợi trong việc đạt được sự cân bằng mong muốn và giảm nhu cầu bổ sung muối i-on âm. Các thành phần đóng góp một lượng lớn i-on dương vào khẩu phần sẽ làm tăng nhu cầu về lượng muối i-on âm lớn hơn. Như Bảng 14 trên đây cho thấy, khô dầu hạt cải là một lựa chọn lý tưởng, vì giá trị DCAD của thành phần này đã âm và sẽ giúp giảm nhu cầu bổ sung muối i-on âm.

Chất chống oxy hóa

Stress oxy hóa xảy ra phổ biến trong giai đoạn chuyển tiếp và trong quá trình stress nhiệt. Khô dầu hạt cải chứa nhiều chất chống oxy hóa, bao gồm các hợp chất phenolic (Vuorela và cộng sự, 2004; Wanasundara và cộng sự, 1995), vitamin E và carotenoids (Loganes và cộng sự, 2016). Những điều này góp phần làm giảm các hợp chất gốc tự do và tổn thương tế bào đồng thời do chúng tạo ra.

Sử dụng khô dầu hạt cải chiết xuất dung môi cho bò sữa

Phân tích tổng hợp về giá trị cho ăn

Đã có 5 phân tích tổng hợp chuyên sâu được thực hiện kể từ năm 2011, trong đó khô dầu hạt cải được so sánh với các loại protein thực vật khác trong khẩu phần ăn của bò sữa đang cho sữa. Mặc dù mỗi mục tiêu có những mục tiêu hơi khác nhau và do đó phương pháp trích xuất dữ liệu cũng khác nhau, nhưng tất cả các nghiên cứu này đều chứng minh thực tế rằng khô dầu hạt cải là loại khô dầu có hàm lượng RUP cao với thành phần axit amin đặc biệt.

Huhtanen và cộng sự (2011) đã đánh giá kết quả từ 122 nghiên cứu trong đó protein bổ sung được cung cấp bằng khô dầu đậu nành hoặc khô dầu hạt cải. Trong mọi trường hợp, protein bổ sung thay thế ngũ cốc và thức ăn thô xanh được giữ nguyên. Phân tích cho thấy rằng với mỗi kg protein thô tiêu thụ tăng lên, sản lượng sữa tăng 3,4 kg với khô dầu hạt cải và 2,1 kg với khô dầu đậu nành. Các nhà nghiên cứu kết luận rằng khô dầu hạt cải bị đánh giá thấp khi so sánh với khô dầu đậu nành. Bảng 15 tóm tắt dữ liệu từ báo cáo này.

Sử dụng các tiêu chí lựa chọn dữ liệu hơi khác nhau, Martineau và cộng sự (2013) đã so sánh hiệu quả của việc thay thế protein thực vật trong khẩu phần với cùng một lượng protein từ khô dầu hạt cải. Kết quả từ

27 nghiên cứu được công bố, đánh giá 88 nghiệm thức, được đưa vào phân tích. Ở mức bổ sung trung bình (2,3 kg mỗi ngày) khô dầu hạt cải, năng suất sữa cao hơn 1,4 kg khi bò được cho ăn khô dầu hạt cải trong 49 nghiên cứu được sử dụng trong phân tích.

Bảng 15. Tóm tắt phân tích tổng hợp của Huhtanen và cộng sự (2011).

Chỉ tiêu theo dõi	Khô dầu hạt cải	Khô dầu đậu nành
Lượng chất khô tiêu thụ, kg/ngày	19,4	16,8
Sản lượng sữa, kg/ngày	27,2	23,6
Sản lượng sữa hiệu chỉnh năng lượng, kg/ngày	28,6	23,6

Tiếp nối phân tích tổng hợp trước đó, Martineau và cộng sự (2014) đã so sánh phản ứng của axit amin huyết tương với những thay đổi về nguồn protein trong khẩu phần. Kết quả từ 10 thí nghiệm cho ăn và 21 so sánh nghiệm thức đã có sẵn cho phân tích này. Nồng độ axit amin thiết yếu trong huyết tương cao hơn và nitơ urê sữa thấp hơn khi bò nhận được khô dầu hạt cải so với tất cả các nguồn protein khác. Những khác biệt này thực sự phản ánh tầm quan trọng của thành phần axit amin trong khô dầu hạt cải vì nó liên quan đến nhu cầu của bò sữa đang cho sữa. Kết luận từ báo cáo này là khô dầu hạt cải làm tăng khả năng cung cấp các axit amin thiết yếu.Moura và cộng sự (2018) đã thu thập dữ liệu từ 37 bản thảo được bình duyệt đánh giá việc sử dụng khô dầu hạt cải để thay thế các nguồn protein thực vật khác. Trong nghiên cứu này, sự khác biệt nghiệm thức trung bình được so sánh. Bản tóm tắt kết quả được cung cấp trong Bảng 16. Sự khác biệt có ý nghĩa thống kê đối với tất cả các giá trị được hiển thị.

Bảng 16. Tóm tắt các phân tích tổng hợp của Moura và cộng sự (2018).

Chỉ tiêu theo dõi	Quan sát	Chênh lệch trung bình
Lượng chất khô tiêu thụ, kg/ngày	79	0,22
Sản lượng sữa, kg/ngày	88	0,69
Sản lượng đậm sữa, kg/ngày	60	0,02
Urê sữa N, mg/dL	22	-0,98
Lượng sữa N đến N	34	0,22

Để bao gồm những kết quả nghiên cứu gần đây nhất, Martineau và cộng sự (2019) đã tiến hành phân tích tổng hợp cuối cùng để so sánh kết quả nghiên cứu nuôi dưỡng từ các nghiên cứu bị hạn chế trong đó khô dầu hạt cải được so sánh toàn bộ và một phần với một loại protein khác. Một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng việc trộn các protein thực vật khác với khô dầu hạt cải sẽ nâng cao giá trị của nguồn protein không phải hạt cải, nhưng vẫn chưa rõ liệu các protein không phải hạt cải có nâng cao giá trị của khô dầu hạt cải hay không. Nghiên cứu toàn diện này chỉ ra rằng việc trộn các loại protein thực vật khác với khô dầu hạt cải sẽ không cải thiện sản lượng sữa. Nghiên cứu cũng chỉ ra rằng khô dầu hạt cải có thể được cung cấp trong khẩu phần có tới 19% VCK, mức cao nhất được thử nghiệm tại thời điểm dữ liệu được đối chiếu, không gây giảm sản lượng sữa và không có tác động tiêu cực khi ăn vào.

Khô dầu hạt cải trong thời kỳ đầu cho sữa

Chỉ gần đây các thử nghiệm mới được tiến hành để đánh giá khô dầu hạt cải cho bò ở giai đoạn đầu cho sữa. Từ năm 2016, đã có 4 nghiên cứu ủng hộ việc sử dụng khô dầu hạt cải trong khẩu phần ăn cho bò sữa giai đoạn đầu cho sữa (Bảng 17). Tất cả các thử nghiệm đều cho thấy bò được cho ăn khô dầu hạt cải trong thời kỳ đầu cho sữa sẽ tạo ra lượng sữa lớn hơn.

Giá trị hiệu quả sử dụng thức ăn là tương tự nhau đối với cả hai nguồn protein, ngoại trừ một ngoại lệ (Moore và Kalscheur, 2016) trong đó khẩu phần khô dầu hạt cải có lợi thế đáng kể.

Bảng 17. Năng suất của bò ăn khô dầu hạt cải hoặc khô dầu đậu nành trong thời kỳ đầu cho con bú.

Thử nghiệm thức ²	Thời gian, tuần	Hàm lượng, % VCK		Sản lượng sữa, kg		ECM/DMI ¹	
		Khô dầu hạt cải	Khô dầu đậu nành	Khô dầu hạt cải	Khô dầu đậu nành	Khô dầu hạt cải	Khô dầu đậu nành
1	16	19,4	14,5	56,5	52,3	2,31	2,17
1	16	11,9	8,9	54,8	50,1	2,22	2,16
2	22	13,0	7,0	44,5	42,3	1,53	1,50
3 ³	22	14,3	6,3	51,3	49,6	1,79	1,73
3	22	14,3	6,3	51,3	49,9	1,79	1,77
4	16	16,5	12,1	52,8	50,9	2,18	2,13

¹ Lượng sữa điều chỉnh năng lượng/vật chất khô

² 1: Moore và Kalscheur, 2016; 2: Gauthier và cộng sự, 2019; 3: Swanepoel và cộng sự, 2020; 4: Kuehnl và Kalscheur, 2021

³ Cả hai khẩu phần khô dầu đậu nành đều chứa 6,5% khô dầu hạt cải. Khẩu phần khô dầu đậu nành thứ 2 cung cấp thêm methionine.

Mặc dù không có sự khác biệt về hiệu quả sử dụng thức ăn trong các thí nghiệm do Gauthier và cộng sự (2019) và Swanepoel và cộng sự (2020), cả hai đều cho thấy tình trạng cơ thể ít bị hao mòn hơn khi bò nhận được khẩu phần có chứa khô dầu hạt cải. Cả hai đều là nghiên cứu trên đàn lớn được thực hiện trong điều kiện trang trại thực tế.

Thử nghiệm cho ăn giữa thời kỳ cho sữa

Bảng 18 và 19 cho thấy kết quả về năng suất sữa của các nghiên cứu đối đầu được công bố gần đây so sánh khô dầu hạt cải với các nguồn protein thực vật thông thường khác. Hầu hết các thử nghiệm đều liên quan đến việc so sánh khô dầu hạt cải với khô dầu đậu nành (Bảng 20), mặc dù đã có những thử nghiệm liên quan đến các loại protein khác (Bảng 21). Như các bảng minh họa, khô dầu hạt cải có hiệu quả tương đương hoặc tốt hơn các khẩu phần thay thế được đánh giá về tiềm năng sản xuất sữa trong hầu hết các nghiên cứu được công bố.

Bảng 18. So sánh sản lượng sữa (kg) của bò được cho ăn các khẩu phần có nguồn protien bổ sung chủ yếu từ khô dầu hạt cải hoặc khô đậu nành.

Tài liệu tham khảo	Khẩu phần		Chênh lệch
	Khô dầu hạt cải	Khô dầu đậu nành	
Benchaar và cộng sự, 2021	42,2	40,4	1,8
Brito và Broderick, 2007	41,1	40,0	1,1
Broderick và cộng sự, 2012	40,7	39,7	1,0
Broderick và cộng sự, 2015	39,5	38,5	1,0
Broderick và Faciola, 2014	38,8	38,2	0,6
Christen và cộng sự, 2010	31,7	31,7	0
Galindo và cộng sự, 2017	46,0	43,7	2,3
Gauthier và cộng sự, 2019	44,5	42,3	2,2
Gauthier và cộng sự, 2019	44,5	44,8	-0,3
Gidlund và cộng sự, 2015	30,2	29,5	0,7
Holtshausen và cộng sự, 2021	34,2	35,0	-0,8
Kuehnl và Kalscheur, 2021	52,8	50,9	1,9
Kuehnl và Kalscheur, 2022	44,3	41,4	2,9
Lage và cộng sự, 2021	43,8	41,1	2,7
Maxin và cộng sự, 2013	30,9	31,9	-1,0
Moore và Kalscheur, 2016	55,7	51,2	4,5
Paula và cộng sự, 2015	40,3	39,4	0,9
Paula và cộng sự, 2018	44,1	42,9	1,2
Paula và cộng sự, 2020	37,2	36,4	0,8
Sanchez-Duarte và cộng sự, 2019	38,2	37,5	0,7
Swanepoel và cộng sự, 2020	51,3	49,6	1,7
Swanepoel và cộng sự, 2020	51,3	49,9	1,4
Weiss và cộng sự, 2015	39,4	37,6	1,8

Bảng 19. So sánh sản lượng sữa (kg) của bò được cung cấp protein bổ sung chủ yếu từ khô dầu hạt cải hoặc protein thực vật khác.

Tài liệu tham khảo	Nguồn protein		Sự sai khác
	Khô dầu hạt bông	Khô dầu hạt bông	
Brito và Broderick, 2007	41,1	40,5	0,6
Maesoomi và cộng sự, 2006	28,0	27,0	1,0
	Khô dầu hạt cải	DDGS ngô hạt cải	
Acharya và cộng sự, 2015	34,9	35,5	-0,6
Christen và cộng sự, 2010	31,7	31,2	0,5
Maxin và cộng sự, 2013	30,9	32,2	-1,3
Mulrooney và cộng sự, 2009	35,2	34,3	0,9
Swanepoel và cộng sự, 2014	47,9	44,9	3,0
	Khô dầu hạt cải	DDGS lúa mì	
Abeysekara và Mutsvangwa, 2016	40,4	40,2	0,2
Chibisa và cộng sự, 2012	45,0	45,0	0
Maxin và cộng sự, 2013	30,9	30,8	0,1
Mutsvangwa và cộng sự, 2016	43,4	42,4	1,0
	Khô dầu hạt cải	Khô dầu hạt hướng dương	
Beauchemin và cộng sự, 2009	27,0	26,7	0,3
Vincent và cộng sự, 1990	26,7	25,1	1,6
	Khô dầu hạt cải	Bã bia	
Moate và cộng sự, 2011	23,4	22,3	1,1
	Khô dầu hạt cải	Khô dầu hạt cải	
Beauchemin và cộng sự, 2009	27,0	26,8	0,2
	Khô dầu hạt cải	Khô dầu hạt cải đắng	
Hristov và cộng sự, 2011	47,1	45,0	2,1
	Khô dầu hạt cải	Khô dầu hạt cải	
Lage và cộng sự, 2021	43,8	42,6	1,2

Khô dầu hạt cải cho tăng trưởng

Khô dầu hạt cải cho bê chưa cai sữa

Mặc dù rất phù hợp về mặt dinh dưỡng, nhưng khô dầu hạt cải ít có khả năng được đưa vào khẩu phần ăn cho bê, dựa trên các nghiên cứu cũ trong đó hàm lượng glucosinolate cao làm giảm lượng thức ăn ăn vào. Ravichandiran và cộng sự (2008) đã kiểm tra tác động của việc cho ăn khô dầu hạt cải so với khô dầu hạt cải đẳng với hàm lượng glucosinolates còn lại khác nhau đối với bê 5 tháng tuổi. Bê được cho ăn khô dầu hạt cải có chứa ít hơn 20 μ mol/g glucosinolates tiêu thụ lượng thức ăn gần như tương đương với bê đối chứng được cho ăn khẩu phần không có bột cải (tương ứng là 1,10 kg so với 1,08 kg/ngày). Tuy nhiên, bê được cho ăn thức ăn hỗn hợp có chứa khô dầu hạt cải có hàm lượng glucosinolate cao (>100 μ mol/g) chỉ tiêu thụ 0,76 kg. Cần lưu ý rằng khô dầu hạt cải từ Canada chứa 3,57 μ mol/g tính theo vật chất khô.

Tuổi của bê có thể là một yếu tố ảnh hưởng đến sự tiếp nhận. Hai thí nghiệm tương tự được tiến hành với bê trong giai đoạn chưa cai sữa (Bảng 20) và sau cai sữa (Bảng 21). Cả hai đều ghi nhận xu hướng giảm lượng ăn vào khi bê chưa cai sữa (Bảng 20), nhưng không phải ngay sau khi cai sữa (Bảng 21). Miller-Cushon và cộng sự (2014) khuyến nghị nên chia khẩu phần ăn tập ăn thành dạng viên để khắc phục tình trạng lựa chọn của bê con.

Bảng 20. Sử dụng khô dầu hạt cải cho bê con cai sữa.

	Khẩu phần		
	Khô dầu hạt cải	Khô dầu hạt bông	Khô dầu đậu nành
Claypool và cộng sự, 1985			
Hàm lượng trong khẩu phần, % vật chất khô	17,6	14,1	11,1
Lượng ăn vào/ngày trước cai sữa, ¹ g	368	479	439
Tăng trọng trung bình hàng ngày, g/ngày	580	620	620
Hadam và cộng sự, 2016	Khô dầu hạt cải	Hạt cải đậu/Đậu nành	Khô dầu đậu nành
Hàm lượng trong khẩu phần, % vật chất khô	35,0	16,5	24,0
Lượng ăn vào/ngày trước cai sữa, ² g	269	250	315
Tăng trọng trung bình hàng ngày, g/ngày	587	636	684

¹ Bê được cai sữa lúc 8 tuần tuổi.

² Bê được cai sữa từ 5 đến 7 tuần tuổi. Dữ liệu trong 5 tuần đầu tiên.

Bảng 21. Sử dụng khô dầu hạt cải sau cai sữa.

	Khẩu phần		
	Khô dầu hạt cải	Khô dầu hạt bông	Khô dầu đậu nành
Claypool và cộng sự, 1985			
Hàm lượng trong khẩu phần, % vật chất khô	17,6	14,1	11,1
Lượng ăn vào/ngày sau cai sữa, ¹ g			
Tăng trọng trung bình hàng ngày, g/ngày	890	890	910
Hadam và cộng sự, 2016	Khô dầu hạt cải	Hạt cải đậu/Đậu nành	Khô dầu đậu nành
Hàm lượng trong khẩu phần, % vật chất khô	35,0	16,5/12,5	24,0
Lượng ăn vào/ngày sau cai sữa, ² g	2.001	1.964	2.003
Tăng trọng trung bình hàng ngày, g/ngày	734	745	798

¹ Bê được cai sữa lúc 8 tuần tuổi và thử nghiệm kết thúc lúc 16 tuần tuổi. Bê được cho ăn theo nhóm và lượng ăn vào không được ghi lại.

² Bê được cai sữa từ 5 đến 7 tuần tuổi. Dữ liệu từ tuần 5-8.

Khô dầu hạt cải ảnh hưởng đến sức khỏe và sự phát triển đường ruột

Trong một nghiên cứu liên quan đến 104 trang trại bò sữa từ 13 tiểu bang của Hoa Kỳ, Urie và cộng sự (2018) xác định tỷ lệ mắc bệnh và tỷ lệ chết lần lượt là 33,9 và 5%. Khoảng một nửa số ca mắc bệnh có liên quan đến các vấn đề về tiêu hóa. Khô dầu hạt cải có thể là công cụ giúp cải thiện sức khỏe đường ruột ở bê sữa.

Bảng 23. Đánh giá khô dầu hạt cải trong khẩu phần cho bê giai đoạn cai sữa.

Tài liệu tham khảo	Chỉ tiêu theo dõi	Khô dầu đậu nành	Khô dầu hạt cải
Claypool và cộng sự, 1985	Hàm lượng, % VCK	11,1	17,6
	Lượng vật chất khô tiêu thụ, g/ngày	-	-
	Tăng trọng trung bình, g/ngày	910	890
Hadam và cộng sự, 2016	Hàm lượng, % VCK	24,0	35,0
	Lượng vật chất khô tiêu thụ, g/ngày	2.003	2.001
	Tăng trọng trung bình, g/ngày	796	734
Burakowska và cộng sự, 2021	Hàm lượng, % VCK	24,0	35,0
	Lượng vật chất khô tiêu thụ, g/ngày	1.581	1.628
	Tăng trọng trung bình, g/ngày	783	671

Trong một thử nghiệm cho ăn phức tạp tại Đại học Saskatchewan (Burakowska và cộng sự, 2021b), bê được cho ăn khẩu phần giàu nitơ, cung cấp 24% khô dầu đậu nành hoặc 35% khô dầu hạt cải. Bê được cai sữa lúc 52 ngày tuổi và giết mổ lúc 72 ngày tuổi. Không có sự khác biệt trong sự phát triển dạ cỏ. Tuy nhiên, chỉ số thiệt hại (thước đo độ bong tróc và tách mô)

thấp hơn ở những bê được cho ăn thức ăn tập ăn bằng khô dầu hạt cải. Khô dầu hạt cải trong thức ăn tập ăn làm tăng trọng lượng mô dạ dày và hồi tràng. Không có sự khác biệt về hoạt động của enzyme giữa hai chương trình cho ăn thức ăn tập ăn.

Trong một nghiên cứu tiếp theo, bê nhận được khẩu phần với các mức khô dầu hạt cải, dao động từ 0 đến 20,7% vật chất khô. Có xu hướng làm giảm nồng độ axit axetic trong dạ cỏ và nồng độ axit propionic dạ cỏ tăng lên khi khô dầu hạt cải trong khẩu phần ăn tăng lên.

Tỷ lệ tiêu chảy là 25% đối với khô dầu hạt cải ép và 45% đối với khô dầu hạt lanh ép (Melendez và cộng sự, 2020). Hàm lượng haptoglobin huyết tương - một loại protein giai đoạn cấp tính - cũng thấp hơn ở nhóm bê ăn khẩu phần khô dầu hạt cải.

Khô dầu hạt cải cho bò tơ đang tăng trưởng

Khô dầu hạt cải có thể được cung cấp cho bò sữa và bê thịt tăng trưởng mà không bị hạn chế. Anderson và Schoonmaker (2004) đã so sánh khô dầu hạt cải với các loại đậu (đậu Hà Lan, đậu xanh và đậu lăng) làm protein cho bê thịt sau cai sữa. Khẩu phần chứa 16% protein thô. Những bê được cho ăn khẩu phần khô dầu hạt cải tăng ít hơn một chút (1,67 so với 1,89 kg/ngày) nhưng có tỷ lệ thức ăn/tăng trọng tốt hơn (4,1 so với 3,8) với khẩu phần chứa 9,4% khô dầu hạt cải. Trong một nghiên cứu về bê lấy sữa, Terre và Bach (2014) đã đánh giá lượng ăn vào của khẩu phần khởi đầu có 18% protein thô và tốc độ tăng trưởng của bê được cho ăn khẩu phần trong đó nguồn protein chính là khô dầu hạt cải hoặc khô dầu đậu nành. Lượng ăn vào và tỷ lệ tăng cân là tương tự nhau đối với hai khẩu phần. Các nhà nghiên cứu kết luận rằng các chất tạo hương vị là không cần thiết đối với bê được cho ăn khô dầu hạt cải sau khi cai sữa. DDGS ngô chỉ có thể được

sử dụng một phần để thay thế khô dầu hạt cải trong khẩu phần ăn cho bò cái tơ từ 12 tháng tuổi (Suarez-Mena và cộng sự, 2015) trước khi khả năng tiêu hóa và khả năng giữ nitơ giảm.

Không giống như khô dầu hạt cải, khô dầu đậu nành chứa hàm lượng phytoestrogen cao. Phytoestrogen có thể bắt chước hoạt động của estrogen và làm thay đổi chu kỳ nội tiết tố (Woclawek-Potocka và cộng sự, 2005; Cools và cộng sự, 2014). Gordon và cộng sự (2012) đã cung cấp khẩu phần ăn có chứa khô dầu đậu nành hoặc khô dầu hạt cải cho bò sữa từ 8 đến 24 tuần tuổi. Sau đó, bò cái tơ được cho ăn theo khẩu phần thông thường cho đến khi được 60 tuần tuổi, lúc đó chúng được phối giống. Tỷ lệ mang thai là 66,7% ở những bò cái tơ được cho ăn khô dầu hạt cải trong quá trình phát triển trước tuổi thành thực, nhưng chỉ có 41,7% ở những bò cái tơ được ăn khô dầu đậu nành. Các protein có hàm lượng phytoestrogen thấp, chẳng hạn như khô dầu hạt cải, có thể là giải pháp thay thế nếu phát sinh trục trặc trong phối giống.

Thử nghiệm nuôi dưỡng ở Trung Quốc

Ngành công nghiệp sữa ở Trung Quốc không ngừng phát triển và đổi mới, kéo theo đó là nhu cầu về nguyên liệu protein đáng tin cậy. Để nhận thấy nhu cầu này, Hội đồng Canola của Canada đã hỗ trợ một số thử nghiệm trình diễn thức ăn chăn nuôi ở Trung Quốc vào năm 2011. Tất cả các nghiên cứu đều liên quan đến đàn được quản lý tốt. Sản lượng trung bình là 35 L trong tất cả trừ một nghiên cứu, trong đó là 25 L. Kết quả từ các thử nghiệm trình diễn được cung cấp trong Bảng 24. Ngay cả ở tỷ lệ sử dụng khá thấp, khi khô dầu hạt cải thay thế các nguyên liệu protein giá cao, sản lượng sữa vẫn được duy trì hoặc tăng.

Bảng 24. Các thử nghiệm được thực hiện ở Trung Quốc trong đó khô dầu hạt cải được thay thế cho các nguồn protein khác.

Vị trí	Chi tiết	Chênh lệch lượng sữa, L
Trại 1	352 con bò, nghiên cứu chuyển đổi; thay thế thẳng khô dầu đậu nành bằng khô dầu hạt cải (1,7 kg/bò/ngày)	-0,2
Trại 2	325 con bò, nghiên cứu chuyển đổi; thay thế thẳng khô dầu đậu nành bằng khô dầu hạt cải (1,0 kg/bò/ngày)	+0,6
Trại 3	320 con bò, nghiên cứu chuyển đổi; thay thế thẳng khô dầu đậu nành bằng khô dầu hạt cải (0,7 kg/bò/ngày)	+0,3
Trại 4	1.700 con bò, cân đối cho sản xuất; thay thế thẳng khô dầu đậu nành bằng khô dầu hạt cải (2,4 kg/bò/ngày)	+1,0
Trại 5	330 con bò được cân bằng cho sản xuất; thay thế thẳng khô dầu đậu nành và khô dầu hạt bông bằng khô dầu hạt cải (1,7 kg)	+1,2

Sử dụng khô dầu hạt cải tách dầu bằng ép trực cho bò sữa

Do nhu cầu sử dụng khô dầu hạt cải ép đa phần cho gia súc không phải gia súc nhai lại nên sản phẩm này ít được ngành công nghiệp thức ăn cho gia súc nhai lại sử dụng. Có ít nghiên cứu hơn về thành phần này so với khô dầu chiết xuất bằng dung môi. Giá trị dinh dưỡng của khô dầu hạt cải ép giống như khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi, ngoại trừ hàm lượng chất béo cao hơn, làm tăng giá trị năng lượng.

Khô dầu ép có khuynh hướng có RUP lớn hơn trong protein tổng số. Theo Doridou và Yu (2013), sử dụng phương pháp quang phổ phân tử, đã xác định rằng

protein của khô dầu hạt cải ép bị biến đổi nhiều hơn do nhiệt so với khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi, và do đó giá trị RUP lớn hơn một chút so với khô dầu hạt cải ép. Ngoài ra, Heim và Krebs (2018) đã xác định rằng RUP đối với khô dầu ép được xử lý bằng nhiệt ẩm cao hơn so với khô dầu ép ép lạnh và tăng tuyến tính theo thời gian xử lý áp suất nhiệt ẩm.

Bảng 25 cung cấp kết quả từ các nghiên cứu so sánh ảnh hưởng đến khả năng sản xuất sữa khi cho ăn khô dầu hạt cải, khô dầu hạt cải ép hoặc khô dầu hạt cải ép đã qua xử lý nhiệt. Các nghiên cứu cũ hơn được thực hiện tại Đại học Saskatchewan (Beaulieu và cộng sự, 1990; Jones và cộng sự, 2001), và nghiên cứu gần đây nhất được thực hiện tại Đại học bang Pennsylvania (Hristov và cộng sự, 2011). Kết quả chỉ ra rằng việc đưa khô dầu hạt cải ép vào khẩu phần ăn của bò sữa đang cho sữa đã mang lại sản lượng sữa tương đương hoặc thậm chí cao hơn về mặt số lượng so với sản lượng sữa thu được từ khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi.

Khô dầu hạt cải ép cũng được ưa chuộng hơn so với các loại protein thực vật khác và đã được chứng minh là cải thiện thành phần axit béo trong mỡ sữa. Johansson và Nadeau (2006) đã kiểm tra tác động của việc thay thế chất bổ sung protein thương mại bằng khô dầu hạt cải trong khẩu phần hữu cơ và quan sát thấy sự gia tăng sản lượng sữa từ 35,4 kg/ngày lên 38,4 kg/ngày. Trong nghiên cứu này và các nghiên cứu khác, việc cho ăn khô dầu hạt cải ép có xu hướng làm giảm hàm lượng chất béo bão hòa trong sữa và tăng nồng độ axit oleic (C18:1) trong mỡ sữa. Đã quan sát thấy hàm lượng axit palmitic (C16:0) giảm từ 30,3% xuống 21,9% trong chất béo và tăng C18:1 từ 15,7% lên 20,9%. Tương tự, Jones và cộng sự (2001) đã quan sát thấy sự thay đổi về thành phần axit béo khi cho ăn khô dầu hạt cải. Hristov và cộng sự (2011) đã thay thế khẩu phần thông thường bằng khô dầu hạt cải ép trong

khẩu phần ăn của bò sữa đang cho sữa. Khẩu phần có khô dầu hạt cải ép làm giảm axit béo bão hòa và tăng hàm lượng chất béo C18:1 trong sữa. Điều này cho thấy chất béo còn lại trong khô dầu ép có khả năng chống lại quá trình hydro hóa sinh học trong dạ cỏ và do đó, một phần được hấp thu trực tiếp từ ruột non.

Bảng 25. Sản lượng sữa từ bò sữa được cho ăn khẩu phần có chứa khô dầu hạt cải, khô dầu hạt cải ép hoặc khô dầu cải ép ép đã qua xử lý nhiệt.

Tài liệu tham khảo	Nghiệm thức	Sản lượng sữa, kg
Beaulieu và cộng sự, 1990	Khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi	28,0
	Khô dầu hạt cải ép	28,0
Hristov và cộng sự, 2011	Khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi	41,7
	Khô dầu hạt cải ép	41,7
Jones và cộng sự, 2001 ¹	Khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi	28,6
	Khô dầu hạt cải ép	30,0
	Khô dầu hạt cải ép bằng nhiệt	30,0
	Khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi	23,6
	Khô dầu hạt cải ép	24,0
	Khô dầu hạt cải ép bằng nhiệt	25,2

¹ Bò nhiều lứa
² Bò lứa đầu

Mặc dù có rất ít nghiên cứu được thực hiện để đánh giá khô dầu hạt cải ép của Canada, nhưng có một số thử nghiệm đã được hoàn thành ở Châu Âu bằng cách sử dụng hạt cải dầu đắng hai không (hạt cải dầu có axit erucic thấp, glucosinolate thấp). Rinne và cộng sự (2015) đã so sánh việc bổ sung thêm khô dầu đậu nành ép và hạt cải dầu ép đùn cho những con bò được cho ăn khẩu phần cỏ ba lá ủ chua. Lượng sữa điều chỉnh năng lượng tăng lên nhiều hơn ở mỗi lần bổ sung khô dầu hạt cải so với khô dầu đậu nành ép. Gidlund và cộng sự (2017) đã xác định rằng việc đưa khô dầu hạt cải vào khẩu phần bò đang cho sữa đã làm giảm lượng khí thải metan. Trong một nghiên cứu khác (Puhakka và cộng sự, 2016), người ta đã xác định rằng việc thay thế đậu fava bằng khô dầu hạt cải ép sẽ dẫn đến giảm lượng ăn vào và mất sản lượng sữa.

Cho bò sữa ăn hạt cải nguyên dầu

Nói chung, rất ít hạt và dầu được sử dụng trong khẩu phần ăn của bò sữa. Trước đây, người ta quan tâm đến việc cho ăn dầu hạt cải và hạt cải thoát tiêu (by-pass) trong dạ cỏ để tạo ra thịt và sữa. Một nghiên cứu của Chichlowski và cộng sự (2005) đã chứng minh lợi ích của việc cho gia súc nhai lại ăn hạt cải dầu nghiền so với khô dầu hạt cải ép bằng máy. Việc bổ sung hạt cải dầu nghiền làm giảm tỷ lệ omega-6 và omega-3 và tỷ lệ axit linoleic liên hợp (CLA) và axit trans-vaccenic (tiền chất của CLA) trong sữa cao hơn, cho thấy có thể sản xuất một sản phẩm tốt cho sức khỏe bằng phương pháp này mà không ảnh hưởng đến việc sản lượng sữa.

Johnson và cộng sự (2002) cũng quan sát thấy CLA và axit oleic tăng lên trong sữa khi khẩu phần được bổ sung hạt cải dầu và hạt bông. Bayourthe và cộng sự (2000) đã quan sát thấy lượng chất béo bão hòa trong

sữa giảm đáng kể khi bò sữa được cho ăn hạt cải nguyên hạt, nghiền hoặc ép đùn. Họ cũng quan sát thấy hàm lượng axit béo bão hòa trong sữa giảm tương tự khi muối canxi của axit béo hạt cải được thêm vào khẩu phần. Ngoài trừ hạt cải dầu nguyên hạt, việc bổ sung các sản phẩm hạt cải dầu giàu chất béo cũng cải thiện sản lượng sữa, cho thấy rằng việc bổ sung hạt cải dầu đã qua chế biến hoặc dầu hạt cải được bảo vệ là một phương pháp hiệu quả để thay đổi thành phần axit béo trong các sản phẩm sữa.

Ahsani và cộng sự (2019) đã cung cấp cho bò sữa khẩu phần ăn có thêm vào 9% (tính trên vật chất khô) hạt cải hoặc hạt đậu nành. Ngoài ra, 2% chất béo bổ sung, dưới dạng chất bổ sung dạng hạt trong thương mại, đã được cung cấp dẫn đến khẩu phần có 8% chất béo. Cả hai đều dẫn đến kết quả là giảm chất béo sữa tương tự nhau, trong khi sản lượng sữa ở khẩu phần hạt cải cao hơn (38,4 kg so với 41,9 kg/bò/ngày đối với khô dầu đậu nành so với khẩu phần khô dầu hạt cải). Hàm lượng axit béo không bão hòa trong sữa ở cả hai khẩu phần là tương tự nhau.

Có rất nhiều bằng chứng ủng hộ lợi ích của các axit béo chuyên biệt cho sức khỏe và khả năng sinh sản của bò. Hạt cải dầu trong khẩu phần trước khi sinh đã được đánh giá để xác định tác động đến sức khỏe bê con khi sinh, sức khỏe bò cái và các chỉ tiêu sinh sản (Salehi và cộng sự, 2016a, 2016b). Bò được cho ăn khẩu phần đối chứng hoặc khẩu phần có hạt cải (nguồn axit oleic C18:1) hoặc hạt hướng dương (nguồn axit linoleic C18:2) trong thời kỳ cận sữa và tất cả bò đều nhận được khẩu phần giai đoạn cho sữa giống nhau sau khi đẻ. Khối lượng của bê sơ sinh ở nhóm sử dụng hạt có dầu lớn hơn so với nhóm đối chứng. Việc thêm hạt có dầu vào khẩu phần trước khi sinh có xu hướng làm tăng các rối loạn sinh sản. Chất lượng sữa non được cải thiện khi bò được cho ăn hạt hướng dương trước khi sinh chứ không phải hạt cải.



THÔNG TIN CHUNG



GIA SÚC NHAI LẠI



LỢN



GIA CẦM



THỦY SẢN

Beauchemin và cộng sự (2009) đã nghiên cứu ảnh hưởng của axit béo mạch dài đến sản lượng khí metan trong dạ cỏ bằng cách kết hợp hạt lanh, hướng dương hoặc hạt cải dầu nghiền nát trong khẩu phần bò giai đoạn cho sữa. Hạt lanh và hạt hướng dương là nguồn cung cấp axit béo không bão hòa đa, trong khi cải dầu là nguồn cung cấp axit béo không bão hòa đơn. Tất cả các nguồn axit béo đều làm giảm lượng khí metan so với đối chứng. Khả năng tiêu hóa chất khô bị suy giảm ở khẩu phần có hạt lanh và hạt hướng dương, nhưng không giảm ở khẩu phần có chứa hạt cải. Bò đã qua thời kỳ đỉnh của chu kỳ cho sữa khi bắt đầu nghiên cứu và không có sự khác biệt về năng suất sữa giữa các nghiệm thức.

THÔNG TIN CHUNG



GIA SÚC NHAI LẠI



LỢN



GIA CẦM



THỦY SẢN



BÒ THỊT



Khô dầu hạt cải đã được chứng minh là nguyên liệu thức ăn có giá trị cho bò thịt, có khả năng thay thế một số sản phẩm protein thực vật khác. Như đã lưu ý trước đây, khô dầu hạt cải có giá trị năng lượng tương tự như lúa mạch (Nair và cộng sự, 2015, 2016), và đã được chứng minh là nguồn năng lượng và protein quý giá để làm nền và hoàn thiện gia súc cũng như chăn thả vào mùa đông.

Các kết quả có được từ các thử nghiệm nuôi dưỡng có sử dụng khô dầu hạt cải bổ sung cho bò chăn thả. Patterson và cộng sự (1999a, 1999b) đánh giá đậu, khô dầu hướng dương hoặc khô dầu hạt cải là nguồn bổ sung protein cho bò thịt chăn thả trên đồng cỏ kém chất lượng. Kết quả về cân nặng của bê sơ sinh, khối lượng cai sữa và sự thay đổi tình trạng cơ thể của bò là tương tự nhau ở tất cả các khẩu phần. Giảm khối lượng trong thời kỳ mang thai là thấp nhất với khẩu phần khô dầu hạt cải. Một nghiên cứu được thực hiện bởi Auldist và cộng sự (2014) cho rằng bò cái giống chuyên thịt chăn thả sản xuất nhiều sữa hơn khi khô dầu hạt cải thay thế một phần lúa mì trong thức ăn bổ sung. Trong một tài liệu nghiên cứu tiếp theo, các nhà nghiên cứu đã xác định rằng việc đưa khô dầu hạt cải vào khẩu phần hỗn hợp chưa hoàn chỉnh, với tỷ lệ tốt sẽ kích thích lượng chất khô của thức ăn thô xanh tiêu thụ và sữa điều chỉnh năng lượng trong thời kỳ đầu tiết sữa nhưng không phải vào cuối thời kỳ tiết sữa. Damiran và cộng sự (2016) đánh giá khô dầu hạt cải có thể thay thế cho hạt lúa mì chưng cất. Những con bò được cho ăn ngũ cốc chưng cất từ lúa mì giảm 7,8 kg khối lượng cơ thể, so với 2,5 kg ở những con được bổ sung khô dầu hạt cải. Không có sự khác biệt giữa các nghiệm thức về khối lượng của bê sơ sinh và khối lượng của bê cai sữa.

Bê chăn thả cũng được hưởng lợi tương tự từ việc bổ sung khô dầu hạt cải. Lynch và cộng sự (2021) đã đánh giá sự tăng trưởng của bê cai sữa (5–6 tháng tuổi),

chăn thả thức ăn thô xanh có chất lượng kém, được cung cấp khô dầu hạt cải với tỷ lệ tương đương 0,5, 1,0, 1,5 hoặc 2,0% khối lượng sống. Có sự gia tăng tuyến tính về tăng trọng trung bình hàng ngày và lượng tiêu thụ vật chất khô cho đến khi cung cấp 1,5% khô dầu hạt cải.

Việc bổ sung protein đã được chứng minh là mang lại lợi ích cho gia súc giai đoạn tăng trưởng. Yang và cộng sự (2013) nhận thấy rằng việc bổ sung khô dầu hạt cải đã cải thiện lượng ăn vào và tăng khối lượng ở những con bò giai đoạn tăng trưởng. Ngoài khô dầu hạt cải, các loại ngũ cốc chưng cất từ lúa mì còn có sẵn ở miền Tây Canada. Li và cộng sự (2014) bổ sung khẩu phần ăn cho bò hậu bị với khô dầu hạt cải, ngũ cốc chưng cất từ lúa mì và ngũ cốc chưng cất từ ngô giàu protein với urê. Tất cả các chất bổ sung protein đều cải thiện năng suất và tăng DMI so với khẩu phần đối chứng có hàm lượng protein thấp. Khả năng tiêu hóa tổng thể của đường ruột cao nhất với khô dầu hạt cải và tổng lượng protein đi vào tá tràng là cao nhất đối với khẩu phần DDGS ngô có hàm lượng protein cao cộng với urê. Hai thí nghiệm giai đoạn tăng trưởng đã được Good (2018) thực hiện tại Saskatchewan. Cả hai thử nghiệm đều so sánh khẩu phần giàu nitơ dựa trên khô dầu hạt cải hoặc khô dầu đậu nành, có và không thay thế một phần các khẩu phần này bằng ngũ cốc chưng cất từ lúa mì. Mức tăng khối lượng thấp nhất đối với khẩu phần gồm ngũ cốc chưng cất từ lúa mì cộng với khô dầu đậu nành trong thử nghiệm đầu tiên, không có sự khác biệt về nghiệm thức trong thử nghiệm thứ hai.

Prado và Martins (1999) đã cung cấp cho bò cái vỗ béo với khẩu phần cơ bản dựa trên lúa miến ủ chua có chứa 19,7% khô dầu hạt cải hoặc 19,5% khô dầu hạt bông trong suốt thời gian cho ăn 98 ngày. Bò cái nhận khẩu phần ăn có khô dầu hạt cải tăng 1,05 kg/ngày, so với 0,87 kg/ngày khi sử dụng khô dầu hạt bông làm



nguồn protein. He và cộng sự (2013) cho bò cái vỗ béo ăn khẩu phần bò hậu bị có chứa 15 và 30% khô dầu hạt cải thay cho hạt lúa mạch. Cả thức ăn ép đùn và thức ăn chiết xuất bằng dung môi đều được đánh giá ở các mức độ bao gồm này. Không có sự khác biệt về mức tăng trọng trung bình hàng ngày. Khẩu phần ăn có hàm lượng khô dầu hạt cải cao nhất đã làm tăng DMI và giảm hiệu quả sử dụng thức ăn so với khẩu phần ăn có hàm lượng khô dầu hạt cải thấp hơn và khẩu phần đối chứng lúa mạch. Damiran và McKinnon (2018) đã thay thế 10% và 20% lúa mạch trong khẩu phần vỗ béo cân bằng bằng khô dầu hạt cải và không tìm thấy sự khác biệt nào về năng suất so với khẩu phần đối chứng. Mặc dù việc cho ăn khô dầu hạt cải ở mức độ cao như vậy là không phổ biến nhưng nghiên cứu cho thấy gia súc vẫn tiêu thụ. Trong một thử nghiệm vỗ béo, Good (2018) đã so sánh 4 nguồn protein: khô dầu hạt cải, khô dầu đậu nành, 50% khô dầu hạt cải và 50% ngũ cốc chưng cất từ lúa mì, và cuối cùng là 50% khô dầu đậu nành và 50% ngũ cốc chưng cất từ lúa mì trong khẩu phần của gia súc vỗ béo - xuất chuồng. Không có sự khác biệt về tăng trọng hoặc hệ số chuyển hóa thức ăn (thức ăn/tăng trọng) giữa các khẩu phần có chứa khô dầu hạt cải, khô dầu đậu nành hoặc khô dầu hạt cải cộng với ngũ cốc chưng cất từ lúa mì. Tuy nhiên, hỗn hợp khô dầu đậu nành với hạt lúa mì chưng cất có tác động tiêu cực đến việc vỗ béo và năng suất.

GIA SÚC NHAI LẠI NHỎ



Khô dầu hạt cải là nguồn bổ sung lý tưởng để sản xuất len và vải mohair do nhu cầu axit amin lưu huỳnh cao của những động vật này (White và cộng sự, 2000; Easton và cộng sự, 1998). Ngoài ra, khô dầu hạt cải đã được chứng minh là hỗ trợ tăng cân ở những động vật lấy thịt này cũng như sản xuất sữa.

Cừu

Một số thử nghiệm cho ăn trước đây đã chỉ ra rằng khô dầu hạt cải có thể được sử dụng dễ dàng mà không bị hạn chế để hỗ trợ sự tăng trưởng và sản xuất ở cừu. Hơn nữa, khô dầu hạt cải đã được chứng minh là cải thiện lượng thức ăn ăn vào (Hentz và cộng sự, 2012). Mandiki và cộng sự (1999) cho cừu ăn khẩu phần chứa tới 30% khô dầu hạt cải chất lượng (6,3 $\mu\text{mol/g}$ glucosinolates trong chất cô đặc hoặc 21 $\mu\text{mol/g}$ glucosinolates trong khô dầu). Không có ảnh hưởng nào đến việc tăng khối lượng hoặc lượng thức ăn ăn vào, mặc dù khối lượng tuyến giáp cao hơn một chút và sản xuất hormone tuyến giáp thấp hơn một chút ở mức bổ sung khô dầu hạt cải cao hơn trong khẩu phần. Asadollahi và cộng sự (2017) xác định rằng khẩu phần có 7% hạt cải rang đã cải thiện tốc độ tăng trưởng, lượng mỡ giết, diện tích cơ thăn và các đặc tính cảm quan của thịt cừu so với khẩu phần tiêu chuẩn.

Lupin theo truyền thống là loại protein thực vật được lựa chọn cho cừu ở Úc, nhưng Wiese (2004) đã xác định rằng khô dầu hạt cải vượt trội hơn lupin trong việc hỗ trợ tăng khối lượng (272 so với 233 gram/ngày) và hiệu quả sử dụng thức ăn. Gần đây hơn, Malau-Aduli và cộng sự (2009) cũng phát hiện ra rằng khô dầu hạt cải có tác dụng tăng khối lượng tốt hơn đậu lupin ở cừu. Trong một nghiên cứu của Canada (Agbossamey và cộng sự, 1998), khô dầu hạt cải tốt hơn bột cá trong khẩu phần ăn của cừu tăng trưởng.

Gần đây nhất, Sekali và cộng sự (2020) đã cung cấp cho cừu tăng trưởng khẩu phần giàu nitơ, trong đó khô dầu hạt cải hoặc khô dầu hạt cải đã qua xử lý nhiệt thay thế khô dầu đậu nành. Các nhà nghiên cứu xác định rằng khô dầu hạt cải có thể dễ dàng thay thế khô dầu đậu nành và việc xử lý nhiệt không mang lại lợi ích bổ sung. Không có ảnh hưởng của các nghiệm thức lên với năng suất tăng trưởng, đặc điểm thân thịt hoặc chất lượng thịt. Khô dầu hạt cải cũng được ghi nhận là bền vững hơn với môi trường.

Dê

Vì thành phần axit amin của sữa dê tương tự như sữa bò nên khô dầu hạt cải rất thích hợp cho việc tiết sữa. Tajaddini và cộng sự (2021) phát hiện ra rằng việc đưa khô dầu hạt cải vào khẩu phần ăn của dê đã làm tăng sản lượng sữa và lượng vật chất khô ăn vào. Các nhà nghiên cứu nhận thấy rằng việc xử lý bằng formaldehyde có thể được áp dụng để tăng hàm lượng RUP trong khẩu phần, cho phép giảm tỷ lệ sử dụng.

Andrade và Schmidely (2006) đã cung cấp cho dê đang tiết sữa khẩu phần có chứa 0 hoặc 20% hạt cải dầu dạng cuộn. Sản lượng sữa được tăng lên nhờ hạt cải dầu. Trong một nghiên cứu tiếp theo (Schmidely và Andrade, 2011) đã so sánh đậu nành ép đùn với hạt cải dầu cuộn trong khẩu phần có thức ăn hỗn hợp mức thấp và cao. Không có sự khác biệt về sản lượng sữa hoặc thành phần sữa trong thời gian thử nghiệm 8 tuần.

Khô dầu hạt cải cũng có thể được sử dụng cho tăng trưởng ở dê. Hầu hết các nghiên cứu đều báo cáo việc sử dụng hạt nguyên hạt để giúp dầu nâng cao hàm lượng năng lượng trong khẩu phần. Trong một nghiên cứu của Grande và cộng sự (2014) khẩu phần có hạt cải dầu tốt hơn khô dầu đậu nành, hạt lanh và hạt



hướng dương về hệ số chuyển hóa thức ăn. Mức tăng khối lượng trung bình hàng ngày là tương tự ở tất cả các nghiệm thức. Việc kết hợp dầu hạt cải vào khẩu phần ăn cho dê tăng trưởng làm tăng axit béo omega-3 trong cơ, giảm mỡ nội tạng và cải thiện tính ổn định oxy hóa của khô dầu khi so sánh với dầu cọ (Karami và cộng sự, 2013).

Tài liệu tham khảo

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.

Ahsani, M., Mohammadabadi, M., Fozi, M.A., Koshkooieh, A.E., Khezri, A., Babenko, O., Bushtruk, M., Tkachenko, S., Stavetska, R. and Klopenko, N., 2019. Effect of roasted soybean and canola seeds on peroxisome proliferator-activated receptors gamma (PPARG) gene expression and cattle milk characteristics. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 9(4), pp. 635-642.

Anderson, V.L. and Schoonmaker, J.P., 2004. Effect of pulse grains on performance of newly weaned steer

calves. *NDSU Beef Production Field Day Proceedings*, 27, pp. 6-8.

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.

Arce-Cordero, J.A., Paula, E.M., Daniel, J.L., Silva, L.G., Broderick, G.A. and Faciola, A.P., 2021. Effects of neutral detergent fiber digestibility estimation method on calculated energy concentration of canola meals from 12 Canadian processing plants. *Journal of Animal Science*, 99(11), p.skab309.

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., 2013. 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.

Auldist, M.J., Wright, M.M., Marett, L.C., Hannah, M.C., Kennedy, E., Jacobs, J.L. and Wales, W.J., 2019. Milk production of cows grazing pasture supplemented by a partial mixed ration with or without canola meal. *Animal Production Science*, 59(4), pp.778-786.

Baldin, M., Rico, D.E., Green, M.H. and Harvatine, K.J., 2018. An in vivo method to determine kinetics of unsaturated fatty acid biohydrogenation in the rumen. *Journal of Dairy Science*, 101(5), pp.4259-4267.

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., Kreuzer, M., O'Mara, F. and McAllister, T.A., 2008. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(2), pp.21-27.

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.

Benchaar, C., Hassanat, F., Beauchemin, K.A., Gislón, G. and Ouellet, D.R., 2021. Diet supplementation with canola meal improves milk production, reduces enteric methane emissions, and shifts nitrogen excretion from urine to feces in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 104(9), pp.9645-9663.

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 cows. *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 Science*, 97, (Supplement 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.

Broderick, G.A., Wallace, R.J. and Ørskov, E.R., 1991. Control of rate and extent of protein degradation. In *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants* (pp. 541-592). Academic Press.

Burakowska, K., Górka, P., Kent-Dennis, C., Kowalski, Z.M., Laarveld, B. and Penner, G.B., 2020. Effect of heat-treated canola meal and glycerol inclusion on performance and gastrointestinal development of Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, 103(9), pp.7998-8019.

Burakowska, K., Górka, P. and Penner, G.B., 2021. Effects of canola meal inclusion rate in starter mixtures for Holstein heifer calves on dry matter intake, average daily gain, ruminal fermentation, plasma metabolites, and total-tract digestibility. *Journal of Dairy Science*, 104(8), pp.8736-8745.

Burakowska, K., Penner, G.B., Flaga, J., Kowalski, Z.M., Korytkowski, and Górka, P., 2021. Canola meal or soybean meal as protein source and the effect of microencapsulated sodium butyrate supplementation in calf starter mixture. I. Performance, digestibility and

selected blood variables. *Journal of Dairy Science*, 104(6), pp.6646-6662.

Burakowska, K., Penner, G.B., Flaga, J., Przybyło, M., Barc, J., Wojciechowska-Puchałka, J., Wojtysiak, D., Kowalski, Z.M. and Górka, P., 2021b. Canola meal or soybean meal as protein source and the effect of microencapsulated sodium butyrate supplementation in calf starter mixture. II. Development of the gastrointestinal tract. *Journal of Dairy Science*, 104(6), pp.6663-6676.

Burakowska, K., Przybyło, M., Penner, G.B. and Górka, P., 2017. Evaluating the effect of protein source and micro-encapsulated sodium butyrate in starter mixtures on gastrointestinal tract development of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 100(Suppl. 2), pp.347

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.

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.

Chmielewska, A., Kozłowska, M., Rachwał, D., Wnukowski, P., Amarowicz, R., Nebesny, E. and Rosicka-Kaczmarek, J., 2021. Canola/rapeseed protein–nutritional value,

functionality and food application: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(22), pp.3836-3856.

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.

Claypool, D.W., Hoffman, C.H., Oldfield, J.E. and Adams, H.P., 1985. Canola meal, cottonseed, and soybean meals as protein supplements for calves. *Journal of Dairy Science*, 68(1), pp.67-70.

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.

Dorea, J.R.R. and Armentano, L.E., 2017. Effects of common dietary fatty acids on milk yield and concentrations of fat and fatty acids in dairy cattle. *Animal Production Science*, 57(11), pp.2224-2236.

Easton, E., Edwards, J.H. and White, C., 1998. The effect of adding salt to a canola meal supplement on wool growth in weaner sheep. *Animal Production in Australia*, 22, pp.257-260.

Elshereef, A.A., Arroyave-Jaramillo, J., Zavala-Escalante, L.M., Piñeiro-Vázquez, A.T., Aguilar-Pérez, C.F., Solorio-Sánchez, F.J. and Ku-Vera, J.C., 2020. Enteric methane emissions in crossbred heifers fed a basal ration of low-quality tropical grass supplemented with different nitrogen sources. *Czech Journal of Animal Science*, 65(4), pp.135-144.

Eugène, M., Massé, D., Chiquette, J. and Benchaar, C., 2008. Meta-analysis on the effects of lipid supplementation on methane production in lactating dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 88(2), pp.331-337.

Faldet, M. 2018. Evaluating feed financials. 2018. *Proceedings 4-State Dairy Nutrition Conference*, pp.152-157.

Flachowsky, G., Franke, K., Meyer, U., Leiterer, M. and Schone, 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, Pellerin D. 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 exogenous phytase addition to diets on phytate phosphorus digestibility in dairy cows. MS Thesis, Washington State University.

Gauthier, H., Swanepoel, N. and Robinson, P.H., 2019. Impacts of incremental substitution of soybean meal for canola meal in lactating dairy cow diets containing a constant base level of corn derived dried distillers' grains with solubles. *Animal Feed Science and Technology*, 252, pp.51-63.

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., 2018. Evaluation of canola meal versus soybean meal as a protein supplement for beef cattle: effects on growth performance, carcass characteristics, rumen fermentation and nutrient digestion. (Doctoral dissertation, University of Saskatchewan).

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.

Gorka, P. and Penner, G.B., 2020. Rapeseed and canola meal as protein sources in starter diets for calves: current knowledge and directions of future studies. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 67(3), pp.313-321.

Grande, P.A., Alcalde, C.R., Lima, L.S.D., Zambom, M.A. and Macedo, F.D., 2014. Effect of whole oilseeds feeding on performance and nutritive values of diets of young growing saanen goats. *Ciência e Agrotecnologia*, 38, pp.181-187.

Hadam, D., Kański, J., Burakowska, K., Penner, G.B., Kowalski, Z.M. and Górka, 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.

Hassanat, F., Gislou, G., Beauchemin, K.A. and Benchaar, C. 2020. Canola meal in dairy cow diets: Effect on nitrogen utilization. *Journal of Dairy Science*, 103(supplement 1), pp.288.

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), 1447-1461.

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.

Heim, R. and Krebs, G., 2020. Utilisation of canola meal as protein source in dairy cow diets: a review. *Agriculture and Natural Resources*, 54(6), pp.623-632.

Hentz, F., Kozloski, G.V., Orlandi, T., Ávila, 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.

Holtshausen, L., Benchaar, C., Kröbel, R. and Beauchemin, K.A., 2021. Canola meal versus Soybean meal as protein supplemented in the diets of lactating dairy cows affects the greenhouse gas intensity of milk. *Animals*, 11(6), p.1636.

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.

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., Kalscheur, K.F., Anderson, J.L. and Casper, D.P. 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 Scandinavica 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.

Kobayashi, Y., 2010. Abatement of methane production from ruminants: trends in the manipulation of rumen fermentation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(3), pp.410-416.

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.

Kuehnl, J.M. and Kalscheur, K.F., 2021. Production and temporal plasma metabolite effects of soybean meal versus canola meal fed to dairy cows during the transition period and early lactation. *Journal of Dairy Science* 104(Supplement 1), pp.23.

Kuehnl, J. and Kalscheur, K. 2022. Canola meal enhances early lactation milk production. Hoard's

Dairyman. Available at: <https://hoards.com/article-31588-canola-meal-enhances-early-lactation-milk-production.html>. Accessed May 3, 2023.

Kuehnl, J. and Kalscheur, K. 2022. Production effects of feeding soybean meal versus canola meal to dairy cows with low versus high residual feed intake. *Journal of Dairy Science* 105(Supplement 1), pp.71 (abstract).

Lage, C.F.A., Räisänen, S.E., Stefenoni, H., Melgar, A., Chen, X., Oh, J., Fetter, M.E., Kniffen, D.M., Fabin, R.A. and Hristov, A.N., 2021. Lactational performance, enteric gas emissions, and plasma amino acid profile of dairy cows fed diets with soybean or canola meals included on an equal protein basis. *Journal of Dairy Science*, 104(3), pp.3052-3066.

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.

Loganes, C., Ballali, S. and Minto, C., 2016. Main properties of canola oil components: A descriptive review of current knowledge. *The Open Agriculture Journal*, 10(Suppl 1) 69-74.

Lopes, J.C., Harper, M.T., Giallongo, F., Oh, J., Smith, L., Ortega-Perez, A.M., Harper, S.A., Melgar, A., Kniffen, D.M., Fabin, R.A. and Hristov, A.N., 2017. Effect of high-oleic-acid soybeans on production performance, milk fatty acid composition, and enteric methane emission in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(2), pp.1122-1135.

Lynch, E.E., Campbell, M.A., Piltz, J.W., Krebs, G.L. and Friend, M.A., 2021. Responses to varying inclusion levels of canola meal as a grassfed supplement for weaner calves. In *Proceedings of the 33rd Biennial Conference*



of the Australian Association of Animal Sciences. CSIRO Publishing.

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.

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

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

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, H., 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*, 102(6), pp.5066-5078.

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.

McNabb, W.C., Spencer, D., Higgins, T.J. and Barry, T.N., 1994. In-vitro rates of rumen proteolysis of ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase (rubisco) from lucerne leaves, and of ovalbumin, vicilin and sunflower albumin 8 storage proteins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 64(1), pp.53-61.

Melendez, P., Ramirez, R., Marin, M.P., Duchens, M. and Pinedo, P., 2020. Comparison between linseed expeller and canola expeller on concentrate intake, and circulating inflammatory mediators in Holstein calves. *Animal Nutrition*, 6(1), pp.47-53.

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.

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 Kalscheur K.J. 2016. Canola meal in dairy cow diets during early lactation increases production compared with soybean meal. *Journal of Animal Science*, 94(Suppl 1), p.731.

Moore, S.A.E., Kalscheur, K.F., Aguerre, M.J. and Powell, M.J., 2016. Effects of canola meal and soybean meal as

protein sources on methane and ammonia emissions of high producing dairy cows. *Journal of Animal Science*, 94(Suppl E), p.572.

Moura, D.C, Alessi, K.C., Assis, J.R., Torres, R.N., Soares, S.R., Donadia, A.B. and Silva, H.M. 2018. Meta-analysis of the use of canola meal in diets for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100 (Supplement 2) pp. 107 (Abstract).

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.

NASEM. 2021. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. National Research Council, National Academies Press, Washington, D.C.

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

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

Patterson, H.H., Whittier, J.C., Rittenhouse, L.R., Larsen, L. and Howes, A.D., 1999a. Effects of cull beans, sunflower meal and canola meal as protein supplements to beef steers consuming grass hay on in-situ digestion kinetics. *The Professional Animal Scientist*, 15(3), pp.185-190.

Patterson, H.H., Whittier, J.C., Rittenhouse, L.R. and Schutz, D.N., 1999b. Performance of beef cows receiving cull beans, sunflower meal, and canola meal as protein supplements while grazing native winter range in eastern Colorado. *Journal of Animal Science*, 77(3), pp.750-755.

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., Broderick, G.A. and Faciola, A.P., 2020. Effects of replacing soybean meal with canola meal for lactating dairy cows fed 3 different ratios of alfalfa to



corn silage. *Journal of Dairy Science*, 103(2), pp.1463-1471.

Paula, E.M., Daniel, J.L.P., Silva, L.G., Costa H.H.A., and Faciola, A.P. 2017. Assessing potentially digestible NDF and energy content of canola meal from twelve Canadian crushing plants over four production years. *Journal of Dairy Science*, 100(Suppl 2) pp. 329-330.

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(Suppl 2), p.387.

Perera, S.P., McIntosh, T.C. and Wanasundara, J.P.D., 2016. Structural properties of cruciferin and napin of *Brassica napus* (canola) show distinct responses to changes in pH and temperature. *Plants*, 5(3), pp.36-60.

Pereira, A.B.D., Moura, D.C., Whitehouse, N.L. and Brito, A.F., 2020. Production and nitrogen metabolism in lactating dairy cows fed finely ground field pea plus soybean meal or canola meal with or without rumen-protected methionine supplementation. *Journal of Dairy Science*, 103(4), pp.3161-3176.

Prado, I.N.D. and Martins, A.D.S., 1999. Effect of cottonseed meal replacement by canola meal on performance of feedlot Nellore heifers. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 28(6), pp.1390-1396.

Prom, C.M. and Lock, A.L., 2021. Replacing stearic acid with oleic acid in supplemental fat blends improves fatty acid digestibility of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 104(9), pp.9956-9966.

Prom, C.M., dos Santos Neto, J.M., Newbold, J.R. and Lock, A.L., 2021. Abomasal infusion of oleic acid increases fatty acid digestibility and plasma insulin of

lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 104(12), pp.12616-12627.

Puhakka, L., Jaakkola, S., Simpur, 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.

Ramirez-Briebesca, J.E., McAllister, T., Ungerfeld, E. and Ortega-Cerrilla, M.E., 2018. In vitro rumen fermentation and effect of protein fractions of canola meals on methane production. *Scientia Agrícola*, 75(1), pp.12-17.

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*.

Reynolds, M.A., Brown-Brandl, T.M., Judy, J.V., Herrick, K.J., Hales, K.E., Watson, A.K. and Kononoff, P.J., 2019. Use of indirect calorimetry to evaluate utilization of energy in lactating Jersey dairy cattle consuming common coproducts. *Journal of Dairy Science*, 102(1), pp.320-333.

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.

Robles Jimenez, L.E., Sanchez, A.Z., Ortega, O.A.C., Avalos, J.O., Florez, J.G.E., Gonzalez-Ronquillo, M and Bello-Perez, E.V. 2021. Effect of different growth stages of canola on nutrient intake and digestibility, nitrogen balance, and rumen fermentation kinetics in sheep

diets. *Journal of Dairy Science*, 104 (Supplement 1), pp. 195.

Ross, D. 2015. Personal communication.

Ross, D.A., Cutierrez-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.

Sánchez-Duarte, J.I., Kalscheur, K.F., Casper, D.P. and García, A.D., 2019. Performance of dairy cows fed diets formulated at 2 starch concentrations with either canola meal or soybean meal as the protein supplement. *Journal of Dairy Science*, 102(9), pp.7970-7979.

Schingoethe, D.J., 1996. Balancing the amino acid needs of the dairy cow. *Animal Feed Science and Technology*, 60(3-4), pp.153-160.

Schmidely, P. and Andrade, P.V.D., 2011. Dairy performance and milk fatty acid composition of dairy goats fed high or low concentrate diet in combination with soybeans or canola seed supplementation. *Small Ruminant Research*, 99(2-3), pp.135-142.

Sekali, M., Mlambo, V., Marume, U. and Mathuthu, M., 2020. Replacement of soybean meal with heat-treated

canola meal in finishing diets of meatmaster lambs: physiological and meat quality responses. *Animals*, 10(10), p.1735.

Seo, S., Tedeschi, L.O., Lanzas, C., Schwab, C.G. and Fox, D.G., 2006. Development and evaluation of empirical equations to predict feed passage rate in cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 128(1-2), pp.67-83.

Silva, L.H.P., Reyes, D.C., Sacramento, P. Geng, Y., Ghelichkhan, M., Dillard, S.L., Soder, K.J. and Brito, A.F. 2022. Energy utilization in Jersey cows fed TMR or partial TMR plus forage canola. *Journal of Dairy Science*, 105(Supplement 1), pp. 121.

Skrivanova, V., Marounek, M. and Dvorak, R., 2004. Digestibility of total and phytate phosphorus in young calves. *Veterinarni medicina-UZPI*, 49(6), 191-196.

Soliva, C.R., Zeleke, A.B., Clement, C., Hess, H.D., Fievez, V. and Kreuzer, M., 2008. In vitro screening of various tropical foliage, seeds, fruits and medicinal plants for low methane and high ammonia generating potentials in the rumen. *Animal Feed Science and Technology*, 147(1-3), pp.53-71.

Spears, J.W., 2003. Trace mineral bioavailability in ruminants. *The Journal of Nutrition*, 133(5 Suppl 1), pp.1506S-1509S.

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 Conley, A., 2020. Impacts of substitution of canola meal with soybean meal, with and without ruminally protected methionine, on production, reproduction and health of early lactation multiparous Holstein cows through 160 days in milk. *Animal Feed Science and Technology*, 264, p.114494.

Swanepoel, N., Robinson, P.H. and Conley, A., 2020. Impacts of substitution of canola meal with soybean meal, with and without ruminally protected methionine, on production, reproduction and health of early lactation multiparous Holstein cows through 160 days in milk. *Animal Feed Science and Technology*, 264, p.114494.

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.

Tajaddini, M.A., Dayani, O., Khezri, A., Tahmasbi, R. and Sharifi-Hoseini, M.M., 2021. Production efficiency, milk yield, and milk composition and fatty acids profile of lactating goats feeding formaldehyde-treated canola meal in two levels of dietary crude protein. *Small Ruminant Research*, 204, p.106519.

Terré, M. and Bach, A. 2014. The use of favored or unfavored ingredients in starter feeds for preweaned calves. *Journal of Dairy Science*, 97(E-Suppl. 1), p.809.

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 press cake, 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.

Troan, G., Pihlava, J.-M., Brandt-Kjelsen, A., Salbu, B. and Prestlokken, 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.

Urie, N.J., Lombard, J.E., Shivley, C.B., Kopral, C.A., Adams, A.E., Earleywine, T.J., Olson, J.D. and Garry, F.B., 2018. Preweaned heifer management on US dairy operations: Part V. Factors associated with morbidity and mortality in preweaned dairy heifer calves. *Journal of Dairy Science*, 101(10), pp.9229-9244.

Vesely, A., Křižova, L., Trínacty, J., Hadrova, S., Navratilova, 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.

Vuorela, S., Meyer, A.S. and Heinonen, M., 2004. Impact of isolation method on the antioxidant activity of rapeseed meal phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(26), pp.8202-8207.

Wallace, R.J., 1983. Hydrolysis of ¹⁴C-labelled proteins by rumen micro-organisms and by proteolytic enzymes prepared from rumen bacteria. *British Journal of Nutrition*, 50(2), pp.345-355.

Wanasundara, U.N., Amarowicz, R. and Shahidi, F., 1995. Partial characterization of natural antioxidants in canola meal. *Food Research International*, 28(6), pp.525-530.

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.; 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.

White, C.L., Young, P., Phillips, N. and Rodehutsord, M., 2000. The effect of dietary protein source and protected methionine (Lactet) on wool growth and microbial protein synthesis in Merino wethers. *Australian Journal of Agricultural Research*, 51(2), pp.173-183.

Williams, S.R.O., Hannah, M.C., Eckard, R.J., Wales, W.J. and Moate, P.J., 2020. Supplementing the diet of dairy cows with fat or tannin reduces methane yield, and additively when fed in combination. *Animal*, 14(Suppl 3), pp.s464-s472.

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.

Wu, D., Xu, L., Tang, S., Guan, L., He, Z., Guan, Y., Tan, Z., Han, X., Zhou, C., Kang, J. and Wang, M., 2016. Influence of oleic acid on rumen fermentation and fatty acid formation in vitro. *PLoS One*, 11(6), p.e0156835.

Wu, W.X., Liu, J.X., Xu, G.Z. and Ye, J.A., 2008. Calcium homeostasis, acid-base balance, and health status in periparturient Holstein cows fed diets with low cation-anion difference. *Livestock Science*, 117(1), pp.7-14.

Yang, W.Z., Xu, L., Li, C. and Beauchemin, K.A., 2013. Effects of supplemental canola meal and various types of distillers' grains on growth performance of backgrounded steers. *Canadian Journal of Animal Science*, 93(2), pp.281-286.

Yoon, B., Jackman, J., Valle-González, E. and Cho, N.J., 2018. Antibacterial free fatty acids and monoglycerides: biological activities, experimental testing, and therapeutic applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(4), p.1114.

Zimpel, R., Marinho, M.N., Almeida, K.V., Ruiz, A.R., Perdomo, M.C., Poindexter, M.B., Vieira-Neto, A., Arshad, U., Husnain, A., Nelson, C.D. and Santos, J.E.P., 2021. Parturition level of dietary cation-anion difference fed to nulliparous cows: Acid-base balance, mineral metabolism, and health responses. *Journal of Dairy Science*, 104(12), pp.12580-12599.



THÔNG TIN CHUNG



GIA SÚC NHAI LẠI



LỢN

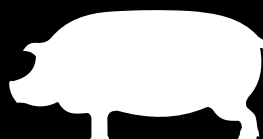


GIA CẦM



THỦY SẢN

CHƯƠNG 4. KHÔ DẦU HẠT CẢI CHO LỢN



Tỷ lệ sử dụng thực tế của khô dầu hạt cải trong khẩu phần ăn cho lợn

Khẩu phần	Hàm lượng khô dầu
Lợn con sau cai sữa	Năng suất cao ở tất cả các hàm lượng thực tế. Khẩu phần thí nghiệm có hàm lượng lên tới 40%
Lợn thịt	Năng suất cao lên tới 25%. Không có dữ liệu thực tế vượt quá 25%
Lợn nái mang thai	Năng suất cao lên tới 25%. Không có dữ liệu thực tế vượt quá 25%
Lợn nái nuôi con	Năng suất cao lên tới 25%. Không có dữ liệu thực tế vượt quá 25%

Lợi ích của khô dầu hạt cải

Trong một phân tích tổng hợp đánh giá việc vận dụng khẩu phần để cải thiện lợi nhuận, Wang và cộng sự (2020) xác định rằng giảm lượng protein trong khẩu phần ăn sẽ đạt được việc tiết kiệm chi phí lớn nhất. Khô dầu hạt cải có thành phần axit amin rất gần lý tưởng (Bảng 1) và có thể được sử dụng hiệu quả hơn một số nguồn protein thực vật khác, cho phép xây dựng khẩu phần ăn với lượng protein dư thừa tối thiểu. Trong tương lai, xu hướng chăn nuôi lợn dự kiến sẽ không chỉ xem xét khả năng tiêu hóa chất dinh dưỡng mà còn xem xét tác động của các thành phần lên các yếu tố ngoài sản xuất như lượng phân, lượng phát thải khí nhà kính, sức khỏe đường ruột và khả năng miễn dịch. Có khả năng là khô dầu hạt cải sẽ mang lại những lợi ích nội tại ngoài thành phần dinh dưỡng của nó.

Tính ổn định

Khô dầu hạt cải là một phụ phẩm có giá trị, có thể không làm tăng lượng khí phát thải khi sử dụng trong khẩu phần ăn cho lợn so với các loại protein thực vật khác. Đối với ngành chăn nuôi lợn, nguồn phát thải khí nhà kính chính là từ phân lợn. Trabue và cộng sự (2021) đã đánh giá lượng khí thải từ lợn được cho ăn khẩu

phần dựa trên ngô, trong đó protein bổ sung được cung cấp từ khô dầu đậu nành, bột gluten ngô, khô dầu hạt cải hoặc bột thịt gia cầm. Không có sự khác biệt giữa các nghiệm thức về mức tăng trọng trung bình hàng ngày hoặc hệ số tăng trọng đến thức ăn (hiệu quả sử dụng thức ăn). Tương tự như vậy, lượng phân lợn thải ra là như nhau ở tất cả các nghiệm thức. Không có sự khác biệt về tổng lượng khí metan hoặc carbon dioxide sản sinh ra ở bất kỳ khẩu phần nào. Mức amoniac thấp nhất ở khẩu phần bột cải dầu, tiếp theo là khẩu phần có bột gia cầm và thấp hơn đáng kể so với khẩu phần khô dầu đậu nành và bột gluten ngô.

Một mối quan tâm nữa đối với môi trường là phốt pho. Người ta thường bổ sung phytase vào khẩu phần ăn khi sử dụng khô dầu hạt cải hoặc khô dầu đậu nành. Veum và Liu (2018) đã xác định rằng không cần bổ sung phốt pho vô cơ khi lợn choai và lợn vỗ béo được cho ăn khẩu phần ăn có lúa miến - cải dầu có bổ sung phytase. Các tác giả kết luận rằng phương pháp này giúp tăng cường tính bền vững của ngành chăn nuôi lợn.

Độ ngon miệng và lượng thức ăn ăn vào

Rất khó để đánh giá một cách khách quan tác động của một thành phần thức ăn lên lượng thức ăn ăn vào

của lợn do có nhiều yếu tố liên quan. Các biến số như độ ngon miệng cơ bản của nguyên liệu, mức độ bổ sung trong khẩu phần, các thành phần khác trong hỗn hợp thức ăn, năng lượng thức ăn, hàm lượng chất xơ (mật độ sinh khối) và cân bằng khoáng chất trong thức ăn sẽ ảnh hưởng đến lượng thức ăn ăn vào. Đối với khô dầu hạt cải, có một số yếu tố có khả năng làm giảm lượng thức ăn ăn vào, chẳng hạn như glucosinolates, tannin, sinapine, cân bằng chất xơ và khoáng chất, được giải thích chi tiết hơn trong Chương 2 của hướng dẫn này. Glucosinolates, với vị đắng của chúng, có thể có ảnh hưởng tiêu cực lớn đến lượng thức ăn ăn vào ở lợn, điều này thực sự có thể xảy ra ở nhiều loài động vật.

Khô dầu hạt cải được sản xuất tại Canada có hàm lượng glucosinolates rất thấp (3,57µmol/g) và có vị trung tính. Khô dầu hạt cải đắng truyền thống có thể có hàm lượng glucosinolate trên 100µmol/g (xem Chương 2). Mức độ cao này dẫn đến khẩu phần chỉ có thể được sử dụng với số lượng tối thiểu để tránh các vấn đề về lượng ăn vào. Để tránh giảm lượng thức ăn ăn vào, khẩu phần có hàm lượng cao như vậy cần được sử dụng tiết kiệm. Heyer và cộng sự (2018) đã thay thế 20% khô dầu đậu nành trong khẩu phần đối chứng bằng khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi hoặc cùng loại khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi đã được ép đùn ở cường độ thấp, trung bình hoặc cao. Mặc dù việc ép đùn làm giảm thêm hàm lượng glucosinolate trong khẩu phần nhưng không có sự khác biệt về lượng ăn vào của lợn cai sữa. Lượng ăn vào, tăng trọng và tỷ lệ thức ăn/tăng trọng (hệ số chuyển hóa thức ăn) không khác nhau ở bất kỳ nghiệm thức nào, kể cả đối chứng. Nghiên cứu này cho thấy rằng việc giảm thêm glucosinolates trong khô dầu hạt cải sẽ không có lợi cho lượng thức ăn ăn vào và lợn cai sữa được cho ăn khô dầu hạt cải đã ăn nhiều như lợn được cho ăn khô dầu đậu nành.

Landero và cộng sự (2018) đã tiến hành thử nghiệm việc chọn lựa thức ăn với lợn cai sữa được lựa chọn hoặc khô dầu đậu nành hoặc khô dầu hạt cải. Người ta quan sát thấy lợn ưa thích khô dầu đậu nành hơn, điều này phù hợp với các tài liệu trước đây; tuy nhiên, khi không có sự lựa chọn nào, khô dầu hạt cải có thể được đưa vào khẩu phần ăn với tỷ lệ lên tới 20% mà không ảnh hưởng đến lượng ăn vào hoặc năng suất tăng trưởng. Những hạn chế về mức độ đưa vào khô dầu hạt cải có thể vẫn được áp dụng nhưng đang liên tục bị các nhà nghiên cứu thách thức và bác bỏ. Thông tin đánh giá chất lượng thức ăn không đúng đối với các chất dinh dưỡng dễ tiêu hóa trong khô dầu hạt cải đã dẫn đến một số vấn đề về năng suất lợn kém hơn trong quá khứ. Dữ liệu hiện tại cho thấy rõ ràng rằng khẩu phần được xây dựng hợp lý có chứa khô dầu hạt cải hỗ trợ năng suất tăng trưởng hiệu quả cao. Giá trị dinh dưỡng của khô dầu hạt cải đối với lợn ngày càng được hiểu rõ. Hạn chế chính đối với giá trị và mức độ bao gồm là hàm lượng năng lượng sẵn có, đặc biệt khi được đo dưới dạng năng lượng thuần. Cuối cùng, mối quan hệ giữa chi phí nguyên liệu và hàm lượng chất dinh dưỡng sẽ quyết định mức độ thích hợp của việc đưa khô dầu hạt cải vào khẩu phần ăn được xây dựng tốt.

Protein và axit amin trên lợn

Thành phần axit amin

Thành phần axit amin của khô dầu hạt cải đáp ứng hiệu quả nhu cầu axit amin của lợn. Lysine là axit amin giới hạn đầu tiên; tuy nhiên, vì lysine tổng hợp luôn sẵn có nên việc bổ sung lysine vào khẩu phần ăn dựa trên khô dầu hạt cải giúp chúng dễ dàng đáp ứng nhu cầu của lợn.

Thành phần axit amin của các nguyên liệu thường được biểu thị bằng phần trăm lysine, với các nhu cầu được thể hiện theo cách tương tự. Sử dụng các khuyến cáo của NRC (2012) hoặc Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) (van Milgen và Dourmad, 2015), khô dầu hạt cải gần như hoàn hảo và vượt quá nhu cầu đối với hầu hết các axit amin (Bảng 1, cột “nguyên trạng”). Với việc bổ sung lysine, thành phần axit amin đáp ứng các nhu cầu với lượng dư thừa ít hơn (Bảng 1, lysine được bổ sung). Điều này cho thấy lợn có thể sử dụng axit amin từ khô dầu hạt cải với hiệu quả cao.

Bảng 1. Thành phần axit amin lý tưởng dựa trên hai mô hình và giá trị của khô dầu hạt cải (% Lysine)

Axit amin	Giá trị mô hình, % Lysine		Khô dầu hạt cải, % Lysine	
	INRA	NRC	Chưa điều chỉnh	Lysine ¹
Methionine	30	29	33	30
Methionine+ Cysteine	60	56	63	58
Threonine	65	61	74	67
Valine	70	65	73	67
Isoleucine	55	52	59	54
Leucine	100	101	123	113
Phenylalanine	50	60	69	63
Phenylalanine+ Tyrosine	95	94	109	100
Histidine	32	34	56	51
Arginine	42	46	108	99

¹ Hàm lượng lysine trong khô dầu hạt cải được điều chỉnh 9% (lysine *1,09)

Khả năng tiêu hóa axit amin

Khẩu phần ăn của lợn được xây dựng thường xuyên theo mức axit amin tiêu hóa hơn là axit amin tổng số. Các thử nghiệm nuôi dưỡng gần đây với khô dầu hạt cải trên lợn sau cai sữa, lợn thịt và lợn vỗ béo, trong đó các khẩu phần được cân bằng với cùng mức lysine tiêu hóa, có tốc độ tăng trưởng tương đương với tốc độ tăng trưởng được tìm thấy ở lợn được ăn khẩu phần với khô dầu đậu nành là nguồn protein chính, ngay cả khi bổ sung rất cao hàm lượng khô dầu hạt cải. Điều này sẽ được xem xét kỹ hơn trong phần bên dưới có tiêu đề Khô dầu hạt cải trong khẩu phần cho lợn sau cai sữa.

Hơn nữa, các thí nghiệm cho thấy rằng axit amin trong khẩu phần ăn của lợn nên được xây dựng trên cơ sở khả năng tiêu hóa axit amin thực hoặc tiêu chuẩn hóa (Nyachoti và cộng sự, 1997). Tỷ lệ tiêu hóa hồi tràng chuẩn (SID) của các axit amin hiện là đơn vị đo lường được ưa chuộng ở lợn (Stein và cộng sự, 2007). Việc sử dụng SID sẽ khắc phục một cách đáng tin cậy những tổn thất nội sinh cơ bản liên quan đến quá trình tiêu hóa của vật nuôi, cũng như tình trạng khó tiêu liên quan đến thành phần thức ăn. Bảng 2 cung cấp kết quả từ các nghiên cứu gần đây được tiến hành để xác định khả năng tiêu hóa hồi tràng tiêu chuẩn của axit amin đối với khô dầu hạt cải được chiết xuất bằng dung môi và Bảng 3 cho thấy kết quả đối với khô dầu hạt cải ép đùn. Mặc dù một số tài liệu tham khảo áp dụng nhiều biện pháp xử lý khác nhau, nhưng các giá trị được cung cấp trong Bảng 2 và 3 là dành cho khô dầu hạt cải Brassica napus vì chúng có sẵn từ các nhà máy chế biến ở Canada.

Bảng 2. Tỷ lệ tiêu hóa hồi tràng tiêu chuẩn (SID) của các axit amin trong khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi dùng cho lợn thịt ¹

Axit amin	Trung bình, % ²	Độ lệch chuẩn
AA thiết yếu		
Arginine	88,05	3,08
Histidine	80,99	9,73
Isoleucine	80,18	4,52
Leucine	82,73	3,94
Lysine	79,54	5,18
Methionine	86,87	3,79
Phenylalanine	82,00	5,59
Threonine	76,84	5,57
Tryptophan	86,10	5,03
Valine	78,22	4,85
AA không thiết yếu		
Alanine	80,64	4,62
Aspartic acid	77,09	5,55
Cysteine	75,80	7,34
Glutamic acid	86,13	2,62
Glycine	80,03	7,38
Proline	85,74	9,27
Serine	79,56	5,46
Tyrosine	80,50	5,43

¹ Adewole và cộng sự, 2017; Almeida et al, 2014; Berrocoso và cộng sự, 2015; Favero và cộng sự, 2014; Le và cộng sự, 2017; Kim và cộng sự, 2015; Le Thanh và cộng sự, 2019; Maison và Stein, 2014; Mejicanos và Nyachoti, 2018; Park và cộng sự, 2019; Sanjayan và cộng sự, 2014; Trindade Neto và cộng sự, 2012, Velayudhan và cộng sự, 2019

²Trung bình của 43 giá trị

Bảng 3. Tỷ lệ tiêu hóa hồi tràng tiêu chuẩn (SID) của các axit amin trong khô dầu hạt cải ép cho lợn thịt¹

Axit amin	Trung bình, % ²	Độ lệch chuẩn
AA thiết yếu		
Arginine	86,38	3,99
Histidine	84,55	2,46
Isoleucine	79,15	2,01
Leucine	78,63	6,60
Lysine	78.00	2.09
Methionine	84.60	4.10
Phenylalanine	79.85	4.54
Threonine	73.33	4.89
Tryptophan	85.97	3.35
Valine	75.05	5.68
AA không thiết yếu		
Alanine	78,00	5,53
Axit aspartic	75,18	5,82
Cysteine	74,55	5,97
Axit glutamic	83,45	5,98
Glycine	71,48	12,62
Proline	85,60	7,35
Serine	77,90	7,01
Tyrosine	77,50	3,83

¹ Seneviratne và cộng sự, 2011; Grageola và cộng sự, 2013; Park và cộng sự, 2019; Woyengo và cộng sự, 2016

²Trung bình của 3 giá trị

Năng lượng của khô dầu hạt cải cho lợn

Các giá trị năng lượng đã được xác định

Khô dầu hạt cải chứa một lượng tương đối lớn hỗn hợp carbohydrate phức tạp với khả năng tiêu hóa hạn chế. Công thức khẩu phần dựa trên NE cho phép đưa

khô dầu hạt cải vào khẩu phần ăn của lợn một cách thích hợp để không ảnh hưởng đến năng suất.

Các giá trị năng lượng do Hội đồng Nghiên cứu Quốc gia (NRC, 2012) công bố được đưa ra trong Bảng 4 và dựa trên thông tin lịch sử, do đó, nhiều giá trị được xác định hiện tại đã được thêm vào. Mặc dù dường như có một khoảng giá trị được xác định nhưng điều này một phần có thể liên quan đến phương pháp phân tích. Kim và cộng sự (2018) đã xem xét các phương pháp có sẵn để tính NE và nhận thấy rằng kết quả từ bộ mẫu khô dầu hạt cải được thử nghiệm nằm trong khoảng từ 1.960 đến 2.233 kcal/kg ở dạng cho ăn.

Giá trị năng lượng của khô dầu hạt cải ép đùn và ép lạnh sẽ thay đổi tùy theo lượng chiết xuất ether trong khô dầu. Woyengo và cộng sự (2016) đã cung cấp phương trình dưới đây để cho phép điều chỉnh các giá trị năng lượng thuần:

$$\text{NE, kcal/kg} = 0.700 \times \text{DE} + 1.61 \times \text{EE} + 0.48 \times \text{starch} - 0.91 \times \text{CP} - 0.87 \times \text{ADF},$$

Trong đó NE = năng lượng thuần, DE = năng lượng tiêu hóa, EE = chiết xuất ether, CP = protein thô và ADF = chất xơ không hòa tan trong axit.

Bảng 4. Giá trị năng lượng của khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi, tính theo dạng thức ăn, Kcal/kg

Tài liệu tham khảo	Năng lượng tiêu hóa	Năng lượng trao đổi	Năng lượng thuần
NRC, 2012	3154	2903	1821
Berrococo và cộng sự, 2015	3084	2922	1928 ¹
Heo và cộng sự, 2014	2901	2692	1850
Kim và cộng sự, 2018	3180	2925	2099
Le và cộng sự, 2017	2605	2409	1765
Le Thanh và cộng sự, 2019	3273	3012	1834
Liu và cộng sự, 2014	2883	2681	1769
Liu và cộng sự, 2016	2630	2303	1520 ¹
Liu và cộng sự, 2018	2972	2724	1789 ¹
Sanchez-Zannatta và cộng sự, 2022	2843	2615	1524
Woyengo và Zijlstra, 2021	2880	2600	1720
Zhong và Adeola, 2019	2798	2601	1718 ¹

¹ Tính bằng ME x 0,66 (Kil và cộng sự, 2013)

Chất xơ và khả năng tiêu hóa xơ

Theo Kerr và Shurson (2013) chất xơ là một thuật ngữ chung cho các carbohydrate phức tạp trong nguyên liệu thực vật, thành phần của chúng có thể thay đổi theo phương pháp phân tích. Khả năng tiêu hóa của chất xơ, thường được coi là không đáng kể, thực sự khá thay đổi, với phần lớn quá trình tiêu hóa diễn ra

trong ruột. Các axit béo dễ bay hơi được tạo ra có thể được sử dụng để hỗ trợ nhu cầu của mô ruột. Bản thân quá trình tiêu hóa chất xơ không thường được xác định trong các nghiên cứu nuôi dưỡng lợn. Tuy nhiên, trong một đánh giá gần đây (Lannuzel và cộng sự, 2022), người ta ước tính rằng khoảng 2/3 lượng polysaccharide không chứa tinh bột từ khô dầu hạt cải đã được tiêu hóa. Mặc dù trước đây người ta tin rằng việc tăng hàm lượng chất xơ trong khẩu phần ăn sẽ làm giảm tỷ lệ chất xơ được tiêu hóa ở ruột sau, nhưng lý thuyết này đã được chứng minh là sai (Navarro và cộng sự, 2018). Khô dầu hạt cải không bao giờ là nguồn chất xơ duy nhất trong khẩu phần ăn, và nguồn chất xơ cũng như sự tương tác của chúng cần phải được tính đến.

Sử dụng Enzyme để cải thiện khả năng cung cấp năng lượng

Việc bổ sung enzyme có thể làm tăng năng lượng sẵn có trong khẩu phần có chứa khô dầu hạt cải. Enzyme đa carbohydrase (multi-carbohydrase) đã được phát triển và sử dụng để tách năng lượng từ thành tế bào của các polysaccharide không chứa tinh bột. Sanjayan và cộng sự (2014) đã đưa enzyme đa carbohydrase vào khẩu phần ăn của lợn cai sữa với hàm lượng khô dầu hạt cải tăng dần. Năng suất tăng trưởng không được cải thiện, nhưng việc bổ sung enzyme đã làm tăng khả năng tiêu hóa biểu kiến (ATTD) của protein thô ở mức 20% và 25% khô dầu hạt cải được đưa vào khẩu phần thử nghiệm. Gần đây hơn, Velayudhan và cộng sự (2018) đã ghi nhận sự gia tăng về số lượng ATTD đối với vật chất khô (3,6%) và tổng năng lượng (3,3%) khi enzyme đa carbohydrase được đưa vào khẩu phần ăn chứa khô dầu hạt cải cho lợn nái nuôi con. Lợn nái giảm cân ít hơn (5,3 so với 3,3 kg) và không tăng lượng ăn vào khi dùng khẩu phần bổ sung enzyme. Những cải tiến trong các nghiên cứu trên áp dụng cho toàn

bộ khẩu phần và dự kiến có thể sẽ thay đổi tùy thuộc vào lượng dự kiến được đưa vào khẩu phần.

Lee và cộng sự (2018) đã đánh giá một loại enzyme hỗn hợp có chứa xylanase, glucanase, cellulase, mannanase, invertase, protease và pectinase trong hệ thống in vitro. Quá trình tiêu hóa vật chất khô trong ống nghiệm của cả khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi và khô dầu hạt cải ép đùn đều được cải thiện lần lượt là 8,7 và 9,2%. Ưu điểm của việc sử dụng hệ thống in vitro là các enzyme chỉ có thể hoạt động trên khô dầu hạt cải chứ không phải các thành phần khác trong khẩu phần. Các nhà nghiên cứu xác định rằng hỗn hợp này làm tăng khả năng tiêu hóa và giảm sản xuất axit béo và khí dễ bay hơi. Điều này chỉ ra rằng khô dầu hạt cải được tiêu hóa nhiều hơn và lên men ít hơn khi hỗn hợp enzyme được thêm vào khẩu phần.

Chất béo

Phân lipid trong khô dầu hạt cải đã được chứng minh là lợn có khả năng tiêu hóa cao. Seneviratne và cộng sự (2011) phát hiện ra rằng thành phần lipid trong khô dầu hạt cải được tiêu hóa 93,6%. Bởi vì dầu hạt cải chủ yếu bao gồm các axit béo không bão hòa đơn và ít axit béo bão hòa nên khả năng tiêu hóa cao.

Silva và cộng sự (2021) xác định rằng việc bổ sung 3% dầu hạt cải vào khẩu phần ngô-khô dầu đậu nành cho lợn giai đoạn vỗ béo-xuất chuồng đã làm tăng nồng độ axit oleic và đề xuất rằng sự đóng góp của axit béo từ hạt cải dầu được xem như một phương pháp sản xuất thịt lợn có lợi ích sức khỏe lớn hơn.

Khoáng chất và Vitamin

Thành phần khoáng chất và vitamin của khô dầu hạt cải đã được cung cấp chi tiết trong Chương 2. Ngoài ra, đã có một số nghiên cứu tiết lộ được tiến hành cụ thể ở lợn liên quan đến canxi và photpho.

Khô dầu hạt cải là nguồn giàu photpho. Giống như nhiều loại khô hạt có dầu, một phần lớn photpho trong khô dầu hạt cải được liên kết bởi axit phytic. Thực tế phổ biến là bổ sung enzyme phytase để cải thiện khả năng tiêu hóa photpho và giảm nhu cầu bổ sung chất dinh dưỡng này vào khẩu phần. Kết quả từ ba nghiên cứu (Akinmusire và Adeola, 2009; Favero và cộng sự, 2014; Adhikari và cộng sự, 2016) đã chứng minh rằng khả năng tiêu hóa photpho có thể tăng lên trong khô dầu hạt cải khi sử dụng phytase từ mức trung bình từ 34 đến 61%. Maison và cộng sự (2015) đã phân tích năm mẫu khô dầu hạt cải và xác định giá trị tiêu hóa cao hơn đối với photpho là 45% khi không bổ sung phytase, một giá trị cao hơn so với xác định từ các nghiên cứu cũ. Việc bổ sung phytase vẫn làm tăng khả năng tiêu hóa photpho lên 64%, tương tự như những phát hiện trước đó. Veum và Liu (2018) xác định rằng không cần photpho vô cơ cho khẩu phần ăn bằng khô dầu hạt cải -lúa miến khi khẩu phần có bổ sung phytase.

Lượng nhiệt được sử dụng trong quá trình chế biến cũng có thể ảnh hưởng đến khả năng tiêu hóa photpho. Lee và Nyachoti (2021) phát hiện ra rằng quá trình xử lý nhiệt làm tăng lượng photpho sẵn có với cả khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi và khô dầu hạt cải ép.

Một lợi ích bổ sung của việc bổ sung phytase là cải thiện khả năng tiêu hóa canxi. Gonzalez-Vega và cộng sự (2013) đã chứng minh rằng việc bổ sung enzyme phytase làm tăng lượng canxi sẵn có trong khô dầu hạt cải từ 47 lên 70%. Tương tự Adhikari và cộng sự

(2016) nhận thấy khả năng tiêu hóa canxi được cải thiện từ 58% lên 75%.

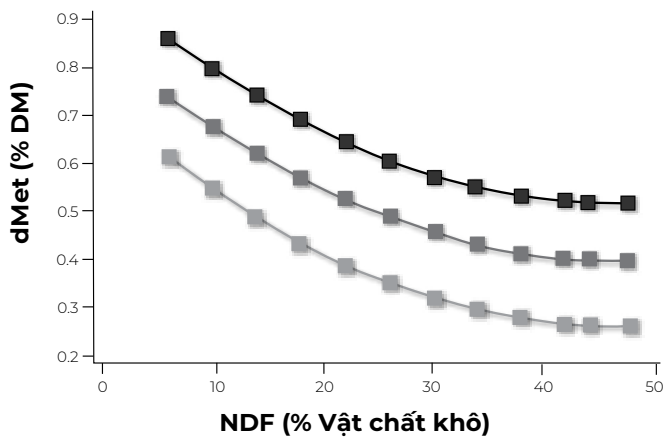
Sử dụng khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi cho lợn

Phân tích tổng hợp về giá trị cho ăn

Một số phân tích tổng hợp đã được tiến hành để đánh giá giá trị của khô dầu hạt cải trong khẩu phần ăn cho lợn. Hansen và cộng sự (2020) đã phân tích dữ liệu từ 37 nghiên cứu liên quan đến khô dầu hạt cải và tỷ lệ phần trăm khô dầu hạt cải để xác định giới hạn tỷ lệ đưa vào trong khẩu phần. Đối với lợn cai sữa, kết quả thu được từ các nghiên cứu trong đó tỷ lệ sử dụng là 2 đến 40% trong khẩu phần ăn. Nhìn chung, có sự giảm nhẹ về lượng vật chất khô ăn vào, nhưng điều này không ảnh hưởng đến mức tăng trọng trung bình hàng ngày và dẫn đến sự cải thiện hệ số chuyển hóa thức ăn. Mức bổ sung cho lợn vỗ béo-xuất chuồng trong khoảng 3,8 đến 49,0% trong khẩu phần. Các tác giả xác định rằng mức tăng trưởng trung bình hàng ngày thấp hơn một chút khi sử dụng khô dầu hạt cải, nhưng không có sự khác biệt giữa các mức sử dụng khô dầu hạt cải. Các tác giả kết luận rằng khô dầu hạt cải và khô dầu hạt cải đẳng có hàm lượng glucosinolate thấp có thể được sử dụng mà không ảnh hưởng xấu đến năng suất tăng trưởng trong khẩu phần được cân bằng dinh dưỡng tốt cho lợn cai sữa và lợn vỗ béo-xuất chuồng.

Messad và cộng sự (2016) đã sử dụng kỹ thuật phân tích tổng hợp và phân tích hồi quy tổng hợp để đánh giá khả năng dự đoán khả năng tiêu hóa của axit amin trong khô hạt có dầu. Các nhà nghiên cứu nhận thấy xơ trung tính (NDF) trong khẩu phần có liên quan nghịch với khả năng tiêu hóa axit amin của lợn (hình 1).

Hình 1. Tác động của nồng độ NDF trong khẩu phần ăn đến hàm lượng methionine tỷ lệ tiêu hóa hồi tràng chuẩn (dMet) trong các khô hạt có dầu trong thức ăn cho lợn. Đen: khô đậu nành; màu xám đậm: Khô hạt cải; màu xám nhạt: khô hạt bông. DM = vật chất khô. Từ Messad và cộng sự, 2016.



Dung nạp glucosinolate

Glucosinolates là chất kháng dinh dưỡng chính được tìm thấy trong khô dầu hạt cải dành cho lợn. Lợn được coi là rất nhạy cảm với glucosinolates và đúng với hầu hết với lợn con (Bischoff, 2019). Trong những năm đầu cho ăn khô dầu hạt cải, mức glucosinolate tối đa mà lợn có thể dung nạp trong khẩu phần đã được một số nhà nghiên cứu xác định. Bell (1993) đề xuất mức tối đa trong khẩu phần ăn của lợn là từ 2,0 đến 2,5 μmol glucosinolates/g khẩu phần. Hai nghiên cứu tiếp theo ủng hộ khuyến nghị này (Schone và cộng sự, 1997a, 1997b). Trong nghiên cứu đầu tiên, lợn thịt khoảng 20–50 kg được cho ăn nhiều khẩu phần khác nhau có cùng mức khô dầu hạt cải nhưng hàm lượng glucosinolate tổng biến động từ 0 đến 19 $\mu\text{mol/g}$ (Schone và cộng sự, 1997a).

Nồng độ glucosinolates lớn hơn 2,4 $\mu\text{mol/g}$ trong khẩu phần có tác động tiêu cực đến lượng thức ăn ăn vào, tốc độ tăng trưởng và chức năng tuyến giáp. Trong

nghiên cứu thứ hai, mức glucosinolate an toàn tối đa được xác định ở mức 2,0 $\mu\text{mol/g}$ khẩu phần (Schone và cộng sự, 1997b). Do khô dầu hạt cải của Canada chứa trung bình 3,6 $\mu\text{mol/g}$ glucosinolates, điều này tương ứng với mức bổ sung khô dầu hạt cải tối đa từ 55 đến 69% trong khẩu phần cho lợn choai, giá trị này lớn hơn mức cần thiết cho công thức khẩu phần thương mại để đáp ứng các yêu cầu về axit amin cho khẩu phần dựa trên ngũ cốc. Các nghiên cứu gần đây đã chứng minh rằng lợn vỗ béo-xuất chuồng sẽ có năng suất tốt với khẩu phần chứa tối 30% khô dầu hạt cải (Smit và cộng sự, 2014a), và lợn sau cai sữa sẽ có năng suất tốt với khẩu phần có chứa 40% khô dầu hạt cải (Parr và cộng sự, 2015). Nồng độ glucosinolate tối đa có thể chấp nhận được trong khẩu phần ăn của lợn vẫn được quan tâm, nhưng ở mức glucosinolate hiện tại trong khô dầu hạt cải, không có hạn chế nào trong việc đưa vào khẩu phần cho lợn vỗ béo-xuất chuồng.

Khô dầu hạt cải trong khẩu phần cai sữa

Nghiên cứu gần đây đã chỉ ra rằng khô dầu hạt cải có thể là một nguyên liệu có giá trị để đưa vào khẩu phần ăn cho lợn cai sữa. Landero và cộng sự (2011) cho lợn cai sữa ăn khô dầu hạt cải có khối lượng ban đầu trung bình là 8,1 kg ở mức bổ sung lên tới 200 g/kg mà không ảnh hưởng tiêu cực đến năng suất. Điều này đã được chứng minh một lần nữa vào năm 2014 bởi Sanjayan và cộng sự, trong một nghiên cứu trong đó khô dầu hạt cải được đưa vào 25% khẩu phần ăn cho lợn cai sữa (khối lượng cơ thể ban đầu là 7,26 kg), với kết quả năng suất cao sau tuần thử nghiệm đầu tiên. Để xác định xem nguồn ngũ cốc có trong khẩu phần khô dầu hạt cải có thể tạo ra sự khác biệt hay không, Mejicanos và cộng sự (2017) đã cung cấp khẩu phần ăn cho lợn con (khối lượng ban đầu trung bình 6,7 kg) với 20% khô dầu đậu nành so với 20% khô dầu hạt cải, và lúa mì hoặc ngô làm ngũ cốc chính. Năng suất của lợn với khẩu phần khô dầu hạt cải ngang bằng với khẩu

phần khô dầu đậu nành. Sự khác biệt chính trong ba nghiên cứu này so với nghiên cứu trước đó là các nhà nghiên cứu đã xây dựng khẩu phần dựa trên axit amin SID và NE.

Wang và cộng sự (2017) cho lợn mới cai sữa ăn khẩu phần chứa 20% khô dầu hạt cải. Bốn nguồn khô dầu hạt cải đã được thử nghiệm được lựa chọn để cho thấy sự khác biệt về chất lượng có thể xảy ra do các điều kiện khắc nghiệt khác nhau trong mùa sinh trưởng. Có sự khác biệt rõ ràng về tỷ lệ tiêu hóa biểu kiến giữa khẩu phần khô dầu đậu nành và khô dầu hạt cải, nhưng không có sự khác biệt về khả năng tiêu hóa giữa bốn khẩu phần khô dầu hạt cải.

Trong một nghiên cứu khác, Parr và cộng sự (2015) đã cung cấp cho lợn con khẩu phần chứa 10, 20, 30 hoặc 40% khô dầu hạt cải, thay thế cho khô dầu đậu nành trong khẩu phần. Có sự gia tăng tuyến tính về tỷ lệ tăng trọng trên thức ăn khi mức bổ sung khô dầu hạt cải tăng lên, không có sự thay đổi về tăng trọng trung bình hàng ngày và giảm tuyến tính lượng ăn vào khi mức độ ăn khô dầu hạt cải tăng lên. Nghiên cứu quan trọng này cho thấy rằng, với công thức khẩu phần ăn chính xác, có thể đưa tới 40% khô dầu hạt cải vào khẩu phần cai sữa cho lợn con. Bảng 5 cung cấp những so sánh giữa khô dầu hạt cải và khô đậu nành được xác định trong các nghiên cứu gần đây. Nhìn chung, sự ảnh hưởng của các nghiệm thức lên tăng trọng trung bình hàng ngày (ADG) và tăng trọng trên mỗi đơn vị thức ăn giữa các nghiệm thức có rất ít có ý nghĩa thống kê.

Một số khác biệt về năng suất có thể là do hàm lượng năng lượng thấp hơn trong khẩu phần khô dầu hạt cải. Kim và cộng sự (2020) xác định rằng lợn có khối lượng dưới 20 kg không thể điều chỉnh lượng thức ăn ăn vào để đáp ứng với mật độ năng lượng thuần của khẩu phần bất kể thành phần khẩu phần.

Bảng 5. Nghiên cứu đánh giá khô dầu hạt cải trong khẩu phần khởi đầu so với khẩu phần đối chứng khô dầu đậu nành.

Tài liệu tham khảo	Hàm lượng, %	Chỉ tiêu	Khô dầu hạt cải	Khô dầu đậu nành	Giá trị P
Do và cộng sự, 2017	8	ADG, g	142	165	0,280
		Tăng trọng/thức ăn	0,54	0,50	0,162
Hong và cộng sự, 2020	10	ADG, g	359	323	<0,05
		Tăng trọng/thức ăn	0,62	0,50	<0,05
	20	ADG, g	378	323	
		Tăng trọng/thức ăn	0,66	0,50	
	30	ADG, g	352	323	
		Tăng trọng/thức ăn	0,64	0,50	
	40	ADG, g	325	323	
		Tăng trọng/thức ăn	0,56	0,5	
Landero và cộng sự, 2011	20	ADG, g	493	488	0,592
		Tăng trọng/thức ăn	0,7	0,73	0,087
Mejicanos và cộng sự, 2017	20	ADG, g	408	408	0,459
		Tăng trọng/thức ăn	0,61	0,59	0,024
Parr và cộng sự, 2015	10	ADG, g	590	560	0,108
		Tăng trọng/thức ăn	0,6	0,59	0,001
	20	ADG, g	610	560	
		Tăng trọng/thức ăn	0,65	0,59	
	30	ADG, g	580	560	
		Tăng trọng/thức ăn	0,65	0,59	
	40	ADG, g	570	560	
		Tăng trọng/thức ăn	0,68	0,59	
Sanjayan và cộng sự, 2014	5	ADG, g	472	452	0,979
		Tăng trọng/thức ăn	0,6	0,60	0,714
	10	ADG, g	468	452	
		Tăng trọng/thức ăn	0,59	0,60	
	15	ADG, g	453	452	
		Tăng trọng/thức ăn	0,6	0,60	
Seneviratne và cộng sự, 2011	15	ADG, g	445	469	0,87
		Tăng trọng/thức ăn	0,71	0,71	0,323
Wang và cộng sự, 2017	20	ADG, g	664	660	0,487
		Tăng trọng/thức ăn	0,66	0,65	0,047

ADG: Tăng trong trung bình hàng ngày

Khô dầu hạt cải trong khẩu phần vỗ béo-xuất chuồng

Bảng 6 cho thấy kết quả từ ba nghiên cứu vỗ béo-xuất chuồng. Không có sự khác biệt về năng suất trong hai nghiên cứu so sánh khô dầu hạt cải và khô dầu đậu nành. Gần đây Smit và cộng sự (2018) đã so sánh khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi với khô dầu đậu nành ép và nhận thấy tăng trọng và tỷ lệ tăng trọng trên thức ăn cao hơn so với khẩu phần khô dầu đậu nành ép. Các tác giả lưu ý rằng khẩu phần cho lợn thịt chứa 25% khô dầu hạt cải đã được đưa vào khẩu phần đột ngột cho lợn và chúng bị giảm lượng thức ăn ăn vào trong một thời gian ngắn sau đó. Lượng ăn vào đã tăng trở lại, tuy nhiên tăng trọng và tỷ lệ thức ăn trên tăng trọng vẫn khác nhau đáng kể. Nếu lợn nhận được sự thay đổi đột ngột trong khẩu phần với mức bổ sung khô dầu hạt cải rất cao thì có thể cần phải thực hiện những thay đổi theo từng giai đoạn.

Bảng 6. Nghiên cứu đánh giá khô dầu hạt cải trong khẩu phần vỗ béo-xuất chuồng so với khẩu phần đối chứng khô dầu đậu nành.

Tài liệu tham khảo	Hàm lượng, %	Chỉ tiêu	Khô dầu hạt cải	Khô dầu đậu nành	Giá trị P
Kim và cộng sự, 2015	11,3	ADG, g	700	725	0,102
		Tăng trọng/ thức ăn	0,46	0,44	0,196
Little và cộng sự, 2015	27,3/23,2	ADG, g	940	930	0,700
		Tăng trọng/ thức ăn	0,36	0,37	0,200
Smit và cộng sự, 2018 ¹	25/20	ADG, g	988	1025	0,001
		Tăng trọng/ thức ăn	0,36	0,37	0,001

¹ Khẩu phần đối chứng dựa trên khô dầu đậu nành ép; ADG: Tăng trọng trung bình hàng ngày

Thử nghiệm nuôi dưỡng giai đoạn vỗ béo-xuất chuồng ở khí hậu nhiệt đới

Ba thử nghiệm đã được tiến hành ở ba bang của Mexico – Nuevo Leon, Sonora và Michoacan (Hickling, 1996). Mục tiêu là lặp lại năng suất được tìm thấy trong các thử nghiệm nuôi dưỡng ở Canada đã được tiến hành trước đây (Bảng 7 và 8), nhưng sử dụng các nguyên liệu của Mexico (hai trong số các thử nghiệm nuôi dưỡng sử dụng lúa miến làm ngũ cốc cơ bản trong khẩu phần và một thử nghiệm sử dụng ngô) và các điều kiện của Mexico (môi trường, di truyền và quản lý lợn). Ngoài ra, khô dầu hạt cải được sử dụng trong các thử nghiệm được sản xuất từ hạt cải dầu ở Canada bằng các máy chế biến hạt có dầu ở Mexico. Thiết kế này rất giống với các cuộc thử nghiệm ở Canada. Ba nghiệm thức đã được sử dụng: khẩu phần đối chứng, khẩu phần khô dầu hạt cải thấp và khẩu phần khô dầu hạt cải cao. Khẩu phần được cân bằng về lượng axit amin tiêu hóa tối thiểu, lượng protein lý tưởng và mức năng lượng cân bằng. Khẩu phần và kết quả theo giai đoạn sinh trưởng được thể hiện trong Bảng 9. Giống như kết quả của khí hậu ôn đới, tốc độ tăng trưởng, hiệu quả sử dụng thức ăn và năng suất chất lượng thân thịt ở cả ba khẩu phần tương đương nhau (Bảng 10). Năng suất giữa các địa điểm khác nhau chủ yếu do di truyền của lợn và ảnh hưởng theo mùa.

Khô dầu hạt cải trong khẩu phần lợn nái

Các nghiên cứu ban đầu cho thấy khô dầu hạt cải dễ dàng được chấp nhận trong khẩu phần ăn của lợn nái và lợn nái hậu bị. Flipot và Dufour (1977) không tìm thấy sự khác biệt về năng suất sinh sản giữa lợn nái được cho ăn khẩu phần có hoặc không có bổ sung 10% khô dầu hạt cải. Lee và cộng sự (1985) không tìm thấy sự khác biệt đáng kể nào về năng suất sinh sản của lợn nái hậu bị trong một lứa đẻ. Các nghiên cứu tại

Đại học Alberta (Lewis và cộng sự, 1978) đã cho thấy không có sự khác biệt về năng suất sinh sản của lợn nái hậu bị qua hai chu kỳ sinh sản khi cho ăn khẩu phần có chứa tới 12% khô dầu hạt cải. Các nghiên cứu khác chỉ ra rằng mức 20% khô dầu hạt cải không ảnh hưởng đến năng suất của lợn nái nuôi con (King và cộng sự, 2001). Những kết quả này cho thấy rằng khô dầu hạt cải có thể là nguồn protein bổ sung chính trong khẩu phần ăn của lợn nái hậu bị và lợn nái.

Bảng 7. Kết quả thử nghiệm nuôi dưỡng ở Canada: Năng suất trung bình của lợn choai (20-60 kg) và lợn vỗ béo (60-100 kg) được cho ăn khẩu phần bổ sung khô đậu nành (SBM) hoặc hai mức khô dầu hạt cải (CM)¹

Nguyên liệu	Lợn choai			Lợn vỗ béo		
	Khô dầu đậu nành	Khô dầu hạt cải thấp	Khô dầu hạt cải cao	Khô dầu đậu nành	Khô dầu hạt cải thấp	Khô dầu hạt cải cao
Lúa mạch	62	53	48	60	48	40
Lúa mì	13	20	24	19	29	35
Khô đậu nành	20	16	13	16	10	5
Khô dầu hạt cải	0	6	10	0	8	15
Dầu hạt cải	1	1	1	1	1	1
L-Lysine	0,04	0,07	0,06	0,12	0,12	0,15
Khoáng chất/vitamin	4	4	4	4	4	5
Năng suất						
Lượng thức ăn ăn vào, kg/ngày	1,91	1,93	1,89	3,06	3,11	3,08
Tăng trọng, kg/ngày	0,76	0,76	0,77	0,84	0,83	0,82
Tăng trọng/thức ăn	0,42	0,42	0,41	0,26	0,27	0,27
Glucosinolates, uMol/g	3.14	3.57	3.14	3.57	3.14	3.57

¹ Hickling, 1994.

Bảng 8. Kết quả thử nghiệm nuôi dưỡng ở Canada: Năng suất tổng thể của lợn thịt (20-100 kg) được cho ăn khẩu phần có bổ sung khô đậu nành (SBM) hoặc hai mức khô dầu hạt cải (CM)¹

Năng suất	Khô đậu nành	Khô dầu hạt cải thấp	Khô dầu hạt cải cao
Lượng thức ăn ăn vào, kg/ngày	2,46	2,5	2,47
Tăng trọng, kg/ngày	0,8	0,8	0,8
Tăng trọng/thức ăn	0,33	0,32	0,32
Mức hàm, %	78	78	78
Chỉ số mỡ lưng	107	107	107

¹ Hickling, 1994

sử dụng khô dầu hạt cải cao nhất là 23,3% trong khẩu phần mang thai và 35,1% trong khẩu phần nuôi con. Tỷ lệ sống của lợn con cao hơn đáng kể với khẩu phần có chứa khô dầu hạt cải, nhưng khoảng thời gian từ cai sữa đến động dục tỷ lệ sống cao hơn một chút ở khẩu phần có nhiều khô dầu hạt cải nhất so với khẩu phần đối chứng (Bảng 11).

Bảng 11. Đánh giá khô dầu hạt cải trong khẩu phần cho lợn nái ¹

Chỉ tiêu	Khô dầu đậu nành	Hạt cải dầu/đậu nành	Khô dầu hạt cải	Giá trị P
Số lượng lợn nái	40	37	37	
Trung bình lứa đẻ	2,33	2,32	2,33	
Khối lượng cơ thể hao hụt, kg	28,2	27,2	32,8	0,22
Số lợn con sinh ra còn sống/ổ	12,5	11,9	12,2	0,76
Khối lượng sơ sinh, kg	18,7	19,1	19,2	0,65
Tỷ lệ sống của lợn con, %	80,2	87,0	87,0	<0,05
Cai sữa đến động dục, ngày	2,42	5,22	5,80	<0,05

¹ Liu và cộng sự, 2018

Cho lợn ăn khô dầu hạt cải ép

Đúng như dự đoán, năng suất không bị giảm khi lợn nhận được khô dầu hạt cải ép. Seneviratne và cộng sự (2011) đã cung cấp cho lợn cai sữa khẩu phần được bổ sung thêm với 15% khô dầu hạt cải thay cho 15% khô đậu nành (Bảng 12). Không có sự khác biệt về tăng trọng trung bình hàng ngày (ADG) hoặc tỷ lệ tăng trọng trên thức ăn trong nghiên cứu đó. Landero và cộng sự (2012) đã cho lợn ăn khẩu phần thức ăn chứa 5, 10, 15 và 20% khô dầu hạt cải, thay thế khô dầu đậu nành, bắt đầu từ 26 ngày tuổi và tiếp tục cho đến 54

ngày tuổi. Không có sự khác biệt về năng suất đối với bất kỳ nghiệm thức nào. Khẩu phần ăn được xây dựng theo cùng mức NE và SID. Rõ ràng khả năng tiêu hóa tổng lượng protein và năng lượng trong đường tiêu hóa giảm tuyến tính khi mức độ bổ sung khô dầu hạt cải tăng lên.

Bảng 12. Nghiên cứu đánh giá khô dầu hạt cải trong khẩu phần cai sữa so với khẩu phần đối chứng khô dầu đậu nành.

Tài liệu tham khảo	Hàm lượng, %	Chỉ tiêu theo dõi	Khô dầu hạt cải	Khô dầu đậu nành	Giá trị P
Landero và cộng sự, 2011	5	ADG, g	643	661	0,420
		Tăng trọng/thức ăn	0,71	0,71	0,758
	10	ADG, g	642	661	
		Tăng trọng/thức ăn	0,73	0,71	
	15	ADG, g	640	661	
		Tăng trọng/thức ăn	0,71	0,71	
	20	ADG, g	648	661	
		Tăng trọng/thức ăn	0,72	0,71	
Landero và cộng sự, 2015	20	ADG, g	455	454	0,933
		Tăng trọng/thức ăn	0,71	0,72	0,757
Seneviratne và cộng sự, 2010	7.5	ADG, g	906	931	0,001
		Tăng trọng/thức ăn	0,49	0,48	0,627
	15	ADG, g	909	931	
		Tăng trọng/thức ăn	0,49	0,48	
	22.5	ADG, g	866	931	
		Tăng trọng/thức ăn	0,49	0,48	
Seneviratne và cộng sự, 2011	15	ADG, g	445	469	0,870
		Tăng trọng/thức ăn	0,72	0,71	0,323

ADG: Tăng trọng trung bình hàng ngày

Cho lợn ăn hạt cải dầu và dầu hạt cải

Dầu hạt cải được cho lợn ăn thường xuyên trong tất cả các giai đoạn phát triển. Dầu hạt cải thô thường là nguồn năng lượng tiết kiệm cũng như chất chống bụi trong thức ăn chăn nuôi. Hạt cải dầu cũng được cho ăn như một nguồn protein và năng lượng, mặc dù nó thường bị giới hạn ở mức 10% trong khẩu phần ăn, vì hàm lượng cao hơn sẽ dẫn đến mỡ trong thân thịt mềm hơn (Kracht và cộng sự, 1996). Hạt cải dầu phải được nghiền trước khi cho ăn. Nó có thể được cho ăn thô một cách hiệu quả, mặc dù xử lý nhiệt có thể có lợi miễn là không sử dụng nhiệt quá cao trong quá trình chế biến, điều này sẽ làm giảm khả năng tiêu hóa axit amin. Việc phân tích chất dinh dưỡng cũng cần được tiến hành trên hạt cải dầu, vì hạt cải có thể không phù hợp với máy chế biến hạt cải. Montoya và Leterme (2010) đã ước tính hàm lượng NE của hạt cải dầu nguyên chất béo là 3,56 Mcal/kg (tính trên vật chất khô) nhưng lưu ý rằng có khả năng bị đánh giá thấp do giảm lượng ăn vào và năng suất khi mức bổ sung vào khẩu phần vượt quá 10%.

Khô dầu hạt cải và sức khỏe đường ruột

Có sự hỗ trợ đáng kể cho việc sử dụng khô dầu hạt cải để duy trì sức khỏe đường ruột ở lợn. Các phần của chất xơ được lên men có chọn lọc trong ruột, do đó tạo ra những thay đổi về thành phần và hoạt động của vật đường tiêu hóa. Được gọi là prebiotic, những thành phần này mang lại lợi ích cho sức khỏe và giúp ruột chống lại các mầm bệnh. Ngoài ra, các hợp chất có nguồn gốc từ sự phân hủy glucosinolates có thể đóng vai trò là chất kháng khuẩn và kháng nấm (Dufour và cộng sự, 2015).

Nghiên cứu trên lợn nái nuôi con cho thấy đặc điểm vi khuẩn đường ruột thuận lợi hơn do tạo ra tỷ lệ vi khuẩn sản xuất axit lactic cao hơn khi sử dụng khẩu

phần khô dầu hạt cải so với khẩu phần khô dầu đậu nành (Velayudhan và cộng sự, 2018). Tương tự, khô dầu hạt cải khi được sử dụng để thay thế khô đậu nành đã làm tăng lượng Lactobacillus và Enterococcus ở lợn con theo mẹ (Mejicanos và cộng sự, 2017).

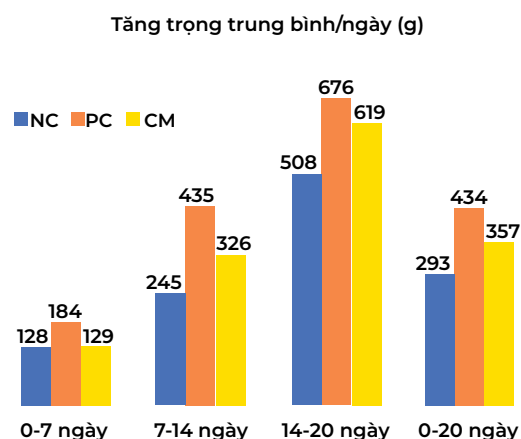
Kể từ đó, nghiên cứu được thực hiện tại Đại học bang North Dakota cho thấy khô dầu hạt cải có lợi cho lợn con cai sữa (Hong và cộng sự, 2020). Khi đưa vào thức ăn cai sữa với tỷ lệ 20% khẩu phần, thành phần vi khuẩn đường ruột được cải thiện và phản ứng viêm giảm đi. Trong một thí nghiệm tiếp theo, các nhà nghiên cứu xác định rằng lợn con được cho ăn thức ăn cai sữa có chứa khô dầu hạt cải có khả năng chống lại nhiễm trùng E. coli tốt hơn so với lợn con được ăn khô dầu đậu nành (Hong và cộng sự, 2021). Thử thách được thực hiện vào ngày thứ 3 của nghiên cứu và thử nghiệm kết thúc vào ngày 20. Như Bảng 13 cho thấy, lợn cai sữa nhận được khẩu phần khô dầu đậu nành tăng trưởng cao hơn 67% so với lợn dùng kháng sinh. Ngược lại, việc bổ sung 20% khô dầu hạt cải thay thế cho khô dầu đậu nành đã giúp lợn đạt được 82% lượng đã đạt được từ phác đồ kháng sinh. Mức tăng này là do lượng thức ăn ăn vào nhiều hơn với khẩu phần khô dầu hạt cải. Hình 2 cho thấy lợi ích mà khô dầu hạt cải mang lại là nhất quán trong thời gian nghiên cứu.

Bảng 13. Đánh giá các thông số tăng trưởng ở lợn con cai sữa được cho ăn thức ăn ban đầu và thử thách với vi khuẩn E. coli (Hong và cộng sự, 2021).

Đo lường	Đối chứng âm	Đối chứng dương	20% Khô dầu hạt cải
	Khô dầu đậu nành + thử thách	Khô dầu đậu nành + thử thách + kháng sinh	20% Khô dầu hạt cải + thử thách
Tăng trọng, g/ngày	293	434	357
Lượng thức ăn ăn vào, g/ngày	350	513	435
Tăng trọng/thức ăn	0,83	0,85	0,83

Hình 2. Mức tăng trọng trung bình hàng ngày hàng tuần được tìm thấy trong nghiên cứu thử thách

(NC= đối chứng âm, PC= đối chứng dương, CM= khô dầu hạt cải)



Tài liệu tham khảo

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

Berrocso, J.D., Rojas, O.J., Liu, Y., Shoulders, J., Gonzalez-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.

Bischoff, K., 2019. Glucosinolates and organosulfur compounds. In *Nutraceuticals in Veterinary Medicine* (pp. 113-119). Springer, Cham.

Do, S.H., Kim, B.O., Fang, L.H., You, D.H., su Hong, J. and Kim, Y.Y., 2017. Various levels of rapeseed meal in weaning pig diets from weaning to finishing periods. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 30(9), p.1292.

Dufour, V., Stahl, M. and Baysse, C., 2015. The antibacterial properties of isothiocyanates. *Microbiology*, 161(2), pp.229-243.

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.

Gonzalez-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.

Hansen, J.Ø., Øverland, M., Skrede, A., Anderson, D.M. and Collins, S.A., 2020. A meta-analysis of the effects of dietary canola/double low rapeseed meal on growth performance of weanling and growing-finishing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 259, p.114302.

Heo, J.M., Adewole, D. and Nyachoti, M., 2014. Determination of the net energy content of canola meal from Brassica napus yellow and Brassica 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.

Hong, J., Ariyibi, S., Antony, L., Scaria, J., Dilberger-Lawson, S., Francis, D. and Woyengo, T.A., 2021. Growth performance and gut health of Escherichia coli-challenged weaned pigs fed canola meal-containing diet. *Journal of Animal Science*, 99(8), p.skab196.

Hong, J., Ndou, S.P., Adams, S., Scaria, J. and Woyengo, T.A., 2020. Canola meal in nursery pig diets: growth performance and gut health. *Journal of Animal Science*, 98(11), p.skaa338.

Kerr, B.J. and Shurson, G.C., 2013. Strategies to improve fiber utilization in swine. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 4(1), pp.1-12.

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. *Animal Feed 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.

Kim, J.W., Koo, B. and Nyachoti, C.M., 2020. Pigs weighing less than 20 kg are unable to adjust feed intake in response to dietary net energy density regardless of diet composition. *Canadian Journal of Animal Science*, 101(1), pp.118-125.

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., Nurnberg, 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.

Landerio, 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.

Landerio, 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.

Landerio, 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.

Lannuzel, C., Smith, A., Mary, A.L., Della Pia, E.A., Kabel, M.A. and de Vries, S., 2022. Improving fiber utilization from rapeseed and sunflower seed meals to substitute soybean meal in pig and chicken diets: A review. *Animal Feed Science and Technology*, p.115213.

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. and Nyachoti, C.M., 2021. Heat processing increased the digestibility of phosphorus in soybean expeller, canola meal, and canola expeller fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, 99(10), p. skab276.

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.

Lee, J.W., Wang, S., Seefeldt, T., Donkor, A., Logue, B.A., Kim, H.S., Hong, J. and Woyengo, T.A., 2022. Porcine in vitro fermentation characteristics of canola co-products in neutral and acidic fermentation medium pH. *Animal Feed Science and Technology*, 284, p.115188.

Le Thanh, B.V., Beltranena, E., Zhou, X., Wang, L.F. and Zijlstra, R.T., 2019. Amino acid and energy digestibility of Brassica napus canola meal from different crushing plants fed to ileal-cannulated grower pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 252, pp.83-91.

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.

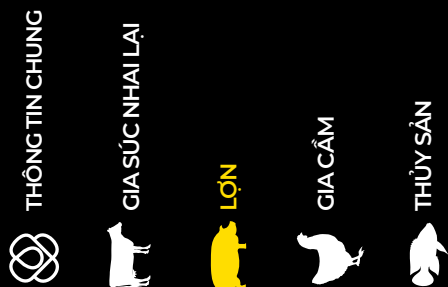
Liu, Y., Jaworski, N.W., Rojas, O.J. and Stein, H.H., 2016. Energy concentration and amino acid digestibility in high protein canola meal, conventional canola meal, and in soybean meal fed to growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 212, pp.52-62.

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 compromising 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 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-rape seed meal and 00-rape seed 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. *Animal Feed Science and Technology*, 58(1), pp.7-20.

Messad, F., Létourneau-Montminy, M.P., Charbonneau, E., Sauvant, D. and Guay, F., 2016. Meta-analysis of the amino acid digestibility of oilseed meal in growing pigs. *Animal*, 10(10), pp.1635-1644.

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.

Navarro, D.M.D.L., Bruininx, E.M.A.M., De Jong, L. and Stein, H.H., 2018. The contribution of digestible and metabolizable energy from high-fiber dietary ingredients is not affected by inclusion rate in mixed diets fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, 96(5), pp.1860-1868.

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.

Park, C.S., Ragland, D., Helmbrecht, A., Htoo, J.K. and Adeola, O., 2019. Digestibility of amino acid in full-fat canola seeds, canola meal, and canola expellers fed to broiler chickens and pigs. *Journal of Animal Science*, 97(2), pp.803-812.

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.

Sanchez-Zannatta, J., Le Thanh, B.V., Wang, L.F., Beltranena, E., Newkirk, R.W. and Zijlstra, R.T., 2022. Ileal nutrient and energy digestibility of steam-exploded canola meal in cannulated grower pigs and total tract nutrient digestibility and growth performance of diets containing steam-exploded canola meal in weaned pigs. *Animal Feed Science and Technology*, p.115518.

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.

Schone, 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.

Schone, F., Rudolph, B., Kirchheim, U. and Knapp, G., 1997b. 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., 2009. Nutritional characterization of canola co-products for swine. MS Thesis, University of Alberta.

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.

Seneviratne, R.W., Young, M.G., Beltranena, E., Goonewardene, L.A., Newkirk, R.W. and Zijlstra, R.T., 2010. The nutritional value of expeller-pressed canola meal for grower-finisher pigs. *Journal of Animal Science*, 88(6), pp.2073-2083.

Silva, J.D., Costa, K.A., Almeida, V.V., Coutinho, L.L., Silva, B.D. and Cesar, A.S.M., 2021. Fatty acid profile in brain and hepatic tissues from pigs supplemented with canola oil. *Rev. Bras. Agrotecnologia*, 11 (2), pp.414-420.

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.

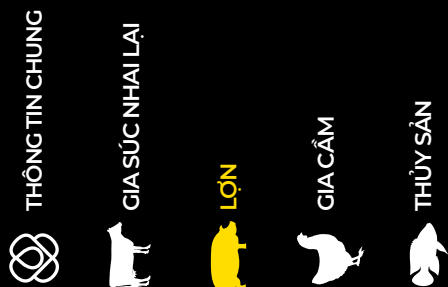
Stein, H.H., Seve, B., Fuller, M.F., Moughan, P.J. and De Lange, C.F.M., 2007. Invited review: Amino acid bioavailability and digestibility in pig feed ingredients: Terminology and application. *Journal of Animal Science*, 85(1), pp.172-180.

Trabue, S.L., Kerr, B.J., Scoggin, K.D., Andersen, D. and Van Weelden, M., 2021. Swine diets impact manure characteristics and gas emissions: Part II protein source. *Science of The Total Environment*, 763, p.144207.

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.

Velayudhan, D.E., Hossain, M.M., Stein, H.H. and Nyachoti, C.M., 2019. Standardized ileal digestibility of amino acids in canola meal fed to gestating and lactating sows. *Journal of Animal Science*, 97(10), pp.4219-4226.

Velayudhan, D.E., Schuh, K., Woyengo, T.A., Sands, J.S. and Nyachoti, C.M., 2017. Effect of expeller extracted canola meal on growth performance, organ weights, and blood parameters of growing pigs. *Journal of Animal Science*, 95(1), pp.302-307.

Veum, T.L. and Liu, J., 2018. The effect of microbial phytase supplementation of sorghum-canola meal diets with no added inorganic phosphorus on growth performance, apparent total-tract phosphorus, calcium, nitrogen and energy utilization, bone measurements, and serum variables of growing and finishing swine. *Livestock Science*, 214, pp.180-188.

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.

Wang, H., Long, W., Chadwick, D., Velthof, G.L., Oenema, O., Ma, W., Wang, J., Qin, W., Hou, Y. and

Zhang, F., 2020. Can dietary manipulations improve the productivity of pigs with lower environmental and economic cost? A global meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 289, p.106748.

Woyengo, T.A., Sanchez, J.E., Yanez, J., Beltranena, E., Cervantes, M., Morales, A. and Zijlstra, R.T., 2016. Nutrient digestibility of canola coproducts for grower pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 222, pp.7-16.

Woyengo, T.A. and Zijlstra, R.T., 2021. Net energy value of canola meal, field pea, and wheat millrun fed to growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 99(9), p.skab229.

Zhong, R. and Adeola, O., 2019. Energy values of solvent-extracted canola meal and expeller-derived canola meal for broiler chickens and growing pigs determined using the regression method. *Journal of Animal Science*, 97(8), pp.3415-3425.



CHƯƠNG 5.

KHÔ DẦU HẠT CẢI TRONG GIA CẦM



Tỷ lệ sử dụng thực tế của khô dầu hạt cải trong khẩu phần ăn cho gia cầm

Loại khẩu phần	Hàm lượng
Gà con giai đoạn khởi động	Lượng ăn vào có thể giảm khi bổ sung trên 20%
Gà thịt giai đoạn sinh trưởng	Năng suất cao được báo cáo ở mức bao gồm 30%
Gà thịt giai đoạn kết thúc	Năng suất cao được báo cáo ở mức bao gồm 40%
Gà đẻ	Không có dữ liệu vượt quá 24%
Gà đẻ giống	Năng suất cao tới 30%. Không có dữ liệu vượt quá 30%
Gà tây giai đoạn khởi động	Năng suất cao tới 24%. Không có dữ liệu vượt quá 24%
Gà tây giai đoạn sinh trưởng	Năng suất cao tới 24%. Không có dữ liệu vượt quá 24%
Gà tây giai đoạn kết thúc	Năng suất cao tới 24%. Không có dữ liệu vượt quá 24%
Vịt giai đoạn khởi động	Năng suất cao với 10%. Cần thêm dữ liệu
Vịt giai đoạn sinh trưởng	Năng suất cao tới 21%. Không có dữ liệu vượt quá 21%
Ngỗng giai đoạn khởi động	Không tìm thấy dữ liệu nào
Ngỗng giai đoạn sinh trưởng	Năng suất cao với 16%. Không có dữ liệu vượt quá 16%
Chim cút giai đoạn sinh trưởng	Năng suất cao được báo cáo ở mức 15%
Chim cút đẻ trứng	Năng suất cao với 18,5%. Không có dữ liệu vượt quá 18,5%
Đà điểu	Năng suất cao với 20,0%. Chỉ một lần thử nghiệm

Khô dầu hạt cải và lợi nhuận

Tỷ lệ sản xuất là cơ sở để so sánh thành phần trong hầu hết các thử nghiệm học thuật. Tuy nhiên, trong công nghiệp, chi phí/đơn vị lợi nhuận là sự tổng hợp của một số yếu tố, bao gồm chi phí nguyên liệu, sản xuất, sức khỏe và sự sống sót. Mặc dù việc cho gia cầm ăn khô dầu hạt cải có thể không phải lúc nào cũng mang lại tỷ lệ tăng trưởng tối đa, nhưng có thể giảm chi phí/đơn vị sản xuất khi khô dầu hạt cải được kết hợp trong khẩu phần ăn.

Tính bền vững

Trong một nghiên cứu phức tạp đánh giá cả gà thịt tăng trưởng nhanh và gà thịt tăng trưởng chậm, Berger và cộng sự (2021) cho thấy gà thịt dễ dàng thích nghi với khẩu phần có chứa nguồn protein thay thế cho khô dầu đậu nành và bao gồm cả khô dầu hạt cải trong đánh giá của họ. Họ xác định rằng việc thay thế có thể làm tăng nhẹ chi phí sản xuất (dưới 2%) do lượng thức ăn ăn vào lớn hơn nhưng có thể dẫn đến giảm đáng kể lượng phát thải khí nhà kính, thường liên quan đến hệ thống sản xuất được sử dụng để sản



xuất và thu mua khô dầu đậu nành. Mặc dù điều này có thể không nhất quán nhưng thông tin tốt hơn đang được tạo ra để cho phép dự đoán tính bền vững với độ chính xác cao hơn.

Tính ngon miệng và lượng thức ăn ăn vào

Các loài gia cầm đã được chứng minh là không thích các hợp chất đắng (Yoshida và cộng sự, 2022). Glucosinolates có xu hướng tạo ra vị đắng và các loại khô dầu hạt cải cũ chứa các hợp chất này với nồng độ cao hơn dẫn đến lượng ăn vào giảm (Khajali và Slominski 2012).

Nhìn chung, gia cầm duy trì mức ăn vào thích hợp nếu được cho ăn khẩu phần giàu khô dầu hạt cải được thiết kế phù hợp để cung cấp các axit amin sẵn có. Tuy nhiên, các nghiên cứu về chăn nuôi gia cầm cho thấy rằng trong giai đoạn đầu, nên hạn chế lượng khô dầu hạt cải ở mức 20% đối với gà thịt và gà tây, và 10% đối với các loài ít được nghiên cứu hơn như vịt, ngỗng và chim cút. Nồng độ từ 30% đến 40% trong khẩu phần được dung nạp dễ dàng ở các giai đoạn tăng trưởng sau này. Oryschak và Beltranena (2013) và Rogiewicz và cộng sự (2015) đã chứng minh rằng việc xây dựng khẩu phần thích hợp cho phép bổ sung khô dầu hạt cải ở mức 20% trong khẩu phần mà không có tác động tiêu cực đến lượng thức ăn ăn vào trong khẩu phần của gà đẻ. Lượng thức ăn ăn vào được duy trì ở gà thịt được cho ăn tới 20% khô dầu hạt cải từ ngày thứ 1 đến ngày thứ 35 của vòng đời (Naseem và cộng sự, 2006), và gà thịt giai đoạn sinh trưởng có thể được cho ăn khẩu phần có tới 30% khô dầu hạt cải (Newkirk và Classen, 2002; Ramesh và cộng sự, 2006).

Protein và axit amin cho gia cầm

Sử dụng khô dầu hạt cải ở mức độ cao trong khẩu phần ăn của gia cầm được thực hiện tốt nhất bằng cách cân bằng khẩu phần các axit amin sẵn có. Nghiên cứu chuyên sâu đã được tiến hành trong thời gian gần đây để xác định khả năng tiêu hóa hồi tràng tiêu chuẩn (SID) của các axit amin từ khô dầu hạt cải được chiết xuất bằng dung môi. Kết quả đối với gà thịt được trình bày trong Bảng 1 và kết quả SID đối với gà đẻ, gà tây và vịt được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 1. Tỷ lệ tiêu hóa hồi tràng tiêu chuẩn (SID) của các axit amin trong khô dầu hạt cải cho gà thịt¹

Axit amin	Trung bình, % ²	Độ lệch chuẩn
Cần thiết		
Arginine	87,23	2,33
Histidine	76,51	11,31
Isoleucine	82,66	3,71
Leucine	83,68	2,58
Lysine	79,32	3,06
Methionine	88,93	2,10
Phenylalanine	83,89	2,21
Threonine	76,48	3,68
Tryptophan	87,15	5,18
Valine	78,85	3,94
Không cần thiết		
Alanine	82,96	3,04
Aspartic acid	77,59	4,17
Cysteine	76,47	3,77
Glutamic acid	89,00	3,54
Glycine	78,80	4,08
Proline	77,45	3,31
Serine	80,51	4,73
Tyrosine	82,66	5,28

¹ Adewole và cộng sự, 2017; Agyekum và Woyengo, 2022; Ariyibi, 2019; Chen và cộng sự, 2015; Gallardo và cộng sự, 2017; Kim và cộng sự, 2012; Kong và Adeola, 2013; Osho và cộng sự, 2019; Park và cộng sự, 2019, Ross và cộng sự, 2019

²Trung bình của 41 giá trị

Huang và cộng sự (2006) nhận thấy rằng không có sự khác biệt về khả năng tiêu hóa hồi tràng của axit amin giữa gà thịt, gà mái đẻ và gà trống trưởng thành, điều này không xảy ra đối với tất cả các thành phần thức ăn (Adedokun và cộng sự, 2009; Huang và cộng sự, 2006) . Do đó, các giá trị được hiển thị có thể hữu ích trong việc ngoại suy giá trị SID cho các loài gia cầm khác.

Bảng 2. Tỷ lệ tiêu hóa hồi tràng tiêu chuẩn (SID) của các axit amin trong khô dầu hạt cải dành cho gà đẻ, gà tây và vịt¹

Axit amin	Gà đẻ ¹	Gà tây ²	Vịt ³
Cần thiết			
Arginine	88,23	88,57	85,30
Histidine	82,97	79,67	81,75
Isoleucine	77,70	76,29	78,40
Leucine	80,63	78,51	83,50
Lysine	80,60	79,86	75,50
Methionine	88,67	84,19	88,60
Phenylalanine	81,70	83,49	84,00
Threonine	73,50	75,13	74,60
Tryptophan	82,30	95,00	87,40
Valine	77,73	74,39	77,55
Không cần thiết			
Alanine	80,00	81,83	80,05
Aspartic acid	77,20	80,92	74,90
Cysteine	77,67	73,59	79,80
Glutamic acid	86,75	88,07	85,15
Glycine	76,70	82,01	75,55
Proline	75,70	75,68	83,10
Serine	75,60	80,04	82,05
Tyrosine	78,30	79,02	80,45

¹ Goudarzi và cộng sự, 2017; Oryschak và cộng sự., 2020. Giá trị trung bình của 4 giá trị

² Adedoken và cộng sự, 2008; Koslowski và cộng sự., 2011; Koslowski và cộng sự, 2018; Zhang và cộng sự, 2020. Giá trị trung bình của 28 giá trị

³ Kong và Adeola, 2013; Zhang và cộng sự, 2020. Giá trị trung bình của 30 giá trị

Các giá trị SID thu được từ khô dầu hạt cải ép được cung cấp trong Bảng 3. Các giá trị có sẵn từ các nghiên cứu chỉ sử dụng gà thịt. Do sự tương đồng về giá trị SID giữa gà thịt, gà đẻ, gà tây và vịt đối với khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi, rất có thể các

giá trị SID nêu trong Bảng 3 có thể được sử dụng cho tất cả các loài thương mại này cho đến khi có thêm thông tin.

Bảng 3. Tỷ lệ tiêu hóa hồi tràng tiêu chuẩn (SID) của các axit amin trong khô dầu hạt cải ép cho gà thịt¹

Axit amin	Trung bình, % ²	Độ lệch chuẩn
Cần thiết		
Arginine	85,49	4,69
Histidine	74,97	12,14
Isoleucine	80,13	7,85
Leucine	81,41	3,96
Lysine	80,79	4,46
Methionine	87,60	4,09
Phenylalanine	83,00	4,29
Threonine	77,43	4,30
Tryptophan	83,27	8,37
Valine	78,79	4,53
Không cần thiết		
Alanine	79,56	5,49
Aspartic acid	80,04	7,72
Cysteine	87,01	6,18
Glutamic acid	80,57	4,87
Glycine	76,84	3,97
Proline	79,97	3,73
Serine	77,93	6,94
Tyrosine	79,56	5,49

¹ Agyekum và Woyengo, 2022; Bryan và cộng sự, 2019; Park và cộng sự, 2019; Kong và Adeola, 2016; Toghyani và cộng sự, 2014; Woyengo và cộng sự, 2010

² Trung bình 19 mẫu

Giá trị Năng lượng của khô dầu cải cho gia cầm

Giá trị năng lượng của khô dầu hạt cải cho gia cầm thấp hơn so với khô dầu đậu nành, loại protein thực vật phổ biến nhất được sử dụng trong khẩu phần ăn của gia cầm. Trong một số khẩu phần nhất định, trong đó giá trị năng lượng của khẩu phần có tầm quan trọng lớn, chẳng hạn như đối với gà thịt, mức bổ sung khô dầu hạt cải có thể bị hạn chế. Khẩu phần gà đẻ và khẩu phần gà tây giàu protein, giai đoạn đầu dựa trên công thức ít tốn kém nhất đôi khi có thể hạn chế mức bổ sung khô dầu hạt cải nếu không có sẵn nguyên liệu có năng lượng cao.

Các giá trị AMEn thể hiện trong Bảng 4 đối với khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi phản ánh kết quả từ các thí nghiệm gần đây và có thể khác với các giá trị được công bố khi các giống cũ hơn, không còn tồn tại, đã được thử nghiệm. Một số thay đổi có thể liên quan đến mùa và/hoặc vị trí trồng cải dầu. Tuy nhiên, các nhà nghiên cứu Georgia (Veluri và Olukosi, 2020; Wu và cộng sự, 2020) tiết lộ rằng khẩu phần tham chiếu được sử dụng để xác định năng lượng, cũng như phương pháp tính toán (chênh lệch hoặc hồi quy) có thể ảnh hưởng đến các giá trị thu được và có thể giải thích cho một số biến thể được hiển thị. Hình thức vật lý và mức độ chế biến cũng ảnh hưởng đến giá trị năng lượng của khô dầu (Khalil và cộng sự, 2021).

Bảng 4. Giá trị năng lượng của khô dầu hạt cải cho gia cầm (AMEn, Kcal/kg)

Tài liệu tham khảo	Loài	Dạng cho ăn	Vật chất khô
Adewole và cộng sự, 2017	Gà thịt	1777	2019
Agyekum và Woyengo, 2022		1608	1909
Chen và cộng sự, 2015		1983	2254
Gallardo và cộng sự		1822	2071
Gorski và cộng sự, 2017		1851	2217
Jayaraman, 2016		2144	2437
Jia và cộng sự, 2012		1810	2057
Rad-Spice, 2018		1834	2084
Rahmani và cộng sự,		1789	2032
Wise và Adeola 2022		1763	2003
Woyengo và cộng sự, 2010	Gà đẻ	1584	1801
Zhang và Adeola, 2017		2011	2286
Zhong và Adeola, 2019		1689	1919
Jia và cộng sự, 2012		1936	2200
Oryschak và cộng sự, 2020		1928	2192
Kozlowski và cộng sự., 2018		1886	2143
Jia và cộng sự, 2012		1766	2007
Noll và cộng sự, 2017		2010	2284
Wickramasuriya, 2015		1885	2142
Mandal và cộng sự, 2005	Chim cút	1852	2105

Bảng 5 cung cấp các giá trị AMEn cho khô dầu hạt cải chiết xuất từ máy ép. Như bảng chỉ ra, hàm lượng lipid trong khẩu phần có thể thay đổi tùy theo nguồn và được cho là sẽ ảnh hưởng đến giá trị năng lượng của khẩu phần.

Bảng 5. Giá trị năng lượng của khô dầu hạt cải chiết xuất dành cho gia cầm (AMEn, Kcal/kg).

Tài liệu tham khảo	Loài	Dạng cho ăn	Vật chất khô	Lipid % vật chất khô
Agyekum và Woyengo, 2022	Gà thịt	1994	2265	15,3
Bryan và cộng sự, 2019		2623	2997	11,4
Bryan và cộng sự, 2019		2917	3314	15,9
Sessingnong và cộng sự, 2022		2043	2322	-
Toghyani và cộng sự, 2014		2258	2566	-
Woyengo và cộng sự, 2010		2370	2694	12
Zhong và Adeola, 2019		2584	2937	18,1
Oryschak và cộng sự, 2020		2556	2904	13,2

Sử dụng Enzyme để tăng năng lượng

Việc sử dụng enzyme trong khẩu phần ăn là phổ biến trong thức ăn gia cầm, đặc biệt là những loại có chứa lúa mạch và lúa mì. Những chất phụ gia này đã được chứng minh là cải thiện khả năng tiêu hóa carbohydrate. Khô dầu hạt cải chứa một phần đáng kể các thành phần thành tế bào mà gia cầm không tiêu hóa được. Nghiên cứu sâu rộng đã được tiến hành tại Đại học Manitoba để nghiên cứu thành phần thành tế bào và quá trình tiêu hóa polysacarit không tinh bột (NSP) với việc đưa vào các enzyme phân hủy NSP. Meng và Slominski (2005) đã kiểm tra tác động của

việc bổ sung phức hợp đa enzyme (xylanase, glucanase, pectinase, cellulase, mannanase và galactonase) vào khẩu phần ăn của gà thịt. Sự kết hợp enzyme làm tăng khả năng tiêu hóa NSP trong toàn bộ đường tiêu hóa của khô dầu hạt cải, nhưng không thấy sự cải thiện nào về các giá trị tiêu hóa chất dinh dưỡng khác hoặc năng suất của vật nuôi. Gia và cộng sự (2012) cho gà thịt ăn khẩu phần có chứa khô dầu hạt cải và enzyme phân giải đa carbohydrate để xác định ảnh hưởng của chúng đối với giá trị AMEn và nhận thấy AMEn tăng 6%. Gallardo và cộng sự (2017) đã tính toán giá trị năng lượng của khô dầu hạt cải tăng 8%. Sự cải thiện AMEn 6,6% khi sử dụng enzyme phân giải đa carbohydrate đã được Rad-Spice (2018) chứng kiến và báo cáo. Gần đây nhất, Niu và cộng sự (2022) xác định rằng việc bổ sung hỗn hợp enzyme phân giải đa carbohydrate làm tăng khả năng tiêu hóa NSP từ 0 lên 20%. Tăng trọng của gà thịt trong cùng một nghiên cứu đã được cải thiện 5%. Mặc dù dữ liệu không hoàn toàn có tính kết luận nhưng có thể xảy ra sự tăng cường vừa phải về tiêu hóa khô dầu hạt cải. Các enzym cũng có thể cải thiện khả năng tiêu hóa của các thành phần dinh dưỡng khác.

Chất béo

Hàm lượng chất béo trong khô dầu hạt cải cao hơn nhiều nguồn protein thực vật khác, góp phần đáng kể vào giá trị năng lượng của bữa ăn (Newkirk, 2011). Một nghiên cứu của Barekatin và cộng sự (2015) tiết lộ rằng khả năng tiêu hóa dầu trong hạt cải cũng dễ tiêu hóa như dầu hạt cải được thêm vào đối với gà thịt.

Khoáng chất và vitamin

Thành phần khoáng chất và vitamin đầy đủ từ khô dầu hạt cải được cung cấp trong Chương 2. Những giá

trị này có thể được sử dụng làm hướng dẫn trong công thức thức ăn.

Phốt pho

Đặc biệt, khô dầu hạt cải là nguồn giàu phốt pho, là chất dinh dưỡng quan trọng cho tất cả các loại gia cầm. Trước đây, người ta cho rằng chỉ có phần phốt pho không phytate trong khô dầu hạt cải là hữu dụng, chiếm khoảng 35% tổng lượng phốt pho của khô dầu hạt cải. Sử dụng kỹ thuật tiêu hóa hồi tràng, Mutucumarana và cộng sự (2015) tính toán rằng 47% phốt pho trong khô dầu hạt cải được gà thịt tiêu hóa và một phần phốt pho phytate cũng được tiêu hóa. Trong một thí nghiệm gần đây hơn, Munoz và cộng sự (2018) sử dụng kỹ thuật xét nghiệm sinh học gà trống được cho ăn chính xác cho thấy khả năng lưu giữ phốt pho là 44% tổng lượng khi lượng ăn vào đạt đến yêu cầu, nhưng giảm khi vượt quá yêu cầu. Các tác giả đề xuất giá trị 38% dựa trên nghiên cứu của họ.

Phytase đã được chứng minh là có hiệu quả trong việc cải thiện khả năng sinh học phốt pho trong các loại khô dầu hạt cải (Czerwiński và cộng sự, 2012) và gần đây hơn là trong khô dầu hạt cải cho gà thịt. Trong một nghiên cứu của Úc (Moss và cộng sự, 2018), hàm lượng phốt pho sẵn có đã tăng từ 32% lên 52% khi bổ sung phytase và 69% khi bổ sung cả phytase và xylanase. Phytase cũng cải thiện sự sẵn có của canxi. David và cộng sự (2021) đã cải thiện 40% khả năng tiêu hóa phốt pho ở gà thịt.

Cân bằng Cation-anion

Xây dựng khẩu phần ăn cho gia cầm dựa trên sự cân bằng i-ion âm và dương vô cùng phổ biến. Khẩu phần ăn thường được xây dựng theo hướng cân bằng i-ion âm và dương. Khô dầu hạt cải có cân bằng i-ion âm và dương âm và chứa nhiều lưu huỳnh, có thể cản trở sự

hấp thụ canxi. Việc bổ sung thêm canxi vào khẩu phần sẽ giúp ích ở một mức độ nhất định, nhưng nên cẩn thận, vì quá nhiều canxi trong khẩu phần có thể làm giảm lượng thức ăn ăn vào. Bổ sung kali bicarbonate vào khẩu phần ăn là giải pháp thay thế tốt hơn.

Cho gia cầm ăn khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi

Không giống như khô dầu hạt cải đắng, khô dầu hạt cải không cần phải hạn chế dựa trên sự đóng góp glucosinolate vào khẩu phần ăn. Hàm lượng glucosinolates rất thấp có trong khô dầu hạt cải của Canada đã loại bỏ mối lo ngại về chất phản dinh dưỡng này trong các tình huống cho ăn thực tế.

Khô dầu hạt cải chứa ít kali và nhiều lưu huỳnh hơn khô dầu đậu nành (Khajali và Slominski, 2012). Lượng thức ăn ăn vào ở gà thịt có mối tương quan với sự cân bằng i-ion âm và dương của khẩu phần dựa trên một số nghiên cứu tiên phong về việc cho gia cầm ăn khô dầu hạt cải (Summers và Bedford, 1994). Điều này có thể được khắc phục bằng cách cung cấp khẩu phần có hàm lượng kali cacbonat hoặc natri clorua cao hơn. Những cải tiến trong việc hiểu biết các yêu cầu của gà thịt đã dẫn đến sự phát triển của các quy trình xây dựng công thức thông thường cho phép đưa lượng lớn khô dầu hạt cải vào khẩu phần ăn ngày nay cho gà thịt. Như đã lưu ý, hiện nay thực tế phổ biến là xây dựng khẩu phần ăn dựa trên sự cân bằng i-ion âm và dương.

Ngoài ra, việc xây dựng khẩu phần ăn dựa trên SID đã mang lại kết quả tăng trọng gần giống với khẩu phần có các thành phần protein khác, đặc biệt là trong giai đoạn tăng trưởng. Nghiên cứu gần đây cho thấy có thể sử dụng tới 30% khô dầu hạt cải trong khẩu phần ăn của gà thịt. Gorski và cộng sự (2017) đã cung cấp khẩu phần khởi động (1-21 ngày tuổi) cho gà thịt có

chứa 0, 10, 20, 30 và 40% khô dầu hạt cải. Tăng trọng đã giảm với tỷ lệ bổ sung 30 và 40%, do lượng thức ăn ăn vào ở các khẩu phần này thấp hơn. Khẩu phần cho gà sinh trưởng từ 21 đến 37 ngày tuổi có 0, 10, 20 hoặc 30% khô dầu hạt cải. Không có sự khác biệt về tăng trọng trung bình hàng ngày hoặc lượng ăn vào giữa các khẩu phần ăn trong giai đoạn tăng trưởng. Gopinger và cộng sự (2014) đã xây dựng khẩu phần ăn với 0, 10, 20, 30 và 40% khô dầu hạt cải, cung cấp cho gà từ 7 đến 35 ngày tuổi. Khả năng tăng trưởng cao hơn ở khẩu phần có 10, 20 và 30% khô dầu hạt cải so với khẩu phần đối chứng khô dầu đậu nành nhưng giảm ở khẩu phần có 40% khô dầu hạt cải đến mức tương tự như với khô dầu đậu nành. Ariyibi (2019) đã cho gà thịt ăn khẩu phần có 6 mức khô dầu hạt cải tăng dần từ 0 đến 15% từ 1 đến 7 ngày tuổi, 0 đến 18% từ 7 đến 14%, 0 đến 25% từ 14 đến 21 ngày tuổi, và 0 đến 35% từ 21 đến 28 ngày tuổi. Việc tăng mức độ khô dầu hạt cải không ảnh hưởng đến năng suất tăng trưởng. Nhìn vào ba nghiên cứu này, mức bổ sung khô dầu hạt cải có thể lên tới 20% trong 0-7 ngày, 30% từ 7-14 ngày và lên tới 40% ở độ tuổi lớn hơn. Rad-Spice và cộng sự (2018) kết luận rằng khô dầu hạt cải có thể được sử dụng hiệu quả và có thể thay thế khô dầu đậu nành trong khẩu phần ăn cho gà thịt.

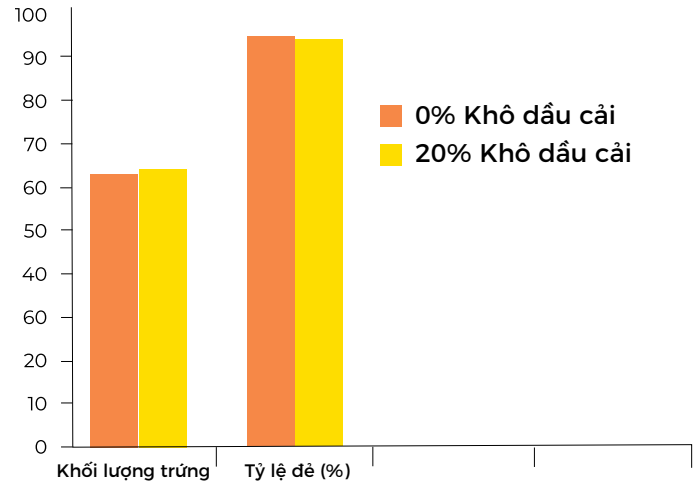
Gà đẻ

Khô dầu hạt cải là nguyên liệu thức ăn được cho ăn phổ biến và có hiệu quả kinh tế trong khẩu phần ăn cho gà đẻ trứng thương mại. Giống như việc xây dựng khẩu phần ăn cho gà thịt, axit amin SID phải được xem xét. Nghiên cứu ban đầu, trong đó khẩu phần được xây dựng trên cơ sở protein thô, cho thấy khối lượng trứng giảm khi khô dầu hạt cải được thay thế cho khô dầu đậu nành. Việc xây dựng khẩu phần dựa trên cơ sở protein thô dẫn đến hàm lượng lysine trong khẩu phần khô dầu hạt cải không đủ (Kaminska, 2003). Nghiên cứu được công bố trước đây của Novak

và cộng sự (2004) ủng hộ giả thuyết rằng lượng lysine không đủ có thể ảnh hưởng đến khối lượng trứng. Các nhà nghiên cứu này đã tăng lượng lysine tiêu thụ từ 860 mg/ngày lên 959 mg/ngày và quan sát thấy khối lượng trứng tăng từ 59,0 g lên 60,2 gam. Một quan niệm lỗi thời khác cho rằng việc cho các gà đẻ trứng nâu ăn nhiều khô dầu hạt cải có thể khiến trứng có mùi tanh. Điều này có liên quan đến lỗi di truyền ở gà mái và đã được giải quyết.

Oryschak và Beltranena (2013) đã chứng minh rằng khi được xây dựng hợp lý, khẩu phần có thể bao gồm khô dầu hạt cải chiếm 20% khẩu phần mà không có tác động tiêu cực đến sản lượng trứng, sức khỏe gà mái, chất lượng trứng hoặc hàm lượng axit béo trong trứng. Như Hình 1 cho thấy, khối lượng trứng và tỷ lệ đẻ được duy trì trong suốt thời gian nghiên cứu kéo dài 36 tuần. Cũng không có sự khác biệt về xuất huyết gan ở gà mái và không có mùi tanh trong trứng. Rogiewicz và cộng sự (2015) cũng chứng minh năng suất xuất sắc tương tự của gà mái được cho ăn 15-20% khô dầu hạt cải. Gorski (2015) đã cung cấp cho gà mái từ 33 đến 49 tuần tuổi khẩu phần chứa 0 (đối chứng khô dầu đậu nành) 8, 16 hoặc 24% khô dầu hạt cải. Họ không tìm thấy sự khác biệt giữa các nghiệm thức về lượng thức ăn ăn vào, sản lượng trứng, khối lượng trứng hoặc sự thay đổi khối lượng của gà mái trong suốt quá trình nghiên cứu kéo dài 16 tuần.

Ảnh hưởng của khô dầu cải đến gà đẻ (kết quả theo dõi 36 tuần đẻ)



Trong một thí nghiệm do Đại học Dalhousie thực hiện (Savary và cộng sự, 2017), gà mái đẻ trứng nâu được cho ăn khẩu phần có chứa khô dầu đậu nành làm nguồn protein chính, hoặc 10 hoặc 20% khô dầu hạt cải. Thí nghiệm được phân tích qua 4 giai đoạn cho ăn: 30 đến 41, 42 đến 49, 50 đến 61 và 62 đến 78 tuần tuổi. Không có sự khác biệt thống kê về sản lượng trứng, hiệu quả sử dụng thức ăn hoặc tỷ lệ chết ở bất kỳ giai đoạn cho ăn nào. Các nhà nghiên cứu lưu ý rằng không có sự khác biệt về chất lượng trứng hoặc khối lượng gà mái. Một thử nghiệm tiếp theo được thiết kế tương tự đã xác nhận những kết quả này (Savary và cộng sự, 2019).

Gần đây nhất, một thử nghiệm toàn diện được thực hiện bởi Oryschak và cộng sự (2020) đã chứng minh rõ ràng rằng việc đưa khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi vào khẩu phần ăn của gà mái đẻ trứng nâu ở mức 20* đã hỗ trợ năng suất đẻ và chất lượng trứng xuất sắc trong chu kỳ đẻ 36 tuần. Dựa trên những phát hiện gần đây, khô dầu hạt cải có thể được cho ăn hiệu quả ở mức độ cao trong khẩu phần gà mái đẻ mà



không ảnh hưởng tiêu cực đến sản lượng trứng, khối lượng trứng, chất lượng trứng hoặc hàm lượng axit béo miễn là khẩu phần được xây dựng dựa trên hàm lượng axit amin dễ tiêu hóa.

Gà thịt giống

Có rất ít nghiên cứu mới về việc sử dụng khô dầu hạt cải ở những gà thịt giống, có thể là do phần lớn kết quả từ gà đẻ có thể áp dụng được cho những con gà này. Hàm lượng protein và chất xơ cao trong khô dầu hạt cải làm cho nó trở thành thức ăn lý tưởng để kiểm soát tăng trọng ở gà thịt giống. Nghiên cứu trước đây cho thấy khô dầu hạt cải không có tác động tiêu cực đến khả năng đẻ trứng hoặc khả năng ấp nở của gà giống Leghorn (Kiiskinen, 1989; Nasser và cộng sự, 1985). Một nghiên cứu gần đây hơn của Ahmadi và cộng sự (2007) đã đánh giá tác động của việc bổ sung 0%, 10%, 20% hoặc 30% khô dầu hạt cải vào khẩu phần của gà thịt giống. Không rõ hàm lượng glucosinolate trong khẩu phần ăn là gì; tuy nhiên, họ kết luận rằng khô dầu hạt cải có thể được sử dụng hiệu quả trong khẩu phần chăn nuôi gà thịt mà không ảnh hưởng đến sản lượng, khối lượng trứng hoặc chất lượng gà con. Việc sử dụng khô dầu hạt cải cho gà thịt giống có thể hợp lý do có nhiều thông tin sẵn có cho gà đẻ và các loại gia cầm khác.

Gà tây

Khô dầu hạt cải là nguồn protein tuyệt vời để nuôi gà tây. Gà tây ở giai đoạn sinh trưởng và kết thúc được cho ăn khẩu phần với hàm lượng khô dầu hạt cải cao trong thực tế. Từ lâu, người ta đã biết rằng chìa khóa để sử dụng thành công khô dầu hạt cải cho gà tây là đảm bảo khẩu phần ăn được cân bằng axit amin. Ngay từ đầu, Waibel (1992) đã chứng minh rằng khi bổ sung khô dầu hạt cải ở mức 20% trong khẩu phần mà không duy trì được mức năng lượng và axit amin thiết

yếu ở mức cân bằng thì khả năng tăng trưởng và hiệu suất chuyển hóa thức ăn sẽ giảm. Tuy nhiên, khi bổ sung thêm chất béo và nồng độ axit amin được giữ không đổi, hiệu suất bằng hoặc vượt trội so với khẩu phần đối chứng. Cũng như các loài khác, điều quan trọng là khẩu phần được xây dựng trên cơ sở axit amin dễ tiêu hóa.

Gần đây hơn, Kozlowski và cộng sự (2018) đã xác minh rằng không có sự khác biệt về khả năng tăng trưởng khi cho ăn khẩu phần khởi động và khẩu phần sinh trưởng với 20% khô dầu hạt cải so với khô dầu đậu nành. Tăng trọng được nhận thấy là cao hơn một chút trong giai đoạn khởi động của khẩu phần khô dầu hạt cải (1,43 đối với khô dầu hạt cải so với 1,36 đối với khô dầu đậu nành) nhưng con số này có thể giảm xuống còn 1,37 khi bổ sung các enzyme phân giải đa carbohydrate. Không có sự khác biệt về tăng trọng trung bình hàng ngày, lượng thức ăn ăn vào hoặc hiệu suất sử dụng thức ăn giữa các nghiệm thức trong thời gian nghiên cứu kéo dài 8 tuần. Tương tự, Noll và cộng sự (2017) đã cung cấp cho gà tây giai đoạn khởi động khẩu phần ăn chứa 0 (đối chứng khô dầu đậu nành), 8, 16 hoặc 24% khô dầu hạt cải. Các nhà nghiên cứu không tìm thấy sự khác biệt trong bất kỳ thông số tăng trưởng nào được đo. Một nghiên cứu ngắn hơn tiếp theo, được thực hiện trong 3 tuần đầu rất nhạy cảm đã lưu ý rằng có thể cung cấp tới 24% khô dầu hạt cải cho gà tây giai đoạn khởi động (Noll và cộng sự, 2017).

Về mặt thương mại, khô dầu hạt cải thường được đưa vào khẩu phần ăn của gà tây ở mức vượt quá mức 20%. Trong trường hợp này, điều quan trọng là phải đảm bảo cân bằng điện giải trong khẩu phần ăn cuối cùng ở mức thích hợp. Cân bằng điện giải trong khẩu phần ăn của khô dầu hạt cải (Na + K-Cl) là khoảng 307mEq/kg. Tuy nhiên, khô dầu hạt cải chứa một lượng lưu huỳnh đáng kể và điều này cũng cần được

xem xét. (Khajali và Slominski, 2012) đề xuất phương trình $(Na + K) - (Cl + S)$, dẫn đến cân bằng điện giải khoảng 100 mEq/kg.

Vịt và ngỗng

Vịt và ngỗng là nguồn thịt gia cầm lớn thứ ba, sau gà và gà tây. Những con gia cầm này cũng được đánh giá cao vì trứng và lông của chúng. Khô dầu hạt cải thường được cho vịt và ngỗng ăn và không có vấn đề gì khi sử dụng khô dầu hạt cải.

Wickramasuriya và cộng sự (2015) đã xác định rằng axit amin giới hạn đầu tiên đối với vịt là methionine và phát hiện ra rằng khô dầu hạt cải đại diện cho lượng axit amin cân bằng tốt cho những loài gia cầm này. Tỷ lệ tiêu hóa axit amin của khô dầu hạt cải ở vịt được thể hiện trong Bảng 2. Khô dầu hạt cải và khô dầu đậu nành có tỷ lệ tiêu hóa axit amin tương tự ở vịt (Kluth và Rodehutsord, 2006). Ngoài ra, lượng phốt pho khả dụng cao hơn so với khô dầu đậu nành là một đặc tính đáng mong đợi.

Bernadet và cộng sự (2009) đã nghiên cứu tác động của khô dầu hạt cải đối với sự phát triển của vịt lai và lưu ý rằng mức độ đưa vào sẽ bị hạn chế do nồng độ glucosinolates không được đo lường trong nghiên cứu của họ. Tuy nhiên, họ đã xác định rằng nồng độ 7% khô dầu hạt cải trong giai đoạn khởi động và 21% trong giai đoạn sinh trưởng kết thúc cho phép tăng trưởng vượt trội. Điều này cho thấy rằng ít nhất lượng khô dầu hạt cải này có thể được đưa vào khẩu phần ăn cho vịt.

Zhu và cộng sự (2019) đã cung cấp cho vịt giai đoạn khởi động khẩu phần khô dầu hạt cải “canola chất lượng” ở mức 0, 5, 10, 15 hoặc 20% khẩu phần. Khô dầu chứa 25 $\mu\text{mol/g}$ khẩu phần, gấp khoảng 5 lần so với khô dầu hạt cải. Không có sự khác biệt về khả năng tăng trưởng trong thời gian cho ăn (7 đến 21 ngày).

Thức ăn/tăng trọng được cải thiện tuyến tính khi bổ sung khô dầu hạt cải, cho thấy rằng thức ăn ban đầu có thể chứa nhiều hơn 7% do Bernadet và cộng sự (2009) đề xuất.

Có ít chương trình nghiên cứu dành cho ngỗng hơn so với các loài gia cầm khác. Điều thú vị là ngỗng có khả năng tiêu hóa tốt hơn các loại gia cầm khác và có thể tiêu hóa khô dầu hạt cải một cách hiệu quả (Jamroz và cộng sự, 1992). Một nghiên cứu so sánh mức độ thay thế của khô dầu hạt cải với khô dầu đậu nành đã được tìm thấy (Fu và cộng sự, 2021). Khẩu phần có chứa 0, 4, 8, 12 và 16% khô dầu hạt cải được cung cấp cho ngỗng đang nuôi từ 35 đến 70 ngày tuổi. Không có sự khác biệt giữa các khẩu phần về tăng trưởng, lượng thức ăn ăn vào hoặc hiệu suất sử dụng thức ăn. Tỷ lệ thân thịt và năng suất thân thịt cũng không bị ảnh hưởng bởi khẩu phần. Những kết quả này gợi ý rằng có thể sử dụng 16% khô dầu hạt cải trong giai đoạn sinh trưởng-kết thúc cho ngỗng.

Chim cút

Chim cút được nuôi để lấy trứng cũng như thịt. Saki và cộng sự (2017b) đánh giá khô dầu hạt cải cho chim cút mái ở mức 10, 20 hoặc 30% khẩu phần từ 46 đến 56 tuần tuổi. Sản lượng giảm ở mức bổ sung 20 và 30%, nhưng không có sự khác biệt về năng suất ở mức bổ sung 10%. Các tác giả lưu ý rằng điều này sẽ cho phép thay thế 1/3 khô dầu đậu nành bằng khô dầu hạt cải. Trong một nghiên cứu trước đó (Sarıççek và cộng sự, 2005), các nhà nghiên cứu đã thay thế 0, 25 hoặc 50% khô dầu đậu nành trong khẩu phần ăn của chim cút mái (khô dầu hạt cải chiếm tỷ lệ 0, 9,25 hoặc 18,5% trong khẩu phần). Trong nghiên cứu kéo dài 126 ngày này, không có sự khác biệt nào về sự thay đổi khối lượng cơ thể chim mái, hiệu suất sử dụng thức ăn, % đẻ hoặc khối lượng trứng.

Một nghiên cứu về tăng trưởng được mô tả bởi Minisi và Mlambo (2018). Trong nghiên cứu, chim cút 6 tuần tuổi được cho ăn khẩu phần giàu nitơ chứa 0, 2,5, 5,0, 12,5 và 17,5% khô dầu hạt cải, thay thế khô dầu đậu nành trên cơ sở protein. Không có sự khác biệt về tăng trọng nhưng lượng thức ăn ăn vào thấp nhất ở khẩu phần chứa 17,5% khô dầu hạt cải. Saricicek và cộng sự (2005) cũng so sánh khô dầu hạt cải với khô dầu đậu nành trong một nghiên cứu về sinh trưởng của chim cút (Bảng 6). Một lần nữa, 0, 25 hoặc 50% protein từ khô dầu đậu nành được thay thế bằng protein từ khô dầu hạt cải, dẫn đến khẩu phần có tổng lượng khô dầu hạt cải là 0, 12,15 và 24,3%. Ngoài ra, enzyme đa carbohydrate và phytase đã được thử nghiệm về khả năng cải thiện khả năng tiêu hóa. Khả năng tăng trưởng ở khẩu phần khô dầu hạt cải 50% thấp hơn so với đối chứng khi không bổ sung enzyme vào khẩu phần. Tỷ lệ thân thịt và đặc điểm thân thịt không khác nhau do khẩu phần ăn. Kết hợp hai thử nghiệm này cho thấy rằng 15% khô dầu hạt cải có thể được cung cấp một cách an toàn cho chim cút trong giai đoạn sinh trưởng.

Bảng 6. Sự tăng trưởng của chim cút trong một nghiên cứu trong đó khô dầu hạt cải được thay thế một phần khô dầu đậu nành ¹

	Khẩu phần		
	Khô dầu đậu nành	Khô dầu hạt cải thấp	Khô dầu hạt cải cao
Thay thế protein đậu nành, %	0	25	50
Khô dầu hạt cải trong khẩu phần ăn, %	0	12,15	24,3
	Không có enzyme		
Tăng trọng, g	150	140	132
Lượng thức ăn ăn vào, g	761	751	740
Thức ăn/tăng trọng	5,06	5,22	5,59
	Thêm enzyme phân giải đa carbohydrate		
Tăng trọng, g	143	142	147
Lượng thức ăn ăn vào, g	738	753	755
Thức ăn/tăng trọng	5,16	5,13	5,16

¹ Sancicek và cộng sự, 2015

Đà điều

Một nghiên cứu mới cho thấy đà điều có thể được tăng khối lượng để bán ra thị trường bằng cách sử dụng khô dầu hạt cải (Brand và cộng sự, 2020). Đà điều từ 75 đến 337 ngày tuổi được cho ăn khẩu phần với tỷ lệ khô dầu hạt cải khác nhau, trong đó khô dầu hạt cải thay thế khô dầu đậu nành và hạt lúa mì trên cơ sở axit amin (Bảng 7).

Bảng 7. Sự tăng trưởng của đà điểu trong một nghiên cứu trong đó khô dầu hạt cải được cung cấp ở các mức độ khác nhau¹

	Chương trình cho ăn				
	1	2	3	4	5
Khẩu phần khởi động (76-146 ngày)					
Cải dầu, %	0	7,8	15,6	23,4	31,3
Khô dầu đậu nành, %	17,9	13,4	9,0	4,5	0
Khẩu phần sinh trưởng (147-230 ngày)					
Cải dầu, %	0	5,0	10,0	15,0	20,0
Khô dầu đậu nành, %	13,5	10,0	6,7	3,7	0
Khẩu phần kết thúc (231- 377 ngày)					
Cải dầu, %	0	5,0	10,0	15,0	20,0
Khô dầu đậu nành, %	10,4	7,9	5,2	2,6	0

¹ Brand và cộng sự, 2020

Không có sự khác biệt về lượng tiêu thụ giữa các khẩu phần và không có sự khác biệt về mức tăng trọng trung bình hàng ngày từ khi bắt đầu cho đến khi kết thúc thử nghiệm. Mức tăng trung bình hàng ngày trong giai đoạn khởi động tăng lên với mức bổ sung khô dầu hạt cải là 15,6 và 23,4%, nhưng lợi thế không được duy trì trong suốt thời gian thử nghiệm. Không có sự khác biệt nào về khối lượng thân thịt hoặc tỷ lệ phần trăm thịt có thể liên quan đến thử nghiệm.

Cho gia cầm ăn khô dầu hạt cải ép

Phần lớn cải dầu được sử dụng cho gia cầm được chiết xuất bằng dung môi, nhưng việc sử dụng khô dầu hạt cải ép ngày càng được quan tâm do hàm lượng năng lượng cao hơn. Một yếu tố cản trở việc sử dụng là hàm lượng dầu, có thể thay đổi tùy theo nguồn thức ăn (Woyengo và cộng sự, 2010), điều quan

trọng là phải biết hàm lượng dầu để xây dựng công thức thức ăn.

Gà thịt

Một số nghiên cứu ủng hộ việc sử dụng khô dầu cải ép cho gà thịt. Một loại cải dầu ép màu vàng đã được đánh giá trong một nghiên cứu của Dalhousie (Bryan và cộng sự, 2019a) có và không có enzyme tiêu hóa chất xơ. Khô dầu hạt cải được thay thế cho khô dầu đậu nành và ngô với hàm lượng là 30%. Ngoài ra, khô dầu cải ép có hai mức chất béo (10 và 14%) đã được đánh giá. Giá trị năng lượng của khô dầu tăng lên khi có lượng dầu tồn dư và tăng hơn nữa khi bổ sung enzyme carbohydrase.

Inglis và cộng sự (2021) đã cung cấp cho gà thịt khẩu phần chứa 20% khô dầu cải ép trong khẩu phần giai đoạn khởi động, giai đoạn sinh trưởng và giai đoạn kết thúc. Khô dầu hạt cải ép và dầu hạt cải được đưa vào khẩu phần thay khô dầu đậu nành và ngô để cung cấp cho gia cầm khẩu phần đẳng năng lượng và đẳng nitơ. Các nhà nghiên cứu không tìm thấy sự khác biệt về tăng trọng trung bình hàng ngày hoặc chuyển đổi thức ăn trong suốt thời gian thử nghiệm cho ăn 35 ngày.

Gà đẻ

Một thử nghiệm cho ăn được tiến hành bởi Oryschak và cộng sự (2020) để đánh giá tác dụng của khô dầu hạt cải ép so với khô dầu cải và khô dầu đậu nành chiết xuất bằng dung môi. Hai loại khẩu phần cũng được đưa vào đánh giá kéo dài 36 tuần với mức độ bao gồm 20%. Không có sự khác biệt về tỷ lệ đẻ và trọng lượng cơ thể gà đẻ ở bất kỳ khẩu phần nào. Tỷ lệ trứng/thức ăn giảm nhẹ khi dùng khô dầu ép. Khẩu phần ăn có khô dầu hạt cải làm tăng tỷ lệ axit béo

không bão hòa đơn trong trứng. Những kết quả này tương tự với kết quả của Savary và cộng sự (2017; 2019).

Gà mái đẻ nuôi thịt

Gà mái đẻ nuôi thịt có thể đóng một vai trò quan trọng trong an toàn thực phẩm và thường được sử dụng trong các món súp thương mại và các món ăn đặc sản yêu cầu thịt gà dai hơn. Một nghiên cứu thăm dò được thực hiện bởi Semwogerere và cộng sự (2019) để so sánh các đặc tính dinh dưỡng của thịt thu được từ gà mái đẻ nuôi thịt từ một đàn nhận khẩu phần khô dầu đậu nành (40 tuần đẻ) và từ một đàn được cho ăn khẩu phần có 20% khô dầu hạt cải (48 tuần đẻ). Không có sự khác biệt về chỉ tiêu cảm quan. Những gà mái ăn khẩu phần khô dầu hạt cải có ít chất béo bão hòa hơn (34,0% so với 38,7% tổng lượng axit béo ở gà ăn khẩu phần khô dầu đậu nành) và lượng axit béo omega-3 cao hơn (5,1% ở gà ăn cải dầu so với 3,4% ở nhóm đối chứng).

Cho gia cầm ăn hạt cải và dầu hạt cải

Hạt cải dầu rất giàu dầu và có thể được sử dụng làm nguồn năng lượng. Toghyani và cộng sự (2017) đã phân tích sáu mẫu hạt giống, đại diện cho phạm vi thành phần. AMEn dành cho gà thịt đang phát triển dao động từ 4.501 đến 4.791 và trung bình là 4.554 kcal/kg (tính trên vật chất khô). Sự biến đổi phần lớn có thể được giải thích bởi sự biến đổi về hàm lượng dầu, dao động từ 40,8 đến 47,9% hạt. Giá trị năng lượng được xác định gần đây của hạt tương tự như giá trị được xác định trước đó (Barekatain và cộng sự, 2015) là 4.691 kcal/kg vật chất khô.

Dầu hạt cải được cho ăn thường xuyên như một nguồn năng lượng cho gà thịt. Ngoài giá trị năng lượng, nó còn là nguồn cung cấp axit béo không bão

hòa tuyệt vời. Kanakri và cộng sự (2018) cho gà thịt ăn khẩu phần có chứa khoảng 3% chất béo bổ sung từ mỡ bò, dầu hạt lanh, dầu ngô, dầu hạt cải, dầu mầm ca hoặc dầu dừa. Mặc dù không có sự khác biệt về năng suất tăng trưởng giữa các loại chất béo khác nhau được cung cấp, nhưng thành phần axit béo trong mô của gia cầm phản ánh các nguồn chất béo khác nhau được cung cấp. Mô cơ của những con được cho ăn dầu hạt cải có hàm lượng axit béo bão hòa thấp nhất và chỉ đứng sau những con được cho ăn dầu lanh về hàm lượng axit béo omega-3 trong cơ.

Tỷ lệ axit linoleic (omega-6) và axit linolenic (omega-3) là khoảng 2:1, so với 7:1 đối với dầu đậu nành và 50:1 đối với dầu ngô. Điều này rất quan trọng vì một enzyme desaturase phổ biến được sử dụng để kéo dài cả hai axit béo. Gia cầm có thể kéo dài axit linolenic thành axit docosahexaenoic (DHA). Axit linoleic dư thừa sẽ hạn chế quá trình chuyển đổi (Cachaldora và cộng sự, 2008).

Với khả năng tổng hợp DHA từ axit linolenic của gà mái, trứng thường cung cấp một nguồn cung cấp axit béo omega-3 chuỗi dài quan trọng và kinh tế trong khẩu phần ăn. Hàm lượng axit béo trong khẩu phần cơ bản là chìa khóa thành công trong việc tạo ra trứng giàu DHA khi khẩu phần được bổ sung axit linolenic từ các nguồn như dầu lanh hoặc dầu chia. Khẩu phần dựa trên cải dầu đã được chứng minh là vượt trội hơn so với khẩu phần có các thành phần chính góp phần cạnh tranh axit linoleic (Gonzalez-Esquerra và Leeson, 2001; Goldberg và cộng sự, 2016). Ngoài ra, Rowghani và cộng sự (2007) cho thấy rằng việc bổ sung từ 3 đến 5% dầu hạt cải vào khẩu phần bột ngô-đậu nành dẫn đến nồng độ DHA trong trứng cao hơn 8 lần so với khẩu phần không bổ sung dầu.

Khô dầu hạt cải và sức khỏe đường ruột

Khi việc sử dụng các chất kích thích tăng trưởng hóa học tiếp tục giảm bớt trong ngành chăn nuôi gia cầm, ngày càng có nhiều thông tin liên quan đến vai trò của các thành phần và chất dinh dưỡng cụ thể đối với việc duy trì sức khỏe được đưa ra ánh sáng. Khô dầu hạt cải đã được nhấn mạnh trong một số thử nghiệm cho ăn như một thành phần có thể góp phần tăng cường sức khỏe đường ruột và tiêu hóa.

Chất xơ trong khô dầu hạt cải được tiêu hóa một phần trong manh tràng của gia cầm, dẫn đến sản sinh ra các axit béo dễ bay hơi (VFA). Các axit béo này, đặc biệt là butyrate, có tác dụng ức chế vi khuẩn gây bệnh (Elnesr và cộng sự, 2020) và cung cấp chất dinh dưỡng cần thiết cho tế bào ruột kết ở manh tràng và ruột già. Kozlowski và cộng sự (2018) phát hiện ra rằng gà tây được cho ăn khẩu phần chứa 20% khô dầu hạt cải Canada để thay thế cho khô dầu đậu nành đã trải qua sự thay đổi về tỷ lệ butyrate tính theo phần trăm của tổng VFA. Lượng VFA tổng số trong phân được tăng cường khi các enzyme đa carbohydrase cũng được bổ sung vào khẩu phần. Inglis và cộng sự (2021) đã báo cáo rằng quá trình lên men ở gà thịt đang phát triển mạnh hơn khi khẩu phần có chứa khô dầu hạt cải. Các nhà nghiên cứu này cũng báo cáo sự khác biệt về thành phần vi khuẩn trong phân.

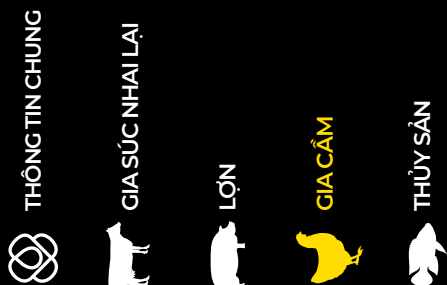
Các nghiên cứu trước đây cho rằng khô dầu hạt cải có thể làm thay đổi tính toàn vẹn của niêm mạc ruột ở gia cầm. Gopinger và cộng sự (2014) đã cung cấp cho gà thịt trống khẩu phần khởi động và sinh trưởng-kết thúc với 0, 10, 20, 30 và 40% khô dầu hạt cải. Lớp niêm mạc không bị mất đi tính toàn vẹn.

Các nhà nghiên cứu tại Đại học Georgia gần đây đã đánh giá tác động của khô dầu hạt cải ép, khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi và chất chuyển hóa

phân hủy glucosinolate (allyl isothiocyanate, AITC) trong hai nghiên cứu thử thách với *Eimeria maxima* và *Salmonella typhimurium*. Các khẩu phần giống nhau đã được sử dụng trong cả hai nghiên cứu: đối chứng khô dầu đậu nành, 10% khô dầu hạt cải ép, 30% khô dầu hạt cải ép, 20% khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi, AITC 500 ppm và AITC 1000 ppm. Nghiên cứu về *Eimeria* (bệnh cầu trùng) (Yadav và cộng sự, 2022a) cho thấy có sự khác biệt về khả năng tăng trưởng không liên quan đến thách thức *Eimeria* được đặt ra. Do đó, thử nghiệm này không phải là thước đo có ý nghĩa về kết quả của hai thử nghiệm. Tuy nhiên, khả năng thẩm thấu của ruột tăng lên ở mức độ lớn hơn khi sử dụng khô dầu đậu nành và khô dầu hạt cải so với khẩu phần khô dầu hạt cải. Hơn nữa, khả năng bảo vệ của khô dầu hạt cải được cải thiện về mặt số lượng khi khẩu phần chứa 40% khô dầu hạt cải, so với 20% khô dầu hạt cải. AITC cũng có hiệu quả cao trong việc giảm tính thấm của ruột. Trong nghiên cứu thứ hai (Yadav và cộng sự, 2022), gà thịt được thử nghiệm vi khuẩn *Salmonella* khi mới nở. Tính thấm của ruột không tăng lên khi tiếp xúc với *Salmonella*. Chiều cao lông nhung ruột đạt cao nhất ở khẩu phần 30% khô dầu hạt cải, các nghiệm thức khác tương tự như đối chứng. Tỷ lệ tử vong cao nhất ở nghiệm thức thử thách khô dầu đậu nành. Do đó, khô dầu hạt cải có thể mang lại lợi thế khi bị nhiễm trùng *Eimeria* và có thể mang lại lợi thế so với khô dầu đậu nành do tỷ lệ tử vong thấp hơn khi gia cầm tiếp xúc với *Salmonella*.

Tài liệu tham khảo

Adedokun, S.A., Adeola, O., Parsons, C.M., Lilburn, M.S. and Applegate, T.J., 2008. Standardized ileal amino acid digestibility of plant feedstuffs in broiler chickens and turkey poults using a nitrogen-free or casein diet. *Poultry Science*, 87(12), pp.2535-2548.



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.

Agyekum, A.K. and Woyengo, T.A., 2022. Nutritive value of expeller/cold-pressed canola meal and pre-pressed solvent-extracted carinata meal for broiler chicken. *Poultry Science*, 101(1), p.101528.

Ahmadi, A.S., Shivazad, 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., 2019. High inclusion levels of canola meal in broiler chicken nutrition (Master's thesis, University of Manitoba).

Barekatain, M.R., Wu, S.B., Toghyani, 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.

Barua, M., Abdollahi, M.R., Zaefarian, F., Wester, T.J., Girish, C.K. and Ravindran, V., 2020. Standardized ileal amino acid digestibility of protein sources for broiler chickens is influenced by the feed form. *Poultry Science*, 99(12), pp.6925-6934.

Berger, Q., Guettier, E., Urvoix, S., Bernard, J., Ganier, P., Chahnamian, M., Le Bihan-Duval, E. and Mignon-Grasteau, S., 2021. The kinetics of growth, feed intake, and feed efficiency reveal a good capacity of adaptation of slow and rapid growing broilers to alternative diets. *Poultry Science*, 100(4), p.101010.

Bernadet, M.D., Peillod, C., Lessire, M. and Guy, G., 2009. Incorporation of Rapeseed meal in mule duck diets. In *Proceedings of IV World Waterfowl Conference, Thrissur, India* (Vol. 161).

Bhaskare, G.V., 2020. Determination of metabolisable energy and digestible amino acids of canola meals and canola seed for broilers: a thesis presented in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science in Animal Science at Massey University, Manawatu, New Zealand (Doctoral dissertation, Massey University).

Brand, T. S., J. van der Merwe, and L. C. Hoffman. "Effect of including canola meal in diets of slaughter ostriches (*Struthio camelus* var. *domesticus*)."
South African Journal of Animal Science 50, no. 4 (2020): 537-551.

Bryan, D.D.S.L., Abbott, D.A., Van Kessel, A.G. and Classen, H.L., 2019. In vivo digestion characteristics of protein sources fed to broilers. *Poultry Science*, 98(8), pp.3313-3325.

Bryan, D.D., MacIsaac, J.L., McLean, N.L., Rathgeber, B.M. and Anderson, D.M., 2019a. Nutritive Value of Expeller-Pressed Yellow Canola Meal for Broiler Chickens Following Enzyme Supplementation. *Journal of Applied Poultry Research*, 28(4), pp.1156-1167.

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.

Cortes Cuevas, A., Cedillo Monrroy, M.S., Gómez Verduzco, G., Balderas Gonzalez, A. and Avila González, E., 2016. Performance and egg quality in semi-free range hens fed diets with different levels of canola meal. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(2), pp.173-184.

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.

David, L.S., Abdollahi, M.R., Bedford, M.R. and Ravindran, V., 2021. True ileal calcium digestibility in soybean meal and canola meal, and true ileal phosphorous digestibility in maize-soybean meal and maize-canola meal diets, without and with microbial phytase, for broiler growers and finishers. *British Poultry Science*, 62(2), pp.293-303.

Elnesr, S.S., Alagawany, M., Elwan, H.A., Fathi, M.A. and Farag, M.R., 2020. Effect of sodium butyrate on intestinal health of poultry—a review. *Annals of Animal Science*, 20(1), pp.29-41.

Fu, Z., Su, G., Yang, H., Sun, Q., Zhong, T. and Wang, Z., 2021. Effects of dietary rapeseed meal on growth performance, carcass traits, serum parameters, and intestinal development of geese. *Animals*, 11(6), p.1488.

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-Esquerria, 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 hens. 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.

Goudarzi, S.M., Saki, A., Mohammadi, N. and Zamani, P., 2017. The effect of substitution of soybean with canola meal in laying hen diets formulated on the basis of total or digestible amino acids on performance and blood parameters. *Journal of Livestock Technology*, 5, pp.1-8.

Inglis, G.D., Wright, B.D., Sheppard, S.A., Abbott, D.W., Oryschak, M.A. and Montana, T., 2021. Expeller-Pressed Canola (*Brassica napus*) Meal Modulates the Structure and Function of the Cecal Microbiota, and Alters the Metabolome of the Pancreas, Liver, and Breast Muscle of Broiler Chickens. *Animals*, 11(2), p.577.

Jamroz, D., Wiliczekiewicz, 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 fiber 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.

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.

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. *Animal and Feed Sciences*, 12(1), pp.111-120.

Kanakri, K., Carragher, J., Hughes, R., Muhlhausler, 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.

Khalil, M.M., Abdollahi, M.R., Zaefarian, F. and Ravindran, V., 2021. Influence of feed form on the apparent metabolisable energy of feed ingredients for broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 271, p.114754.

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

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.

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., 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.

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.

Mnisi, C.M. and Mlambo, V., 2018. Growth performance, haematology, serum biochemistry and meat quality characteristics of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) fed canola meal-based diets. *Animal Nutrition*, 4(1), pp.37-43.

Moss, A.F., Chrystal, P.V., Dersjant-Li, Y., Selle, P.H. and Liu, S.Y., 2018. Responses in digestibilities of macro-minerals, trace minerals and amino acids generated by exogenous phytase and xylanase in canola meal diets offered to broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 240, pp.22-30.

Munoz, J.A., Hanna, C.D., Utterback, P.L. and Parsons, C.M., 2018. Phosphorus retention in corn, spray dried plasma protein, soybean meal, meat and bone meal, and canola meal using a precision-fed rooster assay. *Poultry Science*, 97(12), pp.4324-4329.

Mutucumarana, R.K., Ravindran, V., Ravindran, G. and Cowieson, A.J., 2015. Measurement of true ileal phosphorus digestibility in maize and soybean meal for broiler chickens: Comparison of two methodologies. *Animal Feed Science and Technology*, 206, pp.76-86.

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., 2011. Meal nutrient composition. In *Canola* (pp. 229-244). AOCS Press.

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.

Niu, Y., Rogiewicz, A., Shi, L., Patterson, R. and Slominski, B.A., 2022. The effect of multi-carbohydrase preparations on non-starch polysaccharides degradation and growth performance of broiler chickens fed diets containing high inclusion level of canola meal. *Animal Feed Science and Technology*, 293, p.115450.

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.

Oryschak, M.A., Smit, M.N. and Beltranena, E., 2020. Brassica napus and Brassica juncea extruded-expelled cake and solvent-extracted meal as feedstuffs for laying hens: Lay performance, egg quality, and nutrient digestibility. *Poultry Science*, 99(1), pp.350-363.

Osho, S.O., Babatunde, O.O. and Adeola, O., 2019. Additivity of apparent and standardized ileal digestibility of amino acids in wheat, canola meal, and sorghum distillers dried grains with solubles in mixed diets fed to broiler chickens. *Poultry Science*, 98(3), pp.1333-1340.

Park, C.S., Ragland, D., Helmbrecht, A., Htoo, J.K. and Adeola, O., 2019. Digestibility of amino acid in full-fat canola seeds, canola meal, and canola expellers fed to broiler chickens and pigs. *Journal of Animal Science*, 97(2), pp.803-812.

Ramesh, K.R., Devegowda, G. and Khosravinia, 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

Rad-Spice, M., Rogiewicz, A., Jankowski, J. and Slominski, B.A., 2018. Yellow-seeded B. napus and B. juncea canola. Part 1. Nutritive value of the meal for broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 240, pp.66-77.

Rogiewicz, A., Dyck, B. and Slominski, B.A., 2015. High inclusion levels of canola meal in laying hen diets. In 14th International Rapeseed Congress, Saskatoon, Canada (p. 139).

Ross, M.L., Bryan, D.D., Abbott, D.A. and Classen, H.L., 2019. Effect of protein sources on performance characteristics of turkeys in the first three weeks of life. *Animal Nutrition*, 5(4), pp.396-406.

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.

Sarıcıcek, B.Z., Kılıç, U. 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. *Asianaustralasian 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.

Savary, R.K., MacIsaac, J.L., Rathgeber, B.M., McLean, N.L. and Anderson, D.M., 2019. Evaluating Brassica napus and Brassica juncea meals with supplemental enzymes for use in brown-egg laying hen diets: production performance and egg quality factors. *Canadian Journal of Animal Science*, 99(4), pp.820-832.

Semwogerere, F., Neethling, J., Muchenje, V. and Hoffman, L.C., 2019. Meat quality, fatty acid profile, and sensory attributes of spent laying hens fed expeller press canola meal or a conventional diet. *Poultry Science*, 98(9), pp.3557-3570.

Sessingnong, T., Omotosho, O., Rogiewicz, A., Niu, Y., Ferreira, J., Patterson, R. and Slominski, B.A. 2022. Research on Evaluation of Expeller/Cold-pressed Canola (EPC) as a Valuable Feed Ingredient for Poultry. Proceedings, Animal Nutrition Conference of Canada.

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., Barekatin, 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.

Veluri, S. and Olukosi, O.A., 2020. Metabolizable energy of soybean meal and canola meal as influenced by the reference diet used and assay method. *Animals*, 10(11), p.2132.

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.

Wise, T.L. and Adeola, O., 2022. Validation of a 3-point model for the determination of energy values using the regression method in broiler chickens. *Poultry Science*, p.102336.

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.

Wu, S.B., Choct, M. and Pesti, G., 2020. Historical flaws in bioassays used to generate metabolizable energy values for poultry feed formulation: a critical review. *Poultry Science*, 99(1), pp.385-406.

Yadav, S., Teng, P.Y., Choi, J., Singh, A.K., Vaddu, S., Thippareddi, H. and Kim, W.K., 2022. Influence of rapeseed, canola meal and glucosinolate metabolite (AITC) as potential antimicrobials: effects on growth performance, and gut health in Salmonella Typhimurium challenged broiler chickens. *Poultry Science*, 101(1), p.101551.

Yadav, S., Teng, P.Y., Singh, A.K., Choi, J. and Kim, W.K., 2022a. Influence of Brassica spp. rapeseed and canola meal, and supplementation of bioactive compound (AITC) on growth performance, intestinal-permeability, oocyst shedding, lesion score, histomorphology, and gene expression of broilers challenged with E. maxima. *Poultry Science*, 101(2), p.101583.

Yoshida, Y., Nishimura, S., Tabata, S. and Kawabata, F., 2022. Chicken taste receptors and perception: recent advances in our understanding of poultry nutrient-sensing systems. *World's Poultry Science Journal*, 78(1), pp.5-20.

Zhang, K.X., Zhang, K.Y., Applegate, T.J., Bai, S.P., Ding, X.M., Wang, J.P., Peng, H.W., Xuan, Y., Su, Z.W. and Zeng, Q.F., 2020. Evaluation of the standardized ileal digestibility of amino acids of rapeseed meals varying in protein solubility for Pekin ducks. *Poultry Science*, 99(2), pp.1001-1009.

Zhong, R. and Adeola, O., 2019. Energy values of solvent-extracted canola meal and expeller-derived canola meal for broiler chickens and growing pigs determined using the regression method. *Journal of Animal Science*, 97(8), pp.3415-3425.

Zhu, Y.W., Yang, W.C., Liu, W., Yin, X.H., Luo, X.B., Zhang, S.A., Wang, W.C. and Yang, L., 2019. Effects of dietary rapeseed meal inclusion levels on growth performance, organ weight, and serum biochemical parameters in Cherry Valley ducks. *Poultry Science*, 98(12), pp.6888-6896.

CHƯƠNG 6.

KHÔ DẦU HẠT CẢI TRONG NUÔI TRỒNG THỦY SẢN





Mức độ đưa vào thực tế của khô dầu hạt cải trong khẩu phần ăn cho các loài nuôi trồng thủy sản thông thường không bổ sung enzyme.

Loài	Tên khoa học	Hàm lượng
Cá hồng Úc	<i>Pagrus auratus</i>	60
Cá trắm đen	<i>Mylopharyngodon piceus</i>	11
Cá chép	<i>Cyprinus carpio</i>	55
Cá trắm cỏ	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	37
Cá Mori	<i>Cirrhinus mrigala</i>	24
Cá Pacu	<i>Piaractus mesopotamicus</i>	19
Nile Tilapia	<i>Oreochromis niloticus</i>	33
Cá basa	<i>Pangasius sutchi</i>	30
Cá trôi Ấn Độ	<i>Labeo rohita</i>	20
Cá vược trắng	<i>Bidyanus bidyanus</i>	60
Cá vây tia Nam Mỹ	<i>Prochilodus lineatus</i>	8
Cá tráp Vũ Xương	<i>Megalobrama amblycephala</i>	35
Cá hồi Đại Tây Dương	<i>Salmo salar</i>	10
Cá chẽm	<i>Lates calcarifer</i>	30
Cá bớp	<i>Rachycentron canadum</i>	13
Cá mú Châu Âu	<i>Dicentrarchus labrax</i>	25
Cá mú Nhật	<i>Lateolabrax japonicus</i>	15
Cá chim vây vàng	<i>Trachinotus ovatus</i>	16
Cá tráp vây vàng	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	20
Cá thần tiên	<i>Pterophyllum scalare</i>	8
Cá hải tượng long	<i>Leporinus macrocephalus</i>	38
Cá vược sọc	<i>Morone chrysops</i>	20
Tôm	<i>White Leg</i>	15
Tôm thương phẩm	<i>Macrobracium</i>	30
Cua bùn	<i>Scylla serrata</i>	20

Lợi nhuận và tính bền vững

Khi đời sống của cá tiếp tục bị cạn kiệt khỏi các đại dương trên Trái đất và dân số loài người ngày càng tăng, thì việc phụ thuộc vào cá nuôi để cung cấp cho người tiêu dùng protein chất lượng cao ngày càng trở nên quan trọng. Ngành nuôi trồng thủy sản đang nỗ lực giảm sự phụ thuộc vào cá thu hoạch bằng cách sản xuất cá nuôi. Như Bảng 1 cho thấy, ngành nuôi trồng thủy sản toàn cầu hiện cung cấp cho người tiêu dùng 30 triệu tấn thực phẩm chất lượng cao từ 15 triệu tấn cá biển.

Bảng 1. Tỷ lệ cá vào (FIFO) đối với các loài nuôi được chọn (triệu tấn)¹

Nhóm loài	FIFO	Sản xuất tại trại, MMT	Nguyên liệu thô đã sử dụng, MMT
Lươn	2,7	0,26	0,7
Cá hồi (cá hồi và cá hồi chấm)	2,5	2,54	6,4
Cá biển	1,6	2,55	4,1
Động vật giáp xác (biển và nước ngọt)	0,7	5,48	3,8
Cá nước ngọt khác	0,3	4,05	1,2
Cá rô phi	0,2	3,00	0,6
Cá trắm cỏ	0,1	12,17	1,2
Tổng thể	0,5	30,05	15,0

¹ <https://www.globalseafood.org/advocate/how-much-fish-is-consumed-in-aquaculture/>

Nhiều yếu tố liên quan đến tác động môi trường của cá nuôi có liên quan đến thức ăn. Những thay đổi trong thực hành cho ăn mang lại cơ hội giảm tác động của lĩnh vực này đến tiềm năng nóng lên toàn cầu (Sherry và Koester, 2020). Tăng cường sử dụng các nguyên liệu bền

vững trên đất liền và/hoặc đánh giá lại các số liệu được sử dụng để đánh giá sản xuất là một số lựa chọn có thể thực hiện được điều này. Tốc độ tăng trưởng nhanh nhất và tỷ lệ tăng trọng trên thức ăn cao nhất có thể không phải là lựa chọn tốt nhất về tính bền vững.

Khô dầu hạt cải có thể được sử dụng để thay thế một phần bột cá trong khẩu phần ăn của nhiều loài cá nuôi. Nó có thành phần axit amin phù hợp với yêu cầu của nhiều loài (Albrektsen và cộng sự, 2022). Như Bảng 2 cho thấy, chi phí sản xuất khô dầu hạt cải thấp hơn so với nhiều nguyên liệu protein khác (Kaiser và cộng sự, 2022). Do đó, có nhiều cơ hội sử dụng khô dầu hạt cải để hỗ trợ ngành nuôi trồng thủy sản bền vững và sinh lời hơn, đồng thời các thông tin hỗ trợ bổ sung đang được đưa ra với tốc độ nhanh chóng.

Bảng 2. Tính toán và chi phí sản xuất protein (Dữ liệu năm 2019)¹

Nguồn Protein	Sản xuất toàn cầu, MMT	Chi phí sản xuất, USD/tấn
Lupin	1,0	453,7
Đậu Hà Lan	21,8	1313,4
Cải dầu/hạt cải dầu	70,5	406,0
Đậu nành	333,7	507,6
Hướng dương	56,1	583,7
Bột cá	6,0 ²	1596,0

¹ Kaiser và cộng sự, 2022

² Khô dầu khô sau khi chiết dầu.

Tính ngon miệng và lượng thức ăn ăn vào

Khô dầu hạt cải là nguồn protein ngon miệng để sử dụng trong khẩu phần nuôi trồng thủy sản. Trên thực tế, nồng độ protein hòa tan của cải dầu đã được sử dụng thành công như một chất dẫn dụ cho khẩu phần ăn trong đó nồng độ bột cá đã giảm. Hill và cộng sự (2013) báo cáo rằng việc đưa 1% protein hạt cải hòa tan vào khẩu phần ăn cho cá vược ăn làm tăng đáng kể lượng ăn vào và tăng trọng. Như đã mô tả trong Chương 2, hàm lượng glucosinolates trong khô dầu hạt cải hiện nay khá thấp và chúng không còn tạo ra vị đắng cho bữa ăn như trong một số nghiên cứu trước đây.

Mức độ bao gồm khô dầu hạt cải trong khẩu phần ăn thường bị hạn chế bởi nhu cầu dinh dưỡng của một số loài cá nuôi. Ví dụ, cá ăn thịt có nhu cầu protein rất cao và khả năng dung nạp carbohydrate thấp. Mặt khác, các loài ăn tạp có khả năng dung nạp carbohydrate cao hơn. Bảng 3 cho thấy mức độ bao gồm có thể cao tới 60% trong khẩu phần ăn của một số loài ăn tạp có tầm quan trọng về mặt thương mại nhưng bị giới hạn ở mức 30% hoặc ít hơn đối với các loài ăn thịt (Bảng 4) khi tốc độ tăng trưởng được sử dụng làm tiêu chí phản ứng chính.

Bảng 3. Mức bổ sung khô dầu hạt cải trung bình trong khẩu phần ăn của cá ăn tạp và cá ăn cỏ mà không ảnh hưởng đến năng suất so với khẩu phần tiêu chuẩn (nghiên cứu được công bố từ năm 2000).

Loài	Tên khoa học	Tỷ lệ tiêu hóa, %
Cá biển ăn tạp		
Cá hồng Úc ¹	<i>Pagrus auratus</i>	60
Cá biển ăn tạp		
Cá trắm đen ²	<i>Mylopharyngodon piceus</i>	11
Cá chép ³	<i>Cyprinus carpio</i>	55
Cá trắm cỏ ⁴	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	37
Cá Mori ⁵	<i>Cirrhinus mrigala</i>	24
Cá Pacu ⁶	<i>Piaractus mesopotamicus</i>	19
Cá tra ⁷	<i>Pangasius sutchi</i>	30
Cá trôi Ấn Độ ⁸	<i>Labeo rohita</i>	20
Cá vược trắng ⁹	<i>Bidyanus bidyanus</i>	60
Cá vây tia Nam Mỹ ¹⁰	<i>Prochilodus lineatus</i>	8
Cá tráp Vũ Xương ¹¹	<i>Megalobrama amblycephala</i>	35
Cá nước ngọt ăn cỏ		
Cá rô phi sông Nile ¹²	<i>Oreochromis niloticus</i>	33

¹ Glencross và cộng sự, 2004a; ² Huang và cộng sự, 2012; ³ Hussain và cộng sự, 2020; ⁴ Veiverberg và cộng sự, 2010; Jiang và cộng sự, 2016; ⁵ Parveen và cộng sự, 2012; ⁶ Viegas và cộng sự, 2008; ⁷ Van Minh và cộng sự, 2013; ⁸ Iqbal và cộng sự, 2015; Umer và Ali, 2009; Parveen và cộng sự, 2012; Umer và cộng sự, 2011; ⁹ Booth và Allen, 2003. ¹⁰ Galdioli et al, 2002. ¹¹ Zhou và cộng sự, 2018; ¹² Yigit and Olmez, 2009; Zhou và Yue, 2010; Luo và cộng sự, 2012; Mohammadi và cộng sự, 2016; Fangfang và cộng sự, 2014; Soares và cộng sự, 2001.

Bảng 4. Mức bổ sung khô dầu hạt cải trung bình trong khẩu phần ăn của cá ăn thịt mà không ảnh hưởng đến năng suất so với khẩu phần tiêu chuẩn (nghiên cứu được công bố từ năm 2000)

Loài	Tên khoa học	Tỷ lệ tiêu hóa, %
Loài cá nước mặn ăn thịt		
Cá hồi Đại Tây Dương ¹	<i>Salmo salar</i>	10
Cá chẽm ²	<i>Lates calcarifer</i>	30
Cá bớp ³	<i>Rachycentron canadum</i>	13
Cá mú Châu Âu ⁴	<i>Dicentrarchus labrax</i>	25
Cá mú Nhật ⁵	<i>Lateolabrax japonicus</i>	15
Cá chim vây vàng ⁶	<i>Trachinotus ovatus</i>	16
Cá tráp vây vàng ⁷	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	20
Loài cá nước ngọt ăn thịt		
Cá thần tiên ⁸	<i>Pterophyllum scalare</i>	8
Cá hải tượng long ⁹	<i>Leporinus macrocephalus</i>	38
Cá vược sọc ¹⁰	<i>Morone chrysops</i>	20

¹ Burr và cộng sự, 2013; Collins và cộng sự, 2013; ² Ngo và cộng sự, 2015; ³ Luo và cộng sự, 2012; ⁴ Lanari và D' Agaro, 2005; ⁵ Cheng và cộng sự, 2010; ⁶ Kou và cộng sự, 2015; ⁷ Thiessen và cộng sự, 2003; Thiessen và cộng sự, 2004; Yigit và cộng sự, 2012; Collins và cộng sự, 2012; Collins và cộng sự, 2013; ⁸ Erdogan và Olmez, 2009; ⁹ Galdioli và cộng sự, 2001; Soares và cộng sự, 2000 ¹⁰ Webster và cộng sự, 2000

Protein và axit amin cho nuôi trồng thủy sản

Khả năng tiêu hóa protein từ khô dầu hạt cải cao đối với hầu hết các loài cá. NRC (2011) không liệt kê khô

dầu hạt cải là một nguyên liệu nhưng liệt kê khả năng tiêu hóa rõ ràng của protein trong khô dầu hạt cải đối với các loài sau: 91% đối với cá hồi vân, 85% đối với cá rô phi Nile/blue và 89% đối với cá bớp. Hajen và cộng sự (1993) xác định rằng tỷ lệ tiêu hóa protein khô dầu hạt cải của cá hồi chinook là 85%, cao hơn tỷ lệ tiêu hóa protein khô dầu đậu nành (77%) và tương đương với tỷ lệ tiêu hóa protein đậu nành phân lập (84%). Kết quả về khả năng tiêu hóa protein từ các nghiên cứu được công bố từ năm 2000 được cung cấp lần lượt trong Bảng 5 và 6 đối với các loài ăn tạp và ăn thịt.

Bảng 5. Tỷ lệ tiêu hóa protein (%) của khô dầu hạt cải đối với cá ăn tạp và ăn cỏ được xác định trong các nghiên cứu được công bố từ năm 2000 khi không bổ sung enzyme.

Loài	Tên khoa học	Tỷ lệ tiêu hóa, %
Cá biển ăn tạp		
Cá hồng Úc ¹	<i>Pagrus auratus</i>	83,0
Cá tuyết chấm đen ²	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	82,3
Cá nước ngọt ăn tạp		
Cá da trơn Châu Phi ³	<i>Clarias gariepinus</i>	89,8
Cá nheo Mỹ ⁴	<i>Ictalurus punctatus</i>	91,4
Cá trôi Ấn Độ ⁵	<i>Labeo rohita</i>	49,9
Cá chẽm ⁶	<i>Bidyanus bidyanus</i>	83,0
Cá nước ngọt ăn cỏ		
Cá rô phi sông Nile ⁷	<i>Oreochromis niloticus</i>	82,0

¹ Glencross và cộng sự, 2004a; ² Tibbitts và cộng sự, 2004; ³ Elescho và cộng sự, 2021; ⁴ Kitagima và Fracalossi, 2011; ⁵ Hussain và cộng sự, 2015; ⁶Allan và cộng sự, 2000; ⁷Borgeson và cộng sự, 2006.



Bảng 6. Tỷ lệ tiêu hóa protein (%) của khô dầu hạt cải đối với cá ăn thịt được xác định trong các nghiên cứu được công bố từ năm 2000 khi không bổ sung enzyme.

Loài	Tên khoa học	Tỷ lệ tiêu hóa, %
Loài cá nước mặn ăn thịt		
Cá hồi chấm hồng ¹	<i>Salvelinus alpinus</i>	72,8
Cá tuyết Đại Tây Dương ²	<i>Gadus morhua</i>	60,6
Cá hồi Đại Tây Dương ³	<i>Salmo salar</i>	86,2
Cá chẽm ⁴	<i>Lates calcarifer</i>	85,4
Cá bớp ⁵	<i>Rachycentron canadum</i>	89,0
Cá mú Châu Âu ⁶	<i>Dicentrarchus labrax</i>	89,8
Cá mú Nhật ⁷	<i>Lateolabrax japonicus</i>	71,4
Cá đù ⁸	<i>Argyrosomus regius</i>	95,9
Cá hồi vân ⁹	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	88,3
Cá vược vằn ¹⁰	<i>Morone saxatilis</i>	43,0
Cá tráp vây vàng ¹¹	<i>Acanthopagrus latus</i>	84,7
Loài cá nước ngọt ăn thịt		
Cá thần tiên ¹²	<i>Pterophyllum scalare</i>	86,5
Cá hải tượng long ¹³	<i>Leporinus macrocephalus</i>	78,7
Cá tầm Siberi ¹⁴	<i>Acipenser baerii</i>	61,0

¹ Burr và cộng sự, 2011; ² Erdogan và cộng sự, 2010; ³ Burr và cộng sự, 2011;

⁴ Ngo và cộng sự, 2015; ⁵ Zhou và cộng sự, 2004; Luo và cộng sự, 2012; ⁶ Lanari và D'Agaro, 2005; ⁷ Cheng và cộng sự, 2010; ⁸ Rodrigues Olim, 2012; Olim, 2012; ⁹ Mwachireya và cộng sự, 2000; Burel và cộng sự, 2000; Dalsgaard và cộng sự, 2012; Gaylord và cộng sự, 2008; Gaylord và cộng sự, 2010; Thiessen và cộng sự, 2004; Cheng và Hardy, 2002; Lee và cộng sự, 2020; ¹⁰ Gaylord và cộng sự, 2004; ¹¹ Wu và cộng sự, 2006; ¹² Erdogan và Olmez, 2010; ¹³ Goncalves và cộng sự, 2002; Goncalves 2004; ¹⁴ Mirzakhani và cộng sự, 2020

Năng lượng và chất xơ

Tỷ lệ protein trên năng lượng trong khẩu phần ăn của cá cao so với gia cầm và động vật có vú, và do đó, khẩu phần nuôi trồng thủy sản thường có hàm lượng protein thô cao hơn khẩu phần ăn của gia cầm và gia súc. Thức ăn dành cho cá hồi ăn thịt thường chứa hơn 40% protein thô. Khẩu phần ăn cho các loài cá ăn tạp hoặc ăn cỏ như cá chép hoặc cá rô phi thường chứa 25 đến 30% protein thô. Tỷ lệ sử dụng khô dầu hạt cải khả thi là dưới 20% khi xây dựng khẩu phần ăn thực tế cho các loài ăn thịt như cá hồi vì khi cho ăn khô dầu hạt cải chứa ít hơn 40% protein thô. Tuy nhiên, ở các loài cá ăn tạp hoặc ăn cỏ, chẳng hạn như cá chép và cá rô phi, nhu cầu protein thô trong khẩu phần ăn thấp hơn đáng kể và giới hạn này không được áp dụng.

Bảng 7 và 8 (tỷ lệ tiêu hóa vật chất khô) và Bảng 9 và 10 (tỷ lệ tiêu hóa năng lượng) minh họa sự biến đổi của các thông số này khi sử dụng khô dầu hạt cải trong khẩu phần ăn của cá. Điều này phần lớn có thể là do có nhiều loài cá khác nhau được nuôi trên toàn thế giới cũng như các hệ thống chế biến khác nhau được sử dụng để sản xuất khô dầu hạt cải.

Giá trị năng lượng của khô dầu hạt cải sẽ thay đổi tùy theo lượng lipid có trong khô dầu. Cách chế biến cũng ảnh hưởng tới giá trị của khô dầu hạt cải. Burel và cộng sự (2000) đã xác định rằng khả năng tiêu hóa khô dầu hạt cải của cá hồi vân là 69% đối với khô dầu chiết xuất bằng dung môi và 89% khi xử lý nhiệt, chứng tỏ có thể có nhiều giá trị khác nhau.

Chất xơ không được các loài nuôi trồng thủy sản tiêu hóa ở mức độ lớn. Chất xơ thực vật có thể được chia thành hai loại: chất xơ hòa tan, làm tăng độ nhớt của ruột và chất xơ không hòa tan, làm tăng khối lượng. Khô dầu hạt cải chứa lượng chất xơ hòa tan xấp xỉ một nửa so với khô dầu đậu nành (Mejicanos và cộng sự, 2016), đây có thể là một lợi thế đối với một số loài. Một

lượng vừa phải chất xơ không hòa tan có thể cải thiện thời gian vận chuyển và lượng thức ăn ăn vào, nhưng lượng lớn sẽ dẫn đến dư thừa, tùy thuộc vào loài cá. Giảm tỷ lệ chất xơ trong khô dầu hạt cải có thể nâng cao giá trị của nó trong thức ăn thủy sản đậm đặc chất dinh dưỡng.

Bảng 7. Tỷ lệ tiêu hóa chất khô (%) của khô dầu hạt cải đối với cá ăn tạp và cá ăn cỏ được xác định trong các nghiên cứu được công bố từ năm 2000 khi không bổ sung enzyme.

Loài	Tên khoa học	Tỷ lệ tiêu hóa, %
Cá biển ăn tạp		
Cá hồng Úc ¹	<i>Pagrus auratus</i>	52,7
Cá tuyết chấm đen ²	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	58,9
Cá nước ngọt ăn tạp		
Cá da trơn Châu Phi ³	<i>Clarias gariepinus</i>	74,6
Cá nheo Mỹ ⁴	<i>Ictalurus punctatus</i>	69,4
Cá trôi Ấn Độ ⁵	<i>Labeo rohita</i>	49,9
Cá chẻm ⁶	<i>Bidyanus bidyanus</i>	51,9
Cá nước ngọt ăn cỏ		
Cá rô phi sông Nile ⁷	<i>Oreochromis niloticus</i>	80,5

¹ Glencross và cộng sự, 2004a; ² Tibbetts và cộng sự, 2004; ³ Elescho và cộng sự, 2021; ⁴ Kitagima và Fracalossi, 2011; ⁵ Hussain và cộng sự, 2015.
⁶ Allan và cộng sự, 2000; Allan và cộng sự, 2004;⁷ Bibi và cộng sự, 2020; Borgeson và cộng sự, 2006 Furura và cộng sự, 2001; Pezzato và cộng sự, 2002.

Bảng 8. Tỷ lệ tiêu hóa chất khô (%) của khô dầu hạt cải đối với cá ăn thịt được xác định trong các nghiên cứu được công bố từ năm 2000 khi không bổ sung enzyme.

Loài	Tên khoa học	Tỷ lệ tiêu hóa, %
Loài cá nước mặn ăn thịt		
Cá hồi chấm hồng ¹	<i>Salvelinus alpinus</i>	46,8
Cá tuyết Đại Tây Dương ²	<i>Gadus morhua</i>	60,6
Cá hồi Đại Tây Dương ³	<i>Salmo salar</i>	76,2
Cá chẻm ⁴	<i>Lates calcarifer</i>	41,2
Cá bớp ⁵	<i>Rachycentron canadum</i>	48,0
Cá mú Châu Âu ⁶	<i>Dicentrarchus labrax</i>	71,2
Cá mú Nhật ⁷	<i>Lateolabrax japonicus</i>	40,0
Cá đù ⁸	<i>Argyrosomus regius</i>	44,1
Cá hồi vân ⁹	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	65,6
Cá tráp vây vàng ¹⁰	<i>Acanthopagrus latus</i>	33,5
Loài cá nước ngọt ăn thịt		
Cá thần tiên ¹¹	<i>Pterophyllum scalare</i>	71,2
Cá hải tượng long ¹²	<i>Leporinus macrocephalus</i>	63,8
Cá tầm Siberi ¹³	<i>Acipenser baerii</i>	76,4

¹ Burr và cộng sự, 2011; ² Tibbetts và cộng sự, 2004; ³ Burel và cộng sự, 2000; Dalsgaard và cộng sự, 2012; ⁴ Ngo và cộng sự, 2015; ⁵ Luo và cộng sự, 2012; ⁶ Iqbal và cộng sự, 2015; ⁷ Cheng và cộng sự, 2010; ⁸ Rodrigues Olim và cộng sự, 2012; ⁹ Mwachireya và cộng sự, 2000; Burel và cộng sự, 2000; Dalsgaard và cộng sự, 2012; Lee và cộng sự, 2020;¹⁰ Wu và cộng sự, 2006. ; ¹¹ Erdogan và Olmez., 2010; ¹² Goncalves và cộng sự, 2002; Goncalves, 2004; ¹³ Mirzakhani và cộng sự, 2020.

Bảng 9. Tỷ lệ tiêu hóa năng lượng (%) của khô dầu hạt cải đối với cá ăn tạp được xác định trong các nghiên cứu được công bố từ năm 2000 khi không bổ sung enzyme.

Loài	Tên khoa học	Tỷ lệ tiêu hóa, %
Cá biển ăn tạp		
Cá hồng Úc ¹	<i>Pagrus auratus</i>	43,9
Cá tuyết chấm đen ²	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	60,1
Cá nước ngọt ăn tạp		
Cá da trơn Châu Phi ³	<i>Clarias gariepinus</i>	79,9
Cá nheo Mỹ ⁴	<i>Ictalurus punctatus</i>	72,1
Cá trôi Ấn Độ ⁵	<i>Labeo rohita</i>	49,9
Cá chêm ⁶	<i>Bidyanus bidyanus</i>	58,0
Cá nước ngọt ăn cỏ		
Cá rô phi sông Nile ⁷	<i>Oreochromis niloticus</i>	76,9

¹ Glencross và cộng sự, 2004a; ² Tibbitts và cộng sự, 2004; ³ Elescho và cộng sự, 2021; ⁴ Kitagima và Fracalossi, 2011; ⁵ Hussain và cộng sự, 2015; ⁶ Allan và cộng sự, 2000; ⁷ Borgeson và cộng sự, 2006; Furura và cộng sự, 2001;.

Bảng 10. Tỷ lệ tiêu hóa năng lượng (%) của khô dầu hạt cải đối với cá ăn thịt được xác định trong các nghiên cứu được công bố từ năm 2000 khi không bổ sung enzyme.

Loài	Tên khoa học	Tỷ lệ tiêu hóa, %
Loài cá nước mặn ăn thịt		
Cá hồi chấm hồng ¹	<i>Salvelinus alpin</i>	46,8
Cá tuyết Đại Tây Dương ²	<i>Gadus morhua</i>	60,6
Cá hồi Đại Tây Dương ³	<i>Salmo salar</i>	49,0
Cá chêm ⁴	<i>Lates calcarifer</i>	47,6
Cá bớp ⁵	<i>Rachycentron canadum</i>	83,1
Cá mú Châu Âu ⁶	<i>Dicentrarchus labrax</i>	91,7
Cá đù ⁷	<i>Argyrosomus regius</i>	73,6
Cá hồi vân ⁸	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	74,1
Cá tráp vây vàng ⁹	<i>Acanthopagrus latus</i>	56,3
Loài cá nước ngọt ăn thịt		
Cá thần tiên ¹⁰	<i>Pterophyllum scalare</i>	72,3
Cá hải tượng long ¹¹	<i>Leporinus macrocephalus</i>	79,0
Cá tầm Siberi ¹²	<i>Acipenser baerii</i>	68,1

¹ Burr và cộng sự, 2011; ² Tibbitts và cộng sự, 2006; Burr và cộng sự, 2011; ³ Ngo và cộng sự, 2015; ⁴ Zhou và cộng sự, 2005; ⁵ Lanari và D'Agaro, 2005; ⁶ Glencross và cộng sự, 2004a; ⁷ Mwachireya và cộng sự, 2000; Burel và cộng sự, 2000; Thiessen và cộng sự, 2004; Cheng và Hardy, 2002; Lee và cộng sự, 2020; ⁸ Wu và cộng sự, 2006; ⁹ Erdogan và Olmez., 2010; ¹⁰ Goncalves và cộng sự, 2002; Goncalves 2004; ¹¹ Mirzakhani và cộng sự, 2020.

Khoáng chất và vitamin

Khô dầu hạt cải là nguồn giàu photpho. Phần lớn photpho ở dạng axit phytic, loại axit này không có ở hầu hết các loài cá nuôi trong trang trại. Vì lý do này, nhiều khẩu phần nuôi trồng thủy sản được xây dựng có chứa phytase (NRC, 2011), loại enzyme cần thiết để tách photpho khỏi axit phytic. Nghiên cứu cũng chỉ ra rằng phytase làm tăng sự sẵn có của các khoáng chất khác, bao gồm canxi, magie và mangan (Cheng và Hardy, 2002; Vandenberg và cộng sự, 2011; Hussain và cộng sự, 2015), làm giảm nhu cầu bổ sung các khoáng chất này. Nghiên cứu gần đây của Habib et al. (2018) cho thấy axit xitric, giống như phytase, có thể có lợi trong việc giải phóng khoáng chất từ axit phytic.

khô dầu hạt cải tối đa về mặt lý thuyết tương đối cao ở mức trên 40%.

Axit phytic: Các thành phần thực vật thường dự trữ photpho dưới dạng axit phytic. Axit phytic được bổ sung như vậy đã được chứng minh là làm giảm sự tăng trưởng ở nhiều loài nuôi trồng thủy sản khi tổng lượng khẩu phần vượt quá 1% khẩu phần. Ví dụ như cá chép (Hossain và Jauncey, 1993), cá da trơn (Satoh và cộng sự, 1989), Cá trôi Ấn Độ (Usmani và Jafri, 2002), và cá hồi Đại Tây Dương (Storebakken và cộng sự, 1998). Người ta đã phát hiện ra axit phytic không chỉ làm giảm lượng khoáng chất sẵn có mà còn có thể liên kết với protein và làm giảm khả năng tiêu hóa của nó.

Đặc tính kháng dinh dưỡng của khô dầu hạt cải

Giống như bất kỳ thành phần thức ăn nào, khô dầu hạt cải có chứa một số thành phần phân tử có thể tác động tiêu cực đến nhiều loài nuôi trồng thủy sản. Những điều này phải được cân nhắc khi xây dựng khẩu phần ăn bằng khô dầu hạt cải. Khô dầu hạt cải chứa một lượng nhỏ các yếu tố kháng dinh dưỡng không bền với nhiệt (glucosinolates) và bền nhiệt (axit phytic, hợp chất phenolic, tannin, saponin và chất xơ) (Chương 2).

Glucosinolates: Glucosinolates dường như được nhiều loài cá (ví dụ như cá chép) dung nạp tốt hơn so với lợn và gia cầm (Bischoff, 2019; Prabu cộng sự, 2017). May mắn thay, khô dầu hạt cải của Canada hiện chứa lượng glucosinolates rất hạn chế (3,2 $\mu\text{mol/g}$). Một số ấn phẩm đã xác định giới hạn trên của việc đưa glucosinolates vào khẩu phần của cá. Giới hạn thận trọng nhất được đặt ra cho cá hồi là 1,4 $\mu\text{mol/g}$ thức ăn (Bischoff, 2019). Điều này vẫn sẽ cho phép tỷ lệ sử dụng

Bảng 11. Đánh giá việc đưa phytase vào khẩu phần có chứa khô dầu hạt cải về khả năng tiêu hóa vật chất khô (DM) protein thô (CP), tổng năng lượng (E) và photpho (P)

Tài liệu tham khảo	Loài	Khẩu phần hạt cải, %	Tăng khả năng tiêu hóa, %			
			DM	CP	E	P
Xu và cộng sự, 2022	Cá giếc	18	6	4		19
Habib và cộng sự, 2018	Cá trôi Ấn Độ	56				60
Hussain và cộng sự, 2017	Cá trôi Ấn Độ	56		28	24	
Iqbal và cộng sự, 2021	Cá trôi Ấn Độ	54	25	19	29	
Tayyab và cộng sự, 2017	Cá trôi Ấn Độ	56		10	9	31
Maas và cộng sự, 2018	Cá rô phi	10	9	0	5	59
von Danwitz và cộng sự, 2016	Cá bơn	26	0	2		42
Fries và cộng sự, 2020	Cá basa	30	4	13	10	29
Sajjadi và Carter, 2004	Cá hồi Đại Tây Dương	35		0	0	18
Yigit và Keser, 2016	Cá hồi vân	32	0	0		0
Cheng và Hardy, 2002	Cá hồi vân	100 ¹				350

¹ Tính toán bằng phép hồi quy.

Mục đích ban đầu của việc bổ sung phytase vào khẩu phần ăn là giúp động vật tiếp cận phần lớn photpho phytate trong thực vật và giảm sự phụ thuộc vào nguồn photphat vô cơ, do đó giảm đáng kể ô nhiễm photpho. Khi sử dụng trong khẩu phần ăn cho cá, phytase thường cải thiện khả năng tiêu hóa chất khô, protein thô và năng lượng (Bảng 11) trong khẩu phần có chứa khô dầu hạt cải. Vì vậy, đây là enzyme ngoại sinh quan trọng cho ngành nuôi trồng thủy sản.

Giảm sản xuất protease: Một số loài cá có thể bị giảm sản xuất enzyme nội sinh khi đưa các thành phần có nguồn gốc thực vật vào khẩu phần (Santigosa, 2008; Zheng và cộng sự, 2020), thường liên quan đến các chất ức chế protease có trong thành phần thực vật. Chất ức chế protease ít phổ biến hơn trong cải dầu so với một số nguyên liệu khác, đặc biệt là khô dầu đậu nành (Hussain và cộng sự, 2021; Francis và cộng sự, 2001). Nếu những thành phần này được đưa vào khẩu phần ăn cùng với khô dầu hạt cải thì quá trình tiêu hóa protein trong khô dầu hạt cải có thể bị suy giảm.

Việc bổ sung protease vào khẩu phần có thể bổ sung sản xuất nội sinh. Drew và cộng sự (2005) đã báo cáo sự cải thiện lần lượt là 30% và 11% về chất khô và khả năng tiêu hóa protein khi đưa protease vào khẩu phần ăn của cá hồi.

vân có chứa 12% khô dầu hạt cải. Trong một nghiên cứu thay thế thành phần, Lee và cộng sự (2020) xác định rằng protease đã cải thiện khả năng tiêu hóa chất khô, protein thô và năng lượng từ khô dầu hạt cải lần lượt là 24, 6 và 14% đối với cá hồi vân. Tỷ lệ hiệu quả sử dụng protein được cải thiện khi protease được thêm vào khẩu phần chứa 20% và 64% khô dầu hạt cải cho tôm (Buchanan và cộng sự, 1997).

Chất xơ: Chất xơ hòa tan và không hòa tan không được cá tiêu hóa dễ dàng và chúng không phải là một phần bình thường trong khẩu phần của chúng. Trong khi các thành phần thực vật này có thể được coi đơn giản là chất pha loãng đối với một số loài được nuôi, chất xơ lại là chất phản dinh dưỡng đối với các loài khác. Điều này cho thấy rằng việc bổ sung enzyme carbohydrate vào thức ăn nuôi trồng thủy sản có thể mang lại lợi ích. Việc bổ sung enzyme carbohydrase đã được nghiên cứu trong thời gian gần đây, nhưng dữ liệu về khô dầu hạt cải còn hạn chế. Trong một thử nghiệm cho ăn sớm, Yigit và Olmez (2010) không tìm thấy lợi ích nào khi đưa cellulase vào khẩu phần chứa 21% hoặc 42% khô dầu hạt cải cho cá rô phi. Maas và cộng sự (2020) đã nhận thấy một số cải thiện về năng suất tăng trưởng của cá rô phi được bổ sung xylanase vào khẩu phần chất lượng thấp có chứa 12% khô dầu hạt cải. Buchanan và cộng sự (1997) tiết lộ rằng việc bổ sung enzyme đa carbohydrate vào khẩu phần có chứa khô dầu hạt cải làm tăng khả năng tiêu hóa chất khô và tăng trưởng ở tôm sú, và Ali Zamini và cộng sự (2014) xác định rằng cá hồi được hưởng lợi từ enzyme đa carbohydrate và nhận thấy tốc độ tăng trưởng, tỷ lệ sống và chuyển đổi thức ăn được cải thiện.

Cho các loài cá ăn tạp và ăn cỏ ăn khô dầu hạt cải

Khô dầu hạt cải ngày càng được sử dụng nhiều trong khẩu phần nuôi trồng thủy sản cho các loài như cá da trơn, cá chép, cá rô phi, cá vược, cá rô, cá tráp và cá bơn, tất cả đều phát triển mạnh nhờ khẩu phần ít protein. Mặc dù vẫn còn nhiều điều cần tìm hiểu nhưng những bước tiến đáng kể đã được thực hiện, đặc biệt đối với một số loài.

Cá rô phi

Khô dầu hạt cải được đưa vào khẩu phần ăn cho cá rô phi ăn cỏ, được sử dụng để thay thế một phần bột cá, khô dầu đậu nành hoặc cả hai. Soares và cộng sự (2001) đã cung cấp cho cá rô phi con khẩu phần ăn chứa 0, 25, 50 hoặc 75% khô dầu hạt cải, thay thế protein từ khô dầu đậu nành. Hệ số chuyển hóa thức ăn và tỷ lệ protein/tăng trọng không khác nhau giữa các nghiệm thức. Tăng trọng không giảm cho đến khi đạt được mức bổ sung 75% khô dầu hạt cải trong khẩu phần. Yigit và Olmez (2009) đã thay thế tới 50% protein từ bột cá bằng protein từ khô dầu hạt cải tới 10% khẩu phần trong nghiên cứu. Hệ số chuyển hóa thức ăn tăng lên khi bổ sung khô dầu hạt cải và tăng trọng giảm tuyến tính ở mức trên 10%. Không có sự khác biệt về thành phần cơ thể cuối cùng của cá do mức độ cho ăn khô dầu hạt cải. Tất cả các khẩu phần đều chứa 26% khô dầu đậu nành và mức khô dầu đậu nành này có thể góp phần gây ra sự mất cân bằng axit amin khi lượng khô dầu hạt cải tăng lên và lượng bột cá giảm xuống. Trong một nghiên cứu tương tự, Luo và cộng sự (2012) đã thay thế tới 75% protein từ bột cá bằng khô dầu hạt cải (lên tới 55% khô dầu hạt cải) mà không làm giảm tỷ lệ sống, tốc độ tăng trưởng hoặc hiệu quả sử dụng thức ăn. Khẩu phần được đánh giá trong nghiên cứu này chỉ chứa 12% khô dầu đậu nành.

Ở đó không có sự khác biệt về thành phần cơ của cá trong thử nghiệm này.

Mặc dù tốc độ tăng trưởng thường là thước đo được sử dụng để ấn định giá trị cho các nguyên liệu thức ăn thay thế, nhưng việc thay thế bột cá bằng protein thực vật có thể mang lại lợi ích kinh tế đáng kể với tốc độ tăng trưởng dưới mức tối ưu. Gần đây, Kirimi và cộng sự (2020) đã xác định rằng khẩu phần ăn cho cá rô phi trong đó 1/3 lượng protein được cung cấp bởi khô dầu hạt cải, khô dầu hướng dương hoặc khô dầu đậu nành dẫn đến khẩu phần có điểm protein là 76-78%, so với 97% cho bột cá. Tuy nhiên, việc sử dụng các protein thay thế đã làm giảm chi phí sản xuất. Iqbal và cộng sự (2021b) xác định rằng khô dầu hạt cải mang lại lợi ích kinh tế tốt nhất khi sử dụng ở mức 50% protein trong khẩu phần ăn, thay thế cả bột cá và bột dầu đậu nành.

Cá chép

Ít nhất 8 loài cá chép được nuôi làm thực phẩm trên khắp thế giới (Bảng 12). Sự quan tâm đến khô dầu hạt cải dành cho những loài này ngày càng tăng do thành phần axit amin độc đáo của thành phần này (Kaiser và cộng sự, 2022).

Một nghiên cứu cũ hơn của Abbas và cộng sự (2008) cho thấy rằng khô dầu hạt cải có thể dễ dàng thay thế một phần bột cá trong khẩu phần của ba loài này mà không gây tổn hại cho cá nhưng lại làm giảm tăng trọng (Bảng 13). Jiang và cộng sự (2016) xác định cá trắm cỏ sinh trưởng tối ưu với khẩu phần chứa 34% khô dầu hạt cải, 20% khô dầu đậu nành và 10% khô dầu hạt bông và không có bột cá, với điều kiện khẩu phần được bổ sung lysine và methionine. Việc sản xuất enzyme tiêu hóa bị giảm khi các axit amin tự do bị loại bỏ khỏi khẩu phần. Bột cá cũng có thể được thay thế hoàn toàn bằng sự kết hợp giữa khô dầu hạt cải và tảo chlorella (Shi và cộng sự, 2017), cho thấy rằng khô dầu

hạt cải có thể mang lại kết quả tương tự. Habib và cộng sự (2018) đã đưa phytase hoặc citrate vào khẩu phần bột cải dầu cho Cá trôi Ấn Độ và nhận thấy rằng cả hai lựa chọn đều cải thiện khả năng tiêu hóa canxi, photpho, natri, kali và magiê, cho phép bổ sung ít khoáng chất này hơn. Cá trôi Ấn Độ được cho ăn khô dầu hạt cải làm nguồn protein chính có tốc độ tăng trưởng cao hơn so với những cá được cho ăn khô dầu hạt bông, khô dầu hạt cải, khô dầu đậu nành hoặc bột cá (Iqbal và cộng sự, 2015).

Bảng 12. Các loài cá chép nuôi chính

Loài	Tên thường gọi	Nguồn gốc
<i>Cyprinus caprio</i>	Cá chép, cá chép châu Âu	Châu Á và Châu Âu
<i>Ctenopharyngodon idella</i>	Cá trắm cỏ, cá trắm trắng	Việt Nam, Siberia, Trung Quốc
<i>Hypophthalmichthys nobilis</i>	Cá chép đầu to	Đông Á, Trung Quốc
<i>Mylopharyngodon piceus</i>	Cá chép đen, cá rô đen, cá trắm ố, cá amur đen	Đông Á, Trung Quốc, Việt Nam
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	Cá chép bạc, cá chép bay	Siberi, Trung Quốc
<i>Catla catla</i>	Katla, Katol, Chepti, Baudhekra, Bacha, Karakatla, Tambra	Ấn Độ, Nepal, Pakistan, Myanmar, Bangladesh,
<i>Cirrhinus mrigala</i>	Morakhi, Moree, cá chép trắng, cá chép Mrgal	Tây Nam Á, Ấn Độ
<i>Labeo rohita</i>	Cá trôi Ấn Độ, Rohita, Roho	Ấn Độ, Nepal, Bangladesh, Pakistan và Myanmar

Bảng 13. Đánh giá khô dầu hạt cải thay thế một phần bột cá của ba loài cá chép¹

Khẩu phần	Loài	Tỷ lệ sống sót, %	Khối lượng ban đầu, g	Khối lượng cuối cùng, g	Tăng trọng, g
Bột cá đối chứng	<i>Labeo rohita</i>	100	123,0	356,6	233,6
	<i>Cirrhinus mrigala</i>	100	118,0	332,6	214,6
	<i>Catla catla</i>	100	123,0	362,4	239,4
Cải dầu thay thế 20% bột cá	<i>Labeo rohita</i>	100	122,7	420,4	197,7
	<i>Cirrhinus mrigala</i>	100	118,7	305,6	186,9
	<i>Catla catla</i>	100	123,5	337,1	213,6
Cải dầu thay thế 40% bột cá	<i>Labeo rohita</i>	100	122,5	284,6	162,1
	<i>Cirrhinus mrigala</i>	100	118,1	282,2	164,1
	<i>Catla catla</i>	100	123,7	305,1	181,4

¹ Abbas và cộng sự, 2008.

Khô dầu hạt cải là một lựa chọn thay thế hấp dẫn cho bột cá đối với cá chép (Hussain và cộng sự (2020). Thông thường, nó được đưa vào khẩu phần ăn của những loài cá này ở mức tương đương 50-55% khẩu phần ăn. Các nhà nghiên cứu lưu ý thêm rằng cá chép rất thường được nuôi ở những nơi có ô nhiễm nước và có thể được hưởng lợi từ các hợp chất polyphenolic trong khô dầu hạt cải. Họ xác định rằng việc duy trì polyphenol Brassica ở mức 200-500 mg/kg thức ăn đã cải thiện lượng ăn vào, khả năng tiêu hóa và tăng trưởng trong khẩu phần. Khô dầu hạt cải (*Brassica napus*) rất giàu polyphenol như sinapine, axit sinapic

và canolol (Nandasiri và cộng sự, 2019) có đặc tính chống oxy hóa và kháng khuẩn. Vì vậy, khô dầu hạt cải có thể mang lại lợi ích bổ sung trong điều kiện nuôi dưới mức tối ưu.

Cá da trơn

Cá da trơn dễ dàng được nuôi trong các kênh hoặc ao, và nhiều loài cá da trơn được sử dụng cho mục đích này. Các loài được nuôi rộng rãi nhất thuộc ba chi, được đặc trưng bởi nguồn gốc của chúng. Những điều này được thể hiện trong Bảng 14.

Bảng 14. Các loài cá da trơn nuôi chính

Chi	Tên thường gọi	Nguồn gốc
<i>Pangasiidae</i>	Cá trê sọc, cá basa, cá tra, cá tra, cá trê	Phía Nam châu Á
<i>Ictaluridae</i>	Cá nheo Mỹ	Bắc Mỹ
<i>Clariidae</i>	Cá da trơn Bắc Phi, họ cá trê	Bắc Phi, Nam Á

Có lẽ do việc nuôi cá da trơn dễ dàng nên có rất ít nghiên cứu được công bố liên quan đến ảnh hưởng của khẩu phần đến các thông số năng suất. Trong một thử nghiệm ban đầu, Webster và cộng sự (1997) đã thay thế khô dầu hạt cải bằng bột ngô và khô dầu đậu nành trong khẩu phần ăn của cá da trơn. Như Bảng 15 cho thấy, việc thay thế một phần khô dầu đậu nành bằng khô dầu hạt cải (khẩu phần 3, 4 và 5) đã cải thiện năng suất so với chỉ có riêng khô dầu đậu nành (khẩu phần 2) đối với khẩu phần có tới 36% khô dầu hạt cải. Không có khẩu phần nào có năng suất bằng khẩu phần có nhiều bột cá hơn (khẩu phần 1).

Bảng 15. Đánh giá hỗn hợp khô dầu hạt cải và khô đậu nành trong khẩu phần ăn của cá da trơn ¹

Thành phần	Khẩu phần					
	1	2	3	4	5	6
Bột cá, %	8	4	4	4	4	4
Khô dầu đậu nành, %	51	57	47	37	27	17
Khô dầu hạt cải, %	0	0	12	24	36	48
Đo lường						
Tăng trọng, %	743	379	599	542	608	442
Tỷ lệ hiệu quả protein	1,96	1,36	1,78	1,73	1,68	1,45
Tỷ lệ sống sót, %	100	98	100	100	100	100

¹ Webster và cộng sự, 1997

Zhang và cộng sự (2020) đánh giá khô dầu hạt cải có thể thay thế bột cá trong khẩu phần ăn của cá da trơn đuôi đỏ châu Á. Khô dầu hạt cải được bao gồm ở mức 0, 12, 24, 36 và 48% trong tổng khẩu phần ăn. Khối lượng cuối cùng và mức tăng trọng không khác biệt so với đối chứng khi có tới 36% khô dầu hạt cải được đưa vào khẩu phần. Khi tất cả các nghiệm thức được xem xét, có xu hướng mức tăng giảm và lượng tiêu thụ tăng lên khi mức độ bổ sung khô dầu hạt cải tăng lên. Không có sự khác biệt về tỷ lệ sống sót đối với bất kỳ nghiệm thức nào. Hoạt động của enzyme tiêu hóa (pepsin, trypsin, lipase và amylase) giảm ở tất cả các mức bổ sung khô dầu hạt cải.

Cho các loài cá ăn thịt ăn khô dầu hạt cải chiết xuất dung môi

Theo Oliva-Teles và cộng sự (2015), việc thay thế tới một nửa lượng bột cá trong khẩu phần ăn của cá ăn thịt bằng các loại protein thay thế là tương đối dễ dàng.

Việc sử dụng protein từ thực vật để thay thế hơn 50% bột cá trong khẩu phần ăn gây ra vấn đề vì đường tiêu hóa của các loài ăn thịt phù hợp với quá trình tiêu hóa protein động vật. Hơn nữa, những loài này có nhu cầu rất cao về protein và axit amin (Araujo và cộng sự, 2021), khó đáp ứng được nếu không sử dụng protein cô đặc, một số trong đó có thể không được cân bằng tốt cho tất cả các axit amin thiết yếu. Sự cân bằng axit amin của protein từ khô dầu hạt cải gần giống với bột cá hơn bất kỳ nguồn protein thực vật nào khác và là nguồn tốt nhất để thay thế bột cá (Enami, 2011; Kaiser và cộng sự, 2022). Trong bối cảnh đó, khô dầu hạt cải phù hợp để thay thế một phần protein trong các khẩu phần này, mặc dù một phần nhỏ hơn có thể được sử dụng cho cá ăn tạp.

Cá hồi vân

Thành phần axit amin của khô dầu hạt cải /bã cải dầu đã được chứng minh là lý tưởng để thay thế bột cá cho cá hồi vân (Slawski và cộng sự 2013) và có khả năng tiêu hóa protein (90,9%) tương tự như bột cá (89,2% Burel và cộng sự, 2000).

Ngoài việc xác định khả năng tiêu hóa, một số thử nghiệm đã báo cáo những kết quả đáng khích lệ liên quan đến việc sử dụng khô dầu hạt cải. Trong một thử nghiệm nuôi dưỡng (Shafaeipour và cộng sự, 2008), khô dầu hạt cải cộng với DL-methionine đã được thay thế từ 10 đến 57% protein từ bột cá (5% đến 30% lượng thức ăn) trong khẩu phần ăn cho cá hồi. Vào cuối giai đoạn cho ăn kéo dài 16 tuần, các nhà nghiên cứu xác định rằng khẩu phần không có tác dụng phụ đối với sự tăng trưởng và khô dầu hạt cải có khả năng thay thế lượng bột cá đáng kể trong khẩu phần của cá hồi.

Yigit và cộng sự (2012) đã cung cấp cá hồi vân (khối lượng ban đầu 1,5 g) với khẩu phần chứa 0, 8, 16, 24 hoặc 32% khô dầu hạt cải chiết xuất bằng dung môi trong 12 tuần. khô dầu hạt cải thay thế bột cá và bột ngô trong

khẩu phần ăn. Tốc độ tăng trưởng giảm nhẹ với mỗi lần tăng thêm khô dầu hạt cải nhưng được coi là chấp nhận được và không có tác động bất lợi nào của khô dầu hạt cải lên lượng thức ăn ăn vào. Các thông số năng suất thu được với mức bổ sung 8% và 16% không khác biệt về mặt thống kê so với những thông số thu được khi cá hồi nhận được khẩu phần có 0% khô dầu hạt cải, mặc dù các giá trị về tăng trọng và tốc độ tăng trưởng cụ thể thấp hơn về mặt số lượng. Kết quả được hiển thị trong Bảng 16.

Bảng 16. Năng suất nuôi cá hồi vân với khẩu phần chứa khô dầu hạt cải ở các mức độ khác nhau ¹

Chỉ tiêu	Mức độ khô dầu hạt cải, %				
	0	8	16	24	32
Khối lượng ban đầu, g	1,55	1,57	1,56	1,57	1,58
Khối lượng cuối cùng, g	14,21	13,06	12,82	11,79	10,48
Tăng trọng, g	12,65	11,51	11,24	10,20	8,88
Tỷ lệ tăng trưởng cụ thể, %/ngày	2,45	2,36	2,30	2,24	2,10
Lượng thức ăn ăn vào, g	12,80	12,77	12,55	12,35	11,49
Tăng trọng/thức ăn	1,04	1,10	1,09	1,19	1,30
Tỷ lệ sống sót, %	98,3	98,3	98,3	98,3	96,6

¹ Yigit và cộng sự, 2012.

Trong một thí nghiệm tương tự, Collins và cộng sự (2012) đã cung cấp cho cá hồi vân các khẩu phần ăn trong đó khô dầu hạt cải được đưa vào ở mức 0, 7,5, 15, 22,5 và 30%. Giống như nghiên cứu của Yigit và cộng sự (2012), tốc độ tăng trưởng cụ thể đã giảm tuyến tính khi việc sử dụng khô dầu hạt cải tăng lên. Các nhà nghiên cứu đề nghị hạn chế mức bổ sung khô dầu hạt cải ở mức 15%.

Cải dầu từ hạt cải dầu màu nâu hoặc vàng được đưa vào khẩu phần ăn cho cá hồi vân với khối lượng ban

đầu là 2,5 gram với tỷ lệ là 15% (Anderson và cộng sự, 2018). Khối lượng cơ thể cuối cùng thấp hơn một chút ở cải dầu hạt nâu nhưng không thấp hơn ở cải dầu hạt vàng so với đối chứng. Không có sự khác biệt đáng kể về tốc độ tăng trưởng cụ thể hoặc hiệu quả sử dụng thức ăn đối với bất kỳ nghiệm thức nào.

Khẩu phần có chứa tới 32% khô dầu hạt cải đã được chứng minh là không có tác động bất lợi đến tăng trưởng khi khẩu phần được bổ sung cellulase, phytase và pectinase (Yigit và Keser, 2016). Cần có những nghiên cứu sâu hơn về việc sử dụng enzyme cùng với khô dầu hạt cải.

Những kết quả này chứng minh rằng khẩu phần thực tế có thể được xây dựng bằng cách sử dụng tới 15% khô dầu hạt cải để giảm việc sử dụng bột cá trong khẩu phần ăn cho cá hồi vân. Mức độ cao hơn có thể đạt được khi bổ sung enzyme. Mặc dù không phải là sự thay thế hoàn toàn cho bột cá nhưng việc bổ sung khô dầu hạt cải ở mức độ này sẽ có lợi trong việc cải thiện hơn nữa tính bền vững của các loài cá này.

Cá hồi

Cá hồi, đặc biệt cá hồi chấm, có khả năng dung nạp carbohydrate thực vật thấp. Đã có nhiều nghiên cứu điều tra nguồn protein thực vật và điều này phần lớn được thực hiện với khô dầu đậu nành và protein cô đặc từ đậu nành, nhưng cũng có một vài nghiên cứu gần đây đánh giá khô dầu hạt cải.

Drew (2004) đã chứng minh khô dầu hạt cải là nguồn protein vượt trội so với khô dầu đậu nành dành cho cá hồi vì nó có ít đặc tính kháng nguyên hơn và do đó ít có khả năng gây miễn cảm hơn. Khô dầu đậu nành và chất cô đặc protein đậu nành có thể gây rắc rối cho cá hồi, gây ra phản ứng dị ứng ở ruột (Kaiser và cộng sự, 2022). Hơn nữa, protein trong khô dầu hạt cải có giá trị sinh học cao hơn khô dầu đậu nành (Enami, 2011).



Khuyến nghị an toàn phổ biến đối với mức bổ sung khô dầu cải dầu là 10% (Burr và cộng sự, 2013; Collins và cộng sự, 2013), do hàm lượng chất xơ trong khẩu phần. Tuy nhiên, có dấu hiệu cho thấy mức độ cao hơn có thể được sử dụng. Trong một thử nghiệm nuôi dưỡng ở Tasmania trong đó khô dầu hạt cải của Australia được sử dụng (Sajjadi và Carter, 2004), khẩu phần có chứa 35% khô dầu hạt cải đã được đánh giá. Tỷ lệ sống là 100% với các mức và protein này, đồng thời khả năng tiêu hóa của khẩu phần vượt quá 90%.

Cho động vật giáp xác ăn khô dầu hạt cải chiết xuất dung môi

Tôm

Khô dầu hạt cải đã được sử dụng thành công trong khẩu phần ăn cho tôm sú ở nhiều nơi trên thế giới. Trong một nghiên cứu cũ được thực hiện ở Trung Quốc, Lim và cộng sự (1997) nhận thấy rằng 15% khô dầu hạt cải trong khẩu phần ăn của tôm không dẫn đến sự khác biệt đáng kể về năng suất so với khẩu phần đối chứng, nhưng mức bổ sung 30% và 45% dẫn đến tốc độ tăng trưởng và lượng thức ăn ăn vào thấp hơn. Kể từ đó, kiến thức liên quan đến nhu cầu dinh dưỡng của các loài này đã được thu thập.

Nghiên cứu được thực hiện ở Mexico (Cruz-Suarez và cộng sự, 2001) cho thấy rằng khô dầu hạt cải có thể được kết hợp vào khẩu phần ăn với tỷ lệ 30%, thay thế bột cá, khô dầu đậu nành và lúa mì mà không làm thay đổi năng suất của tôm xanh non. Ở Malaysia (Bulbul và cộng sự, 2014), các nhà nghiên cứu phát hiện ra rằng chỉ riêng khô dầu hạt cải có thể được sử dụng để thay thế 20% bột cá mà không làm thay đổi năng suất. Các nhà nghiên cứu tương tự (Bulbul và cộng sự, 2016) đã xác định rằng hỗn hợp khô dầu hạt cải và khô dầu đậu nành (40:60) có thể được sử dụng để thay thế hoàn

toàn bột cá trong khẩu phần ăn của tôm Kumura với điều kiện chất dẫn dụ cũng được thêm vào khẩu phần.

Escobar và cộng sự (2022) đã cung cấp cho tôm khẩu phần đối chứng dựa trên bột cá thương mại hoặc khẩu phần hỗn hợp (50:50) khô dầu hạt cải và khô dầu đậu nành (khẩu phần dựa trên protein thực vật) chiếm 46% khẩu phần được cung cấp như hiện tại hoặc được xử lý bằng quá trình lên men. Tỷ lệ tiêu hóa protein của khẩu phần có hỗn hợp protein lên men là 93,0%, tương đương với khẩu phần đối chứng (94,7%) và cao hơn khẩu phần có nguồn protein không lên men (83,7%). Mức tăng trung bình là lớn nhất đối với khẩu phần chứa protein thực vật chưa lên men (lần lượt là 1,1, 1,0 và 0,9 g/tuần đối với đậu nành/cải dầu không lên men, đậu nành/cải dầu lên men và bột cá), mặc dù tỷ lệ sống được cải thiện khi hỗn hợp đậu nành/cải dầu được lên men.

Tôm thương phẩm

Giống như tôm, tôm thương phẩm có thể phát triển bình thường với khẩu phần có chứa protein thực vật, miễn là khẩu phần ăn ngon miệng. Các nhà nghiên cứu ở Úc (Buchanan và cộng sự, 1997) đã cho tôm ăn khẩu phần có 0, 20 hoặc 64% khô dầu hạt cải. Kết quả chỉ ra rằng cần phải có một loại enzyme hỗn hợp để có mức bổ sung khô dầu hạt cải cao hơn nhằm tạo ra tốc độ tăng trưởng tương đương với khẩu phần đối chứng không có khô dầu hạt cải. Suarez và cộng sự (2009) xác định rằng tốc độ tăng trưởng và tỷ lệ sống ở tôm với khẩu phần bao gồm 18% khô dầu hạt cải vẫn tương đương với khẩu phần tham khảo. 6% bột cá được đưa vào khẩu phần thí nghiệm. Glencross và cộng sự (2018) đã công bố giá trị tiêu hóa của 29 nguyên liệu có tiềm năng sử dụng trong khẩu phần ăn của tôm sú, *Penaeus monodon*. Các giá trị của khô dầu hạt cải được cung cấp trong Bảng 17. Các giá trị tiêu hóa của ba nguồn bột cá được cung cấp để so sánh.

Bảng 17. Tỷ lệ tiêu hóa (%) khô dầu hạt cải và 3 nguồn bột cá cho tôm.

Khả năng tiêu hóa	Khô dầu hạt cải	Cá cơm	Cá ngừ	Cá thu
Vật chất khô	34,5	58,7	48,6	35,5
Chất đạm thô	75,0	83,7	81,5	73,5
Chiết xuất ether	71,6	67,3	100	95,2
Năng lượng	26,5	65,1	53,0	52,1

Biabani và cộng sự (2016) đã cung cấp cho tôm khẩu phần đối chứng dựa trên bột cá và 4 khẩu phần thí nghiệm, trong đó protein từ khô dầu hạt cải được thay thế 25, 50, 75 và 100% protein từ bột cá. Tốc độ tăng trưởng tốt hơn so với khẩu phần đối chứng khi tôm được cho ăn khẩu phần có 25 hoặc 50% protein từ khô dầu hạt cải. Tốc độ tăng trưởng ở các khẩu phần thay thế 75 hoặc 100% bột cá tương đương với khẩu phần đối chứng. Các nhà nghiên cứu kết luận rằng có thể thay thế tới 50% protein bột cá bằng khô dầu hạt cải một cách an toàn.

Động vật giáp xác khác

Cua bùn đường như có thể dễ dàng tiêu hóa khô dầu hạt cải. Thương và cộng sự (2008) xác định rằng tỷ lệ tiêu hóa vật chất khô và protein của khô dầu hạt cải của cua biển lần lượt là 83,5% và 87,6%. Điều này tốt hơn so với bột cá (tỷ lệ tiêu hóa chất khô và protein là 85,4% và 88,3%). Cua lông Trung Quốc có thể được cho ăn khẩu phần trong đó có tới 40% bột cá được thay thế bằng hỗn hợp khô dầu hạt cải và khô dầu đậu nành theo tỷ lệ 50:50 mà không bị giảm tốc độ tăng trưởng. Ren và cộng sự (2018) lưu ý rằng pectin hoạt động như một yếu tố kháng dinh dưỡng cho hạt cải dầu và khô dầu

hạt cải, cho thấy rằng việc đưa pectinase vào có thể cải thiện công dụng của khô dầu cải trong khẩu phần ăn của cua lông Trung Quốc.

Safari và cộng sự (2014) đã thực hiện một cuộc khảo sát về các thành phần có thể được đưa vào khẩu phần ăn của tôm càng hẹp. Nghiên cứu cho thấy hạt cải dầu xay là nguyên liệu đầy hứa hẹn cho tôm càng.

Xử lý khô dầu hạt cải

Khô dầu hạt cải có thể được sử dụng để sản xuất protein cải dầu cô đặc (CPC) bằng cách chiết xuất protein trong nước (Burr và cộng sự, 2013; Thiessen và cộng sự, 2004). Điều này giúp loại bỏ các yếu tố kháng dinh dưỡng (chủ yếu là chất xơ) và tạo ra sản phẩm có hàm lượng protein cao hơn khô dầu hạt cải, giúp dễ dàng sử dụng trong công thức chế biến cho các loài có nhu cầu protein cao. CPC chứa hàm lượng protein thô xấp xỉ như bột cá với thành phần axit amin tốt hơn bột gluten ngô và protein cô đặc từ đậu nành. Khả năng sử dụng CPC hoặc protein cô đặc từ hạt cải dầu (RPC) để thay thế hoàn toàn bột cá khác nhau tùy theo loài cá và có thể liên quan đến đặc tính cảm quan của khẩu phần ăn được sử dụng trong các nghiên cứu được thực hiện cho đến nay.

Collins và cộng sự (2012) xác định rằng CPC không có tác động tiêu cực đến sự phát triển của cá hồi vân khi so sánh với bột cá. Tương tự, Slawski và cộng sự (2012) xác định rằng RPC có thể được sử dụng để thay thế hoàn toàn khẩu phần ăn bột cá cho cá hồi vân. Thí nghiệm thứ hai được lặp lại bằng cách sử dụng CPC (Slawski và cộng sự, 2013). Khô dầu hạt cải được thay thế 0, 25, 50, 75 và 100% bột cá. Ở mức thay thế 75%, tăng trọng tốt hơn so với khẩu phần đối chứng bột cá. Tuy nhiên, Burr và cộng sự (2013) xác định rằng cá hồi được cung cấp khẩu phần ăn cơ bản có nhiều thành phần protein thực vật chỉ có thể chịu được 10% CPC để



thay thế cho bột cá. 20% là không thể chấp nhận được và dẫn đến tốc độ tăng trưởng thấp hơn. Có thể một số loài cá cần có chất dẫn dụ.

Sử dụng dầu hạt cải trong nuôi trồng thủy sản

Với nhu cầu cao về cá và động vật giáp xác nuôi thương mại, tình trạng thiếu dầu cá ngày càng trầm trọng và dự kiến sẽ còn tăng trong tương lai. Việc thay thế dầu cá bằng dầu thực vật đã được ghi nhận rộng rãi, nhìn chung có rất ít tác động tiêu cực đến năng suất tăng trưởng của cá (Glencross và Turchini, 2011). Dầu hạt cải độc đáo ở chỗ dầu chứa tỷ lệ cao axit oleic axit béo không bão hòa đơn.

Theo Turchini và cộng sự (2013), dầu canola và dầu hạt cải là những loại dầu thực vật được sử dụng rộng rãi nhất trong khẩu phần ăn của cá hồi và cá hồi chấm. Dầu hạt cải rất được ưa chuộng do hàm lượng axit linoleic (omega 6) thấp, giúp duy trì tỷ lệ omega 3 và omega 6 tự nhiên có trong cá. Salini và cộng sự (2015) cũng phát hiện ra rằng các axit béo bão hòa và không bão hòa đơn được ưu tiên oxy hóa để tạo năng lượng, do đó giúp loại bỏ các axit béo không bão hòa đa chuỗi dài khỏi quá trình oxy hóa. Turchini và cộng sự (2013) đã thay thế tới 90% dầu cá bằng dầu hạt cải trong khẩu phần ăn của cá hồi vân mà không làm giảm năng suất và chỉ thay đổi tối thiểu tổng tỷ lệ omega 3 và omega 6 trong phi lê. Tương tự, Karayucel và Dernekbaşı (2010) không tìm thấy sự khác biệt nào về tăng trưởng khi 100% lipid bổ sung được cung cấp bởi dầu hạt cải ở cá hồi vân.

Một cách tiếp cận khác để sử dụng dầu thực vật là cung cấp dầu thực vật trong khẩu phần ăn trong giai đoạn tăng trưởng, sau đó cung cấp khẩu phần giàu dầu cá trong giai đoạn tăng trưởng cuối cùng. Điều này cho phép cá tăng trưởng trên các loại dầu ít tốn kém

hơn và tích tụ lipid trong mô phân chiếu tốt hơn trong giai đoạn tăng trưởng cuối cùng. Izquierdo và cộng sự (2005) đã cung cấp cho cá tráp biển khẩu phần giàu dầu thực vật, sau đó chuyển sang dùng dầu cá trong giai đoạn cuối cùng. Dầu hạt cải được cho ăn trong giai đoạn tăng trưởng, tiếp theo là dầu cá ở giai đoạn cuối cùng, cho phép cá tráp phát triển thành phần axit béo lý tưởng trong mô, trong khi cá được cho ăn khô dầu đậu nành trong giai đoạn tăng trưởng tích tụ một lượng đáng kể axit linoleic mà không thể giảm đáng kể trong quá trình cho cá ăn dầu cá ở giai đoạn vỗ béo.

Tài liệu tham khảo

Abbas, S., Ahmed, I., Hafeez-Ur-Rehman, M. and Mateen, A., 2008. Replacement of fish meal by canola meal in diets for major carps in fertilized ponds. *Pakistan Veterinary Journal*, 28(3) pp.111-114.

Albrektsen, S., Kortet, R., Skov, P.V., Ytteborg, E., Gitlesen, S., Kleinegris, D., Mydland, L.T., Hansen, J.Ø., Lock, E.J., Mørkøre, T. and James, P., 2022. Future feed resources in sustainable salmonid production: A review. *Reviews in Aquaculture*. 10.1111/raq.12673

Ali Zamini, A., Kanani, H.G., azam Esmaeili, A., Ramezani, S. and Zoriezahra, S.J., 2014. Effects of two dietary exogenous multi-enzyme supplementation, Natuzyme® and beta-mannanase (Hemicell®), on growth and blood parameters of Caspian salmon (*Salmo trutta caspius*). *Comparative Clinical Pathology*, 23, pp.187-192.

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.



Allan, G.L. and Booth, M.A., 2004. Effects of extrusion processing on digestibility of peas, lupins, canola meal and soybean meal in silver perch *Bidyanus bidyanus* (Mitchell)

diets. *Aquaculture Research*, 35(10), pp.981- 991,

Anderson, D.M., MacPherson, M.J., Collins, S.A. and MacIsaac, P.F., 2018. Yellow-and brown-seeded canola (*Brassica napus*), camelina (*Camelina sativa*) and Ethiopian mustard (*Brassica carinata*) in practical diets for rainbow trout fingerlings. *Journal of Applied Aquaculture*, 30(2), pp.187-195.

Araujo, B.C., Symonds, J.E., Glencross, B.D., Carter, C.G., Walker, S.P. and Miller, M.R., 2021. A review of the nutritional requirements of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, pp.1-30.

Arsalan, M., Hussain, S.M., Ali, S., Ahmad, B. and Sharif, A., 2021. Use of phytase and citric acid supplementation on growth performance and nutrient digestibility of *Cirrhinus mrigala* fingerlings fed on canola meal based diet. *Brazilian Journal of Biology*, 83.

Biabani, A., Alaf Noverian, H. and Falahatkar, B., 2016. The Effect of replacing fish meal with different level of canola meal cake on growth performance and body composition of oriental river prawn (*Macrobrachium nipponense*) in juvenile stage. *Journal of Animal Environment*, 7(4), pp.211-218.

Bibi, F., Qaisrani, S.N. and Akhtar, M., 2020. Nutritive evaluation, metabolisable energy and digestible amino acid contents of different indigenous feedstuff for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Brazilian Journal of Biology*, 81, pp.44-52.

Bischoff, K., 2019. Glucosinolates and organosulfur compounds pp113-119. In *Nutraceuticals in Veterinary Medicine*, Springer AG, Switzerland.

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.

Borgeson, 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 *M. arsupenaeus japonicus* (Bate). *Aquaculture Research*, 45(5), pp.848-858.

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.

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 byproduct meal in a commercial production diet for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *International Aquatic Research*, 5(1), p.5.

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., Øverland, 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 stylirostris*). *Aquaculture*, 196(1-2), pp.87-104.

Dalsgaard, J., Verlhac, V., Hjermslev, 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. *Avances en Nutrición Acuicola. VII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*, 16-19 Noviembre, Hermosillo, Mexico, pp. 168-181.

Elesho, F.E., Kröckel, S., Sutter, D.A.H., Nuraini, R., Chen, I.J., Verreth, J.A.J. and Schrama, J.W., 2021. Effect of feeding level on the digestibility of alternative protein-rich ingredients for African catfish (*Clarias gariepinus*). *Aquaculture*, 544, p.737108.

Enami, H.R., 2011. A review of using canola/rapeseed meal in aquaculture feeding. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 6(1), p.22.

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

Erdogan, F. and Olmez, 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.

Escobar, R., Lozano, M.S.R., Flores, J.C.M., Cortés, G.G. and Suárez, E.J.D., Effects of soybean and canola meals as dietary protein sources on the production performance and meat quality of shrimp. *Veterinaria México OA*, 9.

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.

Fries, E.M., Oxford, J.H., Godoy, A.C., Hassamer, M.Z., Correia, A.F., Boscolo, W.R. and Signor, A., 2020. Phytase on the digestibility of plant protein feed for silver catfish, *Rhamdia voulezi*. *Aquaculture*, 528, p.735528.

Francis, G., Makkar, H.P. and Becker, K., 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199(3-4), pp.197-227.

Furuya, W.M., Pezzato, L.E., Miranda, E.C.D., Furuya, V.R.B., Barros, M.M. and Lanna, E.A.T., 2001. Apparent nutrient and energy digestibility of canola meal for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30, pp.611-616.

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 Curimatá (*Prochilodus lineatus* V.) fingerling diets. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(2), pp.552-559.

Gaylord, T.G., Rawles, S.D. and Gatlin III, D.M., 2004. Amino acid availability from animal, blended, and plant feedstuffs for hybrid striped bass (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*). *Aquaculture Nutrition*, 10(5), pp.345-352.

Glencross, B., Blyth, D., Wade, N. and Arnold, S., 2018. Critical variability exists in the digestible value of raw materials fed to black tiger shrimp, *Penaeus monodon*: The characterisation and digestibility assessment of a series of research and commercial raw materials. *Aquaculture*, 495, pp.214-221.

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.

Glencross, B.D. and Turchini, G.M., 2010. Chapter 12. Fish Oil Replacement in Starter, Grow-Out, and Finishing Feeds for Farmed Aquatic Animals. In: Fish oil replacement and alternative *lipid sources in aquaculture feeds*, p.373. CRC Press

Gonçalves, G.S. and Furuya, W.M., 2004. Digestibilidade aparente de alimentos pelo piavuçu, *Leporinus macrocephalus*. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 26(2), pp.165-169.

Gonçalves, G.S., Furuya, W.M., Ribeiro, R.P., Furuya, V.R.B. and Soares, C.M., 2002. Farelo de canola na alimentação do piavuçu, *Leporinus macrocephalus* (Garavento & Britski), na fase inicial. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 24, pp.921-925.

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.

Hossain, M.A. and Jauncey, K., 1993. The effects of varying dietary phytic acid, calcium and magnesium levels on the nutrition of common carp, *Cyprinus carpio*. *Colloques de l'INRA (France)*.

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 *Mylopharyngodon piceus*. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 36(1), pp.41-48.

Hussain, S., Rehman, A.U., Luckett, D.J., Naqvi, S.M.S. and Blanchard, C.L., 2021. Protease inhibitors purified from the canola meal extracts of two genetically diverse genotypes exhibit antidiabetic and antihypertension properties. *Molecules*, 26(7), p.2078.

Hussain, S.M., Afzal, M., Nasir, S., Javid, A., Makhdoom, S.M., Jabeen, F., Azmat, H., Hussain, M. and Shah, S.Z.H., 2016. 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.

Hussain, S.M., Gohar, H., Rasul, A.Z.H.A.R., Shahzad, M.M., Akram, A.M., Tariq, M., Hussain, M., Ali, M. and Khalid, A., 2020. Effect of polyphenols supplemented canola meal based diet on growth performance, nutrient digestibility, and antioxidant activity of common carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) fingerlings. *Indian Journal of Fish*, 67, pp.72-79.

Hussain, S.M., Afzal, M., Nasir, S., Javid, A., Azmat, H., Mamoon Makhdoom, S., Shah, S.Z.H., Hussain, M., Mustafa, I. and Iqbal, M., 2017. Role of phytase supplementation in improving nutrient digestibility and growth performance for *Labeo rohita* fingerlings

fed on canola meal-based diet. *Journal of Applied Animal Research*, 45(1), pp.15-21.

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).

Iqbal, M., Afzal, M., Yaqub, A., Anjum, K.M. and Tayyab, K., 2021. Combined Effects of Citric Acid and Phytase Supplementation on Growth Performance, Nutrient Digestibility and Body Composition of *Labeo rohita* Fingerlings. *Aquaculture Studies*, 22(1).

Iqbal, M., Yaqub, A. and Ayub, M., 2021b. Partial and full substitution of fish meal and soybean meal by canola meal in diets for genetically improved farmed tilapia (*O. niloticus*): Growth performance, carcass composition, serum biochemistry, immune response, and intestine histology. *Journal of Applied Aquaculture*, pp.1-26.

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 (*C. tenopharyngodon idella*) fed plant protein diets using high-level canola meal. *Aquaculture Nutrition*, 22(5), pp.1126-1133.

Kaiser, F., Harbach, H. and Schulz, C., 2022. Rapeseed proteins as fishmeal alternatives: A review. *Reviews in Aquaculture*. DOI: 10.1111/raq.12678

Karayucel, I. 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.

Kirimi, J.G., Musalia, L.M., Magana, A. and Munguti, J.M., 2020. Protein quality of rations for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) containing oilseed meals. *Journal of Agricultural Sciences* 12(2), pp.82-91.

Kitagima, R.E. and Fracalossi, D.M., 2011. Digestibility of alternative protein-rich feedstuffs for channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42(3), pp.306-312.

Kou, H., Xu, S., and Wang, A.L., 2015. Effect of replacing canola meal for fish meal on the growth, digestive enzyme activity, and amino acids, of ovate pompano, *Trachinotus ovatus*. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh* 67, pp.1144-1154

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.

Lee, S., Chowdhury, M.K., Hardy, R.W. and Small, B.C., 2020. Apparent digestibility of protein, amino acids and gross energy in rainbow trout fed various feed ingredients with or without protease. *Aquaculture*, 524, p.735270.

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.

Luo, Y., Ai, Q., Mai, K., Zhang, W., Xu, W. and Zhang, Y., 2012. Effects of dietary rapeseed meal on growth performance, digestion and protein metabolism in

relation to gene expression of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture*, 368, pp.109-116.

Luo, Z., Li, X.D., Wang, W.M., Tan, X.Y. and Liu, X., 2011. Partial replacement of fish meal by a mixture of soybean meal and rapeseed meal in practical diets for juvenile Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis*: effects on growth performance and in vivo digestibility. *Aquaculture Research*, 42(11), pp.1615-1622.

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.

Maas, R.M., Verdegem, M.C., Dersjant-Li, Y. and Schrama, J.W., 2018. The effect of phytase, xylanase and their combination on growth performance and nutrient utilization in Nile tilapia. *Aquaculture*, 487, pp.7-14.

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.

Mirzakhani, M.K., Abedian Kenari, A., Motamedzadegan, A. and Banavreh, A., 2020. Apparent digestibility coefficients of crude protein, amino acids, crude lipid, dry matter and gross energy of ten feedstuffs for yearling Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt 1869). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 19(3), pp.1500-1516.

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. Pp73-82.

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

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

Oliva-Teles, A., Enes, P. and Peres, H., 2015. Replacing fishmeal and fish oil in industrial aquafeeds for carnivorous fish. *Feed and Feeding Practices in Aquaculture*, pp.203-233.

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.

Pezzato, L.E., Miranda, E.C.D., Barros, M.M., Pinto, L.G.Q., Furuya, W.M. and Pezzato, A.C., 2002. Apparent digestibility of feedstuffs by Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31, pp.1595-1604.

Prabu, E., Rajagopalsamy, C.B.T., Ahilan, B., Santhakumar, R., Jeevagan, I.J.M.A. and Renuhadevi, M., 2017. An overview of anti-nutritional factors in fish feed ingredients and their effects in fish. *Journal of Aquaculture in the Tropics*, 32(1/2), p.149.

Ren, S., Zhu, J., Cai, C., Wang, Z., Wu, P., Wang, Y., Cao, X. and Ye, Y., 2019. Pectin plays a role in restricting the utilization of rapeseed meal by Chinese mitten crab,

Eriocheir sinensis. *Aquaculture Research*, 50(2), pp.611-620.

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.

Sajjadi, M. and Carter, C.G., 2004. Dietary phytase supplementation and the utilisation of phosphorus by Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed a canola-meal-based diet. *Aquaculture*, 240(1-4), pp.417-431.

Salini, M.J., Turchini, G.M. and Glencross, B.D., 2017. Effect of dietary saturated and monounsaturated fatty acids in juvenile barramundi *Lates calcarifer*. *Aquaculture Nutrition*, 23(2), pp.264-275.

Santigosa, E., Sánchez, J., Médale, F., Kaushik, S., Pérez-Sánchez, J. and Gallardo, M.A., 2008. Modifications of digestive enzymes in trout (*Oncorhynchus mykiss*) and sea bream (*Sparus aurata*) in response to dietary fish meal replacement by plant protein sources. *Aquaculture*, 282(1-4), pp.68-74.

Satoh, S.; Poe, W. E.; Wilson, R. P., 1989: Effect of supplemental phytate and/or tricalcium phosphate on weight gain, feed efficiency and zinc content in vertebrae of channel catfish. *Aquaculture* 80, 155–161

Shafaeipour, A., Yavari, V., Falahatkar, B., Maremmazi, J.G. and Gorjipour, E., 2008. Effects of canola meal on physiological and biochemical parameters in rainbow

trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, 14(2), pp.110-119.

Sherry, J. and Koester, J., 2020. Life cycle assessment of aquaculture stewardship council certified Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Sustainability*, 12(15), p.6079.

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.

Slawski, H., Adem, H., Tressel, R.P., Wysujack, K., Koops, U. and Schulz, C., 2011. Replacement of fishmeal by rapeseed protein concentrate in diets for common carp (*Cyprinus carpio* L.). *The Israeli Journal of Aquaculture* 63, pp.605-611.

Slawski, H., Nagel, F., Wysujack, K., Balke, D.T., Franz, P. and Schulz, C., 2013. Total fish meal replacement with canola protein isolate in diets fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.). *Aquaculture Nutrition*, 19(4), pp.535-542.

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. Substituicao parcial e total da proteina do farelo de soja pela proteina do farelo de canola na alimentacao de alevinos de piavucu (*Leporinus macrocephalus*, L.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29(1), pp.15-22.

Storebakken, T., Shearer, K.D. and Roem, A.J., 1998. Availability of protein, phosphorus and other elements in fish meal, soy-protein concentrate and

phytase-treated soy-protein-concentrate-based diets to Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*, 161(1-4), pp.365-379.

Suárez, J.A., Gaxiola, G., Mendoza, R., Cadavid, S., Garcia, G., Alanis, G., Suárez, A., Faillace, J. and Cuzon, G., 2009. Substitution of fish meal with plant protein sources and energy budget for white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Aquaculture*, 289(1-2), pp.118-123.

Tayyab, K., Afzal, M., Iqbal, M., Arshad, A., Aslam, S. and Batool, M., 2017. Enhanced digestibility of phytase treated canola meal based diet for *Labeo rohita* fingerlings. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 27(4).

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.

Thiessen, D.L., 2004. Optimization of feed peas, canola and flaxseed for aqua feeds: The Canadian prairie perspective In: Cruz-Suárez, L.E., Ricque Marie, D., Nieto López, M.G., Villarreal, D., Scholz, U. y González, M. 2004. Avances en Nutrición Acuicola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola.16-19 Noviembre, 2004. Hermosillo, Sonora, Mexico.



Truong, P.H., Anderson, A.J., Mather, P.B., Paterson, B.D. and Richardson, N.A., 2008. Effect of selected feed meals and starches on diet digestibility in the mud crab, *Scylla serrata*. *Aquaculture Research*, 39(16), pp.1778-1786.

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 Cá trôi Ấn Độ (*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 Cá trôi Ấn Độ (*Labeo rohita*). *African Journal of Biotechnology*, 10(62), pp.13605-13609.

Usmani, N. and Jafri, A.K., 2002. Influence of dietary phytic acid on the growth, conversion efficiency, and carcass composition of mrigal *Cirrhinus mrigala* (Hamilton) fry. *Journal of the World Aquaculture Society*, 33(2), pp.199-204.

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., Radunz, 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.

von Danwitz, A., van Bussel, C.G., Klatt, S.F. and Schulz, C., 2016. Dietary phytase supplementation in rapeseed protein based diets influences growth performance, digestibility and nutrient utilisation in turbot (*Psetta maxima* L.). *Aquaculture*, 450, pp.405-411.

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* × *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.

Xu, S.D., Zheng, X., Dong, X.J., Ai, Q.H. and Mai, K.S., 2022. Beneficial effects of phytase and/or protease on growth performance, digestive ability, immune response and muscle amino acid profile in low phosphorus and/or low fish meal gibel carp (*Carassius auratus gibelio*) diets. *Aquaculture*, 555, p.738157.

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., 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*



THÔNG TIN CHUNG



GIA SÚC NHAI LẠI



LỢN



GIA CẦM



THỦY SẢN

Journal of Veterinary and Animal Sciences, 36(5), pp.533-538.

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.

Yigit, N.O. and Olmez, M., 2011. Effects of cellulase addition to canola meal in tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) diets. *Aquaculture Nutrition*, 17(2), pp.e494-e500.

Zhang, X., Wang, H., Zhang, J., Lin, B., Chen, L., Wang, Q., Li, G. and Deng, J., 2020. Assessment of rapeseed meal as fish meal alternative in diets for juvenile Asian red-tailed catfish (*Hemibagrus wyckioides*). *Aquaculture Reports*, 18, p.100497.

Zheng, C.C., Wu, J.W., Jin, Z.H., Ye, Z.F., Yang, S., Sun, Y.Q. and Fei, H., 2020. Exogenous enzymes as functional additives in finfish aquaculture. *Aquaculture Nutrition*, 26(2), pp.213-224.

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. 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* × *Oreochromis aureus*. *Aquaculture Research*, 41(7



Canola Council of Canada
400-167 Lombard Avenue
Winnipeg, Manitoba
Canada R3B 0T6
Phone: (204) 982-2100
admin@canolacouncil.org
canolacouncil.org