

BỔ SUNG AXIT BÉO KHÔNG NO TRONG KHẨU PHẦN ĂN CỦA BÒ - BÀI TỔNG QUAN

Nguyễn Xuân Trạch

Khoa Chăn nuôi, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

Tác giả liên hệ: nxtrach@vnua.edu.vn

Ngày nhận bài: 31.03.2025

Ngày chấp nhận đăng: 20.05.2025

TÓM TẮT

Việc bổ sung axit béo không no (UFA) trong khẩu phần của bò đã thu hút nhiều nghiên cứu do tiềm năng cải thiện trao đổi chất nên có ảnh hưởng tới sức khỏe, sức sản xuất và phát thải khí methane từ dạ cỏ. Bài tổng quan này đi sâu vào phân loại, chức năng, nguồn thực liệu của UFA, đồng thời tổng hợp bằng chứng khoa học cho thấy việc bổ sung UFA trong khẩu phần ảnh hưởng như thế nào đến sức khỏe, sức sinh sản, chất lượng thịt, năng suất và chất lượng sữa cũng như phát thải khí methane của bò. Mặt khác, bài viết cũng phân tích những thách thức của việc bổ sung UFA và giải pháp khắc phục để tối đa hóa lợi ích của việc bổ sung UFA trong khẩu phần của bò.

Từ khóa: Axit béo không no, bổ sung, bò.

Supplementation of Unsaturated Fatty Acids in Cattle Diets - A Review

ABSTRACT

The supplementation of unsaturated fatty acids (UFAs) in cattle diets has garnered significant research due to its potential to enhance metabolism, affecting health, productivity and methane emissions from the rumen. This review delves into the classification, functions, and dietary sources of UFAs, and synthesizes scientific evidence on the effects of UFA supplementation on cattle health, reproduction, beef quality, milk yield and quality, and methane emissions. Furthermore, the article analyzes the challenges associated with UFA supplementation and proposes solutions to maximize the benefits of UFA inclusion in cattle diets.

Keywords: Unsaturated fatty acids, supplementation, cattle.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Axit béo không no (unsaturated fatty acid - UFA) là loại axit béo chứa một hoặc nhiều liên kết đôi trong chuỗi carbon của phân tử axit. Những UFA này đóng vai trò rất quan trọng trong nhiều quá trình trao đổi chất và hoạt động chức năng của cơ thể động vật. Tuy nhiên, do có các mạch nối đôi (không no) nên những axit này ở trong thức ăn rất dễ bị oxy hóa. Hơn nữa, đối với gia súc nhai lại (GSNL) thì UFA lại dễ bị hydro hóa (no hóa) trong môi trường dạ cỏ do hydro được sản sinh ra nhiều từ quá trình lên men thức ăn bởi vi sinh vật (VSV) dạ cỏ. Do vậy, lượng UFA có trong khẩu phần ăn rất dễ bị thiếu so với nhu cầu của GSNL nói chung và bò nói riêng. Vì thế mà việc bổ sung UFA trong khẩu phần của bò đã được quan tâm nghiên cứu

nhiều nhằm cải thiện sức khỏe, sức sinh sản, tối ưu hóa năng suất, nâng cao chất lượng sản phẩm (thịt, sữa) và giảm phát thải khí methane. Bài tổng quan tài liệu này nhằm cung cấp bằng chứng khoa học về tác dụng của việc bổ sung UFA trong khẩu phần ăn của bò theo những mục tiêu vừa nêu, đồng thời phân tích những thách thức và đề xuất các giải pháp để tối ưu hóa hiệu quả của việc bổ sung UFA.

2. PHÂN LOẠI, CHỨC NĂNG VÀ NGUỒN AXIT BÉO KHÔNG NO

2.1. Phân loại

Việc phân loại các UFA được dựa trên cấu trúc phân tử của chúng (Phan Thanh Sơn Nam & Trần Thị Việt Hoa, 2019). Để cung cấp thông

tin chi tiết về cấu trúc phân tử, mỗi UFA được mã hóa bằng các ký hiệu thể hiện tên, độ dài chuỗi carbon, số liên kết đôi, vị trí của liên kết đôi trong chuỗi carbon và sự sắp xếp không gian của các nguyên tử hydro xung quanh liên kết đôi. Ví dụ, axit linoleic (LA, C18:2, omega-6), trong đó “LA” là tên viết tắt, “C18” cho biết phân tử có 18 nguyên tử carbon, “:2” biểu thị có hai liên kết đôi (C=C) trong chuỗi carbon; Bên cạnh đó, hệ thống “omega” cho thấy vị trí carbon có liên kết đôi đầu tiên tính từ gốc methyl (CH₃) của axit béo; vì axit linoleic có liên kết đôi đầu tiên nằm ở carbon thứ sáu tính từ đầu methyl nên được gọi là “omega-6”. Ngoài ra, hệ thống cis-trans được dùng để mô tả sự sắp xếp không gian của các nguyên tử hydro xung quanh liên kết đôi. Theo hệ thống này, vị trí của liên kết đôi được tính từ đầu carboxyl (COOH) của axit béo. Ví dụ, axit linoleic liên hợp (CLA, C18:2, cis-9, trans-11) có “CLA” là tên viết tắt, “C18” cho biết phân tử có 18 nguyên tử carbon, “:2” biểu thị có hai liên kết đôi trong chuỗi carbon, “cis-9” biểu thị liên kết đôi đầu tiên ở vị trí carbon thứ 9 tính từ đầu carboxyl có định dạng cis (các nguyên tử hydro ở cùng một phía) và “trans-11” cho thấy liên kết đôi thứ hai nằm ở vị trí carbon thứ 11 ở dạng trans (các nguyên tử hydro ở hai phía đối diện).

Axit béo không no được phân loại trước hết dựa trên số lượng liên kết đôi trong chuỗi carbon của phân tử axit béo (Phan Thanh Sơn Nam & Trần Thị Việt Hoa, 2019). Theo đó, UFA được phân thành hai nhóm:

- *Axit béo không no đơn* (monounsaturated fatty acids - MUFA): Chứa một liên kết đôi trong chuỗi carbon của phân tử. Ví dụ điển hình là axit oleic (OA, C18:1, omega-9).

- *Axit béo không no đa* (polyunsaturated fatty acids - PUFA): Chứa hai hoặc nhiều liên kết đôi trong chuỗi carbon của phân tử.

Trong số các PUFA, có một số axit mà cơ thể động vật không tự tổng hợp được, phải thu nhận từ thức ăn được nên được gọi là axit béo không no thiết yếu (essential fatty acid – EFA). Động vật, bao gồm cả con người, không thể tổng hợp EFA do thiếu enzyme delta-12 desaturase và delta-15 desaturase cần thiết để tạo liên kết

đôi tại vị trí omega-6 và omega-3 trong chuỗi carbon của axit béo (Gunstone, 2011). Các enzyme này có mặt trong thực vật và một số VSV, nên chúng có thể sản xuất những axit béo này. Vì vậy, động vật phải thu nhận EFA thông qua thức ăn, chủ yếu từ dầu thực vật, các loại hạt và dầu cá (Simopoulos, 1999).

Ở hầu hết động vật có vú, chỉ có hai axit béo thiết yếu thực sự là axit linoleic (LA, C18:2, omega-6) và axit alpha-linolenic (ALA, C18:3, omega-3) vì cơ thể động vật cần chúng cho các hoạt động chức năng nhưng hoàn toàn không thể tự tổng hợp được mà phải thu nhận từ thức ăn (Jenkins & cs., 2008).

Ngoài ra, axit arachidonic (AA, C20:4, omega-6), axit linoleic liên hợp (CLA, C18:2, omega-6), axit eicosapentaenoic (EPA, C20:5, omega-3) và axit docosahexaenoic (DHA, C22:6, omega-3) được coi là những axit béo thiết yếu có điều kiện hay bán thiết yếu (conditional essential fatty acid - CEFA). Đó là vì, trong điều kiện bình thường, cơ thể động vật có thể tổng hợp AA và CLA từ LA, EPA và DHA từ ALA, (Palmquist & Jenkins, 1980). Tuy nhiên, ở bò và GSNL nói chung hiệu suất chuyển hóa từ LA và ALA thành CEFA là có hạn và chúng còn bị hydro hóa trong dạ cỏ (Shingfield & cs., 2010). Vì sinh vật dạ cỏ mặc dù có thể tổng hợp được các axit béo no và một số MUFA nhưng cũng không thể tổng hợp được LA và ALA (Jenkins & cs., 2008). Thực tế thì hầu hết EFA ăn vào bị hydro hóa trong dạ cỏ và chuyển thành các axit béo no như axit stearic (18:0) (Shingfield & cs., 2010). Bởi vậy, AA, CLA, EPA và DHA thường bị thiếu hụt so với nhu cầu nên việc bổ sung chúng qua khẩu phần (tốt nhất là ở dạng thoát qua) lại trở nên cần thiết. Do đó, mặc dù AA, CLA, EPA và DHA không phải là EFA thực sự với hầu hết các cá thể khỏe mạnh, nhưng nó lại trở nên thiết yếu trong những tình huống cụ thể (Hussein & cs., 2005).

2.2. Chức năng

Các UFA có những chức năng quan trọng sau đây:

(1) *Cung cấp năng lượng*

Axit béo không no là nguồn năng lượng đậm đặc, cung cấp 9 kcal mỗi gram, cao hơn gấp đôi so với carbohydrate và protein (Palmquist & Jenkins, 2003). Chúng được chuyển hóa thông qua quá trình beta-oxy hóa trong ty thể, tạo ra ATP để phục vụ cho các hoạt động chức năng của tế bào (Bauman & cs., 2003).

(2) Cấu trúc và chức năng màng tế bào

Axit béo không no là thành phần quan trọng của màng tế bào, ảnh hưởng đến độ linh hoạt và chức năng của màng (Bauman & cs., 2003). Đặc biệt, LA và ALA là những thành phần chủ chốt của lớp phospholipid kép, tác động đến độ linh hoạt và tính thấm của màng (Hulbert & cs., 2002). Mức độ linh hoạt của màng là yếu tố quan trọng trong quá trình truyền tín hiệu và vận chuyển chất (Calder, 2015).

(3) Tổng hợp hormone và chức năng sinh sản

Axit béo không no đóng vai trò trong quá trình tổng hợp các hormone steroid, chẳng hạn như estrogen và progesterone, cần thiết cho chu kỳ sinh sản (Wathes & cs., 2007). Axit arachidonic là một chất nền quan trọng cho quá trình tổng hợp prostaglandin, ảnh hưởng đến chu kỳ động dục và quá trình đẻ (Staples & cs., 1998). Các axit béo omega-3 cải thiện chức năng buồng trứng, tăng khả năng sống sót của phôi và hỗ trợ chất lượng tinh trùng (Staples & cs., 1998).

(4) Điều hòa biểu hiện gen

Axit béo không no điều hòa hoạt động của các thụ thể kích hoạt tăng sinh peroxisome (PPAR), kiểm soát các gen liên quan đến chuyển hóa lipid, tạo mô mỡ và cân bằng glucose (Jump, 2002). Các axit béo omega-3 có thể kích hoạt PPAR- α , tăng cường quá trình oxy hóa axit béo và giảm quá trình tổng hợp lipid (Clarke & Jump, 1994).

(5) Chống viêm và tăng cường miễn dịch

Các axit béo omega-3, như EPA và DHA, ức chế sản xuất các cytokine gây viêm và thúc đẩy quá trình tổng hợp các chất trung gian chống viêm (resolvins và protectins); đồng thời, các PUFA là tiền chất cho các eicosanoid, như prostaglandin, thromboxane và leukotriene, giúp

điều hòa quá trình viêm và hệ miễn dịch (Calder, 2010). Axit arachidonic là một chất nền quan trọng cho quá trình tổng hợp prostaglandin, cần cho phản ứng miễn dịch (Staples & cs., 1998). Do đó, PUFA hỗ trợ chức năng miễn dịch và giảm nguy cơ mắc các bệnh rối loạn chuyển hóa ở bò (de la Fuente & cs., 2009).

(6) Chống oxy hóa

Axit linoleic liên hợp (conjugated linoleic acid - CLA) và các PUFA omega-3 làm giảm quá trình oxy hóa bằng cách tăng cường hoạt động của các enzyme chống oxy hóa (ví dụ: superoxide dismutase và catalase) (Bauman & cs., 2003). Chúng bảo vệ chống lại quá trình oxy hóa lipid, cải thiện chất lượng cơ bắp và kéo dài thời gian bảo quản (Wood & cs., 2008).

2.3. Nguồn thực liệu

Bảng 1 cung cấp các nguồn thực liệu quan trọng chứa UFA với hàm lượng tương đối theo các tài liệu tham khảo khác nhau. Bảng này cho thấy sự đa dạng về nguồn UFA và mức độ biến động về hàm lượng của chúng.

Từ bảng 1 có thể thấy, dầu ô liu, dầu hạt cải và dầu hướng dương giàu axit oleic có hàm lượng axit oleic dao động từ 60% đến 85%, trong đó dầu hướng dương chứa axit oleic với tỷ lệ cao nhất (~80-85%). Axit linoleic có nhiều trong dầu đậu nành (~50-55%), dầu ngô (~57-60%) và dầu hạt bông (~52-54%). Axit alpha-linolenic có nhiều trong dầu hạt lanh (~50-60%), hạt chia (hạt của cây *Salvia hispanica*) (~60-63%) và cỏ tươi (~50-60%). Axit linoleic liên hợp có trong thịt động vật nhai lại (~0,5-1,5%) và các sản phẩm từ sữa (~0,4-1,0%).

Axit eicosapentaenoic và axit docosahexaenoic chủ yếu được tìm thấy nhiều trong dầu cá (~18-20% EPA, ~10-12% DHA) và dầu tảo (~40-50% DHA). Khác với nhiều loại động vật, cá lại có khả năng dự trữ một lượng lớn UFA do nhiều yếu tố sinh lý và môi trường. Cá, đặc biệt là các loài cá biển, ăn vi tảo và sinh vật phù du giàu UFA (Tocher, 2010). Nhiều loài cá, nhất là những loài sống ở vùng nước lạnh, cần một tỷ lệ cao UFA để duy trì độ linh hoạt của màng tế bào ở nhiệt độ thấp (Cossins &

Macdonald, 1989). Gan đóng vai trò là cơ quan dự trữ lipid chính ở nhiều loài cá, tích lũy chọn lọc UFA để làm nguồn năng lượng dự trữ và phục vụ các quá trình tổng hợp sinh học (Sargent & cs., 2002). Mặc dù UFA dễ bị oxy hóa, dầu gan cá còn chứa các chất chống oxy hóa tự nhiên như vitamin E và astaxanthin, giúp ổn định UFA dự trữ (Higuera-Ciapara & cs., 2006).

Tóm lại, nguồn thực liệu chứa UFA rất đa dạng. Hàm lượng MUFA cao trong dầu ô liu và dầu hạt cải, trong khi đó PUFA omega-6 phổ biến trong dầu thực vật và PUFA omega-3 có nhiều trong hạt lanh, hạt chia, dầu cá và tảo.

3. TÁC ĐỘNG CỦA VIỆC BỔ SUNG AXIT BÉO KHÔNG NO TRONG KHẨU PHẦN ĂN CỦA BÒ

3.1. Cải thiện sức khỏe của bò

Việc bổ sung UFA, nhất là các axit béo omega-3, trong khẩu phần của bò có liên quan

nhiều đến sức khỏe, trước hết là cải thiện chức năng miễn dịch. Các UFA, đặc biệt là PUFA, có đặc tính chống viêm và hỗ trợ chức năng hệ miễn dịch, giúp bò chống lại nhiễm trùng và phục hồi sau bệnh tật (Bionaz & cs., 2020). Axit linoleic đóng vai trò duy trì tính toàn vẹn của màng tế bào và hỗ trợ chức năng miễn dịch (Bauman & cs., 2003). Axit alpha-linolenic là tiền chất cho các axit béo omega-3 chuỗi dài như EPA và DHA, có đặc tính chống viêm (Santos & cs., 2008).

Axit béo không no cũng giúp điều chỉnh quá trình chuyển hóa lipid, giảm nguy cơ rối loạn chuyển hóa như ketosis và gan nhiễm mỡ, đặc biệt là ở bò sữa (Palmquist & Jenkins, 2003). Ngoài ra, hoạt tính sinh học của UFA còn ảnh hưởng đến biểu hiện gen liên quan đến chuyển hóa lipid và phản ứng miễn dịch, nên bổ sung UFA vào khẩu phần của bò sữa đã cho thấy tác động tích cực lên hệ gen, cải thiện sức khỏe tổng thể và năng suất (Bionaz & cs., 2020).

Bảng 1. Các nguồn thực liệu chứa axit béo không no

Loại UFA	Nguồn thực liệu	Hàm lượng (%)	Tài liệu tham khảo
Axit oleic (AO, C18:1, omega-9)	Dầu ô liu	~70-75	Covas (2007)
	Dầu hạt cải	~60	Gunstone (2011)
	Dầu hướng dương	~80-85	Kostik & cs. (2013)
Axit linoleic (AA, C18:2, omega-6)	Dầu đậu nành	~50-55	Gunstone (2011)
	Dầu ngô	~57-60	Kostik & cs. (2013)
	Dầu hạt bông	~52-54	Palmquist & Jenkins (2003)
	Bã đậu nành	~5-8	Gunstone (2011)
	Bã hạt bông	~6-9	Palmquist & Jenkins (2003)
Axit alpha-linolenic (ALA, C18:3, omega-3)	Dầu hạt lanh	~50-60	Poulos & cs. (2001)
	Hạt chia	~60-63	Ayerza & Coates (2005)
	Dầu hạt cải	~9-11	Gunstone (2011)
	Cỏ tươi	~50-60% trong tổng axit béo	Dewhurst & cs. (2006)
	Cỏ linh lăng	~40-50% trong tổng axit béo	Elgersma & cs. (2003)
Axit eicosapentaenoic (EPA, C20:5, omega-3) & Axit docosahexaenoic (DHA, C22:6, omega-3)	Dầu cá	~18-20% EPA và ~10-12% DHA	Calder (2015)
	Dầu tảo	~40-50% DHA	Bailey-Hall & cs. (2008)
	Bột cá & dầu cá	Giàu EPA và DHA (~20-30% tổng axit béo)	Calder (2015)
	Thức ăn bổ sung vi tảo	Giàu DHA (~30-50%)	Bailey-Hall & cs. (2008)
Axit linoleic liên hợp (CLA, C18:2, omega-6)	Thịt gia súc nhai lại	~0,5-1,5% tổng chất béo	Bauman & cs. (2003)
	Sản phẩm từ sữa	~0,4-1,0% tổng chất béo	Lock & Bauman (2004)

Tuy nhiên, cần lưu ý rằng hiệu quả của việc bổ sung UFA có thể bị ảnh hưởng bởi quá trình hydro hóa sinh học trong dạ cỏ, làm thay đổi khả năng hấp thu nguyên vẹn các UFA. Hơn nữa, kết quả còn chịu ảnh hưởng của các yếu tố khác như loại axit béo, mức độ bổ sung và thành phần tổng thể của khẩu phần. Đặc biệt, việc bổ sung chất béo quá mức có thể ảnh hưởng tiêu cực đến quá trình lên men trong dạ cỏ và tiêu hóa chất xơ, dẫn đến giảm lượng thức ăn thu nhận và dinh dưỡng hấp thu. Do đó, việc xây dựng khẩu phần ăn hợp lý là cần thiết để đạt được lợi ích sức khỏe mong muốn mà không gây ra các tác dụng phụ.

3.2. Cải thiện tốc độ tăng khối lượng và chuyển hóa thức ăn

Việc bổ sung UFA trong khẩu phần của bò đã được nghiên cứu khá nhiều nhằm cải thiện hiệu suất chuyển hóa thức ăn thành khối lượng cơ thể và sản phẩm. Bổ sung UFA làm tăng mật độ năng lượng trong khẩu phần của bò, dẫn đến tăng khối lượng và hiệu suất chuyển hóa thức ăn cao hơn (Li & cs., 2024). Bauman & cs. (2003) cũng nhận thấy rằng bổ sung một lượng vừa phải dầu đậu nành đã cải thiện tốc độ tăng khối lượng hàng ngày và hiệu suất chuyển hóa thức ăn. Hạt lanh (giàu ALA) giúp tăng tốc độ tăng khối lượng và hiệu suất chuyển hóa thức ăn (Drouillard, 2018). Sự kết hợp giữa lysophospholipids và UFA đã cải thiện đáng kể hiệu suất chuyển hóa thức ăn và tăng khối lượng ở bò thịt giai đoạn vỗ béo nhờ khả năng nhũ hóa của lysophospholipids giúp tăng cường hiệu quả sử dụng UFA (Li & cs., 2024).

Tuy nhiên, một số nghiên cứu khác lại cho thấy việc bổ sung UFA được bảo vệ khỏi quá trình lên men trong dạ cỏ có tác động khác nhau đến tăng khối lượng, tùy thuộc vào thành phần khẩu phần ăn và tần suất bổ sung (Bernard & cs., 2017). Bổ sung triglyceride chuỗi trung bình (MCT) giúp tăng lượng thức ăn và giảm oxy hóa ở bò giai đoạn vỗ béo; tuy nhiên, tác động trực tiếp lên hiệu suất chuyển hóa thức ăn chưa được xác định rõ ràng (Zhang & cs., 2024).

Tóm lại, mặc dù một số nghiên cứu cho thấy việc bổ sung UFA, đặc biệt khi kết hợp với lysophospholipids, có thể cải thiện tăng khối lượng và hiệu suất chuyển hóa thức ăn ở bò, nhưng kết quả còn chịu ảnh hưởng bởi các yếu tố khác như loại axit béo, mức độ bổ sung và thành phần của khẩu phần. Việc xây dựng khẩu phần cẩn thận là cần thiết để đạt được kết quả mong muốn mà không gây ra các tác động tiêu cực.

3.3. Cải thiện năng suất sinh sản

Kết quả nghiên cứu cho thấy UFA đóng vai trò quan trọng trong nhiều quá trình sinh sản. Santos & cs. (2008) và Mateo & cs. (2023) cho biết rằng bổ sung axit béo omega-3 trong khẩu phần giúp cải thiện chức năng sinh sản, bao gồm chức năng buồng trứng và quá trình phát triển của phôi thai. Axit béo omega-3 tác động tích cực đến sức khỏe tử cung thông qua điều chỉnh thành phần axit béo trong mô nội mạc tử cung và điều hòa quá trình tổng hợp prostaglandin, yếu tố quan trọng cho sự co bóp tử cung và duy trì thai kỳ (Santos & cs., 2008). Việc bổ sung axit béo omega-3 trong khẩu phần của bò cũng làm tăng cường đáng kể khả năng miễn dịch của bò mẹ và bê con nhờ vào đặc tính chống viêm và khả năng điều hòa miễn dịch của axit béo omega-3 (Mateo & cs., 2023).

Tuy nhiên, một số nghiên cứu khác lại cho thấy kết quả không nhất quán về tác động của việc bổ sung các axit béo omega-3 đối với hiệu quả gây rụng nhiều trứng và chất lượng phôi. Có nghiên cứu còn cho thấy tác động tiêu cực đến số lượng và chất lượng phôi có thể cấy truyền được (Çoban & Erdoğan, 2021).

Tóm lại, mặc dù việc bổ sung UFA có tiềm năng cải thiện khả năng sinh sản ở bò, nhưng hiệu quả bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố, bao gồm loại axit béo, mức độ bổ sung và thành phần của khẩu phần. Cần lưu ý rằng VSV dạ cỏ có thể chuyển đổi UFA thành chất béo no, làm giảm khả năng hấp thu UFA có lợi (Santos & cs., 2008). Tỷ lệ thích hợp giữa axit béo omega-6 và omega-3 là cần thiết để tối ưu hóa năng suất sinh sản, bổ sung quá mức hoặc không cân bằng có thể dẫn đến kết quả không như mong muốn (Santos & cs., 2013).

3.4. Cải thiện chất lượng thịt bò

Kết quả nghiên cứu cho thấy việc bổ sung UFA trong khẩu phần có thể ảnh hưởng đến thành phần và chất lượng thịt bò.

- Thành phần axit béo:

Việc đưa UFA vào khẩu phần ăn đã được chứng minh là giúp cải thiện giá trị dinh dưỡng của thịt bò nhờ tăng hàm lượng các UFA có lợi cho sức khỏe (Wood & cs., 2008; Drouillard, 2018). Thịt bò ăn cỏ có hàm lượng PUFA omega-3 cao hơn so với thịt bò ăn ngũ cốc (Scollan & cs., 2006). Việc bổ sung hạt lanh hoặc dầu cá làm tăng mức PUFA trong thịt bò (Doreau & Ferlay, 1995; Loores & cs., 2004). Scollan & cs. (2006) phát hiện rằng bổ sung dầu hướng dương và dầu cá trong khẩu phần của bò làm tăng tỷ lệ các axit béo omega-3 và omega-6 trong thịt bò. Sự làm giàu này giúp cân bằng tỷ lệ axit béo omega-6 và omega-3, góp phần tạo ra một thành phần các chất béo có lợi hơn (Scollan & cs., 2014). Theo Bauman & cs. (2003), bổ sung dầu đậu nành và dầu hạt cải làm tăng hàm lượng axit linoleic và axit oleic trong thịt bò mà không ảnh hưởng tiêu cực đến tốc độ tăng khối lượng bò. Jenkins & McGuire (2006) quan sát thấy rằng cho bò ăn bã rượu chưng cất và hạt dầu đã làm tăng hàm lượng UFA trong mô cơ mà vẫn duy trì sức khỏe dạ cỏ. Scollan & cs. (2006) đã chứng minh được rằng bổ sung dầu cá làm tăng EPA và DHA trong thịt bò, mặc dù cần bổ sung chất chống oxy hóa để ngăn ngừa quá trình oxy hóa gây ôi thiu.

- Vân mỡ và độ mềm:

Việc bổ sung UFA trong khẩu phần có ảnh hưởng đến biểu hiện gen liên quan đến vân mỡ trong thịt bò. Vân mỡ được cải thiện giúp tăng độ mềm và độ mọng nước của thịt (Garmyn & cs., 2011). Nghiên cứu của Wood & cs. (2008) cho thấy rằng cho bò ăn dầu hạt lanh (giàu ALA) cải thiện điểm số vân mỡ và độ mềm của thịt bò. Hàm lượng axit oleic cao hơn có liên quan đến việc tăng cường độ mọng nước và hương vị.

- Độ ổn định oxy hóa:

Bổ sung UFA trong khẩu phần của bò có thể ảnh hưởng đến độ ổn định oxy hóa của thịt

bò do chất béo không no dễ bị oxy hóa. Tuy nhiên, áp dụng các can thiệp dinh dưỡng phù hợp, như sử dụng chất chống oxy hóa, có thể giảm thiểu các tác động tiêu cực tiềm ẩn đối với thời gian bảo quản và hương vị của thịt (Nuernberg & cs., 2005).

- Đặc tính cảm quan:

Bổ sung UFA có thể cải thiện hương vị của thịt bò, mặc dù kết quả thu được còn khác nhau tùy thuộc vào loại và số lượng UFA được sử dụng (Scollan & cs., 2006). Theo de la Fuente & cs. (2009), bò được cho ăn khẩu phần giàu UFA có hương vị vượt trội và giảm các mùi vị không mong muốn so với bò ăn khẩu phần dựa trên ngũ cốc truyền thống.

Tóm lại, bổ sung UFA trong khẩu phần của bò có thể tác động tích cực đến chất lượng thịt bò nhờ cải thiện thành phần axit béo, tăng cường vân mỡ và cải thiện các đặc tính cảm quan. Tuy nhiên, cần xem xét cẩn thận việc xây dựng khẩu phần ăn và chế độ nuôi dưỡng để tối đa hóa những lợi ích này.

3.5. Cải thiện năng suất và chất lượng sữa

Kết quả của các nghiên cứu khác cho thấy bổ sung UFA trong khẩu phần của bò sữa có thể ảnh hưởng đến cả năng suất và chất lượng sữa. Tuy nhiên, tác động này thay đổi tùy thuộc vào loại và nguồn UFA, mức bổ sung và tình trạng sản xuất của bò. Theo phân tích tổng hợp của Mele & cs. (2023), khẩu phần giàu UFA làm tăng sản lượng chất béo và tỷ lệ axit béo chuỗi dài trong sữa. Bổ sung UFA có thể làm tăng chất béo sữa, tùy thuộc vào loại axit béo có trong khẩu phần ăn (Mele & cs., 2023). Khẩu phần giàu dầu đậu nành hoặc dầu cá làm tăng nồng độ UFA trong chất béo sữa (Doreau & Ferlay, 1995; Bernal-Santos & cs., 2003). Bổ sung các loại dầu thực vật có các UFA với độ dài chuỗi và mức độ không no khác nhau đã cải thiện thành phần axit béo trong sữa bò trong giai đoạn cho con bú (Sun & cs., 2022).

Ngược lại, một số nghiên cứu lại cho thấy rằng bổ sung UFA không ảnh hưởng đáng kể hoặc làm giảm năng suất và chất lượng sữa. Theo Kliem & Shingfield (2019), bổ sung dầu đậu nành (giàu axit linoleic) hoặc dầu cá (giàu

axit béo omega-3) ở mức 3% chất khô không làm thay đổi năng suất sữa so với khẩu phần ăn không bổ sung. Một nghiên cứu khác còn cho thấy rằng bổ sung UFA làm giảm năng suất và hàm lượng chất béo trong sữa, đặc biệt là từ nguồn vi tảo như *Schizochytrium* sp. (Kholif & cs., 2022). Tác động tiêu cực có thể là do môi trường dạ cỏ hydro hóa nhiều UFA trong khẩu phần, hạn chế sự hấp thu trực tiếp chúng vào chất béo sữa. Quá trình này có thể tạo ra các chất trung gian ức chế quá trình tổng hợp chất béo trong sữa, dẫn đến hiện tượng giảm chất béo trong sữa (Bauman & Griinari, 2003).

Tóm lại, việc bổ sung UFA có thể ảnh hưởng đến năng suất và chất lượng sữa, nhưng kết quả bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố khác như loại và lượng UFA được bổ sung và thành phần khẩu phần của bò. Cần lưu ý rằng việc bổ sung UFA quá mức có thể ảnh hưởng tiêu cực đến lượng thức ăn thu nhận và tiêu hóa chất xơ, làm giảm lợi ích đối với năng suất và thành phần mỡ sữa (Lock & Bauman, 2011).

3.6. Giảm phát thải khí methane

Methane, một loại khí nhà kính mạnh, được tạo ra trong quá trình lên men thức ăn trong dạ cỏ bởi các vi khuẩn cổ sản sinh methane. Việc bổ sung UFA vào khẩu phần của GSNL có thể ảnh hưởng đến quá trình lên men trong dạ cỏ và quần thể VSV, dẫn đến sự thay đổi trong quá trình sản sinh methane thông qua nhiều cơ chế khác nhau:

- *Ức chế vi khuẩn sinh methane*: Các UFA có đặc tính kháng khuẩn, có thể ức chế các VSV sản xuất methane trong dạ cỏ (Patra & Yu, 2013). Bằng cách ức chế những vi khuẩn này, UFA trực tiếp làm giảm phát thải methane.

- *Quá trình hydro hóa sinh học*: Trong quá trình lên men dạ cỏ, hydro được tạo ra và thường được vi khuẩn sinh methane sử dụng để tạo methane. Các UFA có thể hoạt động như một bể chứa hydro thông qua quá trình hydro hóa sinh học, trong đó chất béo không no được hydro hóa thành chất béo no. Việc chuyển hướng này làm giảm lượng hydro có sẵn cho vi khuẩn sinh methane, do đó làm giảm tổng hợp methane (Beauchemin & cs., 2009).

- *Ức chế động vật nguyên sinh*: Động vật nguyên sinh góp phần vào quá trình sản xuất methane bằng cách hỗ trợ nơi khu trú cho vi khuẩn cổ sinh methane (Hristov & cs., 2012). Các UFA, đặc biệt là PUFA, ức chế động vật nguyên sinh trong dạ cỏ thông qua nhiều cơ chế khác nhau, chủ yếu bằng cách phá hủy màng tế bào và làm thay đổi quá trình trao đổi chất của chúng (Newbold & cs., 2015; Huws & cs., 2012). Do đó, bổ sung UFA rất hữu ích trong việc giảm phát thải khí methane thông qua cơ chế này.

Thực nghiệm đã chứng minh rằng bổ sung các loại dầu thực vật có các UFA với độ dài chuỗi và mức độ không no khác nhau giúp giảm phát thải methane (Sun & cs., 2022). Bổ sung các nguồn thực liệu giàu UFA, như dầu hướng dương và dầu hạt cải vào khẩu phần giàu cỏ khô có thể làm giảm phát thải methane tới 22% khi bổ sung ở mức 45 g/kg chất khô (Beauchemin & cs., 2007). Một thí nghiệm của Lee & cs. (2018) cho thấy rằng tăng tỷ lệ UFA trong khẩu phần làm giảm đáng kể nồng độ methane trong quá trình lên men dạ cỏ. Điều này cho thấy, hàm lượng UFA cao hơn có thể ức chế quá trình sản xuất methane. Theo nghiên cứu của Hristov & cs. (2013), bổ sung EFA làm thay đổi các chỉ số lên men, phát thải khí nhà kính, quần thể VSV và thành phần axit béo trong dạ cỏ. Những thay đổi này góp phần làm giảm phát thải methane. Một nghiên cứu khác đánh giá tác động của các tỷ lệ PUFA omega-6 và omega-3 khác nhau trong khẩu phần lên quá trình lên men dạ cỏ cho thấy các tỷ lệ cụ thể có thể thay đổi mức độ phát thải methane (Zhou & cs., 2019). Điều này cho thấy không chỉ sự hiện diện của UFA mà còn cả loại và tỷ lệ cụ thể giữa các UFA là rất quan trọng trong việc điều chỉnh quá trình sản sinh methane trong dạ cỏ.

Hiệu quả của việc bổ sung UFA trong việc giảm phát thải methane phụ thuộc vào loại axit béo cụ thể được sử dụng, hàm lượng của chúng và thành phần của khẩu phần. Mức độ không no và độ dài chuỗi axit béo ảnh hưởng đến hiệu quả của chúng trong việc giảm methane. Các PUFA thường hiệu quả hơn so với chất béo no trong việc giảm sản xuất methane (Beauchemin & cs., 2007). Tuy nhiên, việc bổ sung chất béo quá mức có thể ảnh hưởng tiêu cực đến quá trình lên men

trong dạ cỏ và tiêu hóa chất xơ. Cũng cần lưu ý rằng VSV dạ cỏ có thể thích nghi theo thời gian với các can thiệp từ khẩu phần. Việc theo dõi liên tục và xoay vòng các can thiệp dinh dưỡng là cần thiết để duy trì lợi ích giảm methane của việc bổ sung UFA.

Tóm lại, việc bổ sung UFA vào khẩu phần của bò là giải pháp đầy hứa hẹn để giảm phát thải methane từ dạ cỏ. Bằng cách tối ưu hóa các cơ chế mà UFA ảnh hưởng đến quá trình lên men trong dạ cỏ và hệ sinh thái VSV dạ cỏ, có thể phát triển các hệ thống chăn nuôi bền vững và thân thiện với môi trường hơn.

4. THÁCH THỨC VÀ GIẢI PHÁP

4.1. Thách thức

Việc bổ sung UFA vào khẩu phần của bò gặp phải một số thách thức đáng quan tâm như sau:

(1) *Quá trình hydro hóa sinh học*: Ở động vật nhai lại, UFA trong khẩu phần ăn có thể trải qua quá trình hydro hóa sinh học bởi VSV dạ cỏ, chuyển chúng thành axit béo no (Jenkins, 1993). Đó là vì trong dạ cỏ có rất nhiều hydro được sinh ra từ quá trình lên men thức ăn. Quá trình hydro hóa (no hóa) này có thể làm giảm khả năng hấp thu UFA có lợi, từ đó làm giảm tác động tích cực của chúng (Bauman & cs., 2003). Đây là thách thức lớn nhất khi sử dụng UFA trong khẩu phần của bò nói riêng và GSNL nói chung.

(2) *Độ ổn định oxy hóa*: Hàm lượng UFA cao có thể dẫn đến tình trạng ôi thiu và làm giảm thời gian bảo quản thức ăn và sản phẩm chăn nuôi do UFA dễ bị oxy hóa (de la Fuente & cs., 2009).

(3) *Rối loạn hoạt động dạ cỏ*: Việc bổ sung UFA quá mức (>7-8% chất khô ăn vào) có thể ức chế VSV dạ cỏ, cản trở quá trình tiêu hóa chất xơ (Jenkins & McGuire, 2006).

(4) *Mất cân bằng axit béo*: Sự cân bằng tổng thể của axit béo trong khẩu phần ăn rất quan trọng. Tỷ lệ thích hợp giữa axit béo omega-6 và omega-3 là cần thiết để tối ưu hóa hiệu quả. Việc bổ sung không cân bằng các UFA có thể dẫn đến kết quả không như mong muốn (Wood & cs., 2008).

4.2. Giải pháp

Để việc bổ sung UFA vào khẩu phần ăn của bò khắc phục được những thách thức nói trên, đem lại hiệu quả cao, một số giải pháp sau đây cần được xem xét:

(1) *Thích nghi dần*: Bổ sung thức ăn giàu UFA nên được tiến hành từ từ để VSV dạ cỏ quen dần, tránh làm rối loạn hoạt động lên men ở dạ cỏ (Jenkins, 1993).

(2) *Kết hợp UFA với chất chống oxy hóa*: Bổ sung UFA nên kết hợp với chất chống oxy hóa như vitamin E để tăng cường độ ổn định oxy hóa (Wood & cs., 2008).

(3) *Áp dụng kỹ thuật bao vi và cho ăn UFA dưới dạng muối canxi*: Việc cho ăn UFA dưới dạng có màng bọc hoặc dạng muối canxi có thể bảo vệ UFA khỏi tác động của VSV dạ cỏ, nhờ đó mà giảm quá trình hydro hóa sinh học và cải thiện khả năng hấp thu (Loor & cs., 2004).

(4) *Cân bằng khẩu phần*: Cân bằng giữa các axit béo omega-6 và omega-3 (tỷ lệ lý tưởng là 4:1 đến 6:1) là cần thiết để tối ưu hóa tác dụng của chúng (Scollan & cs., 2006). Hơn nữa, cần đảm bảo mức bổ sung hợp lý (Bảng 2).

Bảng 2. Mức bổ sung axit béo không no trong khẩu phần ăn của bò tính theo lượng vật chất khô (VCK) thu nhận

Loại UFA	Nguồn thực liệu	Mức bổ sung (% VCK thu nhận)	Tài liệu tham khảo
Axit oleic	Dầu hạt cải, dầu ô liu	3-5	Jenkins & McGuire (2006)
Axit linoleic	Dầu đậu nành, dầu ngô	3-6	Scollan & cs. (2006)
Axit alpha-linolenic	Hạt lanh, dầu hạt lanh	2-4	Loor & cs. (2004)
EPA và DHA	Dầu cá	1-2	de la Fuente & cs. (2009)
Axit linoleic liên hợp (CLA)	Bổ sung trực tiếp hoặc tiền chất axit linoleic	0,5-1	Bauman & cs. (2003)

5. KẾT LUẬN

Việc bổ sung UFA trong khẩu phần của bò là hướng đi đầy hứa hẹn để tăng cường sức khỏe vật nuôi, cải thiện chất lượng sản phẩm và giảm tác động môi trường. Hầu hết các nghiên cứu cho thấy bổ sung UFA vào khẩu phần giúp bò tăng cường khả năng miễn dịch, chống viêm, sinh trưởng tốt hơn, chất lượng thịt và sữa tăng lên, cũng như giảm phát thải methane từ dạ cỏ. Tuy nhiên, một số nghiên cứu cho thấy kết quả không rõ ràng, phản ứng phụ thuộc vào mức bổ sung, loại UFA, tỷ lệ giữa các UFA và thành phần khẩu phần. Mặc dù có một số thách thức, đặc biệt là quá trình hydro hóa sinh học trong dạ cỏ, nhưng áp dụng các can thiệp dinh dưỡng hợp lý và các tiến bộ công nghệ có thể tối ưu hóa khả năng hấp thu và hiệu quả tác động của UFA. Việc tiếp tục nghiên cứu là cần thiết để khai thác tối đa tiềm năng của UFA trong nuôi dưỡng bò.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Ayerza R. & Coates W. (2005). Chia: Rediscovering a forgotten crop of the Aztecs. University of Arizona Press.
- Bailey-Hall E., Nelson E.B. & Whelan J. (2008). Omega-3 fatty acid content of algae oil: A sustainable source for DHA. *Journal of Nutrition*. 138(5): 885-889.
- Bauman D.E. & Griinari J.M. (2003). Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annual Review of Nutrition*. 23: 203-227.
- Bauman D.E. & Lock A.L. (2003). Conjugated linoleic acid: Biosynthesis and nutritional significance. In Sébédio J.L, Christie W.W. & Adlof R. (eds.). *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*. Volume 2. AOCS Press.
- Bauman D.E., Baumgard L.H., Corl B.A. & Griinari J.M. (2003). Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *Journal of Animal Science*. 81(E-Suppl_3): E10-E18.
- Bauman D.E., Baumgard L.H., Corl B.A. & Griinari J.M. (2003). Conjugated linoleic acid (CLA) and the dairy cow. *Journal of Animal Science*. 81(Suppl_3): 9-21.
- Beauchemin K.A., McGinn S.M. & Petit H.V. (2007). Methane abatement strategies for cattle: Lipid supplementation of diets. *Canadian Journal of Animal Science*. 87(3): 431-440.
- Beauchemin K.A., McGinn S.M. & Petit H.V. (2009). Methane abatement strategies for cattle: Lipid supplementation. *Canadian Journal of Animal Science*. 89(3): 413-421.
- Bernal-Santos G., O'Donnell A.M., Vicini J.L., Hartnell G.F. & Bauman D.E. (2003). Enhancing milk fatty acid profiles with dietary unsaturated fatty acids. *Journal of Dairy Science*. 86(1): 229-240.
- Bernard J.K., Calhoun M.C. & Genter M.B. (2017). Effects of rumen-protected unsaturated fatty acids on performance and reproduction in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 95(7): 2977-2986.
- Bionaz M., Loores J.J. & Baumrucker C.R. (2020). Nutrigenomics in dairy cattle: Impact of dietary unsaturated fatty acids on gene expression. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 11: 512.
- Calder P.C. (2010). Omega-3 fatty acids and inflammatory processes. *Nutrients*. 2(3): 355-374.
- Calder P.C. (2015). Functional roles of fatty acids and their effects on human health. *JPEN Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 39(1_suppl): 18S-32S.
- Calder P.C. (2015). Marine omega-3 fatty acids and inflammatory processes: Effects on gene expression. *British Journal of Nutrition*. 113(S2): S86-S96.
- Clarke S.D. & Jump D.B. (1994). Polyunsaturated fatty acid regulation of gene transcription. *Lipid Metabolism and Its Pathology*. 45: 1-15.
- Çoban S. & Erdoğan Z. (2021). The effects of unsaturated fatty acid supplementation to ration on superovulation performance and embryo quality of donor cows. *Journal of Agricultural Sciences*. 27(2): 179-186.
- Cossins A.R. & Macdonald A.G. (1989). Homeoviscous adaptation of biological membranes and its functional significance. *The Quarterly Review of Biology*. 64(2): 159-174.
- Covas M.I. (2007). Olive oil and the cardiovascular system. *Pharmacological Research*. 55(3): 175-186.
- de la Fuente J., Díaz M.T., Álvarez I., Oliver M.A., Font i Furnols M., Sañudo C, Campo M.M., Montossi F., Nute G.R. & Cañeque V. (2009). Fatty acid and vitamin E composition of intramuscular fat in cattle. *Meat Science*. 82(3): 331-337.
- de la Fuente M.A., Gibbs B.F. & Nieto A. (2009). Effects of omega-3 fatty acids on immune cells. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 20(6): 401-415.
- Dewhurst R.J., Scollan N.D., Lee M.R., Ougham H.J. & Humphreys M.O. (2006). Forage breeding and management to increase the beneficial fatty acid content of ruminant products. *Proceedings of the Nutrition Society*. 65(3): 295-304.
- Doreau M. & Ferlay A. (1995). Effect of dietary lipids on nitrogen metabolism in the rumen: A review. *Livestock Production Science*. 43(2): 97-110.

- Drouillard J.S. (2018). Current situation and future trends for beef production in the United States of America - A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 31(7): 1007-1016.
- Elgersma A., Tamminga S. & Ellen G. (2003). Modifying milk composition through forage. *Animal Feed Science and Technology*. 109(1-4): 207-221.
- Garmyn A.J., Hilton G.G. & VanOverbeke D.L. (2011). The influence of dietary lipid on beef quality attributes. Beef Research Organization Report. USA.
- Gunstone F.D. (2011). The chemistry of oils and fats: Sources, composition, properties and uses. John Wiley & Sons.
- Gunstone F.D. (2011). Vegetable oils in food technology: Composition, properties, and uses. Wiley-Blackwell.
- Higuera-Ciapara I., Félix-Valenzuela L. & Goycoolea F.M. (2006). Astaxanthin: A review of its chemistry and applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 46(2): 185-196.
- Hristov A.N., Ivan M. & McAllister T.A. (2013). Reducing methane emissions from dairy cows by dietary manipulation. *Frontiers in Microbiology*. 4: 137.
- Hristov A.N., Ivan M., Neill L. & McAllister T.A. (2012). Microbial interactions, digestion and metabolism of dietary fats in the rumen: A review. *Journal of Dairy Science*. 95(3): 1378-1401.
- Hulbert A.J., Turner N., Storlien L.H. & Else P.L. (2002). Dietary fats and membrane function: Implications for metabolism and disease. *Biological Reviews*. 77(4): 639-670.
- Hussein N., Ah-Sing E., Wilkinson P., Leach C., Griffin B.A. & Millward D.J. (2005). Long-chain conversion of linoleic acid and alpha-linolenic acid in response to marked changes in their dietary intake in men. *Journal of Lipid Research*. 46(2): 269-280.
- Huws S.A., Kim E.J., Lee M.R.F., Scollan N.D. & Wallace R.J. (2012). The role of microbial lipases in the biohydrogenation of polyunsaturated fatty acids in the rumen. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular and Cell Biology of Lipids*. 1821(1): 85-92.
- Jenkins T.C. & McGuire M.A. (2006). Major advances in nutrition: Impact on milk composition. *Journal of Dairy Science*. 89(4): 1302-1310.
- Jenkins T.C. (1993). Lipid metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*. 76(12): 3851-3863.
- Jenkins T.C., Wallace R.J., Moate P.J. & Mosley E.E. (2008). Board-invited review: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. *Journal of Animal Science*. 86(2): 397-412.
- Jump D.B. (2002). The biochemistry of n-3 polyunsaturated fatty acids. *Journal of Biological Chemistry*. 277(11): 8755-8758.
- Kholif A.E., Morsy T.A. & Gouda G.A. (2022). Effect of microalgae *Schizochytrium* sp. supplementation on milk composition and fatty acid profile in dairy cows. *Agriculture*. 12(7): 1119.
- Kliem K.E. & Shingfield K.J. (2019). Manipulation of milk fatty acid composition in lactating cows: Opportunities and challenges. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 121(10): 1900169.
- Kostik V., Memeti S. & Bauer B. (2013). Fatty acid composition of edible oils and fats. *Journal of Hygienic Engineering and Design*. 4: 112-116.
- Lee C., Hristov A.N. & Cassidy T.W. (2018). Rumen fermentation and methane emissions as affected by fatty acid composition and dietary protein. *Journal of Dairy Science*. 101(2): 605-616.
- Li M., Zhang Y. & Liu H. (2024). Effects of dietary lysophospholipids and fatty acid saturation on growth performance and meat quality of beef bulls. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 15: 138.
- Lock A.L. & Bauman D.E. (2004). Modifying milk fat composition of dairy cows to enhance fatty acids beneficial to human health. *Lipids*. 39(12): 1197-1206.
- Lock A.L. & Bauman D.E. (2011). Update on dietary and management effects on milk fat. Dairy Cattle Extension. The U.S. Cooperative Extension System.
- Loor J.J., Ferlay A., Ollier A., Doreau M. & Chilliard Y. (2004). High-starch diets and linseed oil supplementation enhance the conjugated linoleic acid (CLA) content of intramuscular and subcutaneous fat in finishing cattle. *Journal of Animal Science*. 82(3): 892-900.
- Mateo K.S., Wang Y. & Li P. (2023). Effects of omega-3 fatty acid supplementation on reproductive functions in cattle. *Animals*. 13(22): 3589.
- Mele M., Conte G. & Serra A. (2023). Dietary unsaturated fatty acids and their role in modifying milk composition: A meta-analysis. *Animals*. 13(13): 2063.
- Nuernberg K., Dannenberger D. & Nuernberg G. (2005). Effect of dietary fatty acid on meat quality and fatty acid composition of muscle in cattle. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 107(11): 796-802.
- Palmquist D.L. & Jenkins T.C. (2003). Challenges with fats and fatty acid methods. *Journal of Animal Science*. 81(12): 3250-3264.
- Patra A.K. & Yu Z. (2013). Effects of essential oils on methane production and rumen fermentation: A

- meta-analysis. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 4: 22.
- Phan Thanh Sơn Nam & Trần Thị Việt Hoa (2019). *Giáo trình Hóa học hữu cơ*. NXB Trường Đại học Bách khoa – Đại học Quốc gia TP.HCM.
- Poulos A. (2001). Very long chain fatty acids in higher animals: A review. *Lipids*. 35(8): 799-806.
- Santos J.E.P. & Silvestre F.T. (2013). Role of fatty acids in dairy cattle reproduction. *Animal Science Department, University of Florida, USA*.
- Santos J.E.P., Bilby T.R., Thatcher W.W., Staples C.R. & Silvestre F.T. (2008). Long chain fatty acids of diet as factors influencing reproduction in cattle. *Reproduction in Domestic Animals*. 43(s2): 23-30.
- Sargent J.R., Bell J.G., Bell M.V., Henderson R.J. & Tocher D.R. (2002). The metabolism of phospholipids and polyunsaturated fatty acids in fish. *Advances in Fish Physiology*. 22: 1-55.
- Scollan N.D., Hocquette J.F., Nuernberg K., Dannenberger D., Richardson I. & Moloney A. (2006). Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*. 74(1): 17-33.
- Scollan N.D., Price E.M. & Morgan S.A. (2014). Enhancing the fatty acid profile of beef through diet modification. *Animal Production Science*. 54(7): 769-781.
- Shingfield K.J., Bonnet M. & Scollan N.D. (2010). Recent developments in altering the fatty acid composition of ruminant-derived foods. *Animal*. 4(7): 132-162.
- Simopoulos A.P. (1999). Essential fatty acids in health and chronic disease. *American Journal of Clinical Nutrition*. 70(3): 560-569.
- Staples C.R., Burke J.M. & Thatcher W.W. (1998). Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performance of lactating cows. *Journal of Dairy Science*. 81(3): 856-871.
- Sun X., Wang Y., Ma X., Li S. & Wang W. (2022). Producing natural functional and low-carbon milk by regulating the diet of the cattle - The fatty acid associated rumen fermentation, biohydrogenation, and microorganism response. *Frontiers in Nutrition*. 9: 955846.
- Tocher D.R. (2010). Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. *Aquaculture Research*. 41(5): 717-732.
- Wathes D.C., Abayasekara D.R.E. & Aitken R.J. (2007). Polyunsaturated fatty acids in male and female reproduction. *Biology of Reproduction*. 77(2): 190-201.
- Wood J.D., Enser M., Fisher A.V., Nute G.R., Sheard P.R., Richardson R.I., Hughes S.I. & Whittington F.M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*. 78(4): 343-358.
- Zhou Z., Meng Q. & Zhang Y. (2019). Effects of different n-6/n-3 polyunsaturated fatty acid ratios on methane emissions and rumen microbial populations. *Frontiers in Microbiology*. 10: 1621.