

بهداشت شیر



تالیف:

دکتر مهران مرادی

و

سید مهدی رضوی روحانی

مرادی، مهراں.

بهداشت شیر/ مولفین دکتر مهراں مرادی و دکتر سیدمهدی رضوی روحانی. - ارومیه: انتشارات دانشگاه ارومیه، 1396.

328ص. : مصور. - (انتشارات دانشگاه ارومیه، 226).

کتابنامه.

1- بهداشت شیر. الف. مرادی، مهراں، نویسنده همکار. ب. عنوان. ج. فروست.

شماره ملی: 4930536، رده کنگره: SF، 25709ب/6، 1396

عنوان: بهداشت شیر

نویسنده: دکتر مهراں مرادی و دکتر سید مهدی رضوی روحانی

ناشر: دانشگاه ارومیه، (سری 226)

سال نشر: 1396

شابک: 978-600-8681-16-8

نوبت چاپ: اول

آدرس: ارومیه - کیلومتر 11 جاده سرو - دانشگاه ارومیه - انتشارات - 09141869427 - 04432779930

پیش گفتار

15.....چربی شیر

20.....پروتئین های شیر

Error! Bookmark not defined.....لاکتوز

Error! Bookmark not defined.....آنزیم های شیر

Error! Bookmark not defined.....ویتامین های شیر

Error! Bookmark not defined.....مواد معدنی شیر

Error! Bookmark not defined.....سایر ترکیبات شیر

Error! Bookmark not defined.....عوامل مؤثر در محتوی ترکیبات شیر

Error! Bookmark not defined.....آغوز

Error! Bookmark not defined.....اهمیت تغذیه ای شیر

Error! Bookmark not defined.....منابع

Error! Bookmark not defined.

ویژگیهای شیر

Error! Bookmark not defined.....مزه و بوی شیر

Error! Bookmark not defined.....ظاهر و رنگ

Error! Bookmark not defined.....دانسیته

Error! Bookmark not defined.....ویسکوزیته

Error! Bookmark not defined.....پتانسیل اکسیداسیون و احیاء (Eh) (ردوکس)

Error! Bookmark not defined.....نقطه انجماد

Error! Bookmark not defined.....گرمای ویژه

Error! Bookmark not defined.....اسیدیته

Error! Bookmark not defined.....اسیدیته قابل تیتر

Error! Bookmark not defined.....تغییرات در شیر و ترکیبات آن در طول نگهداری

Error! Bookmark not defined.....منابع

Error! Bookmark not defined.

جمعآوری و دریافت شیر

Error! Bookmark not defined......ساختمان پستان و ترشح شیر

Error! Bookmark not defined......شیردوشی

Error! Bookmark not defined......نگهداری شیر در شرایط سرد

Error! Bookmark not defined......انتقال شیر به کارخانه شیر

Error! Bookmark not defined......واحد دریافت شیر کارخانه

Error! Bookmark not defined......منابع

Error! Bookmark not defined.

میکروشناسی شیر خام

Error! Bookmark not defined......اهمیت فارچها

Error! Bookmark not defined......آلودگی منتقله از حیوان و پستان

Error! Bookmark not defined......آلودگی منتقله از سایر منابع

Error! Bookmark not defined......اثرات میکروارگانسیمها بر ترکیبات شیر

Error! Bookmark not defined......عوامل ضدمیکروبی طبیعی شیر

Error! Bookmark not defined......اثر نگهداری در سرما بر میکروفلور شیر

Error! Bookmark not defined......منابع

Error! Bookmark not defined.

فرآیند حرارتی در شیر

Error! Bookmark not defined......اثرات حرارت بر ترکیبات شیر

Error! Bookmark not defined......تکنولوژی حرارت دهی

Error! Bookmark not defined......طبقه بندی فرآیندهای حرارتی

Error! Bookmark not defined......منابع

Error! Bookmark not defined.

شیر پاستوریزه

Error! Bookmark not defined......مراحل تولید

Error! Bookmark not defined......کلاریفیکاسیون

Error! Bookmark not defined......بخش پیش گرمایش

Error! Bookmark not defined......بخش سیراتور

Error! Bookmark not defined......استاندارد کردن چربی

Error! Bookmark not defined......هموژنیزاسیون

Error! Bookmark not defined......پاستوریزاسیون

Error! Bookmark not defined......بیسته بندی و نگهداری

Error! Bookmark not defined...... ارزش تغذیه ای شیر پاستوریزه

Error! Bookmark not defined...... میکروبیولوژی شیر پاستوریزه

Error! Bookmark not defined...... منابع

Error! Bookmark not defined.

شیر استریلیزه

Error! Bookmark not defined...... اصول استریلیزاسیون

Error! Bookmark not defined...... کیفیت شیر خام

Error! Bookmark not defined...... تولید فرآوردههای استریلیزه

Error! Bookmark not defined...... **شیر فرادما یا UHT**

Error! Bookmark not defined...... **استریلیزاسیون در بطری**

Error! Bookmark not defined...... بسته بندی

Error! Bookmark not defined...... ارزش تغذیه ای شیر استریلیزه

Error! Bookmark not defined...... میکروبیولوژی شیر استریلیزه

Error! Bookmark not defined...... منابع

Error! Bookmark not defined.

خامه

Error! Bookmark not defined...... فرآیند تولید خامه

Error! Bookmark not defined...... **مرحله خامه گیری**

Error! Bookmark not defined...... **مرحله استاندارد کردن چربی**

Error! Bookmark not defined...... **هموژنیزاسیون**

Error! Bookmark not defined...... **پاستوریزاسیون**

Error! Bookmark not defined...... **استریلیزاسیون خامه**

Error! Bookmark not defined...... ارزش غذایی و ویژگی های خامه

Error! Bookmark not defined...... میکروبیولوژی خامه

Error! Bookmark not defined...... منابع

Error! Bookmark not defined.

فرآوردههای تخمیری شیر

Error! Bookmark not defined...... ماست

Error! Bookmark not defined...... کشک

Error! Bookmark not defined...... دوغ

Error! Bookmark not defined...... کفیر

Error! Bookmark not defined...... شیر اسیدوفیلوس

Error! Bookmark not defined...... خامه کشت داده شده

Error! Bookmark not defined...... دوغ کره تخمیری

Error! Bookmark not defined...... کومیس

Error! Bookmark not defined...... فرآورده‌های پروبیوتیک

Error! Bookmark not defined...... ویژگی‌های تغذیه‌ای فرآورده‌های تخمیری شیر

Error! Bookmark not defined...... میکروبیولوژی فرآورده‌های تخمیری

Error! Bookmark not defined...... منابع

Error! Bookmark not defined.

کره

Error! Bookmark not defined...... تولید کره

Error! Bookmark not defined...... روش سنتی

Error! Bookmark not defined...... روش صنعتی

Error! Bookmark not defined...... ویژگی‌های تغذیه‌ای کره

Error! Bookmark not defined...... میکروبیولوژی کره

Error! Bookmark not defined...... منابع

Error! Bookmark not defined.

پنیر

Error! Bookmark not defined...... فرآیند تولید پنیر

Error! Bookmark not defined...... نوع و کیفیت و روش نگهداری شیر

Error! Bookmark not defined...... استاندارد کردن چربی

Error! Bookmark not defined...... سالم سازی شیر

Error! Bookmark not defined...... اضافه کردن افزودنی‌ها

Error! Bookmark not defined...... تشکیل لخته یا دلمه

Error! Bookmark not defined...... مرحله رسیدن

Error! Bookmark not defined...... پنیر لیقوان

Error! Bookmark not defined...... استفاده از تکنولوژی فرآیند UF در پنیر سازی

Error! Bookmark not defined...... ویژگی‌های تغذیه‌ای پنیر

Error! Bookmark not defined...... میکروبیولوژی پنیر

Error! Bookmark not defined...... منابع

Error! Bookmark not defined..... فرآیند تولید بستنی

Error! Bookmark not defined..... فرمولاسیون

Error! Bookmark not defined..... ترکیبات تشکیل دهنده مخلوط بستنی
defined.

Error! Bookmark not defined..... توزین و اختلاط ترکیبات

Error! Bookmark not defined..... رسیدن

Error! Bookmark not defined..... انجماد مداوم

Error! Bookmark not defined..... بسته بندی و قالب گیری

Error! Bookmark not defined..... سخت کردن و سردخانه گذاری

Error! Bookmark not defined..... میکروبیولوژی بستنی

Error! Bookmark not defined..... منابع

Error! Bookmark not defined..... تولید شیر خشک

Error! Bookmark not defined..... ارزش غذایی شیر خشک

Error! Bookmark not defined..... میکروبیولوژی شیر خشک

Error! Bookmark not defined..... شیر تغلیظ شده یا کندانسسه

Error! Bookmark not defined..... منابع

Error! Bookmark not defined..... خطرات بیولوژیک

Error! Bookmark not defined..... پیریون

Error! Bookmark not defined..... ویروس ها

Error! Bookmark not defined..... ریکتزیا

Error! Bookmark not defined..... انگل ها

Error! Bookmark not defined..... باکتری ها

Error! Bookmark not defined..... خطرات شیمیایی

Error! Bookmark not defined..... مایکوتوکسین

Error! Bookmark not defined..... هورمون ها

Error! Bookmark not defined..... آنتی بیوتیک ها

Error! Bookmark not defined..... آکرژن ها

Error! Bookmark not defined..... آلاینده های صنعتی و محیطی

Error! Bookmark not defined..... خطرات فیزیکی

Error! Bookmark not defined..... منابع

Error! Bookmark not defined..... تقلب در شیر و فرآورده های لبنی

Error! Bookmark not defined..... نگهدارنده های مورد استفاده در شیر

Error! Bookmark not defined..... پراکسید هیدروژن یا آب اکسیژنه (H₂O₂)

Error! Bookmark not defined..... اسید بنزوئیک

Error! Bookmark not defined..... اسید سالسیلیک

Error! Bookmark not defined..... اسید سوربیک

Error! Bookmark not defined..... اسید بوریک

Error! Bookmark not defined..... کربنات و بی‌کربنات سدیم

Error! Bookmark not defined..... دی اکسید کربن

Error! Bookmark not defined..... فرمالدئید / فرمالین

Error! Bookmark not defined..... بروپول (2-برمو-2-نیتروپروپانول-1، 3-دیول)

Error! Bookmark not defined..... دیگر و مات یناسیم

Error! Bookmark not defined..... کلرید جیوه

Error! Bookmark not defined..... آریدیل

Error! Bookmark not defined..... آنتی بیوتیک ها

Error! Bookmark not defined..... مواد تقلبی مورد استفاده در شیر

Error! Bookmark not defined..... آب

Error! Bookmark not defined..... نشاسته و آرد غلات

Error! Bookmark not defined..... کلرید سدیم

Error! Bookmark not defined..... ژلاتین

Error! Bookmark not defined..... مالتو دکسترین

Error! Bookmark not defined..... گلوکز و نیشکر

Error! Bookmark not defined..... ساخارین

Error! Bookmark not defined..... کارامل

Error! Bookmark not defined.....مواد رنگ دهنده

Error! Bookmark not defined.....هیدرواکسید سدیم

Error! Bookmark not defined.....روغن های گیاهی

Error! Bookmark not defined.....اوره

Error! Bookmark not defined.....ملامین

Error! Bookmark not defined.....سولفات آمونیوم

Error! Bookmark not defined.....آب پنیر

Error! Bookmark not defined.....پودر شیر بس چرخ

Error! Bookmark not defined.....ترکیبات آمینوم چهارتایی

Error! Bookmark not defined.....صابون و مواد پاک کننده

Error!آب ژاول (هیپوکلریت سدیم، کلروکس، داکین، وایتکس)
Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined.....گرفتن چربی

Error! Bookmark not defined.....منابع

Error! Bookmark not defined.....بهداشت در کارخانجات فرآورده های لبنی

Error! Bookmark not defined.....مراحل پاکسازی و ضدعفونی

Error! Bookmark not برداشت باقی مانده های مواد غذایی
defined.

Error! Bookmark not defined.....پیش شستشو با آب

Error! Bookmark not defined.....پاکسازی سطح با پاک کننده

Error! Bookmark not defined.....آبکشی با آب تمیز

Error! Bookmark not defined.....ضدعفونی

Error! Bookmark not defined.....سیستم های پاکسازی

Error! Bookmark not سیستم های پاکسازی در محل یا CIP
defined.

Error! Bookmark not defined.....پاکسازی در خارج از محل یا COP

Error! Bookmark not defined.....پاکسازی محیطی

Error! Bookmark not defined.....اهمیت بیوفیلم در بهداشت کارخانه

Error! Bookmark not defined.....پایش بهداشتی کارخانه

Error! Bookmark not defined.....کیفیت هوا

تایید و صحت یاکسازی.....Error! Bookmark not defined.

بهداشت فردی کارکنان.....Error! Bookmark not defined.

بهداشت آب.....Error! Bookmark not defined.

منابع آب.....Error! Bookmark not defined.

کاربرد آب در فرآوری فرآورده‌های غذایی.....Error! Bookmark not defined.

اصول تصفیه آب.....Error! Bookmark not defined.

منابع.....Error! Bookmark not defined.

سامانه تجزیه و تحلیل خطر و کنترل نقاط بحرانی.....Error! Bookmark not defined.

اصول HACCP و کدکس (CAC 1997).....Error! Bookmark not defined.

استقرار HACCP.....Error! Bookmark not defined.

برنامه های پیش نیازی.....Error! Bookmark not defined.

استفاده از اصول HACCP و اهمیت آموزش.....Error! Bookmark not defined.

اهمیت HACCP در صنعت غذا: نگرش پیشگیرانه.....Error! Bookmark not defined.

طراحی غذا.....Error! Bookmark not defined.

تولید غذا.....Error! Bookmark not defined.

جهانی شدن و تجارت.....Error! Bookmark not defined.

جایگاه قانونی.....Error! Bookmark not defined.

منابع.....Error! Bookmark not defined.



ترکیبات شیر

Milk Composition

تولید شیر، به 6000 سال و یا حتی به قبل از آن برمی‌گردد. حیواناتی که ما امروزه تحت عنوان حیوانات شیری¹ می‌شناسیم، برگرفته شده از حیوانات غیراهلی هستند که طی سال‌ها و پس از زندگی در شرایط مختلف جغرافیایی و تحمل شرایط سخت به شکل کنونی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. انسان در سراسر این گیتی پهناور، برای تأمین نیازهای غذایی و کاری، شروع به اهلی کردن حیوانات نمود و در این بین، حیوانات چند منظوره که توان تأمین شیر، گوشت و پوشاک انسان را به‌طور همزمان داشتند، در ارجحیت قرار داشتند. علف‌خواران به دلیل خطر کمتر برای انسان و جابجایی راحت به گوشت‌خواران ارجحیت داشتند.

¹ Dairy animals

حیوانات علف‌خواری که برای این منظور استفاده می‌شدند، شامل همه نشخوارکنندگان به استثناء مادیان و الاغ بودند. امروز از همان حیوانات برای تولید شیر که یکی از مهم‌ترین احتیاجات غذایی انسان به‌شمار می‌رود، استفاده می‌شود. گاو از مهم‌ترین حیوانات شیری مورد استفاده برای تولید شیر در دنیا است و تقریباً در تمامی کشورها از شیر گاو برای تأمین نیاز انسان استفاده می‌گردد. 85 درصد شیر تولیدی دنیا مربوط به شیر گاو است و در مرتبه بعدی گاومیش، بز و گوسفند قرار دارند. البته نایستی به اهمیت دیگر حیوانات شیری در تولید شیر در برخی مناطق دنیا بی‌توجه بود. گوسفند از اهمیت ویژه در بین حیوانات به‌خصوص در کشورهای حاشیه مدیترانه و بخش عظیمی از کشورهای آفریقایی و آسیایی برخوردار است. جمعیت گوسفند بیش از یک میلیارد رأس تخمین زده شده است. بنابراین در بین حیوانات اهلی که به منظور تولید گوشت و شیر استفاده می‌شوند، بیشترین جمعیت را دارا است. همراه با گوسفند، از بز نیز برای تأمین شیر به‌خصوص در کشورهای فقیر استفاده می‌شود. مصرف شیر متأثر از منطقه، فرهنگ و سنت است. در برخی مناطق از جمله اروپا و به‌خصوص کشورهای اسکانداوی و آمریکای شمالی، مصرف شیر به‌صورت سنتی، بالا است. در کشورهای گرمسیر، به دلیل دمای بالا و نبود یخچال، مصرف شیر تازه از محدودیت‌هایی برخوردار است. در حال حاضر، بیش از 6 میلیارد نفر در دنیا از شیر و فرآورده‌های لبنی استفاده می‌نمایند که بیشتر آنها ساکن کشورهای در حال توسعه هستند. میزان مصرف سرانه شیر نسبت به دهه 1960 دو برابر شده است. میزان مصرف در برخی کشورها از جمله استرالیا، اروپا، آمریکا، آرژانتین و پاکستان بالا، در برخی کشورها مثل ایران، هند، ژاپن و اغلب کشورهای خاورمیانه میزان مصرف، متوسط و در برخی کشورها از جمله ویتنام، اغلب کشورهای آفریقایی و جنوب شرق آسیا کم است. بر اساس آمار سال 2012، میزان تولید جهانی شیر حدود 754 میلیون تن گزارش شده بود که هند با سهمی حدود 16 درصد، بزرگ‌ترین تولیدکننده شیر در دنیا است و بعد از آن آمریکا، چین، پاکستان و برزیل قرار می‌گیرند. میزان تولید شیر در برخی کشورها از جمله نیوزیلند، آمریکا، آلمان، فرانسه و ایرلند مازاد بر نیاز داخلی است، در حالی که میزان تولید در کشورهایی نظیر چین، ایتالیا، روسیه مکزیک و اندونزی کمتر از میزان نیاز داخلی است. امروزه بخش اعظمی از شیر و فرآورده‌های لبنی در کارخانجات مکانیزه با دستگاه‌های اتوماتیک تولید می‌شود. از میزان شیر تولیدی در دنیا، به ترتیب برای تولید فرآورده‌های مایع شیر، پنیر، کره، پودر شیر پس‌چرخ، پودر کامل شیر، فرآورده‌های تغلیظ شده، فرآورده‌های تخمیری، کازئین و غذای کودک استفاده می‌گردد.

جدول 1 ترکیبات شیر انسان و حیوانات مختلف را نشان می‌دهد. اعداد جدول، میانگین هر یک از ترکیب‌ها بوده، چرا که اغلب ترکیبات شیر، تحت تأثیر عواملی همچون نژاد، تغذیه، شرایط جغرافیایی و غیره است. شیر انسان دارای قندهای دیگری غیر از لاکتوز است و اسیدهای چرب غیراشباع بیشتری نسبت به حیوانات دارد. شیرهای کازئینی (شیر اغلب نشخوارکنندگان) در مقایسه با شیرهای آلبومینی (مثل شیر انسان)، در اثر انعقاد آنزیمی لخته بیشتری تولید کرده، بنابراین بهره‌پذیری بالایی دارند.

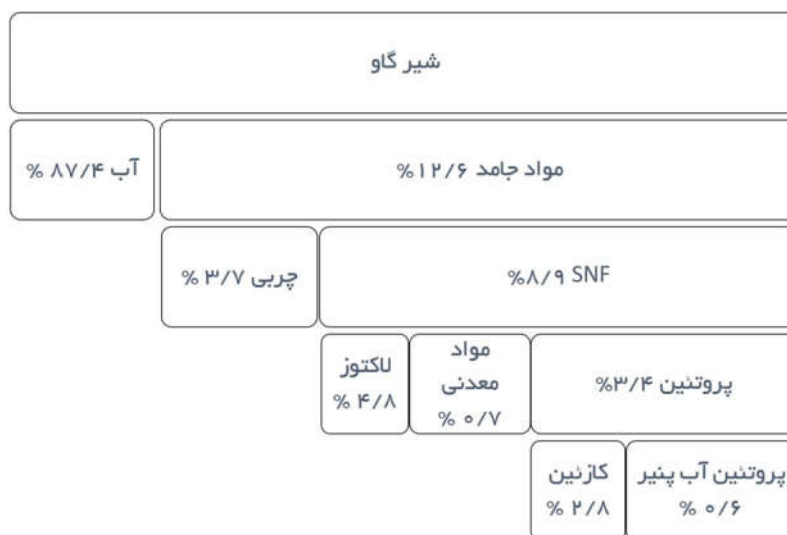
جدول 1: میزان ترکیبات شیر در انسان و حیوانات مختلف.

	پروتئین %	کازئین %	پروتئین آب پنیر %	چربی %	کربوهیدرات %	خاکستر شیر %
انسان	1/2	0/5	0/7	3/8	7	0/2
اسب	2/2	1/3	0/9	1/7	6/2	0/5
گاو	3/4	2/8	0/6	3/7	4/8	0/7
گاومیش	4	3/5	0/5	7/5	4/8	0/7
بز	3/6	2/7	0/9	4/1	4/7	0/8
گوسفند	5/8	4/9	0/9	7/9	4/5	0/8

میزان ترکیبات اصلی شیر بین گاوهای نژادهای مختلف و حتی گاوهایی از یک نژاد مشابه هم متفاوت است. شیر از دو قسمت آب و مواد جامد یا خشک تشکیل شده است. مواد جامد شیر، به طور عمده شامل چربی، پروتئین، لاکتوز و مواد معدنی است. به ماده خشک شیر بدون چربی اصطلاحاً "ماده خشک بدون چربی" (SNF or MSNF)² گفته می شود (شکل 1).

تعریف شیر خام

شیر خام، مایع مترشحه حاصل از دوشش کامل پستان دام سالم حداقل 4 روز پس از زایمان که با اصول صحیح، تغذیه و نگهداری شده باشد و در شرایط بهداشتی دوشیده شده و تحت هیچ شرایطی آب یا ماده دیگری به آن اضافه یا از آن کم نشده باشد. همچنین شیر خام، بایستی فاقد آغوز باشد و هیچ گونه عملیات فرآوری روی آن انجام نشده باشد. با توجه به اهمیت شیر گاو، بیشتر مطالب آورده شده مربوط به شیر این حیوان است. بدیهی است در قسمت های مختلف این کتاب به تفاوت های بین شیر گاو و دیگر حیوانات پرداخته خواهد شد.



شکل 1: تقسیم بندی ترکیبات اصلی شیر.

شیر یکی از مواد غذایی با قابلیت فساد بالا است و در بسیاری کشورها، به دلیل نبود یا کمبود تولید داخلی آن، ماده غذایی کمیاب محسوب می گردد. شیر یک ماده غذایی با ماندگاری بسیار کم و حساس به فساد شیمیایی و میکروبی است. در برخی از مناطق گرم، مشکل جدی در حمل و نقل این محصول غذایی به خصوص در شرایطی که فاصله تولیدکننده و مصرف کننده زیاد است، وجود دارد. در این شرایط بجای شیر تازه، از فرآورده های با ماندگاری بالا از جمله شیرهای تغلیظ شده و استریل استفاده می شود. که در بخش های دیگر به آنها اشاره خواهد شد. روش جایگزین بعدی، تولید شیرهای باز ترکیبی و باز ساخته است که به صورت ذیل تعریف می شوند:

- شیر باز ساخته³: فرآورده ای است که از اضافه شدن آب به پودر شیر پس چرخ یا پودر شیر کامل تهیه می شود. به نحوی که نسبت ماده خشک بدون چربی آن به اندازه مناسب و در حد شیر معمولی باشد.

² Solids-non-fat (SNF) or milk Solids-non-fat (MSNF)

³ Reconstituted milk

- شیر باز ترکیبی^۴: شیر مایعی است که از طریق افزودن آب و چربی شیر به صورت جدا به پودر شیر پس چرخ و هموزنی‌اسیون مخلوط تهیه می‌شود، به نحوی که میزان ماده خشک بدون چربی یا SNF آن به میزان مورد نظر برسد.
- شیر تقلیدی^۵: همان شیر باز ترکیبی است که در تهیه آن از دیگر چربی‌ها مثل ذرت، آفتابگردان و روغن نارگیل استفاده می‌شود.
- شیر تقویت شده^۶: از مخلوطی از شیر با چربی بالا مانند شیر گاو میش و شیرهای با چربی کم تولید می‌شوند و در بعضی از مواقع ویتامین‌ها مانند A و D به آن اضافه می‌گردد.

چربی شیر

چربی یکی از مهم‌ترین ترکیبات شیر و مهم‌ترین منبع تأمین انرژی برای نوزاد انسان‌ها و حیوانات است. چربی شیر شامل تری‌گلیسیرید (98/3 درصد)، دی‌گلیسیریدها (0/3 درصد)، مونو‌گلیسیریدها (0/03 درصد)، اسیدهای چرب آزاد (0/1 درصد)، استرول (0/3 درصد)، فسفولیپیدها (0/8 درصد) و برخی ترکیبات در میزان کم است. میزان چربی کل شیر گاو بین 3 تا 5 درصد است و این میزان متأثر از عواملی همچون نوع حیوان، نژاد، جیره غذایی، مرحله شیرواری و سلامت حیوان است. پس از زایمان با وجود افزایش میزان تولید شیر، چربی شیر از 6 درصد به 3/7 درصد در تلیسه‌های هولشتاین می‌رسد. مطالعات مختلفی روی تغییرات میزان چربی در طول دوره شیردهی انجام شده است. بیشترین تغییر مربوط به هفته 6 بعد از زایمان است. بیش از نیمی از چربی شیر گاو در پستان سنتز می‌گردد، به این شکل که تری‌گلیسیرید ابتدا توسط آسیل ترانسفراز در شبکه آندوپلاسمی سنتز و سپس به صورت قطرات ریز با قطر کمتر از 0/5 میکرون به داخل سیتوپلاسم سلول آزاد گشته و توسط پروتئین و لیپیدهای قطبی پوشانده می‌شود. این قطرات ریز هر چقدر به سمت نوک سلول حرکت می‌کنند، بهم متصل و قطرات درشت تری ایجاد می‌کنند. سپس در حین خروج از سلول، پروتئین همراه با فسفولیپید اطراف قطره را گرفته و غشای گویچه چربی را تشکیل می‌دهند و در نهایت به صورت گویچه‌ها و یا قطرات ریز در شیر پخش می‌شوند. سنتز چربی نیازمند تأمین انرژی لازم در پستان است. تغذیه اثر مهمی در تولید چربی و دیگر اجزای گویچه چربی دارد و در صورت تغذیه نامناسب حیوان، سندرم شیر کم‌چرب^۷ ایجاد خواهد شد. این سندرم در اثر مصرف جیره غذایی حاوی روغن‌های گیاهی و ماهی همراه با فیبر کم و یا حاوی پودر یا پلیت فیبر هم دیده می‌شود. در سندرم شیر کم‌چرب، میزان تمامی اسیدهای چرب کاهش می‌یابد، ولی از آنجا که اسیدهای چرب کوتاه و متوسط زنجیر بیشتر در پستان سنتز می‌شوند، لذا کاهش در این نوع اسیدهای چرب بیشتر است. اسیدهای چرب بلند زنجیر غالباً از خون جذب پستان می‌شوند.

قطر گویچه‌های چربی شیر گاو بین 0/1 تا 20 میکرومتر (یک میکرومتر = 0/001 میلی‌متر) و متوسط 3-4 میکرومتر است (جدول 2). به طور متوسط، در هر میلی‌لیتر شیر، 15 میلیارد گویچه چربی وجود دارد. گویچه‌های چربی توسط یک لایه محافظ نازک با متوسط ضخامت 10 میلی میکرون محصور شده است، که غشای گویچه چربی نامیده می‌گردد. ترکیبات و خواص غشای گویچه چربی با چربی و پلاسما شیر کاملاً متفاوت است و تحت تأثیر سرم شیر اطراف خود تغییر می‌کند. از نظر ترکیبات، غشای گویچه چربی از چربی‌های قطبی و خنثی، مواد معدنی کم‌یاب، آنزیم‌ها، پروتئین‌ها و گلیکوپروتئین‌ها تشکیل شده است. تری‌گلیسیرید (62 درصد) و فسفولیپیدها (حدود 30 درصد) اصلی‌ترین ترکیبات غشای چربی را تشکیل می‌دهند. پایداری گویچه‌های چربی شیر، به غشای گویچه چربی مربوط می‌باشد و در غیاب آن، چربی شیر به صورت یک توده به هم پیوسته در می‌آید، علاوه بر این، غشای گویچه چربی، به عنوان محافظ گویچه عمل نموده و مانع از تجزیه و اکسیداسیون و تأثیر آنزیم‌ها بر چربی می‌شود.

جدول 2: اندازه تقریبی ذرات در شیر.

⁴ Recombined milk

⁵ Filled or imitation milk

⁶ Fortified milk

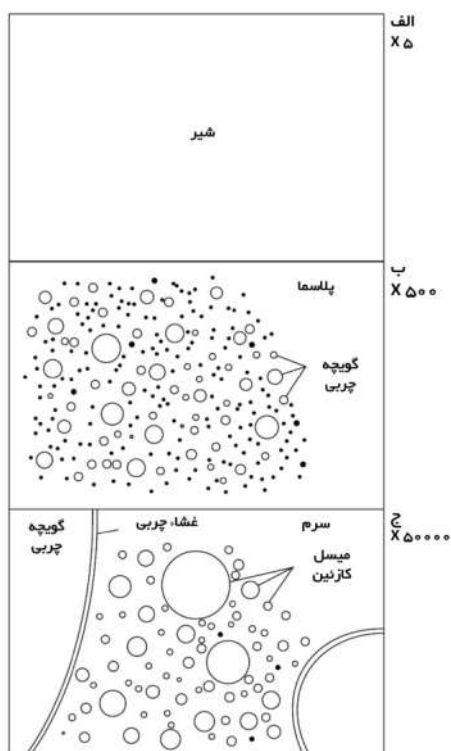
⁷ Low fat syndrome or milk fat depression

اندازه (mm)	نوع ذره
10^{-2} تا 10^{-3}	گویچه چربی
10^{-4} تا 10^{-5}	کازئین- کلسیم فسفات
10^{-5} تا 10^{-6}	پروتئین‌های آب پنیر
10^{-6} تا 10^{-7}	لاکتوز، نمک‌ها

کلسترول، مهم‌ترین استرولی است که در شیر گاو یافت می‌شود (10-20 میلی‌گرم در دسی لیتر). میزان مشابهی از کلسترول در شیر بز، شتر و شیر انسان نیز دیده می‌شود. مقدار کلسترول در غشای گویچه چربی بیشتر از خود چربی است. 7- د هیدروکلسترول، یک شکل از کلسترول شیر است که پرو ویتامین D₃ بوده و در مقابل اشعه فرابنفش فعال می‌گردد.

گویچه چربی سبک‌ترین (دانسیته 0/93 گرم در سانتی‌متر مکعب در دمای 15/5 درجه سانتی‌گراد) ذره موجود در شیر است (شکل 2)، لذا در صورتی که شیر برای مدتی در جایی ساکن قرار داده شود، این ذرات به سطح شیر حرکت می‌کنند. سرعت بالا آمدن چربی تابع قانون استوک⁸ است. براین اساس، دما به صورت غیرمستقیم بر سرعت جداسازی اثر دارد. ذکر این نکته ضروری است که به دلیل اندازه کوچک گویچه‌های چربی، چربی‌گیری یا همان تشکیل لایه چربی در سطح شیر به آهستگی انجام می‌پذیرد. برای تسریع چربی‌گیری (خامه‌گیری) از نقش پروتئینی بنام آگلوتینین در تشکیل توده گویچه‌های چربی، می‌توان استفاده کرد. این پروتئین، در غشای گویچه چربی قرار دارد و در دمای پایین باعث اتصال گویچه‌های چربی می‌شود و ایجاد توده می‌نماید. حرکت رو به بالای این توده سریع‌تر از خود گویچه چربی است. این توده به راحتی تحت تأثیر حرارت و یا روش‌های مکانیکی شکسته می‌شود. آگلوتینین در دمای 65 درجه سانتی‌گراد به مدت 10 دقیقه و یا در دمای 75 درجه سانتی‌گراد به مدت 2 دقیقه دنا توره می‌گردد.

⁸ Stoke's law



شکل 2: مشاهده شیر در بزرگ‌نمایی‌های مختلف. الف: مایع یکنواخت، ب: قطرات کروی چربی، ج: پلاسما حاوی قطرات چربی و پروتئین.

ساختار شیمیایی چربی شیر

چربی‌ها، متعلق به دسته‌ای از مواد شیمیایی بنام استر هستند که از الکل و اسید تشکیل یافته است. چربی شیر مخلوطی از استرهای اسیدچرب متفاوتی هستند که تری‌گلیسیرید نام دارد. که شامل یک الکل بنام گلیسرول و اسیدهای چرب مختلف است. 90 درصد چربی شیر را اسیدچرب تشکیل می‌دهد. در جدول 3 برخی از مهم‌ترین اسیدهای چرب تری‌گلیسیریدهای چربی شیر آورده شده است. یکی از تفاوت‌های چربی شیر با سایر چربی‌های خوراکی این است که چربی شیر از تنوع بالای اسیدهای چرب برخوردار است. بیش از 400 نوع اسیدچرب در شیر گاو وجود دارد ولی میزان اکثر آنها بسیار کم است، ولی حدود 64 نوع اسیدچرب در میزان بالا در شیر وجود دارد که حدوداً 23 اسیدچرب اشباع و بقیه غیراشباع هستند. ویژگی مهم چربی شیر گاو، داشتن میزان بالایی از یک اسید چرب 4 کربنه بنام اسید بوتیریک است. در گوسفند، بالا بودن برخی اسیدهای چرب از جمله اسیدهای چرب کاپریلیک و کاپریک نسبت به گاو، باعث ایجاد یک طعم و رایحه ویژه در فرآورده‌های لبنی حاصل از شیر گوسفند می‌شود. درصد اسید کاپریک در شیر گاو، بز و گوسفند به‌طور متوسط 3، 10 و 7/8 از کل اسیدهای چرب است.

جدول 3: اسیدهای چرب اصلی چربی شیر.

توضیحات	تعداد اتم			نقطه ذوب °C	درصد وزنی اسید چرب کل		اسید چرب
	O	C	H		تا	از	
							اشباع
در دمای اتاق مایع هستند.	2	4	8	-7/9	4/5	3	اسید بوتیریک

	2	6	12	-1/5	2/2	1/3	اسید کاپروئیک
	2	8	16	+16/5	2/5	0/8	اسید کاپریلیک
در دمای اتاق جامد هستند.	2	10	20	+31/4	3/8	1/8	اسید کاپریک
	2	12	24	+43/6	5	2	اسید لوریک
	2	14	28	+53/8	11	7	اسید میرستیک
	2	16	32	+62/6	29	25	اسید پالمیتیک
	2	18	36	+69/3	14/6	10/4	اسید استئاریک
در دمای اتاق مایع هستند.	2	18	34	+14	40	30	اسید اولئیک
	2	18	32	-5	3	2	اسید لینولئیک
	2	18	30	-5	تا 1		اسید لینولئیک
	2	20	32	-49/5	تا 1		اسید آراشیدونیک

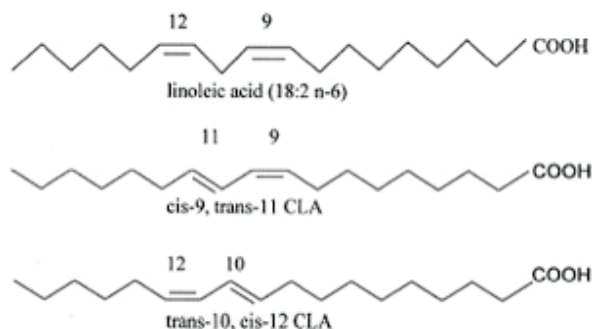
یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد شیر، داشتن اسید چرب تحت عنوان اسید لینولئیک کونژوگه (مزدوج) (CLA^9) است. تفاوت آن با دیگر اسیدهای چرب غیراشباع با دو پیوند دوگانه مربوط به ایزومر هندسی آن و یا به عبارت دیگر موقعیت قرارگرفتن پیوندهای دوگانه است (شکل 3). CLA به گروهی از ایزومرهای اکتادکادینیک¹⁰ اسید، اطلاق می‌شود که از اسید لینولئیک مشتق می‌شود، که یک اسید چرب 18 کربنه دارای 2 پیوند دوگانه سیس در کربن‌های 9 و 12 است. باکتری‌های شکمبه نشخوارکنندگان با بیوهیدروژناسیون اسید لینولئیک، ایزومرهای مختلف CLA را تولید می‌کنند. در این فرآیند، محل و نوع پیوند دوگانه تغییر می‌کند و عمدتاً سیس 9 ترانس 11 (9 و 11) و ترانس 10 سیس 12 (10 و 12) اکتادکانوئیک اسید تولید می‌شود. اکثر دانه‌های روغنی که به مصرف دام می‌رسد، دارای چربی حاوی تری گلیسریدهای تشکیل یافته از اسید لینولئیک و اسید لینولئیک است. وجود این اسیدهای چرب غیراشباع در شکمبه منشأ اصلی سنتز CLA در نشخوارکنندگان است. وقتی چربی به مصرف دام می‌رسد دو مرحله واکنش روی آنها انجام می‌شود. 1) هیدرولیز پیوندهای استری توسط لیپاز باکتریایی، که طی آن اسیدهای چرب در شکمبه آزاد می‌شود و 2) بیوهیدروژناسیون اسیدهای چرب غیراشباع بوسیله باکتری‌های شکمبه از جمله بوتیری و بیرو فیبری-سولونس¹¹. مقدار CLA موجود در شیر و گوشت حیوانات نشخوارکننده بستگی به نوع تغذیه دارد. میزان بیوهیدروژناسیون تحت تأثیر عواملی همچون نوع و طول زنجیره اسیدچرب، نیتروژن جیره و نسبت علوفه در جیره غذایی است. تغییر در رژیم غذایی حیوان، محتوای CLA را تا 10 برابر افزایش می‌دهد. ایزومرهای مختلف CLA عملکردهای مختلف و گاه متضاد نشان دارند. ایزومر 9 و 11 اثرات ضدالتهابی دارد و 80 درصد CLA موجود در منابع طبیعی را تشکیل می‌دهد، در حالی که ایزومر 10 و 12 مسئول اثرات ضد چاقی است. CLA اولین بار در سال

⁹ Conjugated Linoleic Acid

¹⁰ Octadecadienoic

¹¹ Butyrivibrio fibrisolvens

1987 به‌عنوان عامل ضد سرطان شناخته شد و پس از آن اثرات ضد آترواسکروزی و ضد چاقی آن نشان داده شد. محتوای CLA فرآورده‌های لبنی مختلف در جدول 4 آورده شده است.



شکل 3: ساختار اسید لینولئیک و اسید لینولئیک کونژوگه.

جدول 4: محتوای اسید لینولئیک کونژوگه (میلی‌گرم در هر گرم چربی) برخی از فرآورده‌های لبنی.

میزان CLA	نوع محصول	میزان CLA	نوع محصول	میزان CLA	نوع محصول
3/8-8/8	ماست	4-5/3	پنیر چدار	3/4 - 6/8	شیر کامل
4/7-9/4	کره	4/9	پنیر فتا	4/9	شیر تبخیر شده
4/6-7/5	خامه ترش	4/5-5/9	پنیر کاتیج	8	شیر فراداما
3/6-5	بستنی	3/4-5	پنیر موزارلا	5/5	شیر هموژنیزه
		5/3	پنیر عمل‌آوری شده پارمزان	6/3-7	شیر کندانسه
				5/4 - 6/7	دوغ کره تخمیری

در قسمت ذیل به بخشی از مهم‌ترین ویژگی‌های کاربردی اسیدهای چرب شیر اشاره می‌شود.

نقطه ذوب چربی

به ترتیب درصد، اسید اولئیک، اسید پالمیتیک، اسید میریستیک و اسید استئاریک اسیدهای چرب غالب شیر هستند. (جدول 3). اولی مایع و سه اسید چرب بعدی جامد هستند. میزان نسبی اسیدهای چرب در شیر متفاوت است. این تفاوت‌ها بر سختی چربی اثر می‌گذارند. چربی‌هایی با میزان بالای اسیدهای چرب با نقطه ذوب بالا نظیر اسید پالمیتیک، سخت هستند و چربی‌هایی با میزان بالای اسیدهای چرب با نقطه ذوب پایین، نرم هستند. تعیین میزان تک‌تک اسیدهای چرب کاربرد تجاری نداشته و صرفاً برای مطالعات تحقیقاتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

عدد ید^{۱۲}

اسیدهای چرب با تعداد کربن و هیدروژن مشابه ولی با تعداد پیوند تک‌گانه و دوگانه متفاوت، خصوصیات متفاوتی از خود نشان می‌دهند. مهم‌ترین روش برای تعیین خصوصیات ویژه آنها، اندازه‌گیری عدد ید است. این عدد، میزان یدی را که به اسیدچرب اتصال می‌یابد، نشان می‌دهد. ید توسط پیوند دوگانه اسیدهای چرب غیراشباع گرفته می‌شود. از آنجا که اسید اولئیک، شناخته‌شده‌ترین اسیدچرب غیراشباع است و در دمای اتاق مایع است، لذا از عدد یدی برای اندازه‌گیری میزان اسیداولئیک و در نتیجه تعیین میزان نرمی چربی استفاده می‌گردد. هر چه عدد یدی بیشتر باشد، نشان‌دهندهٔ بالا بودن درجهٔ غیراشباع بودن (میزان پیوند دوگانه بیشتر) است. عدد ید طبیعی چربی شیر، بین 24 تا 46 است و متأثر از نوع تغذیهٔ گاو است. در تابستان، چرا و استفاده از علوفهٔ سبز باعث افزایش اسید اولئیک می‌گردد. لذا چربی شیر در تابستان نرمتر (عدد یدی بالا) است. استفاده از کنسانتره برخی علوفه‌ها از جمله آفتابگردان و بزرگ، باعث نرم شدن چربی شده و استفاده از نارگیل، ضایعات پالم و سبزیجات ریشه‌ای باعث تولید چربی سخت می‌شوند. بنابراین قوام چربی شیر را می‌توان با انتخاب جیرهٔ غذایی مناسب تغییر داد.

شاخص شکست نور^{۱۳}

میزان اسیدهای چرب مختلف موجود در چربی بر میزان شکست نور اثرگذار است. بنابراین برای به‌دست آوردن عدد یدی می‌توان اقدام به تعیین شاخص شکست نور کرد. این یک روش سریع برای تعیین سختی چربی است. این شاخص بین 1/4538 و 1/4578 است و در دیگر چربی‌ها، کمتر است.

رزونانس مغناطیس هسته‌ای (NMR)^{۱۴}

بجای استفاده از عدد یدی و یا شاخص شکست نور می‌توان نسبت چربی اشباع به غیر اشباع را به روش NMR تعیین نمود. برای تبدیل شاخص NMR بدست آمده، به عدد یدی لازم است از فاکتور تبدیل استفاده گردد. از این روش می‌توان برای دانستن درجهٔ کریستالیزاسیون چربی نیز استفاده نمود. عدد NMR طبیعی چربی شیر، 30 تا 41 است.

عدد رایشه یا رایشه میسل^{۱۵}

عبارت از مقدار میلی‌لیتر از محلول قلیایی 0/1 نرمال لازم برای خنثی کردن اسیدهای چرب فرار محلول (عمدتاً اسید بوتیریک) در بخار آب حاصل از تقطیر 5 گرم چربی است. این عدد بین 17-35 و به‌طور متوسط 27-28 است.

عدد صابونی^{۱۶}

عدد صابونی، میلی‌گرم هیدرواکسید پتاسیم مورد نیاز برای صابونی کردن یک گرم چربی است و هدف، اندازه‌گیری وزن مولکولی تری‌گلیسیریدها در نمونه است. هر چقدر عدد صابونی کمتر باشد، نشان‌دهندهٔ وزن مولکولی بیشتر تری‌گلیسیرید است. این عدد بین 225-230 است.

پروتئین‌های شیر

پروتئین، بخش مهم و اساسی از رژیم غذایی است. پروتئین‌ها از واحدهای کوچک‌تر بنام اسیدآمینو تشکیل یافته‌اند و ترتیب و نوع اسید آمینو هر پروتئین، اختصاصی همان پروتئین است. ساختمان همه پروتئین‌ها از حدود 20 اسیدآمینو مختلف تشکیل شده است که 18 نوع آن در

¹² Iodine value

¹³ Refractive index

¹⁴ Nuclear Magnetic Resonance

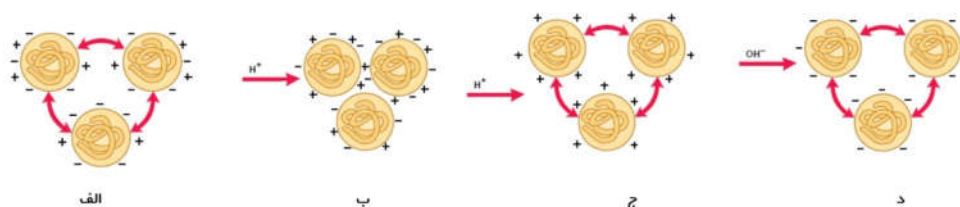
¹⁵ Reichert–Meissel number

¹⁶ Saponification number

پروتئین‌های شیر وجود دارد. نکته تغذیه‌ای مهم در مورد اسیدهای آمینه این است که در بالغ‌ها، 8 و در نوزادان 9 اسیدآمینه از 20 نوع اسیدآمینه در بدن انسان سنتز نمی‌گردد. به این دسته، اسیدهای آمینه ضروری گفته می‌شود و شیر، همه آنها را دارد.

مشخصه ویژه اسیدهای آمینه، داشتن یک گروه آمینو تقریباً قلیایی (NH_2^-) و گروه کربوکسیل تقریباً اسیدی است. این گروه‌ها به یک زنجیره جانبی (R) متصل می‌شوند. اگر زنجیره جانبی ترکیب قطبی باشد، خصوصیت جذب آب گروه‌های بازی و قلیایی همراه با زنجیره قطبی باعث می‌شود که ترکیب مورد نظر به راحتی در آب حل گردد. به این اسیدآمینه، هیدروفیل (آب‌دوست) گفته می‌شود. اگر زنجیره جانبی هیدروکربن باشد که فاقد رادیکال‌های هیدروفیل است، اسید آمینه مذکور کمتر در آب حل می‌گردد. به این اسید آمینه هیدروفوب (آب‌گریز) گفته می‌شود. اگر برخی رادیکال‌ها از جمله هیدروکسیل (OH^-) یا گروه آمین (NH_2^-) در زنجیره هیدروکربن قرار گیرند، خصوصیت هیدروفوبی بیشتر هیدروفیلی می‌گردد. اگر اسیدهای آمینه هیدروفوب در بخشی از مولکول پروتئین غالب باشند، آن بخش از پروتئین هیدروفوب خواهد بود. بنابراین هر پروتئینی یا خصوصیت هیدروفوب، یا هیدروفیل و یا بخشی هیدروفیل و بخشی دیگر هیدروفوب و یا به صورت کلی خصوصیات میانه از خود نشان می‌دهند.

زنجیره جانبی برخی از اسیدهای آمینه دارای بار الکتریکی هستند که توسط pH شیر تعیین می‌گردد (شکل 4). زمانی که pH شیر تغییر پیدا می‌کند توزیع بار الکتریکی پروتئین نیز دچار تغییر می‌گردد. در pH طبیعی شیر یعنی 6/6 مولکول پروتئینی دارای بار منفی است. در این حالت مولکول‌های پروتئینی به دلیل داشتن بار مشابه همدیگر را دفع می‌کنند. زمانی که یون‌های هیدروژن اضافه می‌گردد، یون‌ها جذب مولکول پروتئین می‌شوند. در pH که بار مثبت پروتئین برابر با بار منفی است (یعنی تعداد گروه‌های آمین و کربوکسیل برابر هستند) بار کلی پروتئین صفر است. در این حالت مولکول‌های پروتئینی همدیگر را دفع نکرده بلکه یک مولکول با بار مثبت به مولکول دیگر کنار خود با بار منفی کشیده و یک خوشه بزرگ پروتئینی ایجاد می‌گردد. در این شرایط پروتئین رسوب پیدا می‌کند. pH که در آن، این پدیده اتفاق می‌افتد، نقطه ایزوالکتریک پروتئین نامیده می‌شود.



شکل 4 وضعیت الکتریکی پروتئین‌های شیر. الف: مولکول پروتئین در pH 6/6 دارای بار منفی است ب: مولکول پروتئین در pH 7/4 ج: مولکول پروتئین در pH 1 د: مولکول پروتئین در pH 14.

انواع پروتئین‌های شیر

در شیر صدها نوع پروتئین وجود دارد که میزان بیشتر آنها بسیار ناچیز است. متوسط میزان پروتئین شیر گاو در 50 سال اخیر تغییر زیادی نکرده و حدود 3/5-3/4 درصد، ثابت مانده است. پروتئین‌های شیر را می‌توان به روش‌های مختلفی از جمله براساس خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و یا عملکرد بیولوژیک تقسیم‌بندی نمود. تقسیم‌بندی پروتئین‌های شیر در شکل 5 آورده شده است.