

نسخوار کنندگان و پویایی شکمبه

تولید تا بیوگاز

www.ketab.ir

مهندس مجید شریفی

دکتر علی اکبر خادم



دانش نگار



سرشناسه	: شریفی، مجید، ۱۳۵۸-
عنوان و نام پدیدآور	: نشخوارکنندگان و پویایی شکمبه: تولید تا بیوگاز/ مجید شریفی، علی اکبر خادم.
مشخصات نشر	: تهران: دانش نگار، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری	: ۴۶۴ ص.: مصور (بخشی رنگی)، جدول.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۲۹۲۷-۶۷-۸
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتابنامه.
یادداشت	: نمایه.
موضوع	: نشخوارکنندگان -- تغذیه
موضوع	: نشخوارکنندگان -- اندام‌های گوارش
موضوع	: شکمبه -- تخمیر
موضوع	: شکمبه -- میکروب‌شناسی
موضوع	: بیوگاز
شناسه افزوده	: خادم، علی اکبر، ۱۳۳۵-
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۱۱ پ ۹۴۳ ش/ SF۹۵۱
رده‌بندی دیویی	: ۶۱۶/۲۰۸۵۲
شماره کتاب‌شناسی ملی	: ۲۶۰۰۸۱۷

فرهیخته گرامی:

کپی کردن و یا تهیه فایل‌های pdf از تمام و یا قسمتی از کتاب تضییع آشکار حقوق مادی و معنوی ناشر و مولف است و انگیزه تالیف، ترجمه و نشر کتاب‌های جدید را در کشور از بین می‌برد. خواهشمند است در زمان خرید کتاب، از اصل بودن آن اطمینان حاصل نمایید.



www.daneshiran.ir

نشخوارکنندگان و پویایی شکمبه - تولید تا بیوگاز

تألیف: مهندس مجید شریفی، دکتر علی اکبر خادم

نوبت چاپ: اول

سال چاپ: ۱۳۹۱

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۷۵۰۰ تومان

چاپ و صحافی: فرنگار رنگ

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۹۲۷-۶۷-۸



789842 927878

تهران، انقلاب، خیابان منیری‌جاوید (اردیبهشت)، نبش وحید نظری، شماره ۱۴۲-تلفکس: ۶۶۲۰۰۲۲۰-۶۶۴۰۰۱۴۴

این اثر مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه ناشر، نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

تشکر و قدردانی

در آغاز، حمد و سپاس خدای حکیم را که یاری آشکار و نهان او همواره ضامن موفقیت‌ها و پیشرفت‌های بشر بوده است و تنها لطف او امکان تدوین این اثر علمی را برای این بندگان بی‌بضاعت و سراپا تقصیر فراهم نموده است.

در تألیف و تدوین این کتاب از آثار و یافته‌های علمی و عملی بسیاری از محققین مراکز علمی و پژوهشی در ایران و جهان استفاده شده است که ضمن ذکر نام پدید آورندگان آنها در پایان هر فصل، در این قسمت نیز از همه آنها تشکر و قدردانی می‌شود. علاوه بر این، در بسیاری اوقات از نزدیک از نظرات خیل عظیمی از متخصصین مکرر مولوژی، زیست‌شناسی، بیوشیمی و کارشناسان علوم دامی بهره برده شد که به این وسیله از همکاری‌های بی‌درغ همه آنها تقدیر و تشکر می‌شود.

از مساعدت مالی یکی از نیکوکاران در تقبل هزینه‌های چاپ این کتاب که موجب تقلیل قابل توجه در قیمت فروش آن شده است نیز صمیمانه تشکر می‌شود.

در ضمن، پیشاپیش از تمام عزیزانی که پس از مطالعه این کتاب پیشنهادات و انتقادات خود را به آدرس: تهران - دانشگاه تهران - پردیس ابوریحان - گروه آموزشی علوم دام و طیور تقدیم می‌نمایند تا به حول و قوه الهی در چاپ‌های بعدی مطمع نظر قرار گیرد، قدردانی می‌شود.

دیباچه

علی‌رغم گذشت سالیان متمادی از انجام کنکاش‌های فراوان در خصوص بسیاری از جنبه‌های عملکردی نشخوارکنندگان، این حیوانات منحصر به فرد از لحاظ مفید بودن در زندگی بشر، انجام تحقیقات و ارائه نظریات قابل بحث در باب پویایی محیط شکمه و در نظر گرفتن شاخص‌های الگونویسی در خصوص عملکرد آن بسیار جدید می‌باشد. به طوری که می‌توان گفت این موضوع هنوز یکی از نقاط تاریک دانسته‌های اکثریت قریب به اتفاق پژوهندگان در علوم دامی، دامپزشکی و زیست‌شناسی را به خود اختصاص می‌دهد. شناخت شکمه و مطالعه فعالیت‌های زیستی مرتبط با این عضو حیاتی در نشخوارکنندگان این امکان را برای محققین و دامداران فراهم می‌نماید تا بتوانند درک نسبتاً صحیح‌تری از چگونگی تغذیه این گروه از حیوانات اهلی و تأثیر آن بر تولیدات آنها داشته باشند.

باید اذعان نمود که به دلیل حضور متنوع جمعیت‌های باکتریایی، پروتوزوایی و قارچی در دستگاه گوارش نشخوارکنندگان و اهمیت تأثیر آنها بر پویایی شکمه که سبب بروز تغییرات آنی در عملکرد این عضو حساس بدن دام‌ها می‌شود، بیان مسائل در قالب یک سری معادلات خیلی آسان نیست و این در حالی است که برای بررسی دقیق پویایی شکمه شناخت عملکردی این موجودات تک‌یاخته‌ای بسیار لازم و ضروری می‌باشد. دانش و یافته‌های متخصصین در زمینه‌های میکروبی‌شناسی شکمه بسیار نوپا می‌باشد و بیشتر براساس کشت‌های میکروبی انجام یافته در آزمایشگاه‌ها پایه‌ریزی شده است. اگرچه تلاش‌های مناسبی در زمینه انجام آزمایش‌های مزرعه‌ای نیز صورت گرفته است، اما با وجود پیشرفت‌های فراوان اطلاعات به دست آمده هنوز به خوبی جوابگوی پرسش‌های فراوان محققین نمی‌باشد. از طرفی، فنون جداسازی میکروبی، روش‌های مختلف آزمایشی، نوع وسایل اندازه‌گیری و نسبی بودن علوم مربوطه و قابلیت تغییر پذیری آنها در زمان‌های نسبتاً کوتاه این شناسایی‌ها را دستخوش تغییر می‌کند.

بر این اساس، متخصصین و کارشناسان ذیربط همواره به دنبال راه حل‌هایی بوده‌اند که بتوانند با دقت بیشتری به شناسایی تک‌یاخته‌ها و تأثیر آنها بر تخمیر در شکمه و تولید در نشخوارکنندگان بپردازند. با وارد شدن علوم ژنتیک به این عرصه، روند تغییرات با دقت لازم بررسی شد. ولی، به دلیل تأثیر فراوان عوامل غیرژنتیکی ناشناخته و شناخته شده بر پویایی شکمه، علوم مربوط به آن همچنان در حال تغییر و به روزرسانی می‌باشد. علاوه بر این، تأکید بر افزایش تولید در هر واحد از دام‌های اهلی بدون ازدیاد جمعیت آنها و، همزمان، سعی در کاهش متان تولیدی به دلیل تأثیر نامطلوب آن بر محیط زیست نیز موجب لزوم

شناسایی دقیق‌تر فعالیت‌های شکمبه و تغییرات مربوط به آن با شتاب بیشتری شده است.

جهت دسترسی نسبتاً منسجم و یکجا به نتایج یافته‌های علمی ارائه شده در خصوص فعالیت‌های شکمبه و پویایی عملکرد آن، کتاب حاضر در ده فصل تألیف و تدوین گردید. با شرح مختصری از جایگاه علف‌خواران و نشخوارکنندگان و نیز بیان چگونگی هضم، جذب و متابولیسم در آنها در فصول اول و دوم؛ موضوعاتی مثل چگونگی پیدایش و ادامه حیات جمعیت‌های باکتریایی، پروتوزوایی و قارچی و نیز مهمترین عوامل مؤثر بر تخمیر پویا در شکمبه در فصول سوم، چهارم، پنجم و ششم مورد بحث و بررسی قرار گرفتند. طراحی عملکرد شکمبه و بیان معادلات مفهومی آن در حد توان، مطالب فصل هفتم را به خود اختصاص داد. دستکاری فعالیت‌های زیستی در شکمبه و اساسی‌ترین راه‌های دسترسی به تولید مؤثر در نشخوارکنندگان در فصل هشتم به بحث گذاشته شد. جنبه‌های مختلف تولید بیوگاز و شرح اختصارات و واژگان نیز در فصول نهم و دهم ارائه گردید.

مطالب ارائه شده در کتاب مبتنی بر اطلاعات و مدارک موجود و مورد تأیید محققین ذریبط و صاحب نظر می‌باشد که می‌تواند راهگشا و پایه‌گذار بسیاری از فرضیات جدید تلقی شود. لذا، امید می‌رود مطالعه آن بتواند افق‌های روشنی را در خصوص عملکرد پویای شکمبه و عوامل مؤثر بر آن فراروی متخصصین، کارشناسان و دانشجویان قرار دهد و دامنه یافته‌های علمی و عملی آنان را به گستره‌های جدید، قابل فهم و قابل قیاس‌تری رهنمون سازد.

در خاتمه، با این یقین که تنها خداوند سبحان عالم بالذات و کمال مطلق است و نیز با این باور که هیچ اثر علمی خالی از ایراد و اشتباه نیست؛ امید می‌رود که خوانندگان گرامی کاستی‌های احتمالی را ارشادگونه متذکر شوند. بدیهی است تداوم مطلوب حرکت‌هایی از نوع تدوین کتاب حاضر منوط به دریافت پیشنهادات و انتقادات عالمانه از ناحیه شما صاحب نظران و مطالعه کنندگان گرامی خواهد بود که بی‌تردید مؤلفین مشتاق بهره‌مندی از آنها می‌باشند.

به امید فردایی بهتر و پویاتر برای ملت خداجوی این مرز و بوم

مؤلفین

فهرست مطالب

۵	 دیباچه
۲۳	 فصل اول
۲۴	 ۱- علف خواران و نشخوار کنندگان
۲۴	 ۱-۱ رده بندی علف خواران
۲۸	 ۱-۲ تغییرات ساختاری و عادت پذیری علف خواران
۲۹	 ۱-۲-۱ تغییرات ریخت شناسی
۲۹	 ۱-۲-۲ تغییرات ساختمانی بدن
۳۱	 ۱-۲-۳ تغییرات رفتاری
۳۲	 ۱-۳ تفاوت ساختاری دستگاه گوارش علف خواران
۳۲	 ۱-۳-۱ تفاوت در وضعیت دهانی
۳۳	 ۱-۳-۲ تفاوت در غدد ترششی
۳۴	 ۱-۳-۳ تفاوت در شکل طاهری و کارایی دستگاه گوارش
۳۵	 ۱-۴ نشخوار کنندگان و توسعه معده چند قسمتی
۳۷	 ۱-۴-۱ توسعه شکمبه در دوره شیرخوارگی
۳۹	 ۱-۴-۲ توسعه شکمبه در دوره رشد و تولید
۳۹	 ۱-۴-۳ مزیت معده چند قسمتی یا تخمیری
۴۰	 ۱-۵ جهت مطالعه بیشتر
۴۳	 فصل دوم
۴۴	 ۲- هضم، جذب و متابولیسم
۴۴	 ۲-۱ دستگاه گوارش در نشخوار کنندگان
۴۵	 ۲-۱-۱ خصوصیات شکمبه
۴۷	 ۲-۲ هضم مواد غذایی در دستگاه گوارش نشخوار کنندگان
۴۷	 ۲-۲-۱ هضم میکروبی
۵۰	 ۲-۲-۲ هضم آنزیمی
۵۲	 ۲-۳ جذب مواد غذایی در دستگاه گوارش نشخوار کنندگان
۵۲	 ۲-۳-۱ جذب شکمبه - نگاری
۵۴	 ۲-۳-۲ جذب روده ای
۵۶	 ۲-۴ متابولیسم در شکمبه
۵۶	 ۲-۴-۱ انرژی
۵۸	 ۲-۴-۱-۱ منابع انرژی
۵۹	 ۲-۴-۱-۲ کارایی انرژی (Y_{ATP})
۶۳	 ۲-۴-۲ کربوهیدرات
۶۷	 ۲-۴-۳ پروتئین
۷۱	 ۲-۴-۳-۱ نسبت انرژی به پروتئین و آزادسازی همزمان آنها
۷۴	 ۲-۴-۳-۲ سنتز پروتئین میکروبی

۷۸	۲-۴-۴ چربی
۸۴	۲-۴-۵ مواد معدنی و ویتامین‌ها
۸۴	۲-۵ کنترل متابولیسم
۸۵	۲-۶ برای مطالعه بیشتر
۸۷	فصل سوم
۸۸	۳- میکروارگانیزم‌های شکمبه
۸۸	۳-۱ طبقه‌بندی میکروارگانیزم‌ها
۹۱	۳-۱-۱ شناسایی و درصد حضور میکروارگانیزم‌ها از طریق تکنیک مولکولی زیستی
۹۴	۳-۲ رشد و تغذیه میکروارگانیزم‌ها
۹۹	۳-۳ محل استقرار و چگونگی فعالیت میکروارگانیزم‌ها
۱۰۱	۳-۳-۱ چگونگی فعالیت میکروارگانیزم‌ها
۱۰۳	۳-۳-۱-۱ اتصال به مواد مغذی
۱۰۴	۳-۳-۱-۲ فعالیت‌های گروهی میکروارگانیزم‌ها
۱۰۷	۳-۳-۲ تراکم و گسترش جمعیت میکروبی
۱۰۷	۳-۳-۲-۱ عوامل خوراکي مؤثر بر جمعیت میکروبی
۱۰۹	۳-۳-۲-۲ عوامل دماي و محیطي مؤثر بر جمعیت میکروبی
۱۱۰	۳-۳-۲-۳ ایجاد و توسعه میکروارگانیزم‌ها در شکمبه
۱۱۳	۳-۴ فرآیند تخمیر و الگوهای آن
۱۱۴	۳-۴-۱ الگوی فیزیکی تخمیر
۱۱۷	۳-۴-۲ الگوی شیمیایی تخمیر
۱۱۷	۳-۴-۲-۱ تولیدات تخمیری
۱۱۹	۳-۴-۲-۲ روندها و فرآیندهای شیمیایی تخمیر
۱۲۸	۳-۴-۳ عوامل بحران در تخمیر شکمبه
۱۲۸	۳-۴-۳-۱ اسیدوزیس
۱۲۹	۳-۴-۳-۲ نفخ
۱۳۰	۳-۴-۳-۳ مسمومیت عناصر غذایی
۱۳۱	۳-۴-۳-۴ تغییرات ظاهری دستگاه گوارش
۱۳۱	۳-۵ برای مطالعه بیشتر

۱۳۵	فصل چهارم
۱۳۶	۴- باکتری‌های شکمبه
۱۳۶	۴-۱ تکنیک‌های باکتری‌شناسی
۱۳۷	۴-۱-۱ شجره‌نویسی درختی باکتری‌ها
۱۳۷	۴-۱-۲ ریخت‌شناسی و ساختار باکتریایی
۱۴۱	۴-۱-۲-۱ ساختمان شیمیایی باکتری‌ها
۱۴۱	۴-۲ کشت باکتری‌ها

۱۴۲	۴-۲-۱ نمونه‌گیری از شکمبه
۱۴۳	۴-۲-۲ روش‌های کشت باکتری
۱۴۵	۴-۲-۲-۱ آماده‌سازی محیط کشت
۱۴۶	۴-۲-۲-۲ کشت خالص
۱۴۷	۴-۲-۲-۳ کشت مخلوط
۱۴۸	۴-۲-۲-۴ کشت‌های میانی (in vivo-in vitro)
۱۴۹	۴-۲-۳ نگهداری محیط کشت
۱۵۰	۴-۲-۴ شمارش باکتری‌ها
۱۵۰	۴-۲-۴-۱ شمارش مستقیم
۱۵۱	۴-۲-۴-۲ شمارش کشت زنده
۱۵۱	۴-۳ طبقه‌بندی باکتری‌های شکمبه
۱۵۲	۴-۳-۱ طبقه‌بندی باکتری‌ها براساس گروه زیستی
۱۵۲	۴-۳-۱-۱ باکتری‌های بی‌هوازی اختیاری
۱۵۴	۴-۳-۱-۲ باکتری‌های بی‌هوازی
۱۵۵	۴-۳-۲ طبقه‌بندی باکتری‌ها براساس گروه فعالیت
۱۵۶	۴-۳-۲-۱ باکتری‌های هضم‌کننده سلولز
۱۶۰	۴-۳-۲-۲ باکتری‌های هضم‌کننده نشاسته
۱۶۲	۴-۳-۲-۳ باکتری‌های هضم‌کننده همی سلولز
۱۶۴	۴-۳-۲-۴ باکتری‌های هضم‌کننده پکتین
۱۶۶	۴-۳-۲-۵ باکتری‌های تخمیرکننده قند
۱۶۸	۴-۳-۲-۶ باکتری‌های تخمیرکننده اسید
۱۷۰	۴-۳-۲-۷ باکتری‌های تولیدکننده متان
۱۷۲	۴-۳-۲-۸ باکتری‌های تجزیه‌کننده پروتئین
۱۷۳	۴-۳-۲-۹ باکتری‌های تولیدکننده آمونیاک و اوره
۱۷۴	۴-۳-۲-۱۰ باکتری‌های تجزیه‌کننده چربی
۱۷۵	۴-۴ فعالیت‌های حیاتی در باکتری‌ها
۱۷۵	۴-۴-۱ رشد
۱۷۶	۴-۴-۲ تکثیر
۱۷۸	۴-۴-۳ تبادل
۱۷۸	۴-۴-۴ ایمنی
۱۷۹	۴-۵ مکانیسم اتصال و هضم باکتریایی
۱۸۷	۴-۶ جمعیت باکتری‌ها در شکمبه
۱۸۷	۴-۶-۱ اثر خوراک بر جمعیت باکتری‌ها
۱۸۹	۴-۶-۲ اثر خصوصیات مخزن تخمیر بر جمعیت باکتری‌ها
۱۹۰	۴-۶-۳ اثرات بیرونی مخزن تخمیر بر جمعیت باکتری‌ها
۱۹۱	۴-۷ برای مطالعه بیشتر

۱۹۵	فصل پنجم
۱۹۶	۵- پروتوزوای شکمبه
۱۹۶	۵-۱ تکنیک‌های شناسایی پروتوزوآ
۱۹۹	۵-۲ روش‌های مطالعه پروتوزوای شکمبه
۱۹۹	۵-۲-۱ کشت پروتوزوآ
۲۰۱	۵-۲-۲ شمارش پروتوزوآ
۲۰۲	۵-۲-۳ شناسایی پروتوزوآ
۲۰۲	۵-۳ طبقه‌بندی پروتوزوای شکمبه
۲۰۳	۵-۳-۱ طبقه‌بندی پروتوزوآ براساس رفتار حرکتی
۲۰۳	۵-۳-۱-۱ تازک‌داران یا ماستیگوفورا
۲۰۴	۵-۳-۱-۲ مژک‌داران یا سیلیانا
۲۰۴	۵-۳-۱-۳ ریشه‌پایان یا سارکودینا
۲۰۵	۵-۳-۱-۴ اسپوروزوآ
۲۰۵	۵-۳-۱-۵ مکنده‌ها یا سوکتوریا
۲۰۵	۵-۳-۲ طبقه‌بندی پروتوزوآ براساس ریخت‌شناسی
۲۰۵	۵-۳-۲-۱ شاخه ساکروماستیگوفورا
۲۰۶	۵-۳-۲-۲ شاخه سیلیوفورا
۲۱۲	۵-۴ فعالیت‌های حیاتی در پروتوزوآ
۲۱۳	۵-۴-۱ رشد
۲۱۳	۵-۴-۲ تکثیر
۲۱۴	۵-۴-۳ تبادل
۲۱۵	۵-۴-۴ ایمنی
۲۱۶	۵-۵ فعالیت تخمیری پروتوزوآ
۲۱۶	۵-۵-۱ اتصال پروتوزوآ به مواد مغذی
۲۱۷	۵-۵-۲ متابولیسم پروتوزوآ
۲۱۸	۵-۵-۲-۱ تخمیر کربوهیدرات‌ها
۲۲۱	۵-۵-۲-۲ تخمیر پروتئین‌ها
۲۲۳	۵-۵-۲-۳ تخمیر چربی‌ها
۲۲۴	۵-۵-۳ متابولیسم میانی در پروتوزوآ
۲۲۵	۵-۵-۳-۱ فعالیت‌های تنفسی در پروتوزوآ
۲۲۵	۵-۶ جمعیت پروتوزوآ
۲۲۶	۵-۶-۱ اثر خوراک بر جمعیت پروتوزوآ
۲۲۸	۵-۶-۲ اثر خصوصیات مخزن تخمیر بر جمعیت پروتوزوآ
۲۲۹	۵-۶-۳ اثرات بیرونی مخزن تخمیر بر جمعیت پروتوزوآ
۲۳۳	۵-۷ اثر متقابل پروتوزوآ با سایر میکروارگانیسم‌های شکمبه
۲۳۴	۵-۸ برای مطالعه بیشتر

۲۳۷	فصل ششم
۲۳۸	۶- قارچ‌های شکمبه
۲۳۹	۶-۱ تکنیک‌های شناسایی قارچ‌ها
۲۴۲	۶-۲ روش‌های مطالعه قارچ‌های شکمبه
۲۴۲	۶-۲-۱ کشت قارچ‌های بی‌هوازی
۲۴۴	۶-۲-۱-۱ کشت همزمان
۲۴۴	۶-۲-۲ جداسازی و شمارش قارچ‌ها
۲۴۵	۶-۲-۳ شناسایی قارچ‌ها
۲۴۶	۶-۳ طبقه‌بندی قارچ‌های شکمبه
۲۴۷	۶-۳-۱ طبقه‌بندی قارچ‌ها براساس خصوصیات ریخت‌شناسی
۲۴۸	۶-۳-۱-۱ جنس نوک‌الیماستیکس
۲۴۹	۶-۳-۱-۲ جنس پیرومایس
۲۵۰	۶-۳-۱-۳ جنس سکومایس
۲۵۰	۶-۳-۱-۴ جنس اورینومایس
۲۵۱	۶-۳-۱-۵ جنس آتایرومایس
۲۵۱	۶-۳-۱-۶ جنس سیلامایس
۲۵۲	۶-۴ چرخه زندگی قارچ‌های شکمبه
۲۵۳	۶-۴-۱ فعالیت‌های حیاتی قارچ‌ها
۲۵۳	۶-۴-۱-۱ رشد
۲۵۴	۶-۴-۱-۲ تکثیر
۲۵۶	۶-۴-۱-۳ تبادل
۲۵۶	۶-۴-۱-۴ ایمنی
۲۵۷	۶-۵ ساختمان شیمیایی قارچ‌ها
۲۵۸	۶-۵-۱ ساختمان شیمیایی دیواره سلولی قارچ‌ها
۲۵۹	۶-۶ فعالیت تخمیری قارچ‌ها
۲۵۹	۶-۶-۱ اتصال قارچ‌ها به مواد مغذی
۲۶۱	۶-۶-۲ متابولیسم قارچ‌ها
۲۶۲	۶-۶-۲-۱ تخمیر کربوهیدرات‌ها
۲۶۴	۶-۶-۲-۲ تخمیر پروتئین‌ها
۲۶۵	۶-۶-۲-۳ تخمیر چربی‌ها
۲۶۵	۶-۶-۳ متابولیسم میانی در قارچ‌ها
۲۶۶	۶-۶-۳-۱ آنزیم در قارچ‌های بی‌هوازی
۲۶۶	۶-۷ جمعیت قارچ‌ها
۲۶۷	۶-۷-۱ اثر خصوصیات مخزن تخمیر بر جمعیت قارچ‌های شکمبه
۲۶۸	۶-۷-۲ اثرات بیرونی مخزن تخمیر بر جمعیت قارچ‌های شکمبه
۲۶۸	۶-۷-۳ اثر خوراک مصرفی بر جمعیت قارچ‌ها
۲۶۹	۶-۷-۳-۱ علوفه

۲۷۰	۶-۷-۳-۲ دانه‌ها
۲۷۰	۶-۷-۳-۳ دفعات خوراکدهی
۲۷۰	۶-۸ اثر متقابل قارچ‌ها با سایر میکروارگانیسم‌های شکمبه
۲۷۱	۶-۸-۱ رفتار متقابل قارچ‌ها با باکتری‌ها
۲۷۳	۶-۸-۲ رفتار متقابل قارچ‌ها با پروتوزوآ
۲۷۴	۶-۹ برای مطالعه بیشتر
۲۷۷	فصل هفتم
۲۷۸	۷- طراحی عملکرد شکمبه
۲۷۸	۷-۱ تاریخچه الگونویسی
۲۷۹	۷-۱-۱ کاربرد عملی الگونویسی
۲۸۱	۷-۱-۲ اصول الگونویسی
۲۸۱	۷-۱-۲-۱ فرضیه و تعاریف
۲۸۲	۷-۱-۲-۲ مخیرهای مورد بررسی در الگوها
۲۸۳	۷-۱-۲-۳ واحد آماری
۲۸۴	۷-۲ شاخص‌های اصلی الگونویسی در عملکرد شکمبه
۲۸۵	۷-۲-۱ قابلیت تجزیه پذیری مواد مغذی
۲۸۸	۷-۲-۲ فعالیت‌های میکروبی
۲۹۳	۷-۲-۳ فعالیت‌های جنبی ذرات
۲۹۵	۷-۲-۳-۱ فعالیت جنبی ذرات بر اساس الگوی تک مخزنی
۲۹۷	۷-۲-۳-۲ فعالیت جنبی ذرات بر اساس الگوی چند مخزنی (مخزن شکمبه و بخش سکوم)
۲۹۹	۷-۲-۳-۳ اثر فعالیت‌های جنبی ذرات بر رشد میکروارگانیسم‌ها
۳۰۰	۷-۳ الگونویسی هضم فیبر
۳۰۲	۷-۳-۱ الگوی حداقلی هضم فیبر
۳۰۳	۷-۳-۲ الگوی ماندگاری انتخابی
۳۰۴	۷-۳-۳ الگوی تأخیری هضم فیبر
۳۰۶	۷-۴ الگونویسی فعالیت‌های تخمیری اسیدهای چرب فرار
۳۰۶	۷-۴-۱ شبیه‌سازی عوامل مؤثر بر تخمیر اسیدهای چرب فرار
۳۰۷	۷-۴-۱-۱ الگوی BA
۳۰۸	۷-۴-۱-۲ الگوی DA
۳۱۰	۷-۴-۱-۳ الگوی DI
۳۱۱	۷-۴-۲ الگوهای جذب اسیدهای چرب فرار
۳۱۴	۷-۴-۲-۱ نرخ جذب اسیدهای چرب فرار از دیواره شکمبه بر اساس الگوی DI
۳۱۵	۷-۴-۳ پیش‌بینی اسیدهای چرب فرار بر اساس الگوهای دینامیکی عناصر سازنده
۳۱۸	۷-۴-۴ برنامه مصرف خوراک در الگونویسی اسیدهای چرب فرار
۳۱۹	۷-۵ الگونویسی پروتئین میکروبی
۳۱۹	۷-۵-۱ شبیه‌سازی عوامل مؤثر بر متابولیسم پروتئین در شکمبه

۳۲۲	۷-۵-۲ مخزن تخمیری میکروب‌ها در متابولیسم پروتئین
۳۲۳	۷-۵-۲-۱ مخزن تخمیری میکروب‌های آمیلولایติก (Q_{Ma}) به گرم
۳۲۴	۷-۵-۲-۲ مخزن تخمیری میکروب‌های سلولایติก (Q_{Mc}) به گرم
۳۲۵	۷-۵-۳ مخزن پروتئین‌های مصرفی در متابولیسم پروتئین
۳۲۵	۷-۵-۳-۱ مخزن پروتئین قابل هضم (Q_{Pg}) به مول
۳۲۶	۷-۵-۳-۲ مخزن پروتئین محلول در مایع شکمبه (Q_{Ps}) به مول
۳۲۷	۷-۵-۳-۳ مخزن پروتئین غیر قابل تجزیه شکمبه (Q_{Pu}) به مول
۳۲۷	۷-۵-۳-۴ مخزن آمونیاک در شکمبه (Q_{Am}) به مول
۳۲۹	۷-۶ الگونیسی چربی‌ها در شکمبه
۳۲۹	۷-۶-۱ شبیه‌سازی عوامل مؤثر بر متابولیسم چربی در شکمبه
۳۳۰	۷-۶-۱-۱ مخزن چربی هیدرولیز نشده (Q_{Ly})
۳۳۰	۷-۶-۱-۲ مخزن اسیدهای چرب بلند زنجیر اشباع شده (Q_{Fs})
۳۳۱	۷-۶-۱-۳ مخزن اسیدهای چرب بلند زنجیر غیر اشباع (Q_{Fu})
۳۳۲	۷-۷ الگونیسی pH در شکمبه
۳۳۲	۷-۷-۱ الگوی pH در شکمبه
۳۳۳	۷-۷-۱-۱ الگوی اختلاف قدرت یونی در تنظیم pH شکمبه
۳۳۳	۷-۷-۱-۲ الگوی بافر در تنظیم pH شکمبه
۳۳۴	۷-۷-۱-۳ الگوی دی اکسید کربن در تنظیم pH شکمبه
۳۳۴	۷-۷-۱-۴ الگوی اسیدهای چرب فرار در تنظیم pH شکمبه
۳۳۵	۷-۸ الگونیسی تولید گاز در شکمبه
۳۳۵	۷-۸-۱ الگوی تولید گاز در حالت <i>In vitro</i>
۳۳۸	۷-۸-۲ تولید گاز متان براساس الگوهای آماری
۳۳۹	۷-۸-۳ تولید گاز متان براساس الگوهای تناوبی دینامیکی
۳۴۰	۷-۹ الگوهای ترمودینامیکی در شکمبه
۳۴۱	۷-۹-۱ اصول اولیه ترمودینامیک
۳۴۳	۷-۹-۲ الگوی تخمیری شکمبه در مسیر ترمودینامیک
۳۴۴	۷-۹-۲-۱ نظم بخش‌های تخمیری شکمبه در الگوی ترمودینامیک F_0
۳۴۵	۷-۹-۲-۲ تولید متان و کاهش استات در الگوی ترمودینامیک F_0
۳۴۸	۷-۹-۲-۳ جمعیت میکروبی در الگوی ترمودینامیک F_0
۳۴۸	۷-۹-۳ کارایی الگوی ترمودینامیک در شکمبه
۳۵۰	۷-۹-۴ تغییر نسبت اسیدهای چرب فرار در الگوی ترمودینامیک
۳۵۲	۷-۱۰ برای مطالعه بیشتر
۳۵۵	فصل هشتم
۳۵۶	۸-۱-۱ دستکاری فعالیت‌های زیستی در شکمبه
۳۵۶	۸-۱-۲ تاریخچه دستکاری فعالیت‌های زیستی در شکمبه
۳۵۷	۸-۱-۳ تعریف دستکاری فعالیت‌های زیستی

۳۵۷	۸-۲ تغییر روند شیمیایی تخمیر در دستکاری‌های شکمبه‌ای
۳۵۸	۸-۲-۱ دستکاری براساس تغییر روند تخمیر کربوهیدرات
۳۵۹	۸-۲-۲ دستکاری براساس تغییر روند تخمیر نیتروژن
۳۶۱	۸-۲-۳ دستکاری براساس تغییر روند تخمیر چربی‌ها
۳۶۳	۸-۲-۳-۱ اثر چربی بر متابولیسم کربوهیدرات و نیتروژن در شکمبه
۳۶۴	۸-۳ اثر خوراک مصرفی بر دستکاری‌های شکمبه‌ای
۳۶۴	۸-۳-۱ دستکاری براساس تغییر میزان خوراک مصرفی
۳۶۵	۸-۳-۱-۱ عمل آوری فیزیکی
۳۶۵	۸-۳-۱-۲ دستکاری براساس تغییر کیفیت خوراک مصرفی
۳۶۶	۸-۳-۱-۱ عمل آوری شیمیایی
۳۶۷	۸-۳-۳ دستکاری براساس ورود مواد غیر مغذی
۳۶۷	۸-۳-۳-۱ بافرها
۳۶۹	۸-۳-۳-۲ بونوفرها
۳۷۱	۸-۳-۳-۳ زئولیت‌ها (Clinoptilolite)
۳۷۳	۸-۳-۳-۴ پروبیوتیک و پریبیوتیک‌ها
۳۷۶	۸-۳-۳-۵ آنزیم‌ها
۳۷۸	۸-۳-۳-۶ آنتی‌بیوتیک‌ها
۳۸۲	۸-۳-۳-۷ اسیدهای آلی
۳۸۳	۸-۳-۴ دستکاری براساس ورود سموم مصرفی
۳۸۳	۸-۳-۴-۱ ترکیبات ضدتغذیه‌ای گیاهی
۳۹۱	۸-۳-۴-۲ عناصر معدنی و صنعتی ضد تغذیه‌ای
۳۹۳	۸-۳-۴-۳ سموم میکروبی
۳۹۷	۸-۳-۴-۴ استراتژی حذف سموم مصرفی
۳۹۷	۸-۴ دستکاری شکمبه براساس عوامل حیوانی
۳۹۷	۸-۴-۱ ناهنجاری‌های متابولیکی
۳۹۹	۸-۴-۲ عادات غذایی
۳۹۹	۸-۵ دستکاری‌های ژنتیکی
۴۰۰	۸-۵-۱ اصول دستکاری ژنتیکی
۴۰۱	۸-۵-۲ خواص دستکاری ژنتیکی
۴۰۲	۸-۵-۳ رایج‌ترین دستکاری‌های ژنتیکی
۴۰۴	۸-۶ تغییر تولید متان در دستکاری‌های میکروبی
۴۰۴	۸-۶-۱ تشکیل گاز متان
۴۰۵	۸-۶-۲ عوامل مؤثر بر تولید گاز متان
۴۰۷	۸-۷ برای مطالعه بیشتر

فصل نهم

۴۱۱	۹- گازهای زیستی (بیوگاز)
۴۱۲	

۴۱۳	۹-۱ بیوگاز چیست؟
۴۱۳	۹-۱-۱ خصوصیات کیفی بیوگاز
۴۱۴	۹-۱-۱-۱ تولید گاز متان
۴۱۵	۹-۱-۲ ساختمان مخازن سستی و صنعتی بیوگاز
۴۱۶	۹-۱-۲-۱ دستگاه بیوگاز با سرپوش شناور
۴۱۷	۹-۱-۲-۲ دستگاه بیوگاز با مخزن مشترک و ثابت
۴۱۹	۹-۱-۲-۳ دستگاه بیوگاز با نسبت طول به عرض زیاد
۴۱۹	۹-۱-۲-۴ سایر دستگاه‌های بیوگاز با کاربری‌های متفاوت
۴۲۰	۹-۲ ساخت دستگاه بیوگاز در واحدهای کوچک
۴۲۲	۹-۳ کنترل تغییر در بیوگاز
۴۲۳	۹-۳-۱ شرایط محیطی مخزن هاضم
۴۲۳	۹-۳-۱-۱ دما
۴۲۴	۹-۳-۱-۲ محدوده pH مطلوب
۴۲۵	۹-۳-۱-۳ زمان ماندگاری (نرخ عبور)
۴۲۵	۹-۳-۲ کیفیت مواد مصرفی
۴۲۶	۹-۳-۲-۱ مقدار نیتروژن و نرخ نیتروژن به کربن
۴۲۷	۹-۳-۲-۲ خصوصیات فیزیکی مواد خوراکی و افزودنی‌ها
۴۲۷	۹-۳-۲-۳ کود مصرفی
۴۲۹	۹-۳-۲-۴ علوفه مصرفی
۴۳۰	۹-۴ محاسبات مربوط به ساخت دستگاه بیوگاز در شرایط طبیعی
۴۳۰	۹-۴-۱ ظرفیت دستگاه بیوگاز
۴۳۱	۹-۴-۱-۱ روش محاسبه ابعاد دستگاه هاضم بیوگاز براساس تعداد دام
۴۳۲	۹-۵ نرخ تولید بیوگاز براساس الگوهای ثابت
۴۳۳	۹-۵-۱ الگوی (Buswell and Mueller) BM
۴۳۳	۹-۵-۲ الگوی Boyle
۴۳۳	۹-۵-۳ الگوی Baserga
۴۳۴	۹-۵-۴ الگوی (Keymer and Schilcher) KS
۴۳۴	۹-۵-۵ الگوی Amon
۴۳۴	۹-۶ نرخ تولید در دستگاه بیوگاز براساس الگوهای جنبشی
۴۳۴	۹-۶-۱ الگوی فعالیت‌های رشد میکروبی در دستگاه بیوگاز
۴۳۵	۹-۶-۱-۱ رشد میکروارگانیسم‌ها
۴۳۵	۹-۶-۱-۲ الگوی ریاضی رشد میکروب‌ها
۴۳۶	۹-۶-۱-۳ محدودیت‌های رشد میکروبی
۴۳۸	۹-۶-۱-۴ اثر pH بر رشد میکروب‌ها
۴۴۰	۹-۶-۱-۵ اثر دما بر رشد میکروارگانیسم‌ها
۴۴۰	۹-۶-۲ الگوی فعالیت‌های هضم جنبشی مواد مغذی در دستگاه بیوگاز
۴۴۱	۹-۶-۲-۱ ساخت سلول میکروبی

۴۴۱	۹-۶-۲-۲ انرژی لازم جهت نگهداری میکروارگانیسم‌ها
۴۴۱	۹-۶-۲-۳ تغییر ماده غذایی
۴۴۲	۹-۶-۳ الگوی جنبشی تولیدات تخمیری در دستگاه بيوگاز
۴۴۲	۹-۷ اهمیت تولید بيوگاز
۴۴۳	۹-۸ برای مطالعه بیشتر

۴۴۵	فصل دهم
۴۴۶	۱-۱۰ واژه‌نامه
۴۴۸	۲-۱۰ واژه‌نامه
۴۵۷	۳-۱۰ تصاویر رنگی

فهرست جداول

۲۵	جدول ۱-۱ آمار جمعیت دام در ایران و جهان
۳۶	جدول ۱-۲ پراکنش نشخوارکنندگان واقعی (درصد) و اثر آب و هوا، زیستگاه و قاره‌ها بر آنها
۳۷	جدول ۱-۳ مهمترین نشخوارکنندگان اهلی و جزئیات اهلی شدن آنها
۶۰	جدول ۲-۱ کارایی انرژی و تعداد پروژن به انرژی برای رشد میکروارگانیسم‌های شکمبه
۶۱	جدول ۲-۲ انرژی لازم جهت تولید مواد تشکیل دهنده ساختمان میکروبی و کارایی انرژی
۶۲	جدول ۲-۳ کارایی انرژی در گونه‌های مختلف میکروارگانیسم
۶۶	جدول ۲-۴ اثر نوع کربوهیدرات جیره بر غلظت اسیدهای چرب
۷۳	جدول ۲-۵ اثر سطح تغذیه (در حد نیاز نگهداری یا بیشتر) بر مقدار پروتئین میکروبی تولید شده
۷۷	جدول ۲-۶ اسکلت کربنی مورد نیاز اسیدهای آمینه سنتز شده توسط باکتری‌ها
۸۲	جدول ۲-۷ درصد لیپولیز چربی در اقلام خوراکی
۹۰	جدول ۳-۱ منابع تأمین انرژی در میکروارگانیسم‌ها
۹۸	جدول ۳-۲ اثر نوع خوراک بر نرخ ترفیق
۱۰۵	جدول ۳-۳ فعالیت مشارکتی باکتری‌های <i>R. flavefaciens</i> و <i>M. ruminantium</i>
۱۲۰	جدول ۳-۴ فرمول شیمیایی اسیدهای چرب فرار اصلی در محتویات شکمبه
۱۲۵	جدول ۳-۵ تولید متان و هیدروژن در تغییر توازن تخمیر
۱۴۶	جدول ۴-۱ یک نمونه از محیط کشت مورد نیاز جهت رشد باکتریایی
۲۲۱	جدول ۵-۱ فعالیت هضمی سلولز توسط دسته‌ای از انتودینومورف‌ها
۲۳۱	جدول ۵-۲ اثر گونه‌های دامی و شرایط جغرافیایی بر جمعیت و گونه‌های پروتوزوایی
۲۳۲	جدول ۵-۳ تأثیر میزان بر گونه‌های پروتوزوایی
۲۳۸	جدول ۶-۱ تأثیر حذف گونه‌های قارچی از شکمبه گوسفند
۲۴۶	جدول ۶-۲ تعداد قارچ‌ها در قسمت‌های مختلف دستگاه گوارش و مدفوع گاوسانان (براساس واحد تالوس)
۲۴۷	جدول ۶-۳ چگونگی کاربرد تغذیه‌ای انواع پلی ساکارید توسط قارچ‌ها
۲۴۸	جدول ۶-۴ طبقه‌بندی قارچ‌ها در شکمبه
۲۶۹	جدول ۶-۵ اثر کیفیت خوراک مصرفی بر جمعیت زئونوسپورها در شکمبه (براساس رقت ۱۰ ^{-۷} میلی لیتر مایع شکمبه)
۲۷۲	جدول ۶-۶ اثر هم کوشی قارچ با باکتری در حضور همگروها*

جدول ۱-۷ نمونه سطوح الگونیسی.....	۲۸۰
جدول ۲-۷ طراحی الگوی آماری مربع لاتین.....	۲۸۵
جدول ۳-۷ معادلات ارائه شده جهت الگونیسی قابلیت تجزیه پذیری مواد غذایی.....	۲۸۷
جدول ۴-۷ اثر رقت سازی بر کارایی انرژی در شکمبه.....	۳۰۰
جدول ۵-۷ پارامترهای ارائه شده μ و ϕ در معادلات مختلف ارائه شده برای فرمول ۹.....	۳۳۷
جدول ۶-۷ پتانسیل ردوکس در pH صفر و هفت در درجه حرارت ۳۱۱ درجه کلین.....	۳۴۵
جدول ۷-۷ استاندارد ΔG° و H_f° در متابولیت های شکمبه با $298/15^\circ$ کلین، $pH = 0$ و شرایط یک اتمسفر.....	۳۴۶
جدول ۸-۷ تفاوت انرژی از پایایی شده از روندهای احیای شکمبه ای بدون بررسی تغییرات ATP.....	۳۴۷
جدول ۹-۷ انرژی آزاد واکنش دهنده ها در شکمبه (کیلوژول بر مول) در حالات مختلف.....	۳۴۹
جدول ۱۰-۷ مقایسه $G\Delta$ تغییر درونی اسیدهای چرب فرار از استات به پروپیونات و از استات به بوتیرات.....	۳۵۰
جدول ۱۱-۸ اثر چربی های گیاهی بر تنوع میکروبی شکمبه.....	۳۶۲
جدول ۱۲-۸ اثر بافرها بر تخمیر شکمبه ای.....	۳۶۸
جدول ۱۳-۸ جنس و گونه های میکروارگانیسمی رایج جهت استفاده پروبیوتیکی.....	۳۷۴
جدول ۱۴-۸ اثر مقدار ویرجینامایسین بر جمعیت پروتوزوآ.....	۳۸۱
جدول ۱۵-۸ اثر عناصر سنگین بر فعالیت اوره آز باکتریایی.....	۳۹۳
جدول ۱۶-۸ مهمترین مایکوتوکسین های موجود در علوفه و مواد دانه ای.....	۳۹۴
جدول ۱۷-۸ نرخ تجزیه پذیری بعضی از مایکوتوکسین ها در شکمبه.....	۳۹۶
جدول ۱۸-۸ مقاوم سازی باکتری های رایج شکمبه به آنتی بیوتیک ها.....	۴۰۱
جدول ۹-۸ تعدادی ژن کلونی شده از رایج ترین میکروارگانیسم های شکمبه.....	۴۰۳
جدول ۱۰-۸ اثر افزودنی ها بر متان و سایر تولیدات تخمیری ناشی از مصرف علوفه بالا.....	۴۰۷
جدول ۱-۹ ترکیب بیوگاز.....	۴۱۴
جدول ۲-۹ حرارت تولیدی سایر سوخت ها در مقایسه با بیوگاز.....	۴۱۴
جدول ۳-۹ مصرف مواد مغذی مختلف توسط گونه های خاص باکتریایی در تولید بیوگاز.....	۴۱۵
جدول ۴-۹ مقایسه دستگاه سربوش دار شناور و دستگاه ثابت بیوگاز.....	۴۱۸
جدول ۵-۹ دامنه درجه حرارت مطلوب برای باکتری های متان ساز دستگاه بیوگاز (سانتی گراد).....	۴۲۳
جدول ۶-۹ دامنه pH مطلوب برای بعضی از باکتری های متان ساز.....	۴۲۵
جدول ۷-۹ نسبت نیتروژن به کربن در منابع خوراکی متفاوت و براساس گزارش کشورهای مختلف.....	۴۲۶
جدول ۸-۹ میزان تولید بیوگاز از کود حیوانات مختلف.....	۴۲۹
جدول ۹-۹ میزان گاز تولیدی (گرم) و متان حاصل از آن (درصد) بر اساس یک کیلوگرم از مواد مغذی مختلف.....	۴۳۳
جدول ۱۰-۹ الگوهای رشد باکتری در دستگاه بیوگاز.....	۴۳۷
جدول ۱۱-۹ الگوهای تراکم مواد مغذی در دستگاه بیوگاز.....	۴۳۷
جدول ۱۲-۹ الگوهای تراکم تولیدات میکروبی در دستگاه بیوگاز.....	۴۳۸

فهرست اشکال

شکل ۱-۱ تعداد تقریبی جمعیت دامی براساس آمارهای سازمان خواربار و کشاورزی جهان (FAO). شماره ۱ جمعیت شترها، شماره ۲ جمعیت گاو میش ها، شماره ۳ جمعیت بزها، شماره ۴ جمعیت گوسفندان و شماره ۵ جمعیت گاوها را

- ۲۵ نشان می‌دهد.
- شکل ۱-۲ انواع شاخ‌های موجود در نشخوارکنندگان. ۲۹
- شکل ۱-۳ محل و توسعه غدد بزاقی. کادر با هاشور یک طرفه غدد بناگوشی، کادر با هاشور ضربدری غدد تحت فکی و کادر با هاشور نقطه‌ای غدد زیر زبانی را نشان می‌دهد. ۳۳
- شکل ۱-۴ وضعیت قرار گرفتن اندام‌های گوارشی براساس محل تخمیر در گاو (سمت راست) و اسب (سمت چپ). ۳۴
- شکل ۱-۵ روند تکاملی و خانواده‌های به جا مانده از نشخوارکنندگان واقعی (میلیون سال). ۳۶
- شکل ۲-۱ محل قرار گرفتن ذرات غذایی براساس وزن مخصوص. ۴۸
- شکل ۲-۲ الگوی انتقال اسیدهای چرب فرار در سلول‌های اپیتلیال شکمبه. ۵۳
- شکل ۲-۳ راهبرد متابولیسم انرژی در شکمبه. ۵۸
- شکل ۲-۴ متابولیسم کربوهیدرات‌ها در شکمبه. ۶۴
- شکل ۲-۵ چگونگی جذب اسیدهای چرب فرار از دیواره شکمبه. ۶۷
- شکل ۲-۶ اثرات متقابل مواد غذایی در متابولیسم شکمبه. ۶۹
- شکل ۲-۷ متابولیسم پروتئین در شکمبه. ۷۰
- شکل ۲-۸ ارتباط بین کارایی انرژی و نرخ انرژی به نیتروژن تولید شده در شکمبه. ۷۱
- شکل ۲-۹ سنتز پروتئین میکروبی. ۷۵
- شکل ۲-۱۰ استفاده از آمونیاک در سنتز پروتئین میکروبی. ۷۶
- شکل ۲-۱۱ متابولیسم چربی در شکمبه، TG: تری گلیسیریدها (غلات و دانه‌های روغنی)، GL: گلیسرول (علوفه) و FAs or TG: تری گلیسیریدها و چربی‌های غددی، چربی‌های فرآوری شده. ۷۹
- شکل ۲-۱۲ هیدروژناسیون اسید لینولئیک. ۸۱
- شکل ۲-۱۳ تاثیر سطح خوراک مصرفی بر مقدار اسیدهای چرب تولید شده در شکمبه. ۲۵ ○ کیلوگرم ماده خشک مصرفی، ۲۰ ● کیلوگرم ماده خشک مصرفی، ۱۵ ■ کیلوگرم ماده خشک مصرفی و ۱۰ □ کیلوگرم ماده خشک مصرفی. ۸۳
- شکل ۳-۱ تفاوت سلولی بین یوکاریوت‌ها و پروکاریوت‌ها. ۸۹
- شکل ۳-۲ منحنی سیگموییدی رشد میکروارگانیسم‌ها. ۹۴
- شکل ۳-۳ محل قرار گرفتن میکروب‌های تخمیر کننده در دستگاه گوارش. رنگ سبز حضور صد درصدی میکروب‌ها و رنگ سفید فقدان میکروب‌ها را نشان می‌دهد. ۹۹
- شکل ۳-۴ چگونگی اتصال باکتری‌ها به مواد غذایی در سمت راست، (۱) میکروب‌ها به صورت تصادفی و یا براساس نیاز شیمیایی به ذرات غذایی متصل می‌شوند، (۲) میکروب‌ها توسط باندهای پروتئینی و گلیکوپلیکس به ذرات می‌چسبند، (۳) میکروارگانیسم‌ها با تکثیر ازدیاد می‌یابند و با ایجاد گودال گوارشی در سطح ذرات غذایی فعالیت خود را گسترده می‌کنند، (۴) کلونی جدید میکروبی به ذرات اضافه و با یک ائتلاف تجزیه‌پذیری را سریع‌تر انجام می‌دهند، (۵) قسمتی از کلونی میکروبی از ذرات جدا و روند را تکرار می‌کنند و (۶) قسمت‌های باقیمانده در ادامه بیشتر تجزیه می‌شوند و از شکمبه عبور می‌کنند. ۱۰۴
- شکل ۳-۵ ردیف‌های عرضی نمایانگر روابط مشارکتی دو طرفه و رقابتی و ردیف‌های طولی نمایانگر روابط خنثی‌سازی و مشارکتی دو طرفه می‌باشند. ۱۰۷
- شکل ۳-۶ تراکم میکروارگانیسم‌ها قبل و بعد از خوراک‌دهی. دایره‌های سفید رنگ تراکم باکتری‌های کوکسی و دایره‌های سیاه رنگ تراکم هلوتریش‌ها را نشان می‌دهند. ۱۰۹

- شکل ۷-۳ توسعه باکتری‌ها در شکمبه نشخوارکننده تازه متولد شده. ■ باکتری‌های بی‌هوازی، □ باکتری‌های هوازی و Δ باکتری ایشرشیاکلی. ۱۱۲
- شکل ۸-۳ مراحل انقباضات شکمبه - نگاری. تصویر سمت راست مربوط به انقباض اولیه و تصویر سمت چپ مربوط به انقباض ثانویه است. ۱۱۶
- شکل ۹-۳ تخمیر هومولاکتیک یا اکسیداسیون NDA^+ احیا شده توسط لاکتات دهیدروژناز در سمت راست و ردوکتاز فرودکسین در سمت چپ. ۱۲۰
- شکل ۱۰-۳ ارتباط pH شکمبه با اسیدهای چرب فرار. خط ممتد نشان از اسید استیک، خط فاصله نشان از اسید پروپوئیک و نقطه چین نشان از اسید لاکتیک می‌باشد. فلش سیاه ممتد محدوده فعالیت فلور میکروبی آمیلولایتیک و فلش نقطه چین محدوده فعالیت فلور سلولایتیک را نشان می‌دهد. ۱۲۱
- شکل ۱۱-۳ مسیرهای تشکیل استات از دو راه اصلی اکسیدوکتاز و فورمات. ۱۲۲
- شکل ۱۲-۳ تولید اسید پروپوئیک از مسیر دی کربوکسیلیک اسید. تأمین کوآنزیم NADH توسط خط چین نشان داده شده است. ۱۲۳
- شکل ۱۳-۳ تبادل کوآنزیم NAD^+ بین ستر اسید بوتیریک و ستر اسید پروپوئیک. ۱۲۴
- شکل ۱۴-۳ ستر اسید بوتیریک توسط استواییل کوآنزیم آ. ۱۲۴
- شکل ۱۵-۳ الگوی شیمیایی تخمیر بوتیریک جهت ستر اسیدهای چرب فرار و انرژی. ۱۲۶
- شکل ۱۶-۳ الگوی شیمیایی تخمیر و تولید گاز در شکمبه. نقطه چین ستر متان، خط چین احیا کننده سولفات، خط کامل تخمیر ثانویه و خط نقط چین تخمیر اولیه را نشان می‌دهد. ۱۲۷
- شکل ۱-۴ بخشی از شجره زیستی باکتری‌ها بر اساس طبقه‌بندی درختی (Bergey's manual). ۱۳۸
- شکل ۲-۴ اشکال مختلف باکتری‌های استخراج شده از شکمبه نشخوارکنندگان. ۱۳۸
- شکل ۳-۴ دستگاه شبیه ساز تخمیر شکمبه. شکل سمت چپ نمای کلی دستگاه و شکل سمت راست یکی از تانک‌های تخمیر است. (□) ساخته شده از نوعی پلاستیک شیشه‌ای، (■) ساخته شده از کائوچو یا پلی اتیلن، (S) میله متحرک در مخزن از جنس استیل، (V) دریچه نمونه‌گیری، (G) نگهدارنده، (F) لیدرینی بیج، (R) لوله اصلی واکنش دهنده، (L) مایع شکمبه، (C) ظرف محتوی خوراک سوراخ دار، (N) کیسه‌های سوری مایلون بگ، (T) لوله محکم، (I) راه ورود بزاق، (O) خروجی مواد سرریز شده، (M) خط جمع آوری گاز و (E) مجرای جمع آوری مواد سرریز شده در مخزن نهایی است. ۱۴۸
- شکل ۴-۴ مراحل کیسه‌گذاری در شکمبه. شکل سمت راست محل برش جهت کیسه‌گذاری را نشان می‌دهد. شکل میانی آماده‌سازی محل برش را که به ترتیب شامل (۱) ایجاد یک چین خوردگی روی شکمبه جهت ایجاد برش، (۲) قرار دادن چوب‌ها کنار لبه چین‌وردگی، (۳) اتصال دوچوب به هم و قرار داشتن پوست چین خورده در میان آنها و (۴) محکم کردن دو چوب جهت خشک کردن پوست در آن ناحیه می‌باشد، به تصویر می‌کشد و شکل سمت چپ نحوه چیدمان کیسه‌های تجزیه‌پذیری را روی لوله جهت بارگذاری در شکمبه نشان می‌دهد. ۱۴۹
- شکل ۵-۴ اتصال غیر تخصصی باکتری توسط غشای گلائیکو کالیکس به ذرات غذایی. ۱۸۱
- شکل ۶-۴ الگوی فعالیتی سلولوزوم روی سلولز. ۱۸۱
- شکل ۷-۴ مخازن گوارشی ایجاد شده در سطح سلولز و همی سلولز توسط باکتری‌ها. ۱۸۲
- شکل ۸-۴ ساختمان دیواره سلولی علفه. ۱۸۳
- شکل ۹-۴ ساختمان بلوری و غیربلوری سلولز همراه با تخریب سلولز توسط آنزیم‌های اندوگلوکاناز، اگزوگلوکاناز (سلوبیویدرولاز) و بتا-گلوکوزیداز از راست به چپ. ۱۸۴
- شکل ۱-۵ اشکال متفاوت پروتوزوایی شکمبه (ناژک داران و مژک داران). ۱۹۸

- شکل ۵-۲ ساختار نازک و مژک در جمعیت‌های پروتوزوآ و نحوه حرکت در آنها..... ۱۹۹
- شکل ۵-۳ تکثیر جنسی و غیر جنسی پروتوزوآ (از سمت راست شامل جوانه زدن، الحاق و تقسیم سلولی)..... ۲۱۴
- شکل ۵-۴ فعالیت‌های دهانی و ورود و خروج مواد از غشای سلول (از سمت راست شامل ۱- فعالیت دهانی، ۲- اندوسیتوز و ۳- اگزوسیتوز)..... ۲۱۵
- شکل ۵-۵ اتصال پروتوزوآی اینتستینالیس و پروستوما در دو تصویر سمت راست و نفوذ پروتوزوآ در دو تصویر سمت چپ..... ۲۱۶
- شکل ۵-۶ اثر پروتئین آزاد بر اتصال پروتوزوآ به بافت‌های گیاهی..... ۲۱۷
- شکل ۶-۱ اشکال مختلف قارچ‌ها در شکمبه: اسپورانجیوم سمت راست، زئوسپور با نازک در وسط و ریزوئیدها همراه با سپتوم در سمت چپ..... ۲۴۱
- شکل ۶-۲ اشکال کلونی قارچ‌های بی‌هوازی شکمبه..... ۲۴۲
- شکل ۶-۳ چرخه زندگی در قارچ‌های بی‌هوازی شکمبه..... ۲۵۲
- شکل ۶-۴ چگونگی رشد ساقه‌های قارچ..... ۲۵۴
- شکل ۶-۵ تکثیر جنسی قارچ‌ها در شرایط نامطلوب محیطی شکمبه..... ۲۵۵
- شکل ۶-۶ لایه‌های دیواره سلولی ریشه و هاگ..... ۲۵۹
- شکل ۶-۷ اتصال قارچ به بافت‌های گیاهی: شکل سمت راست واکوئل گوارشی (A)، شکل میانی نفوذ واکوئل گوارشی به بافت پارانشیمی و شکل سمت چپ منبسط (P) واکوئل را نشان می‌دهد..... ۲۶۱
- شکل ۷-۱ دیاگرام مواد مغذی باقیمانده در مدفوع بر اثر افزایش فاز تأخیر. غلظت مواد مغذی (S) و زمان (t) نامگذاری شده است. افزایش فاز تأخیر سبب کاهش مدت زمان تجزیه مواد مغذی و نهایتاً سبب افزایش آن‌مواد در مدفوع می‌شود..... ۲۸۸
- شکل ۷-۲ بخش‌بندی‌های شمایکی جهت ارزیابی جمعیت میکروبی در شکمبه براساس راهبرد نوع اول..... ۲۹۰
- شکل ۷-۳ تأثیر نرخ هضم و عبور بر نرخ هضم مواد مغذی (kd) و نرخ عبور (kp) می‌باشد..... ۲۹۴
- شکل ۷-۴ اصول کلی طراحی الگوی تک مخزنی..... ۲۹۵
- شکل ۷-۵ نمودار توزیع نمایی و لگاریتمی غلظت نشانگر..... ۲۹۶
- شکل ۷-۶ نمودار بارباراکسل و لگاریتمی غلظت نشانگر (وابسته به زمان)..... ۲۹۶
- شکل ۷-۷ اصول کلی طراحی الگوی دو مخزنی..... ۲۹۷
- شکل ۷-۸ اصول کلی طراحی الگوی دو مخزنی در بخش شکمبه. بخش قابل هضم (D)، بخش غیر قابل هضم (I)، نرخ مصرف مواد غذایی (k_f)، نرخ عبور (k_p)، نرخ هضم مواد مغذی (k_d) و نرخ انتقال (k_t) می‌باشد..... ۲۹۸
- شکل ۷-۹ اصول کلی طراحی الگوی دو مخزنی با یک مخزن اضافه غیر قابل دسترسی در بخش شکمبه. بخش قابل هضم (D)، بخش غیر قابل هضم (I)، نرخ مصرف مواد غذایی (k_f)، نرخ عبور (k_p)، نرخ هضم مواد مغذی (k_d) و نرخ انتقال ذرات غذایی (u و λ) می‌باشد..... ۲۹۸
- شکل ۷-۱۰ نمودار معادله بلاکستر و گرووم؛ هرچقدر شیب نمودار تندتر شود زمان کمتری برای نرخ عبور صرف می‌گردد. فاز مایع (I) و فاز جامد (S) در نظر گرفته شده است..... ۲۹۹
- شکل ۷-۱۱ الگوی هضم فیبر؛ قابلیت بالقوه هضم فیبر (D)، نرخ جذب (k_d) و نرخ عبور (k_p) در نظر گرفته شده است..... ۳۰۱
- شکل ۷-۱۲ الگوی حداقلی هضم فیبر در شکمبه؛ قابلیت بالقوه هضم فیبر (D)، بخش غیر قابل هضم (I)، نرخ جذب (k_d)، نرخ عبور (k_p)، فیبر مصرفی قابل هضم (f_d) و فیبر مصرفی غیر قابل هضم (f_i) در نظر گرفته شده است..... ۳۰۲
- شکل ۷-۱۳ الگوی ماندگاری انتخابی هضم فیبر در شکمبه؛ قابلیت بالقوه هضم فیبر (D)، بخش غیر قابل هضم (I)، بخش قابل عبور (E)، بخش غیر قابل عبور (N)، نرخ جذب (k_d)، نرخ عبور (k_e)، نرخ انتقالی (k_t)، فیبر مصرفی قابل هضم (f_d) و فیبر مصرفی غیر قابل هضم (f_i) در نظر گرفته شده است..... ۳۰۴

- شکل ۱۴-۷ الگوی تأخیری هضم فیبر در شکمبه؛ قابلیت بالقوه هضم فیبر (D)، بخش غیر قابل هضم (I)، بخش تأخیری (U)، بخش قابل عبور (E)، بخش غیر قابل عبور (N)، نرخ قابل دسترس (k_R)، نرخ جذب (k_d)، نرخ عبور (k_e)، نرخ انتقالی (k_t)، فیبر مصرفی قابل هضم (f_d) و فیبر مصرفی غیر قابل هضم (f_i) در نظر گرفته شده است. ۳۰۵
- شکل ۱۵-۷ الگوی ورود مواد مغذی در مسیر تولید اسیدهای چرب فرار؛ در این الگو آمونیاک (AM)، پروتئین (P)، کربوهیدرات محلول (SC)، نشاسته (ST)، فیبر محلول در شوینده خنثی (NDF)، توده میکروبی (MS) و اسیدهای چرب فرار (VFA) در نظر گرفته شده است. ۳۰۷
- شکل ۱۶-۷ الگوی BA مؤثر بر تولید اسیدهای چرب فرار؛ در این الگو آمونیاک (AM)، کربوهیدرات محلول (SC)، نشاسته (ST)، هگزوزهای محلول در شکمبه (HEX)، میکروارگانیزم‌ها (M)، فیبر محلول در شوینده خنثی (NDF)، پروتئین محلول (PS) و اسیدهای چرب فرار (VFA) در نظر گرفته شده است. ۳۰۸
- شکل ۱۷-۷ الگوی DA مؤثر بر تولید اسیدهای چرب فرار؛ در این الگو آمونیاک (AM)، کربوهیدرات محلول (SC)، نشاسته (ST)، آمونیاک میکروبی (M_{AM})، لیپید، نشاسته و دیواره سلولی میکروبی (M_C)، پروتئین آزاد میکروبی (M_{PS})، پروتئین‌های بزرگ میکروبی (M_P)، فیبر محلول در شوینده خنثی (NDF)، پروتئین محلول (PS) و اسیدهای چرب فرار (VFA) در نظر گرفته شده است. ۳۰۹
- شکل ۱۸-۷ الگوی DI مؤثر بر تولید اسیدهای چرب فرار؛ در این الگو آمونیاک (AM)، کربوهیدرات محلول (SC)، نشاسته (ST)، پروتئوزا (P_O) باکتری‌های آمیلولایติก (B_A)، میکروب‌های آمیلولایติก (M_A)، پلی ساکاریدهای ذخیره شده در میکروب‌های آمیلولایติก (A_S)، باکتری‌های سلولایติก (B_C)، فیبر محلول در شوینده خنثی (NDF)، پروتئین محلول (PS)، هگزوزهای محلول در شکمبه، کربوهیدرات محلول و نشاسته (HA)، هگزوزهای محلول با منشاء فیبر محلول در شوینده خنثی (HC) و اسیدهای چرب فرار (VFA) در نظر گرفته شده است. ۳۱۰
- شکل ۱۹-۷ الگوی ساده شده غیر خطی وظایف قطعی شکمبه با متغیرهای ثابت؛ در این الگو جذب از شکمبه (A)، قابلیت هضم مواد مغذی غیر محلول (D)، رشد میکروبی از مواد مغذی قابل حل (G)، متغیرهای ورودی با خوراک مصرفی (I)، مرگ یا خرد شدن میکروارگانیزم‌ها (L)، خروج از شکمبه (O) و شکار میکروبی (P) می‌باشد. اعداد ارائه شده در طرح شاخص تغییر الگو می‌باشند که در متابولیسم میکروبی دیده می‌شود. ۳۱۳
- شکل ۲۰-۷ تأثیر pH شکمبه بر نوع اسیدهای چرب فرار تولید شده از مواد مغذی خاص. در این شکل نشاسته (St)، کربوهیدرات محلول (Sc)، اسید استیک (Ac)، اسید پروپیونات (Pr) و اسید بوتیریک (Bu) منظور شده است. ۳۱۹
- شکل ۲۱-۷ الگوی ورود مواد نیتروژن دار در مسیر متابولیسم پروتئین؛ در این الگو آمونیاک (AM)، پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه (Pu)، پروتئین قابل تجزیه در شکمبه (Pd)، پروتئین محلول و منابع شکمبه (Ps)، بزاق (Sa)، رشد میکروب‌های آمیلولایติก و سلولایติก ($G_{(MA,MC)}$)، انرژی حاصل از هگزوز قابل دسترس برای میکروب‌های آمیلولایติก و سلولایติก ($E_{(HA,HC)}$)، مرگ و غوطه‌وری میکروب‌های آمیلولایติก و سلولایติก (D.Eg.)، میکروب‌های آمیلولایติก و سلولایติก غوطه‌ور ($EgM_{(MA,MC)}$) و اسیدهای چرب فرار (VFA) در نظر گرفته شده است. ۳۲۰
- شکل ۲۲-۷ الگوی ورود مواد اسید چرب به شکمبه؛ در این الگو مصرف خوراک (I)، شکمبه (R)، قسمت بعدی دستگاه گوارش (D)، مخزن چربی در شکمبه (Li)، مرگ میکروبی ($Mi.D$)، اسید چرب بلند زنجیر اشباع (Fs)، اسید چرب بلند زنجیر غیر اشباع (Fu)، لیپولیز اسید چرب هیدرولیز نشده (Ly)، رشد میکروبی ناشی از اسیدهای چرب ($Mi.G$) و اسید چرب میکروبی ناشی از خرد شدن ($Mi.L$) در نظر گرفته شده است. ۳۲۹
- شکل ۲۳-۷ الگوی بیوهیدروژناسیون اسید چرب در شکمبه؛ در الگوی شماره ۱ و شماره ۲ نرخ بیوهیدروژناسیون (k_p)، نرخ عبور (k_p) و نرخ ایزومراسیون در الگوی شماره ۲ (k_i) در نظر گرفته شده است. ۳۳۱

- شکل ۲۴-۷ تغییر حالت اسید و باز شکمبه براساس قابلیت کنترل یونی. در این الگو فشار دی اکسید کربن (pCO_2)، تراکم کل پروتئین (A_{100}) و ثابت تفکیک آب ($K'_w = H_2O \times K_w$) لحاظ شده است. ۳۳۳
- شکل ۲۵-۷ سه مخزن قابل بررسی *In vitro* در تولید گاز. تجزیه پذیری در نمودار دارای یک خط سهمی است و (h^{-1}) μ نرخ تجزیه پذیری براساس تغییر زمان است. در این حالت فرض می شود که فاز تأخیری صفر می باشد. ۳۳۶
- شکل ۲۶-۷ الگوی ترمودینامیکی ساده شده F0 براساس مسیرهای تخمیری در شکمبه. ۳۴۴
- شکل ۸-۱ نمونه ای از الگوی دستکاری در تخمیر کربوهیدرات (افزایش ● و کاهش ○ در نقاطی با بیشترین احتمال تغییر نشان داده شده است). ۳۵۹
- شکل ۲-۸ الگوی دستکاری در تخمیر نیتروژن. تغییر در هر منبع خوراکی (با ۲ زیر مجموعه در هر یک) می تواند مسیر تخمیر را بر اساس انرژی در دسترس تغییر دهد و تنوع میکروبی را نیز دستخوش تغییر کند. ۳۶۰
- شکل ۳-۸ ارتباط بین ساختار کربوهیدرات ماده خوراکی، pH و تنوع میکروبی (خط کامل: اسید استیک و خط چین: اسید پروپیونیک). ۳۶۶
- شکل ۴-۸ اثر مونشیر بر فعالیت های دیواره سلولی میکروارگانیسم ها (سمت راست براساس توقف جریان پروتونی جهت فسفوریلاسیون و سمت چپ توقف بعب سدیم - پتاسیم). ۳۷۰
- شکل ۵-۸ اثر آنزیم قارچ های هوازی بر تجزیه لیگنین در شکمبه (تصویر سمت راست مصرف لیگنین با آنزیم و تصویر سمت چپ مصرف لیگنین بدون آنزیم). ۳۷۶
- شکل ۶-۸ اصول دستکاری ژنتیکی میکروب ها. ۴۰۰
- شکل ۱-۹ ساختار عمومی دستگاه های تولید بیوگاز. ۴۱۶
- شکل ۲-۹ دستگاه بیوگاز سرپوش دار. ۴۱۷
- شکل ۳-۹ دستگاه بیوگاز با مخزن مشترک و ثابت. ۴۱۸
- شکل ۴-۹ دستگاه بیوگاز با مخزن طول به عرض زیاد. ۴۱۹
- شکل ۵-۹ ساختار عمومی دفنگاه ها (حفر گودال). ۴۲۰
- شکل ۶-۹ ساخت دستگاه آزمایشگاهی بیوگاز؟. ۴۲۰
- شکل ۷-۹ ساخت دستگاه مزرعه ای بیوگاز؟. ۴۲۱
- شکل ۸-۹ مهمترین عوامل مؤثر بر تولید بیوگاز از طریق کود-علوفه. ۴۲۲
- شکل ۹-۹ ارتباط بین مواد جامد، درجه حرارت و مدت زمان ماندگاری خوراک در دستگاه بیوگاز. ۴۲۴
- شکل ۱۰-۹ جایگاه قرار گرفتن باکتری ها در هاضم بیوگاز (سمت راست) و اشکال متفاوت هم زن در هاضم ها (سمت چپ)؟! ۴۲۸
- شکل ۱۱-۹ روند عملکرد شیمیایی هضم و تولید در دستگاه های بیوگاز. ۴۳۲
- شکل ۱۲-۹ نرخ رشد خاص وابسته به مواد مغذی براساس الگوی مونود. ۴۳۶
- شکل ۱۳-۹ تولید متان و سولفید هیدروژن در دستگاه بیوگاز. ۴۳۹
- شکل ۱۴-۹ حداکثر نرخ رشد وابسته به مواد مغذی در pH های مختلف. ۴۴۰