



عوامل موثر بر رشد و توسعه دستگاه گوارش گوساله

توسعه دستگاه گوارش خیلی زود از دوران جنینی شروع می‌شود (هوبر و همکاران، ۱۹۸۴). بخش‌های مختلف معده (شکمبه، نگاری، هزارلا و شیردان) که وجوه تمایز نشخوار کنندگان از یک حیوان تک معده‌ای هستند، ۵۶ روز پس از آبستنی قابل مشاهده است (والدو، ۱۹۷۳). در هنگام تولد شیردان بخش غالب است و به دلیل توانایی‌اش در انجام هضم معدی پروتئین‌ها مشابه آنچه در تک معده‌ای‌ها وجود دارد، معده حقیقی در نظر گرفته می‌شود. طی دو هفته اول زندگی، گوساله ضرورتاً یک تک معده‌ای با معده ساده شامل شیردان برای هضم شیر می‌باشد. به تدریج و همانطور که گوساله خوراک جامد و آب مصرف می‌کند، شکمبه شروع به رشد می‌کند. در هنگام تولد شیردان حدود ۷۰٪ کل حجم معده را تشکیل می‌دهد. به تدریج و در سن ۸ هفتگی، اندازه شکمبه افزایش می‌یابد، در حالیکه شیردان ۵۰٪ حجم معده را تشکیل می‌دهد. در حیوان بالغ، شیردان کمتر از ۱۰٪ حجم معده را تشکیل می‌دهد، در حالی که سهم شکمبه، نگاری و هزارلا بیشتر است (ناصریان و همکاران، ۱۳۸۴). به طور معمول تصور می‌شود که مصرف علوفه خشبی برای توسعه شکمبه- نگاری ضروری است، ولی بعداً مشخص شد که غذای خشک مسئول مستقیم این تحریک می‌باشد (وارنر و همکاران، ۱۹۶۵). به طور روشن‌تر ماده خشک با ظرفیت تخمیری بالا، سریع‌ترین توسعه بافتی را در پیش معده ایجاد می‌کند (برونلی، ۱۹۵۶).

مشخص شده است که اسیدهای چرب فرار (اسیدهای استیک، پروپیونیک و بوتیریک) حاصل از تخمیر میکروبی کربوهیدراتها و تجزیه پروتئین‌های جیره از عوامل اختصاصی در توسعه پیش معده است (وارنر و همکاران، ۱۹۵۶). بعلاوه نشان داده شده است که اضافه کردن محلول ضعیف این اسیدها به شکمبه- نگاری گوساله‌های تغذیه شده با شیر (بدون دسترسی به غذای خشک) سبب تغییرات عمده‌ای در میزان رشد بافتی زوائد انگشتی این اعضا و توسعه ظرفیت

جذبی آنها می شود (ساتن و همکاران، ۱۹۶۳). اسیدهای پروپیونیک و بوتیریک اولین تحریک کنندگان رشد بافتی هستند. یکی از دلایل آن متابولیسم زیاد این اسیدها توسعه بافت شکمبه‌ای در حین جذب است (مک‌گیلارد و همکاران، ۱۹۶۵). متابولیسم آنها انرژی لازم برای رشد بافت اپی‌تلیوم و انقباضات ماهیچه‌ای را فراهم می‌کند. بعلاوه بوتیرات و پروپیونات اثرات مستقیمی بر تکثیر و تمایز سلول‌های اپیتلیوم معده‌ای و روده‌ای دارند (مک‌گیلارد و همکاران، ۱۹۶۵). در سن حدود ۱۶-۱۲ هفتگی تک‌تک قسمت‌های معده گوساله شباهت زیادی به حیوان بالغ پیدا می‌کند. این شباهت‌ها بر اساس وزن بافتی به ترتیب حدود ۶۷، ۱۸ و ۱۵ درصد برای شکمبه-نگاری، هزارلا و شیردان است (وارنر و فلت، ۱۹۶۵). خصوصیت منحصر به فرد دیگر دستگاه گوارش قبل از نشخوارکنندگی وجود یک چین-خوردگی بافتی از ابتدای مری تا سوراخ نگاری-هزارلا است (ارسکوف و همکاران، ۱۹۷۰). انقباضات ماهیچه‌ای این چین خوردگی بافتی، لوله‌ای به نام شیار مری را تشکیل می‌دهد که شیر و دیگر مایعات از درون آن عبور کرده و مستقیماً با کمترین یا بدون هیچ تراوشی به درون شکمبه-نگاری، وارد شیردان می‌شود.

با فعال شدن شکمبه، وقوع اسهال در گوساله‌هایی که از غذای خشک متعادل استفاده می‌کنند، ناچیز است. به هر حال بر خورداری از غذای خشک در کنار افزایش گنجایش شکمبه-نگاری و وزن بافت آنها را افزایش می‌دهد (استاک و همکاران، ۱۹۸۷). تنها افزایش نسبتاً کوچکی در قطر دیواره ماهیچه‌ای شکمبه-نگاری رخ می‌دهد، اما افزایش قابل ملاحظه‌ای در قطر بخش مخاطی وجود دارد که از توسعه برآمدگی‌های انگشتی ناشی می‌شود. این توسعه در گوساله-های تغذیه شده با کنسانتره نسبت به آنهایی که مقادیر زیاد علوفه خشک و دیگر علوفه‌ها را دریافت می‌کنند، بیشتر است (برونلی، ۱۹۵۶). زوائد انگشتی سطح دیواره شکمبه و در نتیجه سطحی را که مواد مغذی می‌توانند از آن جذب شوند، افزایش می‌دهد. توسعه زوائد انگشتی توسط فرآورده‌های نهایی تخمیر شکمبه بیشتر از طبیعت فیبری غذا تحریک می‌شود (وارنر و همکاران، ۱۹۵۵).

توسعه شکمبه در گوساله جوان

توانایی نشخوارکننده جوان در تأمین احتیاجات بسیار وابسته به توسعه یک شکمبه کارآمد است. توسعه شکمبه حاصل چندین مرحله می‌باشد که چنانچه گوساله در سنین پایین و در شرایط مناسب از شیر گرفته شود و غذای جامد مناسب

دریافت کند، به موقع در گوساله اتفاق می افتد. این فرآیندها در آناتومی و فیزیولوژی بافت های شکمبه آغاز می شود. تغییرات اولیه کاملاً وابسته به خوردن غذای جامد است که با تخمیر میکروبی ماده آلی و تولید اسیدهای چرب فرار ارتباط نزدیکی دارد (فلت و همکاران، ۱۹۵۸). اسیدهای بوتیریک و پروپیونیک بیشترین تأثیر تحریک کنندگی را بر رشد و توسعه بافت های پوششی شکمبه دارند. حداقل بخشی از این اثر به متابولیسم گسترده این اسیدها توسط بافت شکمبه مربوط می شود. گزارش شده است که ۵۰ درصد اسید بوتیریک توسط بافت پوششی شکمبه به اجسام کتونی اکسیده می شود (برایتون و کریل، ۱۹۹۳). فرآیند دیگری که در ایجاد یک شکمبه حقیقتاً کارآمد باید رخ دهد، تشکیل یک جمعیت میکروارگانیزی ثابت و متنوع است. این میکروارگانیسرها باید دارای خصوصیات رشد (برای مثال، بی هوازی اختیاری^۱ یا بی هوازی، سرعت رشد نسبتاً زیاد، رشد در pH بین ۵-۷) و احتیاجات تغذیه ای باشند که توسط جیره یا با همزیستی با دیگر میکروارگانیسرها غیر رقابتی برطرف شود. شکمبه به یک «اکوسیستم باز» شبیه است و هر میکروارگانیزی که در این محیط بتواند زندگی و تولید مثل نماید قادر به ادامه حیات خواهد بود.

فلور میکروبی شکمبه

برایانت و همکاران (۱۹۵۸) دریافتند گوساله هایی که به طور معمولی پرورش یافتند، میکروارگانیسرها با توانایی هضم سلولز را در یک تا ۳ هفته بعد از تولد بدست آوردند. باکتریهای تولید کننده اسید لاکتیک به تعداد زیاد در سن ۱-۳ هفتگی یافت شدند و در ۹-۱۳ هفتگی به سطوح مشابه حیوان بالغ نزدیک شدند. باکتری های دارای توانایی رشد در شرایط هوازی و کلی فرمها به تعداد زیاد در ۱-۳ هفتگی دیده شدند، اما این گونه ها از نظر تعداد با افزایش سن حیوان کاهش می یابند (برایانت و همکاران، ۱۹۵۸). گوساله هایی که فقط شیر مصرف کرده بودند، جمعیت های وسیعی از باکتری های هوازی را در شکمبه داشتند (لنگمان و آلن، ۱۹۵۹). در شکمبه گوساله های با سن ۶-۹ هفته، بسیاری از باکتری های غالب شکمبه به خوبی تثبیت می شوند. پروتوزوآی مژک دار در شکمبه این گوساله ها در طی ۱۳ هفته این تحقیق تثبیت نشده بود (برایانت و همکاران، ۱۹۵۸). این یافته ها توسط تحقیقات بعدی تأیید شد (آندرسون و همکاران، ۱۹۸۷) و مشخص شد که نوع جیره خورده شده و نزدیکی جایگاه گوساله های آزمایشی به حیوانات بالغ

^۱ Facultative anaerobic

عوامل اصلی تثبیت پروتوزوآ در جمعیت شکمبه است. در تثبیت تخمیر مشابه با حیوان بالغ، نگهداشتن pH شکمبه در یک دامنه مطلوب (۶-۶/۸) در بخش عمده‌ای از دوره تغذیه عامل بسیار مهمی است.

تولید و غلظت اسیدهای چرب فرار

غلظت کل اسیدهای چرب فرار که در اثر تخمیر در شکمبه ایجاد می‌شود و به عنوان یک منبع عمده انرژی در نشخوار کنندگان در نظر گرفته می‌شود، با افزایش سن گوساله افزایش می‌یابد و زمانی به حداکثر خود می‌رسد که حدود یک هفته از شیرگیری گذشته باشد (هییس و همکاران، ۱۹۵۶). شواهدی وجود دارد مبنی بر اینکه گوساله‌های پیش نشخوار کننده که دارای شکمبه غیر فعال هستند، قادر به استفاده از اسیدهای چرب فرار تولید شده در روده بزرگ می‌باشند (لیانگ و همکاران، ۱۹۶۷). بیشتر کنسانتره‌های شروع کننده حاوی دانه غلات زیاد (۷۰-۵۵ درصد) و فیبر خام کم (۱۰-۵ درصد) می‌باشند. صرف نظر از اینکه چنین جیره‌هایی باعث توسعه پیش معده می‌شوند، همچنین تأمین کننده مواد اولیه لازم برای انجام مطلوب‌ترین شرایط تخمیر در شکمبه هستند (یورگنسن و همکاران، ۱۹۶۵). تولید متان نسبت به کنسانتره‌های شروع کننده با فیبر بالا کاهش پیدا خواهد کرد و سرعت تولید کل اسیدهای چرب فرار بالاتر خواهد رفت. به علاوه نسبت‌های مولی اسیدهای چرب فرار تولید شده در اثر تخمیر به شرایط مطلوب برای استفاده مؤثر در افزایش وزن بدن بسیار نزدیک است. نسبت اسید استیک در شکمبه در حال توسعه، در مقایسه با شکمبه بالغ پایین تر است (فلت و همکاران، ۱۹۵۹) و بین گوساله‌هایی که علف خشک یا کنسانتره دریافت می‌کنند تفاوتی مشاهده نمی‌شود. نسبت اسید بوتیریک به سرعت از ۱۰ درصد در ۴ هفتهگی به ۳۰-۲۰ درصد در سن پس از ۴ هفتهگی افزایش می‌یابد.

همبستگی بین فیزیولوژی گوارش و تغذیه گوساله جوان

گوساله تازه متولد شده همانند نوزادان دیگر گونه‌های پستانداران برای تغذیه مناسب وابسته به غذای مصرفی هستند (دیویس و کلرک، ۱۹۸۱). در این مرحله و حتی تا زمانی که گوساله به تخمیری مشابه حیوان بالغ دست یابد، باید به کیفیت پروتئین تغذیه شده و نوع کربوهیدرات‌ها و چربی‌های موجود در جیره و به اثر مکمل‌هایی همانند ویتامین و

مواد معدنی توجه شود. گوساله خیلی جوان با سن کمتر از ۲ هفته برای تبدیل مواد مغذی به اشکال ساده تر برای جذب، کاملاً وابسته به ترشحات هضمی خودش است (کرتز و همکاران، ۱۹۷۹). دوره پیش نشخوارکنندگی از دیدگاه تغذیه-ای، به دلیل احتیاجات نسبتاً بالای گوساله جوان، ذخیره محدود مواد مغذی در بدن گوساله جوان و انواع محدود مواد مغذی که گوساله قادر به هضم آن است، بحرانی ترین دوره است. در دو هفته اول زندگی گوساله حتی با تغذیه محدود شیر مقدار زیادی غذای خشک نخواهد خورد. اما در حدود سن ۳ هفتگی مصرف ماده خشک ممکن است به سطحی افزایش یابد که به طور معنی داری وابسته به نیازهای پروتئین و انرژی حیوان است. کرتز و همکاران (۱۹۸۴) تخمین زده اند که مصرف غذای خشک توسط گوساله در سن ۳ هفتگی که از مقادیر محدودی جایگزین شیر تغذیه می کنند، ۴۵ تا ۵۰ درصد کل مصرف انرژی قابل متابولیسم است.

احتیاجات انرژی و پروتئین گوساله پیش از زمان نشخوارکنندگی

به منظور دست یافتن به احتیاجات انرژی قابل متابولیسم در گوساله‌هایی که شیر یا جایگزین شیر را به همراه کنسانتره شروع کننده مصرف می کنند، نکته مهم این است که احتیاجات انرژی خالص برای نگهداری^۱ و افزایش وزن بدن^۲ با گوساله‌های پیش از نشخوارکنندگی تغذیه شده با شیر یا جایگزین شیر مشابه است (جانسون، ۱۹۷۲). پرستون (۱۹۶۳) به طور مستدل بیان کرد که در زمان آغاز استفاده از مواد خوراکی خشک توسط گوساله جوان، احتیاجات انرژی نگهداری به طور معنی داری کاهش می یابد. به نظر می رسد که احتیاجات انرژی نگهداری در گوساله‌های نشخوار کننده نسبت به گوساله‌های پیش از نشخوارکنندگی بیشتر است. زیرا بزرگ شدن دستگاه گوارش برای هضم و متابولیسم مواد خوراکی جامد لازم و ضروری است. احتیاجات کل پروتئین برای نگهداری و اضافه وزن گوساله‌های جوان تابعی از سرعت افزایش وزن بدن است. این تابعیت به این دلیل رخ می دهد که احتیاجات پروتئین مورد نیاز برای نگهداری بخش نسبتاً کوچکی از کل احتیاجات پروتئینی گوساله‌ای است که رشد سریعی دارد. علاوه بر میزان افزایش وزن، ترکیب افزایش وزن نیز احتیاجات پروتئینی گوساله را تحت تأثیر قرار می دهد. افزایش وزن بدن در ابتدا توسط

^۱ Net Energy for Maintenance

^۲ Net Energy for Gain

سنتز پروتئین در بافتها تعیین می‌شود، در حالیکه ابقای انرژی بیشتر تحت تأثیر ذخیره چربی قرار می‌گیرد. مقدار ازت ذخیره شده در هر کیلوگرم اضافه وزن بدن بین ۲۶ و ۳۴ گرم متغیر است (روی، ۱۹۷۰). با استفاده از ضریب ۶/۲۵ برای تبدیل ازت به پروتئین، پروتئین ذخیره شده بین ۱۶/۲۵ و ۲۱/۱۵ گرم پروتئین به ازای ۱۰۰ گرم اضافه وزن است.

احتیاجات انرژی و پروتئین گوساله نشخوارکننده

مقدار مواد مغذی مورد نیاز گوساله‌های به وزن ۵۰ تا ۸۰ کیلوگرم با یک جیره آغازین حاوی ۳/۱ مگا کالری انرژی قابل متابولیسم در هر کیلوگرم ماده خشک می‌باشد و هنگامی که به وزن ۹۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم می‌رسند یک جیره آغازین حاوی ۳ مگا کالری انرژی قابل متابولیسم برای هر کیلوگرم دریافت می‌کنند. داده‌های موجود هیچ تمایزی را بین گوساله‌های نژاد بزرگ و کوچک نشان نمی‌دهد. به طور مشابه هیچ تمایزی بین گوساله‌های نر و ماده وجود ندارد، چون تفاوت‌های کمتر از وزن زنده حدود ۱۰۰ کیلوگرم جزئی است. احتیاجات پروتئین به همراه تمام مواد مغذی ضروری دیگر به مقدار مصرف انرژی قابل متابولیسم وابسته است (کرتز و همکاران، ۱۹۸۴).

مقدار مصرف انرژی قابل متابولیسم، میزان افزایش وزن بدن را تنظیم کرده که خود مهمترین عاملی است که نیاز به پروتئین را تعیین می‌نماید. احتیاجات پروتئین برای نگهداری بخش خیلی کوچکی (۲۰-۱۵ درصد) از کل پروتئین مورد نیاز گوساله‌ای است که به سرعت در حال رشد است. در مقایسه با گوساله پیش نشخوارکننده، تغذیه پروتئین در گوساله نشخوارکننده به دلیل طبیعت جیره تغذیه شده و جمعیت میکروبی موجود در شکمبه-نگاری از پیچیدگی بیشتری برخوردار است. برای استفاده مؤثر از پروتئین خام جیره، باید تعادل بین احتیاجات جمعیت میکروبی و احتیاجات حیوان میزبان حفظ شود. بخش زیادی از پروتئین (به عبارت دیگر اسیدهای آمینه) مورد نیاز گوساله از پروتئین میکروبی سنتز شده در شکمبه-نگاری تأمین می‌شود که این پروتئین میکروبی توسط مقادیر کمی از ماده آلی سهل التخمیر که به عنوان منابع انرژی قابل دسترس هستند و منابع نامحدود ازت موجود در آمونیاک، اسیدهای آمینه و پپتیدهای قابل دسترس سنتز می‌شود (وارنر و همکاران، ۱۹۵۶).

خوراک شروع کننده

مصرف زود هنگام گوساله از مواد خوراکی خشک عامل مهمی در انتقال گوساله جوان از مرحله هضم و متابولیسم در شرایط تک‌معدده‌ای و انتقال به خصوصیات در نشخوارکننده بالغ می‌باشد. این انتقال شامل تغییرات مورفولوژیکی در بافت‌های دستگاه گوارشی و همچنین تغییرات سیستماتیک در متابولیسم است (ویلیامز و فراست، ۱۹۹۲). این تغییرات در طی چند هفته به موازات افزایش اشتهای گوساله به کنسانتره شروع کننده اتفاق می‌افتد. وجود ترکیباتی که سریعاً در داخل شکمبه - نگاری قابل تخمیر هستند، رشد بافت مخاطی را تحریک می‌کنند، مخصوصاً پرزهایی که سطح داخلی اپی‌تلیوم شکمبه - نگاری را پوشانده است (برایتون و کریبل، ۱۹۹۳). به موازات افزایش مقدار مصرف ماده خشک، تولید فرآورده‌های نهایی حاصل از هضم میکروبی در پیش‌معدده افزایش می‌یابد، در نتیجه تغییرات در مورفولوژی و رشد بافت، سطح مورد نیاز بیشتری را برای جذب این فرآورده‌ها فراهم می‌آورد. فرآورده‌های نهایی که مسئول رشد و نمو بافت‌های شکمبه هستند، اسیدهای چرب فرار مخصوصاً اسیدهای بوتیریک و پروپیونیک می‌باشند (هاریسون و همکاران، ۱۹۶۰ و مک‌گیلارد و همکاران، ۱۹۶۵). این اسیدهای چرب به عنوان محرک‌های اولیه رشد بافت شکمبه (ساتن و همکاران، ۱۹۶۳) و همچنین توسعه فرآیندهای متابولیکی برای تأمین انرژی مورد نیاز برای این مقدار رشد (بالدوین و جسی، ۱۹۹۲) شناخته شده‌اند. در بیشتر شرایط از شیرگیری که امروزه اعمال می‌شود، رشد بافت شکمبه - نگاری تا حد زیادی در طی ۳ تا ۸ هفته بعد از تولد بالاست. به طوری که ۴ تا ۸ برابر بیشتر از رشد کل بدن است (هینمن و سورنسون، ۱۹۹۴)، بنابراین تصادفی نیست که در این محدوده زمانی، افزایش در مصرف خوراک خشک (هینریچ و همکاران، ۱۹۹۰) و تولید اسیدهای چرب فرار در شکمبه (کوئیگلی و همکاران، ۱۹۸۵) رخ می‌دهد.

ترکیبات کنسانتره شروع کننده

ثابت شده است که نوع ماده خوراکی استفاده شده بعد از تولد، سرعت رشد و بلوغ دستگاه گوارش گوساله جوان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. قطعات علوفه بلند برای گوساله جوان (از زمان تولد تا سن ۶ تا ۸ هفتگی) به دلیل مشکلات مربوط به خوردن و هضم این مواد خوراکی نامطلوب می‌باشد. میزان تخمیر مواد مغذی در یونجه خشک و سایر علوفه - ها آهسته‌تر از کنسانتره‌ها است. همچنین میکروارگانیزم‌هایی که فیبر را تجزیه می‌کنند، نسبت به میکروارگانیزم‌هایی

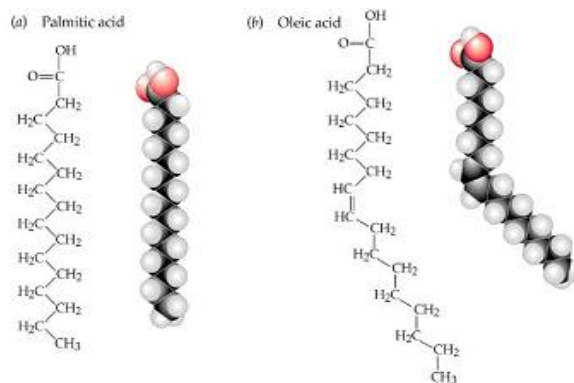
که نشاسته و قندها را تجزیه می کنند به زمان بیشتری برای تثبیت در شکمبه - نگاری نیاز دارند (آندرسون و همکاران، ۱۹۸۷). بنابراین علوفه‌ها غلظت پائین تری از اسیدهای چرب فرار را نسبت به کنسانتره تولید می کنند، بعلاوه، به هنگام مصرف علوفه نسبت اسید استیک بیشتر از اسیدهای پروپیونیک و بوتیریک است (ناسک و پولان، ۱۹۸۴).

چربی‌ها، روغن‌ها و اسیدهای چرب

چربی‌ها ترکیباتی هستند که از طریق رفتار هیدروفوبیکشان شناخته می شوند. چربی موجود در جیره گلیکولیپیدها و فسفولیپیدهای اصلی حیوان را تأمین می کند (هارفوت و هازلوود، ۱۹۸۸). سرنوشت چربی‌های هضم شده توسط نشخوارکنندگان، تجمع در بافت‌های چربی و ماهیچه‌ای به صورت منبع انرژی، ترشح به درون شیر، تشکیل غشاءهای درون سلولی و یا انتقال به درون سیگنال‌های سلولی (هورمون‌ها) است.

اسیدهای چرب در واقع یک زنجیره کربنی با گروه کربوکسیلیک در انتهای دلتای (Δ) زنجیره و یک گروه متیلی در انتهای اُمگای (ω) زنجیره می‌باشند. زنجیره کربنی می‌تواند اشباع و یا غیر اشباع و یا دارای تعدادی پیوند دوگانه باشد که در طول زنجیره کربنی ایجاد می‌شود و به صورت اسیدهای چرب با یک پیوند دوگانه یا اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه شناخته می‌شوند. شکل (۱-۱). بعضی از اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه می‌توانند در گروه اسیدهای چرب اُمگا-۳ و اُمگا-۶ طبقه بندی شوند که به موقعیت باند دوگانه از انتهای ω در زنجیره کربنی بستگی دارد. اگر پیوندهای دوگانه توسط یک گروه متیلی از هم فاصله بگیرند، اسیدهای چرب مزدوج^۱ ایجاد می‌شود. بر خلاف حیوانات تک‌مده‌ای در نشخوارکنندگان هضم اسیدهای چرب از فرآیند بسیار ویژه‌ای تابعیت می‌کند که در شکمبه قرار دارد (وستا، ۲۰۰۹).

^۱ Conjugated Fatty Acids



شکل : فرمول گسترده و مدل ساختمانی اسیدهای چرب اشباع (a) و اسیدهای چرب غیر اشباع (b)

اسیدهای چرب اشباع

اسیدهای چرب اشباع اسیدهای کربوکسیلی بلند زنجیری هستند که معمولاً بین ۱۲ تا ۲۴ اتم کربن داشته و دارای پیوند دوگانه نمی‌باشند. بنابراین اسیدهای چرب اشباع با هیدروژن اشباع شده‌اند. پیوند دوگانه موجب کاهش هیدروژن‌های اتم‌های کربن می‌شود. از آنجایی که اسیدهای چرب اشباع دارای پیوند دوگانه نمی‌باشند، هر یک از اتم‌های کربن در بین زنجیره دارای ۲ اتم هیدروژن است، به جز کربن امگا در انتها که دارای ۳ اتم کربن می‌باشد. در جدول زیر برخی از اسیدهای چرب اشباع آورده شده است (وستا، ۲۰۰۹).

جدول: اسیدهای چرب اشباع

فرمول	ساختار شیمیایی	نام عمومی
۸:۰	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	کاپریلیک اسید
۱۰:۰	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$	کاپریک اسید
۱۲:۰	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	لائوریک اسید
۱۴:۰	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	میرستیک اسید
۱۶:۰	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	پالمیتیک اسید
۱۸:۰	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	استئاریک اسید
۲۰:۰	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	آراشیدیک اسید
۲۲:۰	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$	بهنیک اسید
۲۴:۰	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	لیگنوسریک اسید
۲۶:۰	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{24}\text{COOH}$	سروتیک اسید

منبع: برگرفته از وستا (۲۰۰۹)

اسیدهای چرب غیر اشباع

اسیدهای چرب غیر اشباع دارای یک یا چند پیوند دوگانه بین اتم‌های کربن هستند. یک جفت اتم کربن از طریق یک پیوند دوگانه به یکدیگر متصل شده و می‌توان با افزودن اتم‌های هیدروژن به این اتم‌های کربن، پیوند دوگانه را به پیوند یک‌گانه تبدیل نمود، از اینرو پیوندهای دوگانه غیر اشباع نامیده می‌شوند. جدول زیر برخی از اسیدهای چرب غیر اشباع را نشان می‌دهد.

دو اتم کربن در زنجیره که به همدیگر متصل هستند و در کنار یک پیوند دوگانه قرار دارند می‌توانند اشکال سیس و ترانس را بسازند. شکل سیس به این معنی است که اتم‌های هیدروژن در یک سمت پیوند دوگانه هستند. قدرت پیوند دوگانه موجب ثبات کربن‌ها شده و در موارد ایزومر سیس موجب می‌شود که زنجیره اسید چرب محکم‌تر شود. وقتی

که یک زنجیره دارای تعداد زیادی پیوندهای سیس است، در بیشتر حالات به شکل منحنی خواهد بود. به عنوان مثال اولئیک اسید با یک پیوند دوگانه پیچیدگی دارد در حالی که لینولئیک اسید با دو پیوند دوگانه دارای انحنا بیشتری است. همچنین آلفالینولئیک اسید با داشتن سه پیوند دوگانه به شکل قایق می‌باشد (وستا، ۲۰۰۹).

جدول: اسیدهای چرب غیر اشباع

نام عمومی	ساختار شیمیایی	فرمول
پالمیتولئیک اسید	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	۱۶:۱
ساپینیک اسید	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	۱۶:۱
اولئیک اسید	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	۱۸:۱
وکسنیک اسید	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$	۱۸:۱
لینولئیک اسید	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	۱۸:۲
لینولئیک اسید	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	۱۸:۳
آراشیدونیک اسید	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	۲۰:۴

منبع: برگرفته از وستا (۲۰۰۹)

فرم‌های اُمگا-۳ و اُمگا-۶ اسیدهای چرب

اسیدهای چرب اُمگا-۳ و اُمگا-۶ اسیدهای چرب ضروری غیر اشباع می‌باشند که بایستی در جیره دام وجود داشته باشند، زیرا متابولیسم‌های بدن نمی‌توانند آنها را از دیگر اسیدهای چرب بسازد. از زمانی که این اسیدهای چرب غیر اشباع چندگانه محسوب شدند، عبارات n-۳ PUFAs و n-۶ PUFAs به ترتیب برای اسیدهای چرب اُمگا-۳ و اُمگا-۶ به کار رفت. در این اسیدهای چرب برای نشان دادن محل پیوند دوگانه از اعداد رومی α ، β ، ...، ω استفاده می‌شود. کربن α کربن نزدیک گروه کربوکسیل است (کربن شماره ۲) و کربن ω آخرین کربن زنجیره بوده (اُمگا

آخرین حرف الفبای رومی است). لینولئیک اسید یک اسید چرب اُمگا-۶ است زیرا دارای پیوند دوگانه در محل کربن شماره ۶ از کربن اُمگا می‌باشد. این اسید چرب نقش مهمی در کاهش سطح کلسترول دارد. آلفالینولئیک اسید یک اسید چرب اُمگا-۳ است، زیرا پیوند دوگانه در محل کربن شماره ۳ از کربن اُمگا می‌باشد. با کاهش تعداد محل‌های پیوند دوگانه اتم‌های کربن اسید چرب می‌توان آنها را طبقه‌بندی نمود. به عنوان مثال برای آراشیدونئیک اسید، عدد ۱۴ را از عدد ۲۰ کم کرده که عدد ۶ حاصل می‌شود، بنابراین آراشیدونئیک اسید یک اسید چرب اُمگا-۶ است. این شکل گاهی اوقات برای اولئیک اسید که یک اسید چرب اُمگا-۹ است به کار می‌رود (بوسیونی و همکاران، ۲۰۰۶).

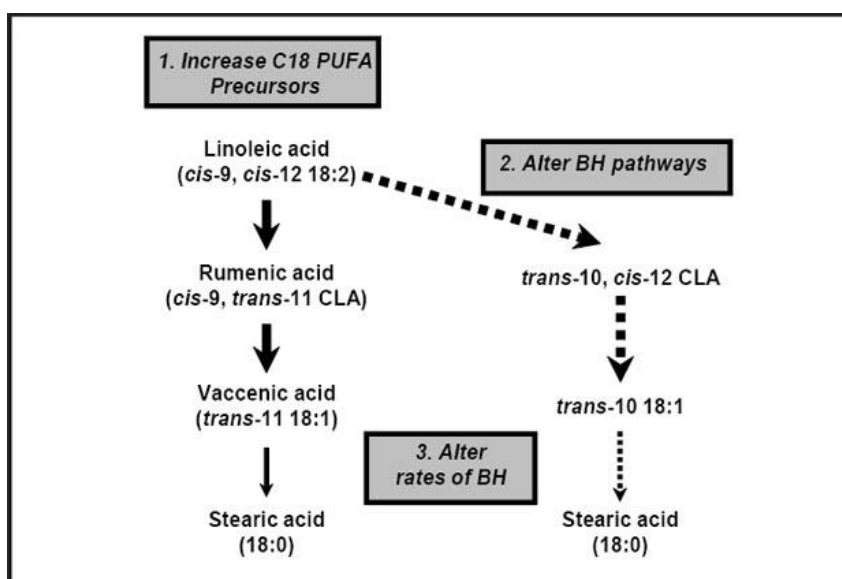
افزایش مقدار اسیدهای چرب غیر اشباع چند گانه اُمگا-۶ و افزایش نسبت اسیدهای چرب اُمگا-۶ به ۳ با ایجاد بسیاری از بیماری‌ها مانند بیماری‌های قلبی، سرطان و بیماری‌های التهابی در ارتباط است. نسبت اسیدهای چرب اُمگا-۶ به اُمگا-۳ در جیره‌های پیشرفته ۱۵ به ۱ است در حالی که نسبت ۲ به ۱ تا ۴ به ۱ در ارتباط با کاهش مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی، توقف التهاب در بیماران رماتیسمی و کاهش سرطان سینه می‌باشد. برخی محققین پیشنهاد کردند که مصرف کمتر جیره‌های با نسبت‌های فوق از اسیدهای چرب اُمگا-۳ و اُمگا-۶ فواید مطلوبی نداشته و بهتر است که مصرف اسیدهای چرب اُمگا-۳ افزایش یابد تا اینکه مصرف اسیدهای چرب اُمگا-۶ کاهش یابد، زیرا کاهش چربی‌های غیر اشباع چند گانه در جیره موجب افزایش وقوع بیماری قلبی می‌شود (وستا، ۲۰۰۹).

سرنوشت اسیدهای چرب جیره در شکمبه

بیوهیدروژناسیون اسیدهای چرب در شکمبه در واقع بخشی از فرآیند هضمی است که به نظر می‌آید یک سیستم اکولوژیکی پیچیده باشد. شکمبه دارای جمعیت بسیار متنوعی از میکروارگانیزم‌ها است. باکتری‌ها (بیش از ۲۰۰ گونه)، پروتوزوآها (بیش از ۲۰ گونه) و قارچ‌ها که وابسته به بخش جامد هستند و به طور ویژه‌ای درون شکمبه قرار گرفته‌اند (سزار کاواسکی، ۱۹۸۶). میکروارگانیزم‌های شکمبه از نقطه نظر توانایی تجزیه و مورد استفاده قرار دادن اجزای مختلف جیره بررسی شده‌اند. به عنوان مثال باکتری‌های سلولوتیک مقدار زیادی از بخش‌های فیبری جیره را

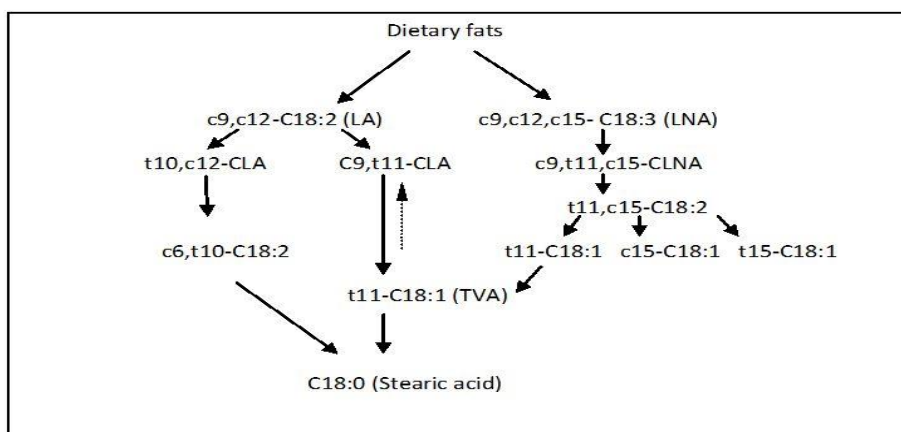
تجزیه کرده و باکتری‌های آمیلولیتیک کربوهیدرات‌های ساده را استفاده می‌کنند. پیشرفت‌های نسبتاً خوبی در شناخت تداخلات بین میکروارگانیزم‌های شکمبه بدست آمده است، اما به دلیل پیچیدگی زیاد این رابطه همزیستی گروهی، هنوز بعضی از مسیرهای بیوشیمیایی در شکمبه به طور واضح شناخته نشده‌اند. به ویژه در مورد متابولیسم چربی‌ها نظریات ضد و نقیضی روی نقش پروتوزوآها در هضم چربی‌ها وجود دارد که اخیراً به آن توجه شده است.

حدود ۴۰ سال پیش شورتلند و همکاران (۱۹۷۵) بیان کردند که انکوباسیون لینولئیک اسید و لینولینیک اسید همراه با محتویات شکمبه مشتقات اشباع شده را ایجاد می‌کند. به دنبال این مشاهدات تعدادی از محققین روی بیوهیدروژناسیون اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه موجود در جیره توسط فعالیت میکروارگانیزم‌های شکمبه تمرکز کردند. در آغاز دهه ۷۰ مشاهده شد که بیوهیدروژناسیون بعد از لیپولیز تری‌گلیسیریدهای جیره انجام می‌شود و عوامل اصلی برای عمل هیدروژناسیون، باکتری‌های متصل به بخش جامد مواد هضمی (ذرات خوراک) هستند (هافورت و همکاران، ۱۹۷۳). بیوهیدروژناسیون اسیدهای چرب غیر اشباع، از طریق ایزومریزاسیون و هیدروژنه کردن باندهای دوگانه در زنجیره کربنی استئاریک اسید (C₁₈:۰) را تولید می‌کند. در اواخر دهه ۶۰ تصویری از مسیر بیوهیدروژناسیون اسید لینولئیک توسط کپلر و همکاران (۱۹۶۶) ارائه شد (شکل زیر).



شکل: تصویر بیوهیدروژناسیون شکمبه‌ای اسید لینولئیک

از مطالعات اولیه بیوهیدروژناسیون شکمبه‌ای به نظر می‌آید که شکل فوق بسیار ساده می‌باشد. اخیراً بوسی و همکاران (۲۰۰۷) تصویر بیوهیدروژناسیون اسید لینولئیک در شکل ۱-۳ را پیشنهاد داده‌اند. البته همانطوری که توسط کپلر و همکاران (۱۹۶۶) گزارش شده است، تعدادی از تری، دی و منو ایزومرهای ۱۸ کربنه حد واسط از طریق بیوهیدروژناسیون اسیدهای چرب غیر اشباع بوجود می‌آید (موسلی و همکاران، ۲۰۰۲ و بوسی و همکاران، ۲۰۰۷).



شکل : مسیر بیوهیدروژناسیون اسید لینولئیک

بیوسنتز میکروبی اسیدهای چرب شاخه‌دار و کربن منفرد

اسیدهای چرب کربن منفرد و شاخه دار در سطح بسیار کمی در گیاهان وجود دارند، اما به مقدار زیادی توسط میکروارگانیسم‌های شکمبه سنتز می‌شوند. اسیدهای چرب کربن منفرد و شاخه‌دار با ۱۲ تا ۱۷ اتم کربن در زنجیره کربنی یکی از اجزاء اصلی دیواره سلولی باکتریایی هستند (کاندا، ۱۹۹۱) و به دلیل نقطه ذوب پایین‌شان تغییرپذیری غشاءهای چربی باکتریایی را تضمین می‌کنند. شیر و گوشت نشخوارکنندگان حاوی اسیدهای چرب کربن منفرد و شاخه‌دار هستند و حضور اینها در محصولات حیوان دلیل بر فعالیت باکتری‌های شکمبه نسبت به منابع خوراکی می‌باشد (ولامینک و همکاران، ۲۰۰۶).

سنتز *de novo* اسیدهای چرب شاخه‌دار در باکتری‌ها از طریق فعالیت آنزیم اسیل کوآنزیم A ترانس اسیلاز با متراکم کردن واحدهای مالونیل کوآنزیم A انجام می‌شود (کاندا، ۱۹۹۱). اسیدهای چرب می‌توانند به دو صورت منفرد یا زوج و در انواع *iso* و *anteiso* طبقه‌بندی شوند که از طریق تجزیه اسیدهای آمینه لوسین، ایزولوسین و والین تولید می‌شوند. باکتری‌های سلولوتیک در غشای لیپیدی خود سطوح بالایی از اسیدهای چرب با زنجیره شاخه‌دار و باکتری-

های آمیلولیتیک اسیدهای چرب خطی کربن منفرد را دارند (ولامینک و همکاران، ۲۰۰۶). لذا از مطالعات چنین نتیجه-گیری می‌شود که تغییرات در جمعیت باکتری‌های شکمبه منجر به تغییر در حضور اسیدهای چرب شاخه‌دار و کربن منفرد در شیر و گوشت می‌شود و تنوع این اسیدهای چرب در شیر و گوشت منوط به تیمارهای آزمایشی متنوعی است که سبب ایجاد تغییرات جزئی در اکولوژی شکمبه می‌شوند.

سرنوشت و سنتز اسیدهای چرب فرار

کربوهیدرات‌های جیره و پروتئین‌ها در شکمبه توسط جمعیت میکروبی به اسیدهای چرب فرار تجزیه می‌شوند. مهمترین این اسیدها استات، پروپیونات و بوتیرات هستند که استات و پروپیونات پیش‌سازهای اسیدهای چرب متوسط و کوتاه زنجیر شیر هستند. در حالیکه بوتیرات در شکمبه به ۳-هیدروکسی بوتیرات تبدیل می‌شود (نوزیر و همکاران، ۲۰۰۰). نسبت هر یک از اسیدهای چرب فرار تولید شده در شکمبه با تجزیه پذیری کربوهیدرات‌های جیره ارتباط دارد (ویگاند و همکاران، ۱۹۷۵). جیره‌های بر پایه کنسائتره سطوح زیادی از کربوهیدرات‌های سریع‌التجزیه در شکمبه فراهم می‌کنند که عمدتاً تولید پروپیونات می‌کنند (چیلیارد و همکاران، ۲۰۰۰).

فواید اسیدهای چرب امگا-۳ برای سلامتی

با روند رو به رشد زندگی آگاهانه مردم نسبت به سلامتی و رژیم غذایی تحقیقات زیادی برای مزایای بالقوه مصرف مقادیر بالاتر اسیدهای چرب امگا-۳ اختصاص داده شده است. بیشتر محققین موافقند که با افزایش سطح اسیدهای چرب امگا-۳ در بدن به عنوان اسید چرب ضروری برای انسان‌ها، این اسیدهای چرب فواید زیادی برای سلامتی انسان دارند، ولی از آنجاییکه این اسیدهای چرب بطور طبیعی در بدن سنتز نمی‌شوند، باید از طریق منابع گیاهی و حیوانی در جیره قرار گیرند و دانه کتان یک منبع گیاهی با بیشترین میزان دسترسی به آن از لحاظ محتوای اسیدهای چرب امگا-۳ (بیشتر اسید لینولنیک) است.

وقتی در مورد اهمیت اسیدهای چرب امگا-۳ بحث می‌کنیم، ارتباط با سایر اسیدهای چرب ضروری یعنی اسیدهای چرب امگا-۶ مهم است. در انسان‌ها اسیدهای چرب امگا-۳ (اسید لینولنیک) و امگا-۶ (اسید لینولئیک) بعنوان سوپستراهایی برای آنزیم دلتا-۴ و دلتا-۶ دسچوراز که اسید لینولئیک را به اسید آراشیدونیک تبدیل می‌کنند، رقابت می‌نمایند. این دسچورازها هر دو، اسیدهای چرب امگا-۳ را نسبت به امگا-۶ ترجیح می‌دهند، اما اسیدهای چرب امگا-۶ به عنوان سوپسترا فراوانتر هستند و این امر می‌تواند برای اسیدهای چرب امگا-۳ موفق تر بوده و با غیراشباع سازی اسید لینولئیک اختلال پیدا کند. در برخی از گروه‌های مردم (کودکان نابالغ و برخی دیابتی‌ها و افراد مسن) حضور دلتا-۶-دسچوراز محدود است، بنابراین توانایی آنها برای غیراشباع سازی کاهش می‌یابد. بدن انسان فاقد آنزیمی برای تبدیل اسیدهای چرب امگا-۶ به امگا-۳ است؛ بطوری که نمی‌تواند خود نسبت اسیدهای چرب $n-6:n-3$ را تنظیم نماید. در نتیجه نسبت بالایی از اسیدهای چرب امگا-۶ به امگا-۳ تشکیل می‌شود (سیموپولوس، ۲۰۰۲).

اثر اسیدهای چرب امگا-۳ بر روی بیماری‌های روحی-روانی

تحقیقات نشان می‌دهند که عوامل استرس‌زا توسط غذا رفع نمی‌شوند، ولی ممکن است مصرف اسیدهای چرب امگا-۳ در کاهش استرس افراد مؤثر باشد. همچنین بیان شده است که کمبود اسیدهای چرب امگا-۳ می‌تواند بروز افسردگی را در افرادی که در معرض این بیماری هستند را تشدید کند. هاریس و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که مصرف اسیدهای چرب امگا-۳ و امگا-۶ موجب کاهش استرس و اضطراب در دانش‌آموزانی شده است که در حال پاسخگویی به امتحان بودند. در مطالعه دیگری اگی (۲۰۱۰) مشاهده کردند که مکمل سازی اسیدهای چرب امگا-۳ در جیره موجب کاهش سطوح فاکتورهای ایجاد کننده استرس (آدرنالین، نورآدرنالین و دوپامین) در پلاسمای خون افراد شده است.

در مورد منابع طبیعی و مصنوعی تأمین کننده اسیدهای چرب امگا-۳ نیز مشخص شده است که منابع طبیعی تأمین کننده این اسیدهای چرب اثر بهتری بر روی سلامتی انسان دارند. در این رابطه دوان و همکاران (۲۰۰۳) اثر اسیدهای چرب امگا-۳ تأمین شده از طریق روغن گیاهی یا از طریق مکمل امگا-۳ را بر روی برخی خصوصیات روانی افراد

بررسی کردند و گزارش نمودند که روغن گیاهی حاوی اسیدهای چرب امگا-۳ بهتر توانست اضطراب و تنش را در بیماران بهبود ببخشد.

نقش و اهمیت اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع در تغذیه دام

فساد چربی می تواند کیفیت ارگانولپتیک چربی و نیز رنگ و بافت آن را تحت تأثیر قرار داده و موجب تخریب مواد مغذی محلول در چربی نظیر ویتامین های موجود در جیره و یا در محل های ذخیره آن در بدن گردد. اکسیداسیون اساساً یک فرآیند تجزیه است که در پیوندهای دوگانه در ساختمان گلیسرید اتفاق می افتد. با توجه به اینکه وجود پیوندهای دوگانه موجب غیر اشباع شدن چربی می گردد، لذا چربی غیر اشباع شانس بیشتری برای فساد دارد. قدم اول تشکیل رادیکال های آزاد هنگام جدا شدن هیدروژن از کربن آلفا- متیلنیک^۱ در گروه غیر اشباع چربی است. رادیکال آزاد حاصل به حمله اکسیژن اتمسفر (اکسیدهای مواد معدنی) برای تشکیل رادیکال های آزاد ناپایدار پراکسید، بسیار حساس می شود. این رادیکال های آزاد پراکسید دارای قدرت تجزیه ای تخریبی هستند، لذا این فرآیند حالت خود تجزیه ای پیدا می کند و فساد سریعاً توسعه می یابد (لندز، ۱۹۹۲).

میزان اسیدهای چرب آزاد در چربی نگران کننده است، زیرا تصور می شود که اسیدهای چرب آزاد برای پراکسید شدن مستعدتر هستند. مایه صابون اسیدی شده^۲ حاصل از روغن های گیاهی مختلف دارای بیشترین مقدار اسید چرب است که می تواند به ۸۰ تا ۹۰ درصد مواد لیپیدی برسد. اسیدهای چرب آزاد هنگامی که چربی عمدتاً اشباع است و به پرنده های جوان تغذیه می شود، مشکل سازتر است (لندز، ۱۹۹۲). هیدروژنه کردن باعث ایجاد مقدار بالایی اسید اولئیک ترانس (۴۰ تا ۵۰ درصد) می شود و این چربی های گیاهی تیمار شده از لحاظ خصوصیات فیزیکی مشابه چربی خوک هستند. به نظر می رسد که استفاده از این روغن های هیدروژنه در طیور مشکلی نداشته باشد و مقدار انرژی قابل متابولیسم آن قابل مقایسه با روغن گیاهی است (پوررضا، ۱۳۹۰). روغن نارگیل یک ماده خوراکی غیر معمول است که بسیار اشباع بوده و اشباع تر از پیه است. این روغن حاوی ۵۰ درصد اسیدهای چرب اشباع با طول زنجیر کمتر از

^۱ Methylenic

^۲ Acidulated soapstock

۱۲:۰ است. در اغلب موارد این روغن از لحاظ الگوی اسیدهای چرب در انتهای طیف متضاد روغن ماهی قرار دارد (پوررضا، ۱۳۹۰).

امروزه بخش قابل توجهی از روغن‌های مورد استفاده در تغذیه دام و طیور، روغن‌ها و چربی‌های حاصل از پخت و پز هستند که با نام عمومی روغن‌های رستوران معروف هستند. به دلیل مشکلات ضبط و دفع آنها، استفاده از این روغن‌ها در جیره در حال افزایش است. در گذشته، روغن‌های رستورانی عمدتاً پیه یا محصولات چربی حیوانی بودند و همانند روغن‌های جامد جمع‌آوری و حمل و نقل آنها مشکل بود. در سال‌های اخیر به دلیل نگرانی مصرف‌کنندگان در مورد چربی‌های اشباع، اغلب زنجیره‌های رستورانی امروزه از روغن‌ها و چربی‌های گیاهی هیدروژنه استفاده می‌کنند. چربی‌ها هیدروژنه هستند تا آنها را از حرارت پخت محافظت کند. امروزه روغن‌های رستورانی دارای مقادیر بیشتری از اسید اولئیک هستند و بیشتر آن بصورت ترانس-اولئات است (پوررضا، ۱۳۹۰).

گروه تحقیق و توسعه گهر دانه شرق