دانشگاه صنعتی اصفهان

گروه صنایع غذایی

صنایع لبنی تکمیلی

شیر خشک نوزاد

دکتر علی نصیرپور

مقدمه

در حال حاضر بازار جهانی غذای کودک ارزشی بالغ بر 30 میلیارد دلار دارد و پیش بینی می شود تا سال 2015 ارزش این بازار به حدود 55 میلیارد دلار خواهد رسید. در گروه غذای کودکان، شیر خشک نوزاد با ارزشی بالغ بر 50 درصد بزرگترین سهم بازار را دارا است. به دنبال آن، غذاهای نمکی 25 درصد، غذاهای شیرین 12 درصد و دیگر محصولات 13 درصد از ارزش این بازار را به خود اختصاص داده اند. در کشور های توسعه یافته، غذای کودک جایگاه مهمی دارد به طوریکه انواع مختلفی از محصولات با عنوان شیر خشک نوزاد و غذای کودک، برای سنین مختلف وجود دارد. ترکیب اصلی این محصولات در جدول 1 آمده است. به طور کلی این نوع غذاها حاوی یک منبع پروتئینی مانند پروتئین شیر، پروتئین هیدرولیز شده شیر و پروتئین سویا (اخیرا در بازار امریکا و در اروپا) هستند. بعلاوه در قوانین اتحادیه اروپا، پروتئین سویا فقط در برخی شرایط ممکن است در فرمولاسیون استفاده شود، به طوریکه این فرمولها بایستی حاوی حداقل مقدار متیونین [1] قابل دسترسی معادل مقدار آن در پروتئین مبنا و همچنین یک مقدار حداقل از فرم ال کارنیتین [2] (1/8 μmoles/100kJ) باشند. لاکتوز، نشاسته، مالتودکسترین و ساکارز به عنوان منبع انرژی استفاده می شوند. به طور کلی منبع اسید چرب روغن های گیاهی مانند آفتابگردان، کلزا، پالم، نارگیل، ذرت و اخیرا چربی های حیوانی است. در اروپا ترکیبات دیگری نیز ممکن است به شیر خشک نوزاد وشیر خشک تکمیلی آن [3] افزوده شوند. این در صورتی است که پایداری این ترکیبات برای استفاده های خاص بر مبنای داده های علمی پذیرفته شده، محرز شده باشد.

مراحل تولید، حمل و نقل و نگهداری غذای نوزاد از دیگر فرمولاسیون های غذایی اهمیت بیشتری دارند. زیرا این غذاها به واکنش ها و برهم کنش ها حساس تر هستند و همچنین خصوصیات فیزیکی و قابلیت دسترسی مواد مغذی، در طی نگهداری در آنها تغییر می کند. بنابراین، این مراحل، به خصوص شرایط نگهداری بایستی به منظور حفظ کیفیت مناسب محصول کنترل شود. دمای نگهداری و رطوبت نسبی دو معیار مهم برای کنترل خصوصیات فیزیکوشیمیایی و کیفیت میکروبی غذای نوزاد هستند. برخی آسیب های فیزیکوشیمیایی در طی نگهداری این نوع غذاها اتفاق می افتند ، از جمله کریستالیزاسیون لاکتوز، واکنش میلارد، اکسیداسیون، کلوخه ای شدن [4]، برهمکنش ها و واکنش ها بین پروتئین ها و پلی ساکاریدها و غیره.

در این بخش اصطلاح غذای کودک برای همه گروه های غذایی که برای کودکان آماده می شوند از جمله شیر خشک نوزاد ، مخلوط پودر شیر و غلات استفاده شده است. هدف از ارائه این مبحث بررسی مهمترین ترکیبات غذای نوزاد، مقررات اتحادیه اروپا و خصوصیات فیزیکو شیمیایی هر یک از ترکیبات در غذای نوزاد است.

ترکیبات شیر گاو و شیرانسان

---

[1] - methionin

[2] - L-carnitine

[3] - شیرهای موجود در بازار برای تغذیه شیرخواران طبیعی (نرمال) 2 نوع است یکی برای تغذیه شیرخواران از بدو تولد است که به آن Infant formula و دیگری برای تغذیه شیرخواران بعد از 6 ماهگی است و به آن Follow- on formula می گویند. چون نیاز شیرخواران به پروتئین، مواد معدنی و ویتامین در 6 ماه اول و دوم عمر با یکدیگر تفاوت می کند.

[4] -caking

با وجود پیشرفت های تکنولوژیکی در آماده سازی فرمولها، هنوز هم جایگزین های شیر انسان فاقد بسیاری از ترکیبات یافت شده در شیر انسان از جمله عوامل ضدعفونت، آنزیمها و فاکتور های تغذیه ای (تروفیک) [5] (این پروتئین ها در شیر انسان به عنوان محرک تقسیم و رشد سلولی شناخته می شوند) هستند. اختلاف ترکیبات بین شیرانسان و گاو در حال حاضر به خوبی شناخته شده است به طوری که مشخص شده این دو شیر ترکیب یکسانی به خصوص از نظر کربوهیدرات و پروتئین ندارند. همان طور که جدول 2 نشان می دهد مقدار پروتئین شیر انسان سه برابر کمتر از میزان آن در شیر گاو است. بعلاوه شیر انسان فاقد بتا لاکتوگلوبولین (β-lg) است . آلفا لاکتالبومین (α-lac) و لاکتوفرین پروتئین های اصلی سرم این شیرهستند. مدتهاست که مشخص شده غلظت پروتئین شیر گاو از شیر مادر بسیار بیشتر است. بعلاوه پروتئین عمده در شیر گاو کازئین و در شیر مادر پروتئین های سرم (محلول) است. در شیر انسان نسبت کازئین به پروتئین های سرم معمولا به صورت 40 به 60 و در شیر گاو به صورت 82 به 18 است. در شیر انسان تقریبا کل کازئین به صورت بتا–کازئین است، این پروتئین در شیر گاو نیز یکی از پروتئین های اصلی است اما αs1– کازئین و αs2– کازئین نیز بیش از نیمی از کازئین در شیر گاو را تشکیل می دهند. به طور کلی ، کازئین های شیر گاو بسیار بیشتر از کازئین های شیر انسان فسفریله [6] شده اند. برخی نوزادان به پروتئینهای شیر حساس اند و نمی توانند از فرمولهایی که حاوی پروتئین شیر هستند، مصرف کنند.

لاکتوز قند اصلی یافت شده در شیر انسان و گاو است. همانطور که در جدول 3 آمده میزان لاکتوز در شیر انسان 7 درصد است در حالیکه فقط 4/8 درصد لاکتوز در شیر گاو وجود دارد. این اختلاف در صنعت غذای کودک به دلیل کریستالیزاسیون لاکتوز اهمیت زیادی دارد . معمولا بیش از 40 درصد لاکتوز در شیر خشک نوزاد وجود دارد از این رو در طی خشک کردن حالت و وضعیت لاکتوز نقش مهمی در خصوصیات محصول نهایی ایفا می کند. با افزایش میزان لاکتوز در فرمولاسیون، مشکلات مختلفی در تولید این محصول بوجود می آید. یک تفاوت مهم دیگر بین شیر گاو و شیر انسان میزان الیگوساکاریدها در شیر انسان است، که از مخلوط پیچیده ای از حدود 130 ترکیب تشکیل شده اند. مشخص شده است که الیگوساکاریدهای شیر انسان برای نوزادان شیرخوار محرک ازدیاد تعداد بیفیدوباکتریها در فلور دستگاه گوارش است. فعالیت این باکتری ها موجب کاهش قابل ملاحظه ای در تعداد باکتری های بیماری زا می شوند. ترکیب و ساختار نزدیک به 90 الیگوساکارید اصلی ایزوله شده از شیر مشخص شده است. از انجایی که در صنعت غذا، قادر به تولید الیگوساکارید هایی با ترکیب و ساختار شیر انسان نیستیم، تلاش ها بر این است که با استفاده از دیگر گروه های الیگوساکارید با منشا حیوانی و گیاهی (مانند فروکتوالیگوساکاریدها [7] و گالاکتوساکاریدها[8]) بتوان همان اثرات سودمند الیگوساکارید های شیر انسان را در تغذیه نوزاد بدست آوریم. از آنجایی که آلرژی به شیر گاو می تواند چندین عضو را تحت تاثیر قرار دهد ، از این رو نوزادانی که به شیر گاو آلرژی دارند در واکنش به مصرف آن ممکن است بیش از یک علامت را نشان دهند. آلرژی به شیر گاو بیشتر تا سن یک سالگی شایع است و گزارش شده که حدود 2.8 درصد از کل جمعیت کودکان گرفتار این مشکل هستند. گاها ایجاد این نوع آلرژی در نوازد را با وجود بیماری های

---

[5] - trophic factors : فاکتورهای تغذیه ای (تروفیک) درسلولهای هدف با تحریک گیرنده های غشای سلولی ، پاسخهای با واسطه تیروزین کیناز را فعال کرده و از این طریق بر بسیاری از عملکردهای بیولوژیک از قبیل بقای سلولی ، تکثیر ، توقف رشد ، تمایز و مرگ برنامه ریزی شده سلولی (آپوپتوز) اثرگذار خواهند بود.

[6] -phosphorylated

[7] -fructooligosaccharides

[8] -fructooligosaccharides

آلژیک خانوادگی مرتبط می دانند. به طوریکه ممکن است دلیل آن نارسایی در سیستم ایمنی و مکانیسم دفاعی دستگاه گوارشی که در سنین اولیه با بار زیادی از آنتی ژنهای جدید مواجه هستند، باشد. شیر و فرآورده های آن اهمیت ویژه ای در تغذیه دوران نوزادی دارند. بنابراین در مواردی که آلرژی به شیر گاو وجود دارد، لازم است با حذف شیر گاو از فرمول های جایگزین استفاده شود. به منظور نیل به این هدف، معمول ترین رویه هضم اولیه کازئین گاوی یا آب پنیر به منظور تامین نیتروژن به صورت مخلوطی از پپتیدها و اسیدهای آمینه است. بهرحال هیدرولیز، موجب تولید فرمولهای کاملا غیرآلرژی زا نمی شود. با تولید فرمولاسیون هایی که حاوی اسید آمینه های سنتز شده هستند می توان از حذف کامل آنتی ژن اطمینان پیدا کرد. به دلیل کیفیت تغذیه ای بسیار بالای پروتئین های هیدرولیز شده شیر گاو، این پروتئین ها بیشتراز سایر پروتئین ها در تولید شیر خشک نوزاد استفاده می شوند.

در اوایل سال 1942، برای اولین بار از هیدرولیز کازئین در ساخت شیر خشک ضد حساسیت به شیر گاو برای نوزادان آلرژیک استفاده شد. هیدرولیز پروتئین های آب پنیر نیز به عنوان منبع اولیه نیتروژن با هدف کاهش ویژگی های آلرژی زایی محصول در کارخانجات ساخت شیر خشک اروپا استفاده شده است. هیدرولیز وسیع پروتئین ها که در فرمول شیر خشک های ضد حساسیت نوزاد استفاده می شوند، در واقع عکس العمل های ایمونولوژیکال را به طور قابل ملاحظه ای کاهش می دهد. از آنجایی حذف کامل پروتئین های آلرژی زای شیر گاو به منظور اجتناب از حساسیت ضروری است، همانطور که در جدل 4 آمده است معمولا این هیدرولیزهای پروتئینی محتوی اسید های آمینه آزاد و پپتید های خیلی کوتاه (دی و تری پپتیدها) است. خصوصیات عملکردی پروتئین هیدرولیز شده متفاوت است و بستگی به درجه هیدرولیز دارد. در واقع هیدرولیز محدود یا جزئی به طور قابل ملاحظه ای منجر به افزایش حلالیت محصول حاصل از هیدرولیز بالاخص در نقطه ایزوالکتریک پروتئین می شود. شیر خشک نوزاد امولسیون پایدار شده توسط پروتئین ها هستند بنابراین خصوصیات امولسیون کنندگی پروتئین های هیدرولیز شده مهم است. تحقیقات متعددی بر روی بررسی ویژگی های امولسیفایری پروتئین های مختلف که توسط آنزیم تحت شرایط متفاوت هیدرولیز شده اند انجام شده است. نتایج بدست آمده نشان می دهد که خصوصیات امولسیفایری پروتئین های هیدرولیز شده با کنترل دقیق میزان هیدرولیز بهبود می یابد با این وجود هیدرولیز شدید که به خصوص برای تولید پروتئین های هیدرولیز شده ضد حساسیت به کار می رود، شدیدا موجب از دست رفتن خصوصیات امولسیفایری پروتئین می شود.

فرمولاسیون غذاهای نوزاد

فرمولهای بر پایه شیر

این فرمولها که مورد مصرف اکثر نوزادان قرار می گیرند و به صورت پودری، کنسانتره مایع و مایع آماده به مصرف به بازار عرضه می شوند، از شیر گاو تغییر یافته که چربی آن گرفته شده و روغن گیاهی به آن افزوده شده تهیه می شوند. به منظور بهبود طعم و کیفیت تغذیه ای میزان کربوهیدرات را اغلب با افزودن لاکتوز افزایش می دهند و برخی پروتئین ها نیز حذف می شوند.
محصولات مختلف حاصل از شیر گاو (به طور مثال شیر بدون چربی، کازئین، ترکیب کازئین و پروتئین های آب پنیر یا کنسانتره پروتئین آب پنیر که به طور جزئی هیدرولیز شده) پروتئین این فرمول ها را تامین می کنند. لاکتوز، شربت ذرت، ساکارز و مالتودکسترین ذرت ، کربوهیدرات و مخلوط روغن های گیاهی چربی را تامین می کنند.

فرمولهای بر پایه شیر به دو گرو تقسیم می شوند:

فرمولهایی که در آنها کازئین پروتئین غالب بوده و فرمولهایی که در آنها پروتئین های آب پنیر پروتئین غالب است.

فرمولها با کازئین به عنوان پروتئین غالب

این فرمولها شامل شیر گاوبدون چربی [9] رقیق شده اند که چربی و دیگر مواد مغذی به آن افزوده شده اما نسبت کازئین به پروتئین های آب پنیر در آنها تغییر نمی کند. بعلاوه برای فرمولاسیون های دیگر این نسبتها متفاوت اند. مقررات و استاندارد های جدید برای غذاهای نوزادان نشان می دهد که لازم نیست که این نسبت ها رعایت شوند با این حال حداقل و حداکثر میزان پروتئنها در شیر خشک نوزاد بسته به منبع پروتئین باید رعایت شود. حداقل میزان پروتئین در شیر خشک نوزاد و شیر خشک تکمیلی در فرمولاسیون های بر پایه شیر به ترتیب 10/84 و 13/55 (گرم در هر صد گرم محصول) است و حداکثر آن به ترتیب 07 /18 و 27/1 است (جدول 6).

فرمولها با پروتئین های آب پنیر **به عنوان پروتئین غالب**

در واقع تفاوت بین فرمولهایی که در آن پروتئین غالب کازئین و پروتئین های آب پنیراست، تفاوت منبع پروتئین است. دیدگاه های متفاوتی پیرامون اثر این دو فرمول بر رشد نوزادان وجود دارد. با این حال نتیجه گیری کلی این است که هر دو گروه تقریبا اثرات مشابهی دارند.

فرمولهای بر پایه پروتئین سویا

این فرمولها به صورت پودری، کنسانتره مایع و مایع آماده به مصرف توسط حدود 25 درصد نوزادان در ایالات متحده مصرف می شوند. این گروه برای نوازدانی که به پروتئین شیر گاو آلرژی دارند و قادر به تحمل لاکتوز نیستند مناسب است. سطح پروتئین فرمولهای بر پایه سویا معمولا بالاتر از سطح آن در فرمولهای بر پایه شیر است که علت آن تفاوت در هضم پروتئین و ترکیب اسید آمینه است. سویا محتوی فیتات است و تحقیقات بعمل آمده نشان می دهد که فیتات می تواند با برخی یونهای معدنی دو ظرفیتی مانند روی شلاته شده و آنها را غیر قابل جذب کند.

فرمولهای بر پایه پروتئین های هیدرولیز شده

نوزادانی که به شیر آلرژی دارند یا قادر به تحمل پروتئین نیستند این فرمولاسیون ها را مصرف می کنند. این فرمولها به صورت پودری، کنسانتره مایع، و مایع آماده به مصرف عرضه می شوند. در این فرمولها کازئین هیدرولیزشده توسط آنزیم، با اسیدهای آمینه انتخابی به منظور تامین نیتروژن، غنی سازی شده است. همچنین ترکیب شربت ذرت، مالتودکسترین یا ساکارز، کربوهیدرات و مخلوط روغن های گیاهی، چربی را تامین می کنند. محصولات بر پایه پروتئین هیدرولیز شده همچنین شامل روغنهای تری گلیسرید زنجیره متوسط به عنوان منبع چربی هستند. تورمو [10] و همکاران اثرات تغذیه با فرمولهای حاوی پروتئین هیدرولیز شده

[9] -skim milk
[10] -Tormo

را بر روی رشد نوزادان بررسی کردند. نتایج بدست آمده نشان داد که روند رشد نوزادانی که فرمولهای بر پایه پروتئین هیدرولیز شده شیر گاو را دریافت می کنند، مشابه رشد نوزادانی است که با فرمولهای بر پایه پروتئین تغییر نیافته شیر گاو تغذیه می شوند.

فرمولهای بر پایه اسید آمینه

نوزادانی که قادر به مصرف فرمولهای بر پایه پروتئین شیر گاو، ایزوله پروتئین سویا و ترکیبات حاصل از هیدرولیز کازئین نیستند، می توانند از این فرمولاسیون ها استفاده کنند. در حال حاضر در بازار ایالات متحده امریکا تنها یک فرمول با پایه اسید آمینه وجود دارد که فقط به صورت پودری عرضه می شود. این فرمول شامل شربت ذرت ، اسیدهای آمینه آزاد و مخلوطی از روغن گیاهی به عنوان منبع درشت مغذی ها[11] است.

ترکیبات غذای کودک

در این بخش ترکیبات اصلی فرمول غذای کودک از جمله کربوهیدرات ها، پروتئین ها، چربی ها و ویژگی های آنها مورد بحث قرار خواهد گرفت.

کربوهیدرات

فقط کربوهیدراتهای ذیل ممکن است در فرمول غذای کودک استفاده شوند (جدول 6 تعدادی از آنها را نشان می دهد). لاکتوز، مالتوز، ساکارز، مالتودکسترینها، شربت گاوکز یا شربت خشک شده گلوکز ، نشاسته پیش پخت شده و نشاسته ژلاتینه شده که هر دو به طور طبیعی فاقد گلوتن اند.

لاکتوز

لاکتوز با سهمی در حدود 50-35 درصد از کل کربوهیدرات موجود در شیر خشک نوزاد، مهمترین منبع انرژی آن محسوب می شود. بعلاوه لاکتوز از دو جنبه حائز اهمیت است: تغذیه ای و صنایع شیر خشک نوزاد. لاکتوز جذب کلسیم، منیزیم و منگنز را در نوزادان افزایش می دهد. کریستالیزاسیون این کربوهیدرات در صنعت لبنیات مشکل آفرین است. از آنجایی که پس از خشک کردن پاششی شیر خشک نوزاد لاکتوز به فرم آمورف و یا مخلوطی از فرم های کریستال و آمورف است، نگهداری این محصول بسیار مشکل است زیرا لاکتوز در حالت آمورف از نظر ترمودینامیکی در طول دوره نگهداری ناپایدار است و در اثر کریستاله شدن آن، پدیده کلوخه ای شدن [12]درمحصول اتفاق می افتد. در طی این پدیده لاکتوز آمورف به شکل کریستالهای آلفا و بتا در می آید که می توانند با توجه به شرایط نگهداری و نحوه تولید پودر به صورت غیرهیدراته [13]یا مونوهیدراته [14](فقط آلفا لاکتوز) باشند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی لاکتوز به وسیله والسترا [15] و همکاران، فاکس [16] و نیز برخی دیگر از محققین بررسی شده است.

[11] - macronutrients
[12] -caking
[13] - anhydrous,
[14] - monohydrated
[15] - Walstra

نخستین ویژگی عملکردی لاکتوز که در صنعت فرمولاسیون غذای کودک اهمیت دارد حلالیت است. حلالیت لاکتوز هم در طی فرآیند و هم در طی آماده سازی شیر محصول اهمیت دارد. حلالیت لاکتوز تابعی از غلظت و دما ست که به وسیله آرایش فضایی و موفولوژی کریستال تحت تاثیر قرار می گیرد.

اشکال کریستال لاکتوز

اشکال متفاوتی از کریستال لاکتوز با خصوصیات فیزیکی و حرارتی متفاوت وجود دارند. بسیاری از محققین کریستالهای لاکتوز را در حالت پودری و همچنین در محلولها مورد بررسی قرار داده اند.این اشکال به زمان نگهداری و بسیاری شرایط دیگر از جمله رطوبت، دمای نگهداری و آماده سازی فرآیند بستگی دارند. مقایسه نتایج محققین مختلف که اشکال مختلفی از کریستالهای لاکتوز را بلافاصله پس از کریستالیزاسیون و یا بعد از چند روز نگهداری مورد بررسی قرار داده اند مشکل است. آنگبرگ[17] و واتز[18] نشان دادند که موتاروتاسیون می تواند نسبت بین فرم های آلفا و بتای لاکتوز را در طی نگهداری تغییر دهد، این تغییر به رطوبت نسبی بستگی دارد.

فرآیند کریستالیزاسیون

مناطق آمورف در کریستالها به طور کلی از نظر ترمودینامیکی ناپایدارند، بدین معنا که در سطح انرژی بالاتری نسبت به فرم کریستال قرار دارند. درقسمت های آمورف به دلیل جذب رطوبت زیاد انتقال های مختلف شیمیایی و فیزیکی اتفاق می افتد. از نظر سینتیکی کریستالیزاسیون در حالت جامد شیشه ای (در دما های کمتر از دمای انتقال شیشه ای (T_g)) جلوگیری می شود و این پدیده موجب ایجاد بیشترین تغییرات موثر در خصوصیات فیزیکی ماده غذایی می شود. به طوریکه ممکن است اثر قابل توجهی بر پایداری غذا داشته باشد و همچنین موجب اختلال در ویژگی های آبگیری مجدد پودرهای غذایی شود.
کریستالیزاسیون لاکتوز در پودرهای شیر منجر به افزایش چربی آزاد و تخریب طعم می شود و ممکن است قهوه ای شدن غیرآنزیمی را شدت بخشد. در فرمولاسیون غذای نوزاد، میزان بالای ترکیبات با وزن مولکولی بالا به منظور افزایش T_g لازم است. عوامل زیادی کریستالیزاسیون را تحت تاثیر قرار می دهند از جمله دما، رطوبت نسبی، زمان نگهداری یا ترکیبات مخلوط (به طور مثال پروتئین ها در پودر شیر یا غذاهای نوازد). میزان کریستالیزاسیون با افزایش رطوبت نسبی در طی نگهداری افزایش می یابد.

دمای کریستالیزاسیون لاکتوز و انواع مختلف پودر شیر به عنوان تابعی از دمای نگهداری اغلب به صورت اختلاف بین دمای نگهداری و دمای انتقال شیشه($T-T_g$) توصیف می شود. کنودسن [19]و همکاران القا و سینتیک کریستالیزاسیون لاکتوز را در شیر خشک نوزاد و شیر کامل مورد مطالعه قرار دادند. در شیر خشک نوزاد و پودر شیر حاوی پروتئین ، به سبب رقابت برای جذب سطحی آب کریستالیزاسون لاکتوز کاهش می یابد. کریستالیزاسیون لاکتوز در حلالیت پودر اخلال ایجاد می کند و اغلب تغییرات مخرب دیگر همچون کلوخه ای شدن ، تغییر رنگ، از دست رفتن لیزین و اکسیداسیون چربی به طور همزمان اتفاق می افتد.

---

[16] - Fox
[17] - Angberg
[18] - Vuataz
[19] - Knudsen

مولکولهای آبگریز می توانند با تشکیل پیوندهای هیدروژنی قوی مانع کریستالیزاسیون قند شوند که در نتیجه آن تشکیل هسته و رشد کریستال کاهش می یابد.

نشاسته

نشاسته ، ماده ای مرکب از دو پلیمر مجزای گلوکز یعنی آمیلوز و آمیلو پکتین است. این پلی ساکاریدها به صورت ساختاری نیمه بلورین و سه بعدی که گرانول نشاسته نامیده می شود، آرایش یافته اند. در بیشتر انواع نشاسته های اندوسپرم غلات ، درصد نسبی وزن آمیلوپکتین بین 82–72 درصد و آمیلوز 33–18 درصد است.

مالتوز و مالتو دکسترین

مالتودکسترینها از طریق هیدرولیز اسیدی و یا آنزیمی نشاسته بدست می آیند. شدت هیدرولیز برای تهیه مالکتودکسترین ها کمتر از میزانی است که برای تهیه شربت نشاسته لازم است. از آنجایی که تعداد زیادی از انواع قابل دسترس تجاری مالتو دکسترین ها وجود دارد، در انتخاب نوع مناسب، برای استفاده در شیر خشک نوزاد، موضوع مهم تعادل بین خصوصیات آن در محلول (قبل از فرآیند) ، و در حالت شیشه ای (بعد از فرآیند) است. مالتودکسترین عملکرد مختلفی در سیستم های مواد غذایی دارد، از جمله افزایش ایجاد مقاومت به کلوخه ای شدن، ایجاد و بهبود بافت ، اتصال به ترکیبات عطر و طعم، ممانعت در برابر اکسیژن، کمک به قابلیت پراکنده شدن [۲۰] و حلالیت، کنترل انجماد و جلوگیری از کریستالیزاسیون. مالتودکسترینها معمولا با ذکر مقدار معادل دکستروز(DE) عرضه می شوند. به نظر می رسد می توان به طور تجربی با دانستن مقدار معادل دکستروز بیشتر خصوصیات مورد نظر آنها را پیش بینی کرد. بهر حال مشخص شده تنها دانستن DE مالتودکسترینها ، برای پیش بینی عملکرد محصولات با کاربردهای متفاوت کافی نیست. اخیرا به وضوح نشان داده اند که توزیع وزن مولکولی ، تا آنجایی که می توان انتظار داشت، ابزار بسیار دقیقتری برای پیش بینی خصوصیات بنیادی مالتودکسترین است. با این وجود تا کنون از آن فقط برای برخی مسائل خاص و ویژه ای استفاده شده است.

پروتئین ها

نقش پروتئین های شیر به عنوان یکی از ترکیباتی که به طور وسیعی در غذاهای کودک استفاده می شوند از دو جنبه خصوصیات تغذیه ای و عملکردی بسیار مهم است. ویژگی های بسیاری از محصولات لبنی بستگی به خصوصیات پروتئین های شیر دارد. پروتئین های شیر به دو بخش کاملا شناخته شده تقسیم می شوند. پروتئین کازئین و پروتئین آب پنیر یا پروتئین سرم. ترکیبات اصلی پروتئین آب پنیر بتالاکتوگلوبولین، آلفا لاکتالبومین و سرم آلبومین است. نسبت پروتئین کازئین به پروتئین آب پنیر نشان دهنده تفاوت بین پروتئین های شیر گاو و شیرانسان است (جدول 4 را ببینید).

پروتئینهای آب پنیر

[20] - dispersability

مهمترین پروتئین های آب پنیر بتا گلوبولین و آلفا لاکتالبومین ، پروتئوز پپتون، ایمینو گلوبولینها و البومین سرم گاوی [21] است. بتالاکتوگلوبولین و آلفا لاکتالبومین و آلبومین سرم گاوی به طور طبیعی به صورت پروتئین های کروی هستند که در یک ساختار سه بعدی فشرده هستند. در این ساختار زنجیره های جانبی غیر قطبی و آبگریز اسید آمینه در داخل پروتئین محبوس شده اند و به این ترتیب بیشتر زنجیره های جانبی قطبی و آبدوست در سطح خارج قرار گرفته اند. بتالاکتوگلوبولین پروتئین اصلی آب پنیر است و غلظتش در شیر گاو حدود 3/2 گرم بر لیتر است. این پروتئین کاربرد وسیعی در بسیاری از مطالعات دارد که دلیل اصلی آن پایداری این پروتئین در محلولهای با محدوده وسیعی از pH (2–9) و دما است.

هیدرولیز پروتئین ها

اولین پروتئین خارجی که نوزاد با آن مواجه می شود معمولا پروتئین های مشتق شده از شیر گاو است. زمانی که تغذیه انحصاری از شیر مادر ممکن نباشد، تغذیه نوزاد با شیشه شیر که اغلب بر پایه فرمول های شیر گاو هیدرولیز نشده است تکمیل یا جایگزین می شود. این امر منجر می شود نوزاد شدیدا در معرض پروتئین های شیر گاو قرار بگیرد. شیر مادر یک منبع تغذیه طبیعی برای همه نوزادان تازه متولد شده است و معمولا دارای سطح پائینی از آلرژنهای غذایی از رژیم غذایی مادرشامل بتالاکتوگلوبولین ، که مهمترین آلرژن در شیر گاو است، می باشد. شیر گاو تغییر نیافته حاوی بیش از 32 پروتئین با پتانسیل آلرژی زایی بالا است که ممکن است آلرژی به پروتئین شیر گاو را تحریک کنند. خصوصیات آلرژیک بسیاری از پروتئین ها توسط هیدرولیز آنزیمی با آنزیم های گوارشی کاهش می یابد. نتیجه اینکه اسید های آمینه آزاد آلرژی زا نیستند، با این وجود به خاطر مزه تلخشان، توانایی کم در امولسیون کردن چربی ، اسمزیته بالا و قیمت زیاد در شیر خشک نوزادان طبیعی قابل استفاده نیستند. فرمولهای شدیدا هیدرولیز شده (eHF[22]) تقریبا فاقد آلرژنها هستند و بیشتر الیگوپپتیدهای باقیمانده در آنها وزن مولکولی زیر 3000 دالتون دارند. در مدل های حیوانی ، آنها نه موجب تحریک حساسیت اند و نه موجب عدم تحمل به پروتئین های غذا می شوند. استفاده از فرمولهای هیدرولیز شده شیر خشک نوزاد با شیر مادر یا یک فرمول سازگار شده از شیر گاو هیچ تفاوت مهمی در شاخص های بیوشیمیایی در شیرخواران تغذیه شده با فرمول هایی که تا حدی هیدرولیز شده (pHF)[23] در مقایسه با نوزادانی که با شیر گاو سازگار شده و یا با شیر انسان تغذیه شده اند، نشان نمی دهد. همچنین هیچ شواهدی مبنی بر اختلافات اساسی بین نوزادان تغذیه شده با eHF و یک فرمول شیر گاو سازگار شده روی شاخص های رشد و بیوشیمیایی، به جز در مورد استفاده از نیتروژن و پروتئین وجود ندارد. برخی بررسی ها نشان می دهد غلظت نیتروژن اوره خون در بازه های زمانی متفاوت افزایش می یابد. همچنین مشخص شده غلظت کل اسیدهای آمینه به طور قابل ملاحظه ای در نوزادانی که با pHF و نیز eHF تغذیه شده اند بالاتر است. روی هم رفته نتایج بدست آمده نشان می دهند شواهدی مبنی بر اینکه تغذیه با pHF به شاخص های رشد و بیوشیمیایی آسیب می رساند وجود ندارد. همچنین هیچ شواهدی مبنی بر تفاوت بین تغذیه نوزاد با eHF و یک فرمول شیر گاو سازگار شده و یا شیر انسان روی شاخص های رشد و بیوشمیاییی به جز روی اندیس های متابولیسم پروتئین وجود ندارد.

چربی ها

[21] -bovine serum albumin (BSA)
[22] - Extensively hydrolyzed formulae
[23] - partially hydrolyzed formulae

وجود بخش چربی درهر نوع فرمول شیری، ضروری است. چربی ها 50 درصد از انرژی مورد نیاز روزانه را تامین می کنند. همچنین این ترکیبات حاوی اسید های چرب ضروری و ویتامین های محلول در چربی هستند. به علاوه با مصرف آنها احساس سیری و رضایت در نوزاد ایجاد می شود.

فرمول ها معمولا حاوی ترکیبی از چربی های گیاهی و حیوانی هستند، به طوری که نسبت چربی غیر اشباع به اشباع مشابه شیر مادر به خصوص در مورد دو اسید چرب ضروری اسید لینولئیک (C18:2*n*-6) واسید آلفا لینولئیک (C18:3*n*-3) بدست آید. اسید های چرب شیر مادر معمولا حاوی 30–8 درصد 18:2n-6 ، 2/0–0/5 درصد 18:3n-3، 8/0–0/5 درصد ,20:4n-6، 0/4–0/1 درصد 22:6n-6 و مقادیر کمی از دیگر اسید های چرب n-6 وn-3 هستند. در حال حاضر مشخص شده که تغییرات غلظت n-6 و n-3 در شیر مادر تا حد زیادی از طریق تغییرات در ترکیب چربی رژیم غذایی مادر قابل توضیح است. میزان بیشتر چربی اشباع شده (که ممکن است منبع آن گیاهی یا حیوانی باشد) ممکن است جذب کلسیم را کاهش دهد. شیر مادر حاوی 44 درصد چربی های اشباع، 17/1 درصد چربی های غیر اشباع چندگانه و 38/9 درصد چربی های تک اشباعی است. بهتر است این نسبت ها در میزان چربی ها به منظور جلوگیری از مشکلات گوارشی رعایت شوند. اسید های چرب غیر اشباع چندگانه زنجیر طویل (PUFAs)[24] اخیرا به بسیاری از فرمول ها افزوده می شوند. انواع مختلف آنها شامل امگا 6 و امگا 3 است، که برای بینایی بهتر و توسعه مغز ضروری هستند. این ترکیبات به ویژه در سه ماه اول زندگی، اثرات سودمندی دارند و پس از این زمان سیستم گوارشی بدن توانایی تولید آنها را دارد. چندین منبع 20:4n-6و22:6n-3 در حال حاضر برای تکمیل رژیم غذایی نوزادان و دیگر رژیم های غذایی در دسترس هستند. این منابع شامل روغن ماهی، فسفولیپید یا لیپید تخم مرغ کامل و روغن های مشتق شده از منابع قارچی و جلبک ها و خزه های دریایی کوچک [25] (تری آکریل گلیسرول های تک سلولی) است. اخیرا شیر خشک هایی که حاوی روغن های گیاهی بیشتری نسبت به چربی گاو هستند تولید شده است. مهمترین روغنهای گیاهی مورد استفاده روغن نارگیل، روغن سویا، روغن ذرت، اولئین پالم، روغن هسته پالم، روغن پالم، روغن آفتابگردان با اولئیک بالا، روغن بادام زمینی و در اروپا، روغن شلغم روغنی با اسید اورئیک کم هستند. چربی های شیر حاوی سطح بالاتری از اسید های چرب ترانس (فاکتوری منفی در رشد) ، سطح بالایی از اسید لینولئیک مزدوج (فاکتوری مثبت در رشد)، سطح بالایی از اسید های چرب کوتاه زنجیر (با اثر خنثی) و سطح بالای فسفولیپید ها نسبت به روغن های گیاهی هستند. زمانی که چربی شیر با روغن های گیاهی جایگزین می شود، فرمول ها حاوی اسید های چرب کوتاه زنجیر و C18:0 کمتر و C12:0 و C18:1 بالاتری هستند. شیر انسان حاوی مقدار کمی از اسید های چرب کوتاه زنجیر است بنابراین لازم نیست که شیر خشک نوزاد حاوی اسید های چرب کوتاه زنجیر باشد.

تولید شیر خشک نوزاد:

بطور کلی شیر خشک نوزاد به 2 روش مخلوط کردن پودری Wet Mixو مخلوط کردن مرطوب Dry Mix تولید می شود. در صورتیکه از مخلوط کردن مرطوب استفاده شود، پس از تهیه مخلوط، از خشک کن پاششی جهت خشک کردن استفاده می گردد.

[24] - polyunsaturated fatty acids
[25] - microalgal and fungal

مزایای فرآیند مخلوط کردن پودری :

- به دلیل نبود آب در طی فرآیند شرایط رشد میکروارگانیسم ها فراهم نیست.
- سرمایه گذاری کمتر و تجهیزات کمتر در نتیجه هزینه نگهداری و مصرف انرژی کمتری دارد.

معایب این روش:

- این روش اجازه افزودن روغن ها را نمی دهد.
- به دلیل اینکه از فرآیند حرارتی استفاده نمی شود لذا کیفیت میکروبی محصول بستگی به کیفیت مواد اولیه دارد.
- اغلب ویژگی های فیزیکی پودر از قبیل حلالیت و پراکنده شدن در آب بستگی به ویژگی های تک تک اجزا و یا اجزا مهم دارد، مگر اینکه پس از مخلوط کردن از فرآیند آگلومره کردن نیز استفاده شود.
- اجزا مختلف دارای دانسیته های مختلفی هستند لذا در طی نگهداری و به ویژه حمل و نقل یکنواختی محصول تغییر می نماید.

معمولا برای تولید شیر خشک نوزاد از فرآیند مرطوب استفاده می شود. استفاده از فشار هموژنیزاسیون بالا جهت پوشش دهی و ایجاد امولسیون مناسب چربی ها به همراه فرآیند حرارتی مناسب قبل از خشک کردن موجب بهبود کیفیت فیزیکی و میکروبی محصول می شود. بنابراین در این روش تولید نیاز به سرمایه گذاری بیشتر و هزینه تولید بالاتر است. در حال حاضر برخی از کارخانجات هر دو روش را بصورت ترکیبی استفاده می کنند، ولی در مجموع بایستی به جنبه های میکروبی مواد اولیه توجه ویژه شود.

تولید به روش مخلوط کردن مرطوب بایستی شامل مراحل ذیل باشد:

1 -آماده سازی مخلوط: جهت رسیدن به یک امولسیون روغن در آب یکنواخت در مخلوط، بایستی اجزاء محلول در آب به دقت به شیر و یا آب اضافه شوند، سپس روغن در دماهای 60-70 °C به مخلوط اضافه و در فشارهای بالا هموژن شود.
2 -تغلیظ: تغلیظ موجب افزایش مواد جامد محلول در میکس می شود. تیمار حرارتی نهایی محصول موجب از بین رفتن تمامی میکروارگانیسم های بیماری زا می شود. این فرآیند قبل از مرحله تغلیظ انجام می شود.
3 -خشک کردن: خشک کردن مخلوط تغلیظ شده با استفاده از هوای داغ در یک خشک کن پاششی انجام می شود.

لازم است روش های تولید فرمولاسیون به طور دائم در حال بهبود یافتن باشد. با توجه به اینکه فرمولهای متعددی در تولید این محصولات استفاده می شود لذا طراحی فرآیند، نوع مواد اولیه و غیره بایستی به دقت برای هر کارخانه تولیدی انتخاب شوند.