University of Tehran Press

Journal of Animal Production

Online ISSN: 2382-994X

Homepage: https://jap.ut.ac.ir/

Determination of nutritional value and digestibility of tomato pomace before and after oil extraction *in vitro* and evaluation of ruminal disappearance of lycopene *in situ*

Zahra Aminifard[1]✉ | Ali Kiani[2] | Arash Azarfar[3]

1. Corresponding Author, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran. E-mail: Aminifard.za@sa.lu.ac.ir
2. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran. E-mail: asglu89@gmail.com
3. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran. E-mail: arash.azarfar@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 29 January 2022
Received in revised form: 08 August 2022
Accepted: 13 August 2022
Published online: 24 December 2022

Keywords:
Antioxidant,
Degradability,
Lycopene,
Oil,
Ruminants,
Tomato pomace.

ABSTRACT

In this study, the nutritional value and digestibility of tomato pomace before (TP) and after oil extraction (DTP) were measured. Lycopene content of TP and its rumen disappearance rate were determined. In a completely randomized design, gas production content of TP and DTP was measured in an *in vitro* experiment. Ruminal disappearance of dry matter and lycopene of TP were determined at 0, 2, 6, 12, 24, 36, 48, 72 and 96 hours of incubation using fistula cows. Ruminal degradability parameters including rapidly degraded fraction (a), slowly degraded fraction (b), fractional rate of degradation (c), potential of degradability (PD) and effective degradability (ED) were estimated. The results showed that lycopene content of TP was 168 mg/kg DM. Tomato pomace after oil extraction had higher amounts of crude protein, NDF, and ADF than TP. De-oiled TP showed higher gas production, digestibility of organic matter and short-chain fatty acids and lower N-ammonia as compared to TP. The values for a, b, c, PD and ED for dry matter were 57.1, 0.07, 66.4 and 49.3% and for lycopene were 3.87, 42.1, 0.076, 45.9 and 34.1, respectively. In conclusion, ruminal degradability of lycopene was about 30% meaning that about than 70% of lycopene by-passes the rumen. In addition, de-oiled tomato pomace has good nutritional value for use in ruminant nutrition.

Cite this article: Aminifard, Z., Kiani, A., & Azarfar, A. (2022). Determination of nutritional value and digestibility of tomato pomace before and after oil extraction *in vitro* and evaluation of ruminal disappearance of lycopene *in situ*. *Journal of animal Production*, 24 (4), 441-452. DOI: http://doi.org/10.22059/jap.2022.338142.623673

© The Author(s).
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: http://doi.org/10.22059/jap.2022.338142.623673

انتشارات دانشگاه تهران

تولیدات دامی

Homepage: https://jap.ut.ac.ir/

شاپا الکترونیکی: ۲۳۸۲-۹۹۴x

تعیین ارزش تغذیه‌ای و گوارش‌پذیری تفاله گوجه‌فرنگی قبل و بعد از روغن‌گیری در شرایط آزمایشگاهی و بررسی میزان تجزیه‌پذیری لیکوپن به روش درون شکمبه‌ای

زهرا امینی‌فرد[۱]✉ | علی کیانی[۲] | آرش آذرفر[۳]

۱. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. رایانامه: Aminifard.za@sa.lu.ac.ir

۲. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. رایانامه: asglu89@gmail.com

۳. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. رایانامه: arash.azarfar@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۰۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۵/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۲۲

تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۱۰/۰۳

کلیدواژه‌ها:
آنتی‌اکسیدان،
تجزیه‌پذیری،
تفاله گوجه‌فرنگی،
روغن،
لیکوپن،
نشخوارکنندگان.

چکیده

در این مطالعه، ارزش تغذیه‌ای و گوارش‌پذیری تفاله گوجه‌فرنگی قبل و بعد از روغن‌گیری اندازه‌گیری شد. میزان لیکوپن تفاله گوجه‌فرنگی و نرخ ناپدیدشدن شکمبه‌ای لیکوپن تعیین شد. در آزمایشی برون‌تنی در قالب طرح کاملاً تصادفی، میزان تولید گاز برای تفاله گوجه‌فرنگی قبل و بعد از روغن‌گیری اندازه‌گیری شد. میزان ناپدیدشدن ماده‌خشک و لیکوپن تفاله گوجه‌فرنگی با استفاده از گاوهای فیستولادار در زمان‌های صفر، دو، شش، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸ و ۷۲ و ۹۶ ساعت از انکوباسیون بررسی شد و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شامل بخش سریع‌تجزیه، کندتجزیه، ثابت‌نرخ‌تجزیه، پتانسیل تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری‌مؤثر برآورد شدند. نتایج نشان داد مقدار لیکوپن در تفاله ۱۶۸ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده‌خشک بود. تفاله گوجه‌فرنگی روغن‌گیری‌شده دارای مقادیر بیش‌تری پروتئین‌خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی در مقایسه با تفاله گوجه‌فرنگی بود. فراسنجه‌های تولید گاز، گوارش‌پذیری ماده‌آلی و اسیدهای‌چرب کوتاه‌زنجیر تفاله روغن‌گیری‌شده بیش‌تر، اما غلظت نیتروژن آمونیاکی آن کم‌تر از تفاله گوجه‌فرنگی بود. بخش سریع‌تجزیه، کندتجزیه، ثابت‌نرخ‌تجزیه، پتانسیل تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری‌مؤثر برای ماده‌خشک به‌ترتیب ۹/۳۲، ۵۷/۱، ۰/۰۷، ۶۶/۴ و ۴۹/۳ و برای لیکوپن ۳/۸۷، ۴۲/۱، ۰/۰۷۶، ۴۵/۹ و ۳۴/۱ بود. در نتیجه، میزان تجزیه‌پذیری لیکوپن در شکمبه حدود ۳۰ درصد بود به این معنی که حدود ۷۰ درصد لیکوپن از شکمبه عبور می‌کند. علاوه بر این، تفاله گوجه‌فرنگی روغن‌گیری‌شده ارزش خوراکی مناسبی برای استفاده در تغذیه نشخوارکنندگان را دارد.

استناد: امینی‌فرد، ز.، کیانی، ع. و آذرفر، آ (۱۴۰۱). تعیین ارزش تغذیه‌ای و گوارش‌پذیری تفاله گوجه‌فرنگی قبل و بعد از روغن‌گیری در شرایط آزمایشگاهی و بررسی میزان تجزیه‌پذیری لیکوپن به روش درون شکمبه‌ای. *نشریه تولیدات دامی*، ۲۴ (۴)، ۴۴۱-۴۵۲.

DOI: http://doi.org/10.22059/jap.2022.338142.623673

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

CC BY NC

۱. مقدمه

لیکوپن رنگدانه‌ای طبیعی از خانواده کاروتنوئیدها است که توسط میکروارگانیسم‌های فتوسنتزکننده و گیاهان تولید می‌شود و بدن انسان و حیوانات قادر به ساخت آن نیست [۱۸]. از منابع گیاهی مهم لیکوپن می‌توان به گوجه‌فرنگی اشاره کرد که به‌طور متوسط دارای ۶۴ میلی‌گرم لیکوپن در هر کیلوگرم ماده خشک است [۲۴]. در سال‌های اخیر مطالعات زیادی به تأثیر مثبت مصرف لیکوپن در پیشگیری از بیماری‌هایی از قبیل انواع سرطان در انسان اشاره کرده‌اند [۱۲]. لیکوپن به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان قوی و محلول در چربی برای محافظت از غشای سلول در برابر اکسیداسیون مهم است [۲۵]. ذخیره لیکوپن در فرآورده‌های دامی می‌تواند اثرات مفیدی را به همراه داشته باشد، به‌طوری که گزارش شده است مکمل لیکوپن در جیره غذایی بره‌های پرواری مانع از اکسیداسیون چربی و پروتئین و افزایش تجمع آنتی‌اکسیدان‌ها (ویتامین A و E) در گوشت در طول ذخیره‌سازی می‌شود [۲۵]. با این وجود اطلاعات در مورد میزان تجزیه‌پذیری و یا روند ناپدیدشدن کاروتنوئیدها از جمله لیکوپن و ترکیبات هم‌خانواده آن از قبیل لوتئین و اپی‌لوتئین در شکمبه اندک است [۷].

میزان تجزیه‌پذیری کاروتنوئیدها در شکمبه نشخوارکنندگان بین ۱۰ تا ۷۵ درصد گزارش شده است [۱۱، ۱۴ و ۱۶]. در نشخوارکنندگان همواره بخشی از کاروتنوئیدها در شکمبه تجزیه می‌شوند [۱۶] و بخش دیگر کاروتنوئیدها به‌صورت تجزیه‌نشده از شکمبه به روده کوچک عبور می‌کنند [۵] و در آنجا از طریق واردشدن در ترکیب لیپوپروتئین‌ها جذب می‌شوند. البته میزان عبور شکمبه‌ای کاروتنوئیدهای مختلف در بین گونه‌های نشخوارکننده متناقض گزارش شده است [۱۴]. هرچند ممکن است که فرایندهای فیزیکی و شیمیایی قبل و بعد از مصرف بر میزان تجزیه کاروتنوئیدها در شکمبه تأثیر داشته باشد [۱۶]. در آزمایشی که روی ترکیبات کاروتنوئیدی یونجه به دو روش آزمایشگاهی و کیسه‌های نایلونی انجام شد، نرخ تجزیه‌پذیری بتاکاروتن در گاو و بز به‌ترتیب ۰/۱۳ و ۰/۳۷، لوتئین ۰/۲ و ۰/۲۵، کاروتن کل ۰/۲ و ۰/۶۲، گزانتوفیل کل ۰/۲ و ۰/۷۷ و روند ناپدیدشدن آزمایشگاهی برای همه ترکیبات خطی بود. اما روند ناپدیدشدن در روش کیسه‌های نایلونی به‌صورت غیرخطی بود و نرخ تجزیه‌پذیری بتاکاروتن ۲/۵ و ۱/۲، لوتئین ۲/۵ و ۱/۵، کاروتن کل ۲/۲ و ۱، گزانتوفیل کل ۲/۱ و ۱/۱ درصد در ساعت گزارش شده است [۱۴]. بررسی‌های انجام‌شده نشان داد که اطلاعاتی در ارتباط با میزان تجزیه لیکوپن در شکمبه نشخوارکنندگان در منابع علمی وجود ندارد.

با توجه به اهمیت روزافزون ترکیبات غذایی فراویژه از قبیل لیکوپن در سلامت انسان و دام، گردآوری اطلاعات بیش‌تر در ارتباط با اتفاقاتی که در دستگاه گوارش نشخوارکنندگان روی ترکیب لیکوپن رخ می‌دهد ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین در آزمایش حاضر ابتدا ترکیبات شیمیایی و ارزش تغذیه‌ای تفاله گوجه‌فرنگی قبل و بعد از روغن‌گیری در شرایط آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد و مقدار لیکوپن موجود در تفاله گوجه‌فرنگی تعیین شد. در مرحله بعد میزان تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده‌خشک و لیکوپن تفاله گوجه‌فرنگی با استفاده از روش درون شکمبه‌ای کیسه‌های نایلونی مورد بررسی قرار گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

۲. ۱. اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی

به این منظور، تفاله گوجه‌فرنگی مورد آزمایش از کارخانه روژین‌تاک شهر کرمانشاه تهیه شد و اندازه‌گیری ماده خشک و خاکستر با استفاده از روش‌های استاندارد انجام شد [۳]. برای تعیین عصاره اتری از روش سوکسله استفاده شد [۳] و روغن تفاله با استفاده از ترکیب حلال‌های اتانول و اتیل‌استات (با نسبت یک به دو) استخراج شد. برای هر نمونه آزمایش تعداد چهار تکرار در نظر گرفته شد. میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی [۳] و الیاف نامحلول در شوینده خنثی

محاسبه شد [۲۳]. پروتئین خام نمونه‌ها با استفاده از دستگاه کجلدال (مدل ۲۰۳۳ Foss- کشور سوئد) پس از سنجش میزان نیتروژن موجود اندازه‌گیری شد [۳].

۲. ۲. تعیین غلظت لیکوپن در تفاله گوجه‌فرنگی

مقدار یک گرم نمونه خشک و همگن تفاله گوجه‌فرنگی در لوله‌های شیشه‌ای اسکات درب‌دار ریخته شد (چهار تکرار). برای جلوگیری از ورود نور، لوله‌ها با ورق آلومینیـومی کاملاً پوشیده شدند. به‌منظور جلوگیری از اکسیداسیون لیکوپن در طول اسـتخراج از محلول پنج درصد وزنی/وزنی بوتیل‌هیدروکسی‌تولوئن استفاده شد. مقدار ۲۵ میلی‌لیتر مخلوط حلال‌های ان‌هگزان، اتانول و استون (شرکت مرک آلمان) با نسبت‌های ۱:۱:۲ به نمونه اضافه شد و لوله‌ها داخل انکوباتور شیکردار به‌مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفتند. سپس ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به هر کدام از لوله‌ها اضافه شد و به‌مدت دو دقیقه دیگر در انکوباتور عمل هم‌زدن ادامه یافت [۱]. سپس محتویات لوله‌ها به‌مدت ۱۵ دقیقه در محیط آزمایشگاه باقی ماندند تا دو فاز آلی و آبی تشکیل شود. فاز بالایی برای اندازه‌گیری لیکوپن در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد و به دور از نور نگه‌داری شد. جذب لیکوپن با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل .PG Instruments Ltd ،UV/VIS T80- کشور انگلستان) و در طول موج ۵۰۳ نانومتر در حلال هگزان طبق رابطه (۱) انجام شد [۲].

$$C\ (mg/kg) = (A503/E) \times 0.55V \times 537 \times 1/W \times 10^6$$ رابطه ۱)

در این رابطه، C، غلظت لیکوپن در نمونه؛ A، مقدار جذب نمونه در طول موج ۵۰۳ نانومتر؛ E، ضریب خاموشی ویژه هگزان؛ V، حجم محلول (میلی‌لیتر) و W، وزن نمونه مورداستفاده برحسب میلی‌گرم است.

۲. ۳. آزمایش تولید گاز

مقدار ۲۵۰ میلی‌گرم از نمونه‌های آزمایشی تفاله گوجه‌فرنگی قبل (۱۰ تکرار) و بعد از روغن‌گیری (۱۰ تکرار) داخل بطری‌های شیشه‌ای ریخته شد. سپس به هر بطری مقدار پنج میلی‌لیتر مایع شکمبه صاف شده و ۲۰ میلی‌لیتر بزاق مصنوعی اضافه شد مایع شکمبه قبل از خوراک‌دهی وعده صبح از دو راس گاو فیستولادار توسط پمپ خلأ جمع‌آوری شد و درون فلاسکی عایق که از قبل توسط گاز دی‌اکسیدکربن بی‌هوازی شده بود، در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد به آزمایشگاه منتقل شد. محتویات شکمبه توسط چهار لایه پارچه نخی صاف شد. تعداد سه بطری به‌عنوان بلانک در نظر گرفته شد. بعد از بستن درب بطری‌ها با درپوش پلاستیکی و درب فلزی، بطری‌ها در بن‌ماری با دمای حدود ۳۹ درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند. میزان گاز تولیدی بطری‌ها (هفت تکرار در هر تیمار) توسط دستگاه فشارسنج دیجیتال (مدل Tracker 200, Baley and Mackey, Ltd., Birmingham- کشور انگلستان) در زمان‌های دو، چهار، شش، هشت، ۱۲، ۱۶، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از شروع انکوباسیون ثبت شد. فراسنجه‌های تولید گاز با استفاده از رابطه (۲) برآورد شد [۱۷].

$$P = b(1 - e^{-ct})$$ رابطه ۲)

که در این رابطه، b، حجم گاز تولیدی از بخش تخمیرپذیر نمونه (میلی‌لیتر)؛ c، نرخ تولید گاز در ساعت؛ t، مدت زمان انکوباسیون برحسب ساعت و P، حجم گاز تولیدی (میلی‌لیتر) در زمان موردنظر است.

در ساعت ۲۴، تعداد سه بطری در هر تیمار به‌منظور تعیین گوارش‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک و ماده‌آلی، انرژی قابل‌متابولیسم، فراسنجه‌های تخمیری شکمبه و محاسبه تولید پروتئین میکروبی و اسیدهای‌چرب کوتاه‌زنجیر از روند انکوباسیون خارج شد و پس از ثبت حجم گاز تولیدی باز شدند. میزان اسیدیته (pH) محتویات بطری‌های شیشه‌ای به‌وسیله دستگاه pHمتر (مدل WTM، کشور آلمان) اندازه‌گیری شد. محتویات هر بطری با ۲۰۰۰g به‌مدت ۲۰ دقیقه در دمای چهار

درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. مایع رویی (سوپرناتانت) جدا و بقایای هر بطری جمع‌آوری و خشک شد. میزان گوارش‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک از اختلاف وزن سوبسترای اولیه و وزن بقایا پس از انکوباسیون محاسبه شد. به‌منظور اندازه‌گیری نیتروژن آمونیاکی، نمونه‌های سوپرناتانت جمع‌آوری‌شده از بطری‌ها (پنج میلی‌لیتر) بلافاصله با یک میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۰/۲ نرمال مخلوط و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه با استفاده از معرف‌های فنول و هیپوکلرایت اندازه‌گیری شد. میزان گوارش‌پذیری شکمبه‌ای ماده‌آلی (IVOMD) و انرژی قابل‌متابولیسم (ME) نمونه‌های آزمایشی به‌ترتیب با استفاده از رابطه‌های (۳) و (۴) برآورد شد [۱۳].

رابطه ۳) $$IVOMD\ (g/kg\ OM) = 148.8 + 8.89\ GAS + 0.45\ CP + 0.65\ XA$$

رابطه ۴) $$ME\ (MJ/kg\ DM) = 2.20 + 0.136\ GAS + 0.057\ CP + 0.0029\ CP^2$$

که در رابطه‌های مذکور، GAS، حجم گاز خالص تولیدی برای ۲۰۰ میلی‌گرم سوبسترا پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون؛ CP، میزان پروتئین‌خام به‌صورت گرم در ۱۰۰ گرم ماده‌خشک و XA، خاکستر به‌صورت گرم در ۱۰۰ گرم ماده‌خشک می‌باشد.

ضریب تفکیک (PF–Partitioning Factor) بیان‌کننده نسبت تجزیه واقعی سوبسترا به حجم گاز تولیدشده در دوره‌های زمانی انکوباسیون می‌باشد و به‌کمک رابطه‌های (۵) و (۶) محاسبه شد.

رابطه ۵) ماده آلی واقعاً هضم‌شده (میلی‌گرم) = مقدار اولیه – باقی‌مانده – خاکستر

رابطه ۶) $$PF = \frac{\text{میلی گرم ماده الی حقیقی هضم شده}}{\text{میلی لیتر گاز تولید شده}}$$

تولید پروتئین میکروبی (MPS) با استفاده از رابطه (۷) تخمین زده شد [۴].

رابطه ۷) $$MPS\ (mg/g\ DM) = mg\ ADS - (ml\ gas \times 2.2\ mg/ml)$$

که در این رابطه، ADS، سوبسترای هضم‌شده ظاهری و ۲/۲ عامل استوکیومتری برحسب میلی‌گرم کربن، هیدروژن و اکسیژن موردنیاز برای سنتز اسیدهای‌چرب کوتاه زنجیر است. غلظت اسیدهای‌چرب کوتاه‌زنجیر با استفاده از رابطه (۸) محاسبه شد [۹].

رابطه ۸) $$SCFA\ (mmol/200\ mg\ DM) = 0.0222GP - 0.0042$$

۲. ۴. تعیین تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای لیکوپن با استفاده از کیسه‌های نایلونی

به‌منظور تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای لیکوپن از دو رأس گاو بالغ ماده بومی دارای فیستولای شکمبه‌ای استفاده شد. در طی مدت اجرای آزمایش، دام‌ها به‌مدت شش هفته با جیره نگهداری تنظیم شده مطابق با جداول احتیاجات غذایی [۱۵] با نسبت ۶۰ به ۴۰ علوفه و کنسانتره (شامل یونجه، کاه گندم، سیلاژ ذرت، دانه جو، سبوس گندم، کنجاله سویا، دانه ذرت، اوره، مکمل مواد معدنی و ویتامین) دو بار در طول شبانه‌روز (ساعت ۸ و ۱۶) تغذیه شدند. مقدار ۵ گرم از نمونه تفاله گوجه‌فرنگی که از قبل مقدار لیکوپن آن اندازه‌گیری شده است در کیسه‌های نایلونی (ANKOM Co, Fairport, NY– کشور آمریکا) به ابعاد ۱۰۰×۱۵۰ میلی‌متر و قطر منافذ ۴۸ میکرومتر قرار داده شد. وزن کیسه‌های خالی ثبت شد. نمونه‌ها به‌ترتیب در زمان‌های دو، شش، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸ و ۷۲ و ۹۶ ساعت (در سه دوره مجزا) از طریق فیستولای شکمبه‌ای در شکمبه دام‌ها قرار گرفت. پس از سپری‌شدن هر یک از زمان‌های تعیین‌شده، کیسه‌ها به‌طور هم‌زمان برداشته شدند و در زیر شیر آب سرد به‌خوبی شسته شدند برای تعیین ناپدیدشدن ماده‌خشک و لیکوپن در زمان صفر، کیسه‌های حاوی نمونه تفاله گوجه‌فرنگی به‌مدت ۱۵ دقیقه زیر شیر آب شست‌وشو شد. سپس کیسه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد برای خشک‌شدن کامل در آون قرار گرفتند. با خروج کیسه‌ها از آون و خنک‌شدن

آن‌ها، از اختلاف وزن نمونه اولیه و وزن نمونه بعد از آون میزان ناپدیدشدن ماده‌خشک تفاله گوجه‌فرنگی در هر زمان محاسبه شد. بقایای خشک‌شده کیسه‌ها به‌طور جداگانه برای اندازه‌گیری مقدار لیکوپن باقیمانده در فریزر در محفظه‌های تیره نگه‌داری شدند. فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری با استفاده از رابطه‌های (۹) و (۱۰) محاسبه شد [۱۷].

رابطه ۹) $P = b(1 - e^{-ct})$

رابطه ۱۰) $P= a+b (1-e^{-ct})$

که در رابطه‌های ذکرشده، P، پتانسیل تجزیه‌پذیری در زمان t؛ a، بخش تجزیه‌شده در زمان صفر (سریع‌تجزیه)؛ b، بخش دارای پتانسیل تجزیه‌پذیری در زمان (کُندتجزیه)؛ ED، تجزیه‌پذیری مؤثر؛ r، نرخ عبور ۰/۰۵ درصد در ساعت؛ c، ثابت نرخ تجزیه‌پذیری و t، زمان است. درصد ناپدیدشدن ماده‌خشک و لیکوپن تفاله گوجه‌فرنگی در شکمبه با استفاده از رابطه (۱۱) محاسبه شد.

رابطه ۱۱) $\text{ناپدیدشدن ماده مغذی در شکمبه} = \frac{\text{مقدار ماده مغذی بعد از انکوباسیون} - \text{مقدار ماده مغذی اولیه}}{\text{مقدار ماده مغذی اولیه}} \times 100$

داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (۹/۲) رویه مختلط، برای مدل آماری (۱۲) تجزیه و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن و در سطح معنی‌داری پنج درصد مقایسه شد.

رابطه ۱۲) $Y_{ijk}= \mu + T_i + R_j + e_{ijk}$

در این رابطه، Y_{ijk}، رکورد مشاهده‌شده؛ μ، میانگین کل؛ T_i، اثر تیمار آزمایشی iام؛ R_j، اثر دوره آزمایش jام و e_{ijk}، اثر خطای آزمایشی است.

۳. نتایج و بحث

۳. ۱. ترکیبات شیمیایی و غلظت لیکوپن در تفاله گوجه‌فرنگی

نتایج نشان داد ترکیبات شیمیایی تفاله گوجه‌فرنگی قبل از روغن‌گیری در آزمایش حاضر با اعداد گزارش‌شده در NRC [۱۵] مشابه بود (جدول ۱). تفاله روغن‌گیری‌شده از نظر پروتئین، الیاف‌نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی نسبت به تفاله گوجه‌فرنگی قبل از روغن‌گیری حاوی مقادیر بیش‌تری بود. مقدار لیکوپن در تفاله ۱۶۸ میلی‌گرم در هر کیلوگرم ماده‌خشک بود. محتوای لیکوپن گوجه‌فرنگی تازه بسیار متغیر است و تحت تأثیر عواملی مانند گونه، درجه رسیدن، آب‌وهوا و محل جغرافیایی کشت قرار دارد [۲۱]. مقدار لیکوپن موجود در گوجه‌فرنگی تازه ۱۲/۱ تا ۶۴/۳ میلی‌گرم در هر کیلوگرم است [۲۴]. بیش‌ترین لیکوپن در کنسانتره گوجه‌فرنگی به میزان ۵۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود و غلظت لیکوپن در سایر فرآورده‌های گوجه‌فرنگی مثل آب، پودر و سس گوجه‌فرنگی به‌ترتیب ۶۰، ۲۰۰ و ۲۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است [۲۴] و مقادیر لیکوپن در تفاله گوجه‌فرنگی بسته به روش استخراج و نوع حلال‌های مورد استفاده بین ۱۱۰ تا ۵۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم متغیر است [۱].

جدول ۱. ترکیبات شیمیایی و غلظت لیکوپن تفاله گوجه‌فرنگی

ترکیبات شیمیایی	TP	DTP
ماده خشک (درصد)	۹۲/۴	۹۲/۱
ماده آلی (درصد)	۹۴/۱	۹۴/۱
پروتئین خام (درصد)	۱۷/۲	۱۸/۳
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد)	۶۳	۶۴/۲
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد)	۴۲	۴۲/۶
عصاره اتری (درصد)	۱۲/۱	–
خاکستر (درصد)	۵/۹	۵/۹
لیکوپن (میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک)	۱۶۸	–

TP: تفاله گوجه‌فرنگی؛ DTP: تفاله گوجه‌فرنگی‌روغن‌گیری‌شده.

۳. ۲. آزمایش تولید گاز

نتایج فراسنجه‌های تولید گاز، تخمیر و گوارش‌پذیری تفاله گوجه‌فرنگی قبل و بعد از روغن‌گیری در جدول (۲) نشان داده شده است. حجم گاز تولیدی در زمان ۲۴ ساعت پس از انکوباسیون در هر دو تفاله مشابه بود اما تفاوت معنی‌داری در تولید گاز زمان‌های ۴۸، ۷۲ و کل گاز تولیدی وجود داشت (P<۰/۰۵). پتانسیل تولید گاز در تفاله گوجه‌فرنگی روغن‌گیری‌شده بیش‌تر بود با این‌حال نرخ تولید گاز در هر دو نمونه آزمایشی یکسان بود. عمده‌ترین تفاوت در ترکیبات شیمیایی تفاله روغن‌گیری‌شده مربوط به درصد چربی آن است. چربی تفاله (۱۲ درصد) می‌تواند روی فعالیت میکروارگانیسم‌ها و تخمیر الیاف تأثیر منفی داشته و باعث کاهش تولید گاز شود. در مطالعه‌ای روغن سویا باعث کاهش تولید گاز در شرایط آزمایشگاهی شد [۲۰]. با توجه به این‌که بخش عمده چربی موجود در تفاله گوجه‌فرنگی از نوع غیراشباع (۸۰ درصد) است [۸]. احتمالاً کاهش تخمیر و به‌دنبال آن کاهش تولید گاز در نتیجه پوشش‌دهی میکروارگانیسم‌های شکمبه توسط چربی تفاله باشد. این تأثیر منفی چربی روی فعالیت میکروب‌ها بر قابلیت گوارش‌پذیری ماده‌خشک، ماده‌آلی و انرژی قابل‌متابولیسم نیز مشهود است. نتایج نشان داد تفاوت معنی‌داری در مقدار تولید پروتئین‌میکروبی، ضریب تفکیک و pH دو نمونه مورد آزمایش وجود نداشت. نیتروژن‌آمونیاکی شکمبه در تفاله روغن‌گیری‌شده کم‌تر از تفاله گوجه‌فرنگی بود (P<۰/۰۵) که می‌تواند به‌دلیل حذف روغن تفاله باشد.

جدول ۲. فراسنجه‌های تولید گاز، تخمیر و گوارش‌پذیری تفاله گوجه‌فرنگی قبل و بعد از روغن‌گیری

	TP	DTP	SEM	P-value
فراسنجه‌های تولید گاز (میلی‌لیتر)				
گاز تولیدی ۲۴ ساعت	۳۴/۴	۳۷/۷	۱/۳	۰/۱۳
گاز تولیدی ۴۸ ساعت	۴۲/۷[b]	۴۷/۸[a]	۱/۱۹	۰/۰۲
گاز تولیدی ۷۲ ساعت	۴۶/۸[b]	۵۵/۴[a]	۱/۳۴	۰/۰۰۴
کل گاز تولیدی	۴۹/۴[b]	۵۷/۸[a]	۰/۹۹	۰/۰۰۱
پتانسیل تولید گاز (a)	۵۴/۹[b]	۶۲/۲[a]	۱/۴۳	۰/۰۱
نرخ تولید گاز (b)	۰/۰۳	۰/۰۳۱	۰/۰۰۲	۰/۹۹
فراسنجه‌های تخمیر				
گوارش‌پذیری ماه‌خشک (درصد)	۵۹/۵[b]	۶۹[a]	۱/۲۷	۰/۰۳
گوارش‌پذیری ماده‌الی (درصد)	۵۹/۴[b]	۷۲/۴[a]	۰/۸۵	۰/۰۰۸
انرژی قابل‌متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده‌خشک)	۴/۶۸[b]	۵/۳۹[a]	۰/۰۵	۰/۰۱
اسیدهای‌چرب کوتاه‌زنجیر (میلی‌مول در گرم ماده‌خشک)	۰/۵۵[b]	۰/۶۷[a]	۰/۰۰۷	۰/۰۰۹
پروتئین میکروبی (میلی‌گرم در گرم)	۱۵۸	۱۷۹	۷/۵۷	۰/۱۹
ضریب تفکیک (میلی‌گرم در میلی‌لیتر)	۱/۸	۱/۷۷	۰/۰۶	۰/۷۸
pH	۶/۲۱	۶/۳۲	۰/۰۳	۰/۱۳
نیتروژن آمونیاکی (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۱۶/۲[b]	۱۷/۱[a]	۰/۰۷	۰/۰۱

TP: تفاله گوجه‌فرنگی؛ DTP: تفاله گوجه‌فرنگی‌روغن‌گیری‌شده.

a-b: تفاوت میانگین‌ها با حروف نامشابه در هر ردیف معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

SEM: انحراف استاندارد میانگین.

۳. ۳. تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده‌خشک و لیکوپن تفاله گوجه‌فرنگی با استفاده از کیسه‌های نایلونی

نتایج نشان داد بخش سریع‌تجزیه (a)، کُندتجزیه (b)، ثابت نرخ تجزیه (c)، پتانسیل تجزیه‌پذیری (PD) و تجزیه‌پذیری مؤثر (ED) برای ماده‌خشک تفاله به‌ترتیب ۹/۳۲، ۵۷/۱، ۰/۰۷، ۶۶/۴ و ۴۹/۳ بود (جدول ۳). تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای یک شاخص اندازه‌گیری مهم برای ارزش غذایی هر ماده مغذی در نشخوارکنندگان است. در آزمایشی فراسنجه‌های a، b و c به‌ترتیب

۷/۰۹، ۴۳/۰۶ و ۰/۰۶ گزارش کردند [۲۲]. هم‌چنین در آزمایشی دیگر مقادیر a، b، c و ED تفاله را به‌ترتیب ۱۴/۹، ۰/۴۸۰۲/۶ و ۲۹/۶ درصد برآورد شد [۶]. تفاوت‌های ناچیز در داده‌های پژوهش حاضر با سایر پژوهش‌ها می‌تواند ناشی از ویژگی‌هایی نظیر ترکیب شیمیایی و ساختار دیواره سلولی مواد خوراکی باشد. بخش a، b، c، PD و ED برای لیکوپن به‌ترتیب ۳/۸۸، ۴۲/۱، ۰/۰۷۶، ۴۵/۹ و ۳۴/۱ درصد بود (جدول ۳) که نشان می‌دهد لیکوپن دارای مقادیر پایین‌تر a، b، PD و ED در مقایسه با بخش ماده‌خشک است. نتایج نشان داد بیش از ۳۰ درصد ماده‌خشک و لیکوپن در ۱۲ ساعت اولیه انکوباسیون از شکمبه ناپدید شدند (شکل ۱). روند مشابهی بین ناپدیدشدن ماده‌خشک و لیکوپن در شکمبه وجود داشت که نشان می‌دهد با افزایش زمان ماندگاری در شکمبه، فرصت بیش‌تری برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها به‌وجود آمده و میزان بیش‌تری از ماده خوراکی موردتجزیه قرار می‌گیرد. این نتایج از یافته‌های قبلی مبنی بر این‌که ناپدیدشدن کاروتنوئیدها از علوفه در شکمبه می‌تواند به ماده‌خشک و محتوای سلولی مربوط باشد نیز پشتیبانی می‌کند [۱۴].

جدول ۳. فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده‌خشک و لیکوپن تفاله گوجه‌فرنگی با استفاده از کیسه‌های نایلونی

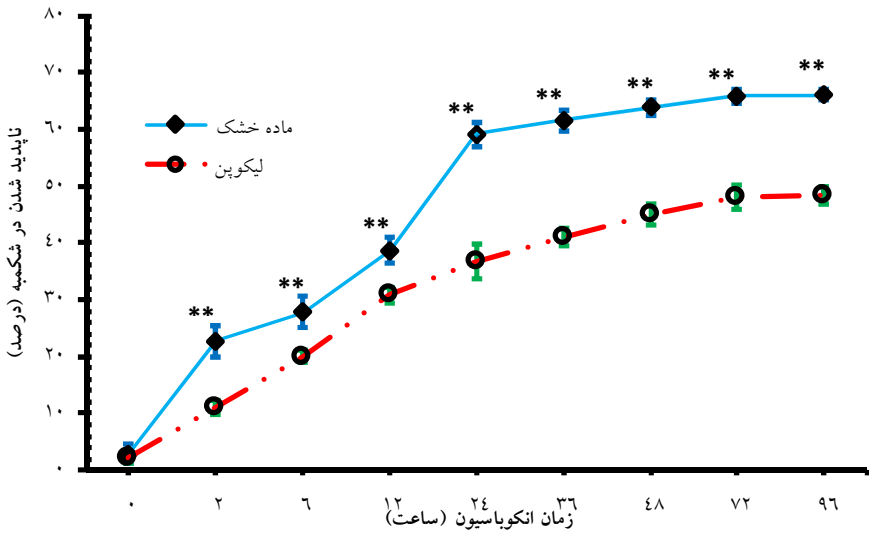
	لیکوپن	ماده‌خشک	SEM	^{۲}P value
بخش سریع‌تجزیه (درصد)	۳/۸۷^{b}	۹/۳۲^{a}	۰/۶۶	<۰/۰۱
بخش دارای پتانسیل تجزیه در واحد زمان (درصد)	۴۲/۱^{b}	۵۷/۱^{a}	۰/۶۲	<۰/۰۱
ثابت نرخ تجزیه (درصد بر ساعت)	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۰۲	۰/۱۲
پتانسیل تجزیه‌پذیری (درصد)	۴۵/۹^{b}	۶۶/۴^{a}	۰/۱۷	<۰/۰۱
تجزیه‌پذیری مؤثر (درصد)	۳۴/۱^{b}	۴۹/۳^{a}	۰/۲۶	<۰/۰۱

a-b: تفاوت میانگین‌ها با حروف نامشابه در هر ردیف معنی‌دار است (P<۰/۰۵).
SEM: انحراف استاندارد میانگین.

میزان تجزیه‌پذیری لیکوپن در زمان‌های دو، شش، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت انکوباسیون شکمبه‌ای به‌ترتیب ۱۱، ۲۰، ۳۱، ۳۷، ۴۱، ۴۵، ۴۸ و ۴۹ درصد بود (شکل ۱) که نشان می‌دهد تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای لیکوپن از کاروتنوئیدهای هم‌خانواده خود مثل لوتئین و بتاکاروتن کم‌تر است. در آزمایشی مشابه میزان ناپدیدشدن شکمبه‌ای بتاکاروتن در زمان‌های دو، چهار، هشت، ۱۶، ۳۲ و ۶۴ ساعت پس از انکوباسیون در شکمبه گاو به‌ترتیب ۵۷/۶، ۶۵/۷، ۷۱/۹، ۷۹/۵، ۸۵/۹ و ۹۱/۲ درصد بود. این مقادیر برای لوتئین به‌ترتیب ۴۹/۱، ۵۹/۸، ۶۶/۸، ۷۷/۳، ۸۴/۷ و ۹۰ درصد گزارش شده است [۱۴]. این پژوهش‌گران بیان کردند ناپدیدشدن در روش آزمایشگاهی برای بتاکاروتن در زمان‌های دو، چهار، هشت، ۱۶، ۳۲ و ۶۴ ساعت به‌ترتیب ۱/۷۵، ۵/۴۶، ۱۰/۵، ۱۰/۶، ۱۱ و ۱۱/۹ درصد و برای لوتئین به‌ترتیب ۱/۶۳، ۶/۸، ۶/۸۴، ۹/۵، ۱۲/۳ و ۱۶/۸ درصد بود [۱۴]. مطالعه‌ای دیگر میزان ناپدیدشدن آزمایشگاهی بتاکاروتن را ۲۷ تا ۳۴ درصد در زمان‌های ۹ تا ۱۶ ساعت پس از انکوباسیون به‌دست آوردند [۱۱]. علت تفاوت در درصدهای ناپدیدشده بتاکاروتن در آزمایش‌ها را به‌دلیل شرایط آزمایشگاهی ذکر کرده‌اند و بیان کردند تخریب میکروبی شکمبه نقش کم‌تری داشته است [۱۴]. بنابراین نتایج نشان می‌دهد تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای لیکوپن از کاروتنوئیدهای هم‌خانواده خود مثل لوتئین و بتاکاروتن کم‌تر است که می‌تواند به‌دلیل ماهیت محلول در چربی‌بودن لیکوپن باشد که با چربی خوراک عبور می‌کند.

در آزمایش حاضر تقریباً ۳۰ درصد از لیکوپن در شکمبه ناپدید و وارد محیط شکمبه شد. با این‌حال اطلاعاتی که بتوان این یافته‌ها را با آن مقایسه کرد وجود ندارد، اما می‌توان از نتایج تجزیه‌پذیری سایر کاروتنوئیدها استفاده کرد. اثرات هضم شکمبه بر زیست‌فراهمی کاروتنوئیدها هنوز کاملاً واضح و مشخص نیست. درصدهای مختلفی از میزان تجزیه کاروتنوئیدها در شکمبه در آزمایش‌های درون‌تنی و برون‌تنی گزارش شده است [۱۶]. در مطالعه‌ای با گاوهای

فیستولادار، ۴۰ درصد از کاروتنوئیدهای گیاه ستاره آفریقایی در شکمبه ناپدید شد [۷]. دلیل ناپدیدشدن کاروتنوئیدها می‌تواند به فعالیت آنزیمی میکروبی نسبت داده شود زیرا کاروتنوئیدها دارای پیوندهای دوگانه در زنجیره جانبی خود هستند که محیط بی‌هوازی شکمبه آنها را مستعد برای بیوهیدروژناسیون توسط میکروارگانیسم‌های شکمبه می‌کند [۷]. با این وجود، مطالعات دیگر در شرایط برون‌تنی و درون‌تنی نشان داد که تجزیه کاروتنوئید بتاکاروتن توسط میکروارگانیسم‌های شکمبه بسیار کم است [۱۴].

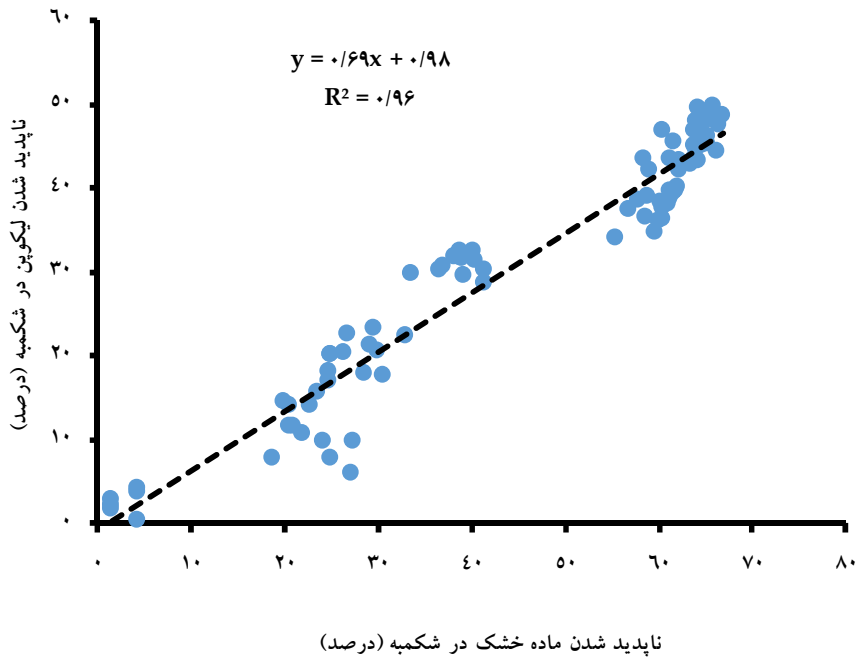


شکل ۱. تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده‌خشک و لیکوپن تفاله گوجه‌فرنگی

تفاوت در تخریب کاروتنوئیدها در شکمبه ممکن است به‌دلیل ویژگی‌های جمعیت میکروبی باشد که تحت تأثیر جیره غذایی قرار دارند [۱۹]. مقدار ناپدیدشدن ویتامین A در مایع شکمبه گاو متغیر گزارش شده است و در جیره‌های غذایی کنسانتره، یونجه و کاه به‌ترتیب ۶۷، ۱۶ و ۱۹ درصد تخمین زده شده است [۱۹]. برخی مطالعات نیز گزارش کرده‌اند که تخریب شکمبه‌ای کاروتنوئیدها در مقادیر کمی رخ می‌دهد و میکروارگانیسم‌های شکمبه در این تخریب نقش کم‌تری دارند [۱۴]. از طرف دیگر در برخی مطالعات یک تعامل مثبت بین کاروتنوئیدها و میکروارگانیسم‌های شکمبه گزارش شده است. مطالعه روی گوسفندان کانولادار تغذیه‌شده با شبدر قرمز حاوی کاروتنوئیدها نشان داد که مقدار کاروتنوئیدها (لوتئین و بتاکاروتن) پس از عبور از شکمبه در روده کوچک نشخوارکنندگان افزایش یافته است [۵]. وقتی دام‌ها مقادیر ۱۷۴، ۵۱/۸، ۲۰/۹ و ۱۶/۵، میلی‌گرم در روز لوتئین، اپی‌لوتئین، ترانس‌بتاکاروتن و ۱۳-سیس‌بتاکاروتن دریافت کردند مقدار این ترکیبات در دوازدهه به‌ترتیب به ۲۰۴، ۵۵/۵، ۶۳/۹ و ۵۵/۴ میلی‌گرم افزایش یافت. پژوهش‌گران پیشنهاد کردند که احتمالاً میکروارگانیسم‌های شکمبه باعث آزادسازی و تولید کاروتنوئیدها در شکمبه می‌شوند و وجود بتاکاروتن در نمونه‌های مدفوع گوساله‌های محروم از کاروتن، پس از تلقیح با میکروارگانیسم‌های شکمبه این نظریه را تأیید می‌کند [۵]. علاوه‌براین، توانایی بتاکاروتن برای افزایش رشد باکتری‌ها پس از سرکوب شدن با روغن گلرنگ در محتوای شکمبه بزها نشان داده شده است [۱۰]. بنابراین ممکن است رابطه‌ای متقابل بین جمعیت میکروبی در شکمبه و مصرف کاروتنوئیدها وجود داشته باشد [۱۸]. بدیهی است که این رابطه مستلزم پژوهش‌های بیش‌تر برای درک کامل هضم کاروتنوئیدها و پتانسیل افزایش غلظت کاروتنوئیدها در داخل بدن است.

نتایج نشان داد رابطه خطی با برازش بالایی بین ناپدیدشدن لیکوپن و ماده‌خشک جیره مشاهده شد (شکل ۲). این یافته با نتایج پژوهش دیگری که در آن همبستگی ناپدیدشدن ماده‌خشک و کل کاروتنوئیدها را ۹۹ درصد تخمین زدند [۷] مطابقت داشت. در طول هضم شکمبه، کاروتنوئیدها از ماتریکس گیاهی خارج شده و وارد فاز مایع شکمبه می‌شوند. به‌هرحال، ورود لیکوپن به داخل شکمبه لزوماً به معنی تجزیه‌شدن آن نیست. لیکوپن می‌تواند در شکمبه دارای اثرات آنتی‌اکسیدانی و محافظت برای حفظ یکپارچگی غشاهای میکروبی از اکسیداسیون باشد [۲۵]. اگرچه محیط شکمبه نشخوارکنندگان بی‌هوازی است و اعتقاد بر این است که غلظت اکسیژن بسیار کم است، اما نمی‌توان شکمبه را کاملاً بدون اکسیژن دانست، زیرا اکسیژن از طریق اکسیژن محلول در آب، بلعیدن خوراک، بزاق و خون در شکمبه منتشر می‌شود. علاوه بر این، اکثر گونه‌های باکتریایی شکمبه بی‌هوازی‌اجباری می‌باشند که نسبت به تنش اکسیداتیو بسیار حساس هستند؛ از این‌رو، افزودن آنتی‌اکسیدان‌هایی قوی نظیر لیکوپن با حذف اثرات اکسیدانی اکسیژن می‌توانند برای بهبود شرایط مطلوب شکمبه مفید باشند. از طرف دیگر، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که حدود ۷۰ درصد از لیکوپن به‌صورت دست‌نخورده وارد روده کوچک می‌شود که می‌تواند پس از جذب به بافت‌های محیطی انتقال یابد [۱۶] و در آنجا یا مورد متابولیسم قرار گیرد و یا این‌که ذخیره شود.

بررسی میزان تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای لیکوپن موجود در تفاله گوجه‌فرنگی نشان داد حدود ۷۰ درصد لیکوپن از شکمبه عبور می‌کند و بنابراین لیکوپن موجود در تفاله گوجه‌فرنگی قابلیت عبور از محیط شکمبه و احتمالاً جذب در محیط روده را دارد. هرچند برای روشن‌شدن نقش‌های لیکوپن در بدن دام‌های نشخوارکننده به‌ویژه در شرایط تنش اکسیداتیو پژوهش‌های بیش‌تری لازم است. از طرف دیگر، با توجه به ترکیبات شیمیایی و فراسنجه‌های تخمیر و گوارش‌پذیری شکمبه، پیشنهاد می‌شود که تفاله گوجه‌فرنگی روغن‌گیری‌شده به‌عنوان یک ماده خوراکی مناسب برای تغذیه دام‌های نشخوارکننده مورد توجه بیش‌تر قرار گیرد.



شکل ۲. ارتباط بین ناپدیدشدن شکمبه‌ای ماده خشک و لیکوپن تفاله گوجه‌فرنگی به روش *In situ*

۴. تشکر و قدر دانی

از مسئولین محترم دانشگاه لرستان برای فراهم‌آوردن زمینه انجام آزمایش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۵. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۶. منابع مورداستفاده

1. Alda LM, Gogoasa I, Bordean DM, Gergen I, Alda S, Moldovan C and Nita L (2009) Lycopene content of tomatoes and tomato products. Journal of Agroalimentary Processes and Technologies, 15(4): 540-542.
2. Anthon G and Barrett DM (2006) of Conference. Standardization of a rapid spectrophotometric method for lycopene analysis. X International Symposium on the processing tomato, 758: 111-128.
3. AOAC (1991) Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
4. Blümmel M, Steingaβ H and Becker K (1997) The relationship between in vitro gas production, in vitro microbial biomass yield and 15 N incorporation and its implications for the prediction of voluntary feed intake of roughages. British Journal of Nutrition, 77(6): 911-921.
5. Cardinault N, Doreau M, Poncet C and Nozière P (2007) Digestion and absorption of carotenoids in sheep given fresh red clover. Animal Science 82(1): 49-55.
6. Chumpawadee S (2009) Degradation characteristics of tomato pomace, soybean hull and peanut pod in the rumen using nylon bag technique. Pakistan journal of Nutrition 8(11): 1717-1721.
7. Cruz-Monterrosa R, Ramírez-Bribiesca J, Guerrero-Legarreta M and Hernández-Mendo O (2011) Carotenoids digestion in African stargrass (cynodon plectostachyus) determined with *in situ* techniques in cattle. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 14(3).
8. Del Valle M, Cámara M and Torija ME (2006) Chemical characterization of tomato pomace. Journal of the Science of Food and Agriculture, 86(8): 1232-1236.
9. Getachew G, Makkar H and Becker K (2002) Tropical browses: contents of phenolic compounds, in vitro gas production and stoichiometric relationship between short chain fatty acid and in vitro gas production. The Journal of Agricultural Science, 139(3): 341-352.
10. Hino T, Andoh N and Ohgi H (1993) Effects of β-carotene and α-tocopherol on rumen bacteria in the utilization of long-chain fatty acids and cellulose. Journal of dairy science, 76(2): 600-605.
11. King T, Smith G and Lohman D (1962) Evidence of rumeno-reticullar losses of vitamin-A and caroten. Pages 1002-& in Proc. Journal of Animal Science. Amer Soc Animal Science 1111 North Dunlap Ave, Savoy, IL 61874
12. Mein JR, Lian F and Wang X-D (2008) Biological activity of lycopene metabolites: implications for cancer prevention. Nutrition reviews, 66(12): 667-683.
13. Menke KH and Steingass H (1988) Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. Animal research and development, 28: 7-55.
14. Mora O, Romano JL, González E, Ruiz FJ and Shimada A (1999) *In vitro* and in situ disappearance of β-carotene and lutein from lucerne (Medicago sativa) hay in bovine and caprine ruminal fluids. Journal of the Science of Food and Agriculture, 79(2): 273-276.
15. National Research Council (2001) Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.

16. Nozière P, Graulet B, Lucas A, Martin B, Grolier P and Doreau M (2006) Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products. Animal Feed Science and Technology, 131(3-4): 418-450.
17. Ørskov E and McDonald I (1979) The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. The Journal of Agricultural Science, 92(2): 499-503.
18. Przybylska S (2020) Lycopene–a bioactive carotenoid offering multiple health benefits: a review. International Journal of Food Science and Technology, 55(1): 11-32.
19. Rode L, McAllister T and Cheng KJ (1990) Microbial degradation of vitamin A in rumen fluid from steers fed concentrate, hay or straw diets. Canadian Journal of Animal Science, 70(1): 227-233.
20. Rodrigues J, Ramin M, Huhtanen P, Aru F, Detmann E and Marcondes M (2018) Effect of soya bean oil supplementation and forage type on methane production and fibre digestibility using the *in vitro* gas production system. Grass and Forage Science, 73(2): 368-380.
21. Shi J and Maguer ML (2000) Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing. Critical reviews in food science and nutrition, 40(1): 1-42.
22. Taghizadeh A, Palanghi V, Safamehr A, Nobakht A, Mehmannavaz Y and Paya H (2009) of Conference. Determining of nutritive values of tomato pomace using *in situ* and gas production techniques Proceedings of the British Society of Animal Science. Cambridge University Press. 194-194.
23. Van Soest Pv, Robertson J and Lewis B (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of dairy science, 74(10): 3583-3597.
24. Wawrzyniak A, Marciniak A and Rajewska J (2005) Lycopene content of selected foods available on the polish market and estimation of its intake. Polish joural of food and nutrition, 14(55): 195-200.
25. Xu C, Qu Y, Hopkins DL, Liu C, Wang B, Gao Y and Luo H (2018) Dietary lycopene powder improves meat oxidative stability in Hu lamb. Journal of the Science of Food and Agriculture.