

پودر شیر اصلاح شده: تولید و بررسی ویژگی‌های پودر شیر کم لاکتوز طعم‌دار

سیده زینب حاتمی تاکامی^{۱*}

۱- بخش علوم و صنایع غذایی، اداره کل استاندارد مازندران، ساری، ایران
(تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۰۵ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۱۹)

چکیده

یکی از راهکارهای جلوگیری از امتناع مصرف محصولات لبنی توسط افرادی که عدم تحمل لاکتوز دارند تولید محصولات جدیدی است که به راحتی در دسترس باشند. هدف از انجام این تحقیق تولید انواع پودر شیر کم لاکتوز با طعم موز و کاکائو و با استفاده از آنزیم بتاگالاکتوزیداز و به کمک خشک کن پاششی و بررسی برخی ویژگیهای شیمیایی و میکروبی آنها بود. مقدار رطوبت، پروتئین، چربی و لاکتوز، اندازه ذرات، اندیس حلالیت و ذرات سوخته پودرهای شیر موز کم لاکتوز و پودر شیر کاکائو کم لاکتوز مورد بررسی قرار گرفت. آزمون‌های میکروبیولوژی شامل باکتری‌های مزوفیل هوازی، کلی‌فرم، اشریشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس کوآگولاز مثبت نیز انجام شد. پس از بازساخته شدن تیمارها با آب، ارزیابی حسی نیز انجام گردید. از نظر خصوصیات شیمیایی میزان رطوبت، چربی و پروتئین در حد استاندارد قرار داشتند. نتایج نشان داد که ۶۸٪ اندازه ذرات پودر بین ۱۸۰ تا ۵۰۰ میکرومتر قرار داشت، ۳۰٪ بزرگتر از ۵۰۰ میکرومتر و ۲ درصد کوچکتر از ۱۲۵ میکرومتر بود. شیر کم لاکتوز به علت طعم شیرین و شیر موز و شیر کاکائو به علت شیرین نبودن (فاقد شکر افزوده) مطلوبیت طعم نداشتند اما تیمار شیر موز کم لاکتوز از مطلوبیت قابل قبولی برخوردار بود. شیر کاکائو کم لاکتوز به لحاظ طعم نمره پایین‌تری کسب نمود و با شیر موز کم لاکتوز اختلاف معنی‌دار آماری داشت ($p < 0.05$). این دو محصول شیر اصلاح شده معایب شیرهای کم لاکتوز از جمله طعم شیرین آن و همچنین معایب شیرهای طعم‌دار معمولی را به علت افزودن شکر نسبتاً بالا (۶-۷ درصد) ندارند و چالش طعم نامطلوب شیرینی با افزودن طعم‌دهنده‌ها به فرصت تولید محصول جدید تبدیل می‌گردد که افرادی که عدم تحمل لاکتوز دارند و همچنین افراد عادی به راحتی می‌توانند از آنها استفاده نمایند و از مزایای متعدد شیر استفاده نمایند.

کلید واژگان: شیر، موز، کاکائو، عدم تحمل لاکتوز

* مسئول مکاتبات: Hatamita_z@yahoo.com

۱- مقدمه

مصرف غذاهای حاوی لاکتوز، مثل شیر و لبنیات همراه است. این چالش را می‌توان با افزودن مواد طعم دهنده و تبدیل آن به محصولی مشابه شیرهای طعم‌دار تجاری به فرصت تولیدی جدیدی تبدیل نمود با این تفاوت که از شیرینی این محصول در راستای کاهش ساکارز و بهبود تغذیه‌ای فرآورده بهره برد. تمرکز مطالعه حاضر بر تولید و بررسی نوع خاصی از محصول لبنی اصلاح شده با عنوان پودر شیر کم لاکتوز طعم‌دار می‌باشد که قابلیت بازساخته شدن جهت تبدیل به نوشیدنی سلامت محور آماده مصرف داشته و راهکار مطلوبی برای تولیدکنندگانی که علاقمند به تبدیل ماده خام مایع فسادپذیر به محصول پایدارتر می‌باشند و نیز مصرف کنندگانی که دسترسی سریع به روش‌های نگهداری یخچالی محصولات لبنی را ندارند، می‌باشد [۲۱-۲۳]. هدف این مطالعه طراحی تولید پودر شیر اصلاح شده با روش خشک‌کن پاششی با رویکرد تبدیل لاکتوز به کربوهیدرات‌های شیرین تر و افزودن طعم‌های طبیعی موز و کاکائو، بررسی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و میکروبیولوژی پودرهای تولید شده و بررسی خصوصیات حسی محصول بازساخته از پودر تولید شده‌هاست.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

در این پژوهش از شیر پاستوریزه ۱/۵ درصد چربی استفاده شد. برای هیدرولیز لاکتوز شیر از آنزیم بتا-گالاکتوزیداز (Lactozym 3000 L HP G) و برای طعم دهی شیر از پوره موز (Chiquita brands, Inc. Malaysia) و پودر کاکائو (ELCAFE, Turkey) استفاده گردید. تمامی مواد شیمیایی و محلول‌ها از شرکت مرک (آلمان) خریداری شد. در تمام آزمون‌ها از آب مقطر استفاده گردید.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- تولید شیر کم لاکتوز طعم‌دار

هیدرولیز لاکتوز شیر با استفاده از آنزیم بتاگالاکتوزیداز به میزان ۰/۱۵ درصد و دمای گرمخانه‌گذاری ۳۷ درجه انجام شد. برای غیرفعال کردن آنزیم، پاستوریزاسیون مجدد شیر هیدرولیز شده انجام گردید. سپس شیر هیدرولیز شده به دو بخش تقسیم شد و مواد طعم‌دهنده بطور جداگانه به آن اضافه گردید. از پودر

شیرهای اصلاح شده همان نوشیدنی‌های بر پایه شیر هستند که برای تولید آنها در شیر تغییراتی ایجاد می‌شود تا حامل ترکیبات مغذی کامل‌تری باشد و در برخی موارد، این مسئله برای افزایش طعم، هضم و عملکرد بهینه انجام می‌گیرد. شیرهای اصلاح شده ممکن است شامل شیرهای غنی شده با ویتامین یا پروتئین، شیرهای غنی شده با پرپروتیک‌ها، شیرهای بالانس شده از نظر تغذیه‌ای، شیرهای با لاکتوز کاهش یافته و یا بدون لاکتوز و شیرهای طعم‌دار باشد [۱]. برخی تحقیقات نشان می‌دهد که کودکان و نوجوانان به شیرهای طعم‌دار علاقه بیشتری نسبت به نوشیدن شیر ساده نشان می‌دهند [۲]. از آنجائیکه اغلب این گروه مواد غذایی اصلاح شده حاوی مقادیر بالای شکر هستند [۴ و ۳] و بیشترین مصرف کننده آنها نیز بچه‌ها و نوجوانان محسوب می‌شوند لذا مقدار دریافتی بالای شکر ممکن است منجر به بروز مشکلات مربوط به سلامتی از جمله دیابت و چاقی گردد [۶ و ۵]. در مقابل، کاهش ساکارز بر ویژگی‌های حسی فرآورده‌های غذایی [۷] و رضایت مصرف کنندگان از این نوع فرآورده‌ها تاثیرگذار می‌باشد [۸-۱۳]. علاوه بر میزان ساکارز مصرفی، استفاده از طعم‌دهنده‌ها مانند وانیل، کارامل یا آرومای میوه‌ای نیز می‌تواند بر رضایت مصرف کنندگان از ویژگی‌های حسی فرآورده‌ها تاثیر به‌سزایی داشته باشد [۱۴-۱۶]. بنابراین افزودن ترکیبات طعم‌دهنده می‌تواند جایگزین مناسبی در فرمولاسیون محصولاتی که میزان ساکارز در آنها کاهش یافته است، باشد. کاهش ساکارز بویژه در غذاهای عملگر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است زیرا انتظار می‌رود علاوه بر آثار تغذیه‌ای پایه، دارای مزایای سلامتی بخش نیز باشد [۱۸ و ۱۷]. در طراحی تولید شیر کم لاکتوز، با هیدرولیز نمودن لاکتوز شیر توسط آنزیم بتا-گالاکتوزیداز و تبدیل آن به مونوساکاریدهای گلوکز و گالاکتوز، به دلیل شیرینی بیشتر این دو مونوساکارید نسبت به لاکتوز، شیر تولیدی شیرین‌تر شده که به لحاظ طعم و مزه مورد پسند بسیاری از مصرف کنندگان و از جمله افرادی که عدم تحمل لاکتوز دارند نمی‌باشد [۲۰ و ۱۹]. بیماری عدم لاکتوز شایعی در جهان می‌باشد. شیوع این بیماری در آسیا بالغ بر ۵۰ درصد تخمین زده شده است و در بعضی کشورهای آسیایی به ۱۰۰ درصد هم می‌رسد. این بیماری با علائمی همچون نفخ شکم، اسهال، درد شکم، سر و صدای شکم، تهوع و استفراغ به دنبال

استفاده از کروماتوگرافی گازی (Agilent 7000A, USA) اندازه‌گیری شد. دستگاه مجهز به آشکارگر یونیزه کننده شعله و لوله موئینه سیلیکاژل بود. درجه حرارت تزریق نمونه ۲۷۵ درجه سانتیگراد و با برنامه دمایی ۲۰۰ تا ۲۷۰ درج سانتیگراد بود. نرخ حرارت دهی ۲۰ درجه سانتیگراد بر دقیقه استفاده شد. هلیوم به عنوان گاز حامل و با نسبت ۱:۴۰ در دستگاه تزریق شد و پیک‌های کروماتوگرام تعیین شد [۴۹]. مقدار لاکتوز در هنگام تولید شیر کم لاکتوز با استفاده از لاکتواستاز (Funke Gerber, NO:3510, Germany) تعیین شد. مقدار پروتئین نمونه‌ها با استفاده از سیستم کج‌لدال اتوماتیک (Gerhard, Germany) و ضریب تبدیل ۶۳۷ اندازه‌گیری گردید [۲۶]. برای آزمون چربی، مقدار ۱ گرم پودر در فلاسک موژونیر توزین شد و ۹ میلی‌لیتر آب مقطر گرم به آن اضافه گردید. پس از هم زدن و افزودن ۱/۲۵ میلی‌لیتر محلول آمونیاک، خوب تکان داده شد و طبق روش رزگوتلیب عمل گردید [۲۷].

۲-۲-۴- آزمایش‌های فیزیکی

برای آزمون اندیس حلالیت، ۲۰ گرم نمونه پودر در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر با دمای 24°C با کمک مخلوط کن (36BL12, USA) با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه حل شد. پس از مخلوط کردن به مدت ۵ دقیقه، داخل لوله‌های مخروطی ۵۰ میلی‌لیتری سانتریفوژ ریخته شد و در سرعت ۸۷۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه سانتریفوژ گردید (Gerber, Germany). مایع فوقانی تا ۵ میلی‌لیتری سطح رسوب، سیفون شد. ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر با دمای 24°C اضافه شد و به آرامی مخلوط شد. سپس لوله‌ها تا خط نشان ۵۰ میلی‌لیتر با آب مقطر 24°C پر شده و دوباره به مدت ۵ دقیقه سانتریفوژ گردید. سپس با قرار دادن لوله‌ها به صورت عمودی و در برابر نور، سطح رسوب از قسمت مدرج لوله قرائت شد [۲۸]. پراکنندگی اندازه ذرات پودرها با استفاده از روش ال‌ک بکارگیری ۱۰۰ گرم پودر آزمون گردید [۲۹]. از شیکر ال‌ک (AU MEDIA, Iran) و الک‌های با مش ۱۲۵ میکرون، ۱۸۰ میکرون و ۵۰۰ میکرون (دماوند، ایران) و ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم (Sartorius LP 1200s, Germany) استفاده شد. ابتدا الک‌های خالی توزین شده و به ترتیب صعودی به لحاظ سایز مش‌ها، از پایین به بالا مرتب گردیدند و بر روی شیکر ال‌ک قرار داده شدند. نمونه پودر بر روی بالاترین الک

کاکائو و کنسانتره موز به ترتیب به میزان ۰/۷ درصد و ۵ درصد در فرمولاسیون استفاده شد.

۲-۲-۲- تولید پودر

مخلوط تهیه شده در قسمت قبل، به صورت جداگانه توسط خشک‌کن پاششی هم‌جهت که دمای ورودی و خروجی آن به ترتیب 145°C و 75°C بود، به پودر تبدیل گردید. اجزاء و ابعاد خشک‌کن پاششی مورد استفاده در این پژوهش که در شرکت بهسوزان (بابل، ایران) طراحی ساخته شد، در شکل شماره یک آمده است. قطر و ارتفاع محفظه، به ترتیب ۶۰ و ۱۵۰ سانتی‌متر، قطر و ارتفاع سیستم حرارت‌دهی، به ترتیب ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر حاوی ۵ المنت حرارتی و قطر و ارتفاع سیکلون نیز به ترتیب ۳۵ و ۷۰ سانتی‌متر است. پودرها پس از جمع‌آوری و رسیدن به دمای محیط، در ظروف شیشه‌ای تیره رنگ برای آزمایشات بعدی نگهداری شدند. مراحل فوق برای تولید پودر شیر کم لاکتوز فاقد طعم دهنده، پودر شیر، پودر شیر کم لاکتوز و پودر شیر طعم‌دار نیز انجام گرفت.

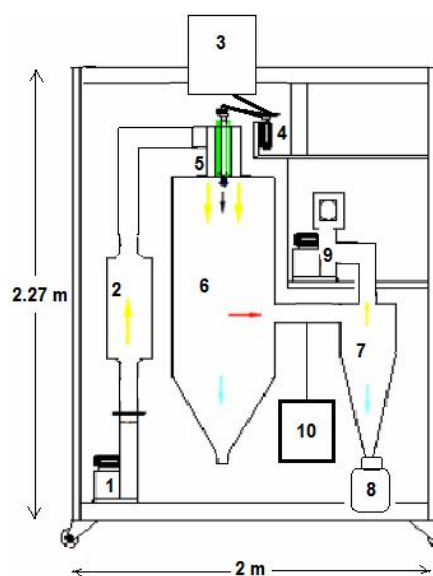


Fig 1 Mechanism and dimension of spray dryer: 1) blower, 2) heater, 3) feeding tank, 4) pump, 5) atomizer, 6) chamber, 7) cyclone, 8) gathering powder, 9) fan, 10) control box

۲-۲-۳- آزمون‌های شیمیایی

آزمون‌های شیمیایی پودرها طبق استاندارد ملی شیر خشک انجام شد [۲۴]. مقدار رطوبت پودرهای تولید شده با استفاده از روش مرجع آون تا رسیدن به وزن ثابت و سپس اندازه‌گیری مقدار افت وزن محاسبه گردید [۲۵]. مقدار کربوهیدرات‌ها با

ریخته شد و الک کردن به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه انجام گردید. سپس هر الک به طور جداگانه توزین شد و از تفاوت وزن آنها، مقدار پودری که بالای هر الک قرار گرفت محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری ذرات سوخته پودرها، ابتدا مقدار 25 ± 0.1 گرم پودر در ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر با دمای 24°C حل شد و سپس به قسمت استوانه‌ای دستگاه اندازه‌گیری ذرات سوخته (Funkegerber, Germany) انتقال داده شد. در قسمت پایین استوانه، یک فیلتر

ریخته شد و الک کردن به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه انجام گردید. سپس هر الک به طور جداگانه توزین شد و از تفاوت وزن آنها، مقدار پودری که بالای هر الک قرار گرفت محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری ذرات سوخته پودرها، ابتدا مقدار 25 ± 0.1 گرم پودر در ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر با دمای 24°C حل شد و سپس به قسمت استوانه‌ای دستگاه اندازه‌گیری ذرات سوخته (Funkegerber, Germany) انتقال داده شد. در قسمت پایین استوانه، یک فیلتر

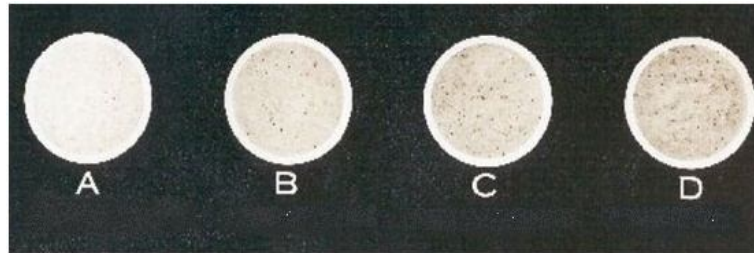


Fig 2 Standard chart of scorched particles

به محیط کشت آب پیتونه بدون اندول^۵ که آن هم قبلاً به دمای 44°C رسیده بود انجام شد. پس از ۴۸ ساعت گرمخانه گذاری در همین دما، با افزودن معرف کوآکس^۶ و رویت حلقه ارغوانی، وجود اشیریشیا مثبت گزارش می‌گردد [۳۴]. برای آزمون استافیلوکوکوس اورئوس کوآگولاز مثبت، مقدار ۰/۱ میلی‌لیتر از رقت یکدهم بر روی محیط کشت برد پارکر^۷ انتقال و کشت سطحی داده شد. بعد از ۲۴ ساعت گرمخانه گذاری در 37°C ، کلنی‌های سیاه براق-تار یا بدون حاشیه باریک سفید رنگ با هاله شفاف به عنوان استاف در نظر گرفته می‌شود. از کلنی مشکوک، با کمک آنس استریل به لوله حاوی محیط آبگوشت عصاره قلب و مغز^۸ انتقال داده می‌شود. پس از 24 ± 2 ساعت گرمخانه گذاری در 37°C ، پلاسمای خرگوش اضافه می‌گردد و در 37°C به مدت ۶-۴ ساعت گرمخانه گذاری انجام می‌گیرد. ایجاد لخته نشاندهنده استافیلوکوکوس اورئوس کوآگولاز مثبت است [۳۵].

۲-۲-۶- ارزیابی حسی

برای ارزیابی حسی از ۳۰ ارزیاب حسی داوطلب در اداره کل استاندارد (۱۵ خانم و ۱۵ آقا در محدوده سنی ۲۸-۳۴ سال) کمک گرفته شد. ویژگی‌های حسی مورد بررسی شامل رنگ، بو و طعم از طریق آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای مورد بررسی قرار

۲-۲-۵- آزمون میکروبیولوژی

آزمون‌های میکروبی بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۲۴۰۶ انجام شد [۳۱]. ۱۰ گرم نمونه پودر توزین شد و در ۹۰ میلی‌لیتر محلول رینگر رقیق شد تا رقت یکدهم میلی‌لیتر ایجاد گردد. برای آزمون کلی‌فرم از محیط کشت ویولت رد بایل آگار^۱ (Oxoid, Unipath, Hampshire, UK) و گرمخانه گذاری در 30°C به مدت 24 ± 2 ساعت استفاده شد. کلنی‌های قرمز ارغوانی با قطر حداقل ۰/۵ میلی‌متر به عنوان کلنی‌های شاخص کلی‌فرم در نظر گرفته شد [۳۲]. برای شمارش باکتری‌های مزوفیل هوازی، روش پور پلیت استفاده شد. از محیط کشت پلیت کانت اسکیم میلک آگار^۲ و گرمخانه گذاری در 30°C به مدت 72 ± 2 ساعت استفاده گردید [۳۳]. برای آزمون اشیریشیاکالی، مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از رقت یکدهم که ابتدا تهیه گردیده بود به محیط کشت آبگوشت لوریل سولفات مضاعف^۳ که حاوی لوله دورهام بود انتقال داده شد. پس از ۴۸-۲۴ ساعت گرمخانه گذاری در 37°C ، تشکیل گاز بررسی گردید و در صورت ایجاد گاز، با کمک لوپ به لوله آزمایش حاوی آبگوشت اشیریشیاکالی^۴ استریل که قبلاً به دمای 44°C رسیده بود انتقال داده شد. پس از ۴۸-۲۴ ساعت گرمخانه گذاری در 44°C ، اگر گاز ایجاد شد عمل انتقال با کمک لوپ

5. Peptone water indol free
6. Kovacs reagent
7. Baird parker
8. Brain -heart infusion broth

1. Crystal violet neutral red bile lactose agar
2. Plate count skim milk agar
3. Lauryl Sulfate broth
4. Ec. Medium

۳- نتایج و بحث

۳-۱- خصوصیات شیمیایی

به علت تطبیق پذیری و سرعت، خشک کن پاششی یکی از بیشترین روش‌هایی است که مورد استفاده قرار می‌گیرد [۳۷]. از آنجایی که دستگاه خشک‌کن پاششی ساخته شده در این پژوهش برای اولین بار مورد بهره‌برداری قرار گرفت، پس از آزمایشات اولیه در محدوده دمایی 140°C تا 180°C ، محرز گردید که در دمای 145°C پودر با کیفیت‌تری تولید شد، بنابراین این دما به عنوان دمای ورودی در نظر گرفته شد و دمای خروجی نیز در 75°C تعیین گردید. آزمون‌های شیمیایی پودرهای تولید شده شامل پودر شیر ساده (A)، پودر شیر کم لاکتوز (B)، پودر شیر موز کم لاکتوز (C)، پودر شیر کاکائو کم لاکتوز (D)، پودر شیر موز (E) و پودر شیر کاکائو (F) انجام گردید که نتایج در جدول ۱ نشان داده شده است.

Table 1 Mean value of chemical composition of powders after 1 day production. A: plain milk powder, B: low lactose milk powder, C: low lactose banana milk powder, D: low lactose cocoa milk powder, E: banana milk powder, F: cocoa milk powder (Mean \pm SD)

| Factors | Treatment | | | | | |
|--------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | A | B | C | D | E | F |
| Moisture (%) | 2.25 \pm 0.1 ^a | 2.2 \pm 0.23 ^a | 2.3 \pm 0.21 ^a | 2.6 \pm 0.24 ^a | 2.4 \pm 0.15 ^a | 2.3 \pm 0.17 ^a |
| Fat (%) | 15.1 \pm 0.2 ^a | 15.3 \pm 0.14 ^a | 15.1 \pm 0.18 ^a | 15.2 \pm 0.14 ^a | 15.2 \pm 0.2 ^a | 15.3 \pm 0.17 ^a |
| Protein (%) | 34.8 \pm 0.3 ^a | 34.8 \pm 0.4 ^a | 36 \pm 0.3 ^a | 35.1 \pm 0.2 ^a | 36.3 \pm 0.2 ^a | 36.2 \pm 0.3 ^a |
| Lactose (%) | 48.12 \pm 0.35 ^a | 4.8 \pm 0.25 ^b | 5.3 \pm 0.12 ^b | 4.6 \pm 0.1 ^b | 47.8 \pm 0.22 ^a | 47.5 \pm 0.34 ^a |

است [۳۹]. در واقع pH شیر برای فعالیت بتا-گالاکتوزیداز مناسب است. علاوه بر مزیت تبدیل لاکتوز به گلوکز و لاکتوز در فرآیند هیدرولیز آنزیمی، روی-ماتوت و همکاران بیان کردند که در حین تولید شیر بدون لاکتوز، گالاکتوزالیگوساکارید تشکیل می‌شود که این ترکیبات پریبیوتیک‌هایی هستند که با عنوان مواد غذایی غیر قابل هضم، میزبان را با تحریک رشد باکتری‌ها در کلون تحت تأثیر قرار می‌دهند و منجر به بهبود سلامتی می‌گردند [۴۰].

۳-۲- آزمون‌های میکروبی

آزمون‌های میکروبی بر روی نمونه‌های پودر شیر موز کم لاکتوز و پودر شیر کاکائو کم لاکتوز انجام شد (جدول ۲) که با توجه به نتایج حاصله و انطباق میکروبی فرآورده با استاندارد

گرفت. گزینه‌های تعریف شده در فرم‌های ارزیابی شامل بسیار خوب، خوب، متوسط، بد و خیلی بد بود که به ترتیب نمره‌های ۵ الی ۱ را به خود اختصاص دادند. نمونه‌ها در ظروف شیشه‌ای با کدهای مربوطه آماده شدند. فرم‌ها توسط ارزیابان تکمیل و سپس نمرات هر نمونه محاسبه گردید [۳۶].

۳-۲- روش‌های آماری

آزمون‌ها به صورت طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. میانگین تکرارها در قالب آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح معنی‌داری ۵٪ با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ محاسبه و تعیین گردید. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ ترسیم شد.

بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی مواد غذایی با مقدار رطوبت مرتبط است. رطوبت یک عامل مهم کیفی در تولید پودر محسوب می‌شود و در صورت بالا بودن آن، فعالیت باکتری‌ها در مدت زمان انبارمانی افزایش می‌یابد، این امر موجب تغییرات عمده در طعم و بو و ویژگی‌های شیمیایی محصول خواهد شد [۳۸]. همانطور که در جدول ۱ مشخص شده است، رطوبت پودرهای تولید شده با این خشک‌کن پاششی در دامنه استاندارد پودرها که برابر حداکثر ۵ درصد می‌باشد، قرار دارد. با هیدرولیز لاکتوز شیر اولیه با کمک آنزیم و تبدیل آن به گالاکتوز و گلوکز، درصد لاکتوز کاهش پیدا نمود. استفاده از بتا-گالاکتوزیداز که به طور عمومی ایمن شناخته شده^۱ است، برای هیدرولیز لاکتوز شیر در صنعت لبنی بسیار توسعه یافته است که دلیل اصلی آن واکنش به پدیده عدم تحمل لاکتوز

2. Galactosoligosaccharides (GOS)

1. Generally recognized as safe (GRAS)

تهیه محصول استفاده می‌شود و همچنین روش فرآوری بستگی دارد [۴۱].

ملی ۲۴۰۶، سلامت فرآورده مورد تایید قرار گرفت. شمارش میکروبی بطور وسیعی به کیفیت مواد خام اولیه که در

Table 2: Microbial analysis of low lactose banana milk powder (A) and low lactose cocoa milk powder (B)

| Microorganism | Standard Range | B | A |
|---|--------------------|-------------------|--------------------|
| Aerobic mesophile bacteria (cfu/g) | 50000 ^a | 9000 ^b | 12000 ^b |
| Coliform (cfu/g) | 10 ^a | 0 ^a | 0 ^a |
| Escherichia coli (cfu/g) | 0 ^a | 0 ^a | 0 ^a |
| Coagulase positive staphylococcus (cfu/g) | 0 ^a | 0 ^a | 0 ^a |

Different letters in the rows indicate significant differences ($P < 0.05$).

میزان اندیس حلالیت پودرهای شیر موز کم لاکتوز و شیر کاکائو کم لاکتوز به ترتیب برابر ۰/۵ و ۰/۴ میلی‌لیتر محاسبه گردید که هر دو در محدوده استاندارد ملی شماره ۲۰۱۲ قرار داشت که بیانگر وضعیت قابل قبول و مطلوب حلالیت پودرهای تولیدی می‌باشد که به نوعی با اندازه ذرات مناسب پودرها ارتباط می‌یابد. آزمون حلالیت پودر یکی از عوامل مهم در ارزیابی کیفی پودرها محسوب می‌شود. یک پودر خوب از لحاظ حلالیت، پودری است که به سرعت مرطوب شده و مایع حاصل بدون ذرات کلوخه و چسبیده به یکدیگر باشد. هیدراته کردن پودرها به عنوان یک عامل کیفی بحرانی برای مصرف، مهم است. روش‌های استاندارد برای بررسی کیفی ویژگی‌های بازساختگی محصول نسبتاً ساده است اما نتایج بررسی برای ویژگی‌های محصول با اهمیت است [۴۳]. بویارکینا و همکاران [۴۴] که بر روی شکستگی پودرهای تولید شده در واحدهای صنعتی به علت نقل و انتقال در کارخانه را مطالعه کردند، گزارش نمودند که کارخانه‌ای که از سیستم نوار نقاله سطلی استفاده نمود، نسبت به کارخانه‌ای که از طراحی پنوماتیکی برای نقل و انتقال پودرهای تولید شده بهره گرفته بود اندازه ذرات درشت‌تری داشت و به عبارتی به دلیل شکستگی کمتر ذرات و در نتیجه اندازه بزرگتر ذرات، از حلالیت بالاتری نیز برخوردار بود و قابلیت‌های عملکردی بهتری داشت.

۳-۴- ذرات سوخته

بررسی ذرات سوخته پودرهای تولید شده نیز نشان داد که پودرهای تولید شده با چارت A همخوانی داشتند که بیانگر شرایط خوب تولید پودر و ایجاد کمترین ذرات سوخته بود (شکل ۴).

۳-۳- اندازه ذرات و اندیس حلالیت

اندازه ذرات و توزیع آن‌ها، تأثیر بسیاری بر روی دانسیته، خواص مکانیکی، الکتریکی و حرارتی مواد می‌گذارد [۴۲]. عموماً دو روش برای بررسی توزیع اندازه ذرات پودرها وجود دارد که شامل تفرق یا پراش لیزر^۱ و الک کردن^۲ می‌باشد. با وجود اینکه روش پراش لیزر، داده‌های با وضوح بالاتر ارائه می‌دهد اما معایبی همچون شکستگی برخی ذرات پودر نیز وجود دارد. در مطالعه حاضر از ۳ عدد الک استفاده گردید تا از شکستگی ناشی از انباشتن و تراکم ذرات کاسته شود. نتایج نشان داد که ۶۸٪ اندازه ذرات پودر بین ۱۸۰ تا ۵۰۰ میکرومتر قرار داشت، ۳۰٪ بزرگتر از ۵۰۰ میکرومتر و ۲ درصد کوچکتر از ۱۲۵ میکرومتر بود. در شکل ۳ توزیع مطلوب اندازه ذرات حاصله جهت انحلال بهینه آمده است [۲۲]. مقایسه توزیع اندازه ذرات پودرهای تولید شده در این پژوهش با این شکل نشان داد که بیشتر ذرات در محدوده اندازه ایده‌آل و به‌طور مشخص حل شونده‌گی مناسب پودر قرار دارد.

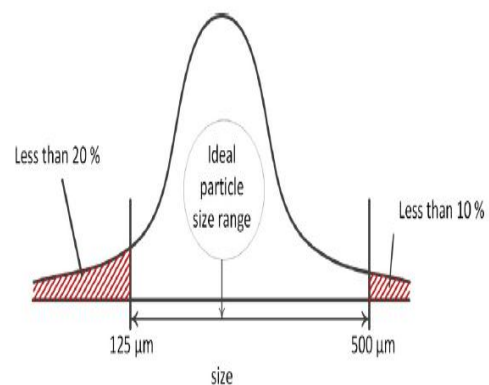


Fig 3 Schematic of the ideal particle size distribution for good powder properties based on the generally agreed suggestions from Pisecky (2012)

1. Laser diffraction
2. Sieving



Fig 4 Scorched particles of low lactose cocoa milk powder (a) and low lactose banana milk powder (b)

نمرات حسی همه تیمارها انجام شد و نتایج در جدول ۳ نشان داده شد.

۳-۵- ارزیابی حسی

Table 3: Taste, color and odor of samples

| Treatment | Odor | Taste | Color |
|---------------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Reconstituted milk | 4.9±0 ^a | 4.6±0.2 ^a | 5±0 ^a |
| Low lactose reconstituted milk | 4.8±0.1 ^a | 4.1±0.1 ^b | 4.8±0.2 ^a |
| Low lactose reconstituted banana milk | 5±0.0 ^a | 4.67±0.2 ^a | 4.87±0.4 ^a |
| Low lactose reconstituted cacao milk | 5±0 ^a | 4.2±0.3 ^b | 5±0 ^a |
| Reconstituted Banana Milk | 5±0 ^a | 4.2±0.1 ^b | 4.85±0 ^a |
| Reconstituted Cacao Milk | 5±0 ^a | 3.5±0.1 ^c | 5±0 ^a |

Different letters in the columns indicate significant differences ($P < 0.05$)

Values in the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

از آنجائی که نمره طعم شیر کاکائو کم لاکتوز بازساخته بازساخته شده کمتر از شیر کاکائو کم لاکتوز بازساخته بود، یک تیمار با افزودن ۲٪ شکر به این ترکیب تهیه و سپس ارزیابی حسی مجدداً انجام شد. در این ارزیابی، رضایتمندی به ۸۵٪ افزایش پیدا کرد. ارزیابی حسی نشان داد که تیمارهای شیر موز کم لاکتوز بازساخته و شیر کاکائو کم لاکتوز بازساخته همراه با ۲٪ شکر بوسیله ارزیابان حسی بخاطر طعم، رنگ و بو مورد پذیرش قرار گرفتند. از آنجائیکه شیر طعم دار مهم ترین شیر رایج بین بچه های مدرسه است، استراتژی تولید این نوع محصولات می تواند راهکار مناسبی برای استفاده از مزایای تغذیه ای شیر برای افرادی که عدم تحمل لاکتوز دارند، باشد. شیر طعم دار رایج ترین شیر انتخاب شده توسط بچه های مدارس است و زمانی که شیر طعم دار از برنامه وعده های غذایی حذف شد، مصرف شیر کاهش نشان داد که برای مدرسه جایگزین نمودن مواد مغذی از دست رفته بواسطه کاهش مصرف شیر سخت و پرهزینه است [۴۷]. در کنار ویژگی های

همانطور که از داده های جدول ۳ مشخص است، هیچ تفاوت معنی داری بین مقادیر میانگین نمرات در تیمارها از لحاظ رنگ و بو مشاهده نشد ($p < 0.05$). اما سطح معنی داری تست ها از لحاظ طعم، کمتر از ۰/۰۵ بود و اختلاف معنی دار بین مقادیر میانگین نمرات نمونه ها وجود داشت. بالاترین نمره طعم برای شیر موز کم لاکتوز بازساخته ثبت شد. شیر کم لاکتوز بازساخته بخاطر طعم شیرین آن پذیرش بالایی نداشت اما همانطور که اشاره شد، مخلوط آن با مواد طعم دهنده مانند موز مورد قبول واقع گردید. چویو همکاران [۴۵] بیان کردند که به علت شیرینی بیشتر گلوکز و گالاکتوز از لاکتوز، شیر با لاکتوز هیدرولیز شده به خاطر شیرینی و طعم بد آن مطلوب نیست. ادهیکاریو همکاران [۴۶] در مطالعه ای که انجام دادند، ویژگی های حسی و مطلوبیت شیرهای بدون لاکتوز فرآپاستور با درصد چربی های متفاوت را با نمونه های رایج شیر مقایسه کردند. شیر بدون لاکتوز فرآپاستور نسبت به شیرهای رایج، شیرینی غالب، طعم پخته و فرآوری شده و بافت گچی داشتند.

۵- منابع

- [1] Guo, M. 2011. Liquid Milk Products: Modified Milks. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, Second Edition, Pp: 297-300.
- [2] Johnson, R.K., Frary, C., and Wang, M.Q. 2002. The nutritional consequences of flavored milk consumption by school-aged children and adolescents in the United States. *Journal of the American Dietetic Association*. 102. 853-856.
- [3] Havey, R.E. 2010. How sweet it is: Sugar-sweetened beverage consumption, obesity and cardiovascular risk in childhood. *Journal of the American Dietetic Association*. 110:10. 1456-1460.
- [4] Lustig, R.H., Schmidt, L.A., and Brindis, C.D. 2012. The toxic truth about sugar. *Nature*. 482. 27-29.
- [5] Caballero, B. 2013. Sucrose: dietary sucrose and disease. P 231-233, In: B. Caballero (ed.), *Encyclopedia of human nutrition*, Waltham: Academic Press.
- [6] Morenga, L., Mallard, S., and Mann, J. 2013. Dietary sugars and body weight: Systematic review and meta-analyses of randomised controlled trials and cohort studies. *BMJ*, 346, e7492.
- [7] Biguzzi, C., Schlich, P., & Lange, C. 2014. The impact of sugar and fat reduction on perception and liking of biscuits. *Food Quality and Preference*. 35. 41-47.
- [8] Ares, G., Barreiro, C., Deliza, R., Giménez, A., and Gámbaro, A. 2010a. Application of a check-all-that-apply question to the development of chocolate milk desserts. *Journal of Sensory Studies*. 25. 67-87.
- [9] Ares, G., Giménez, A., Barreiro, C., & Gámbaro, A. 2010b. Use of an open-ended question to identify drivers of liking of milk desserts. Comparison with preference mapping techniques. *Food Quality and Preference*. 21. 286-294.
- [10] Chollet, M., Gille, D., Schmid, A., Walther, B., and Piccinali, P. 2013. Acceptance of sugar reduction in flavored yogurt. *Journal of Dairy Science*. 96. 5501-5511.
- [11] Grygorczyk, A., Lesschaeve, I., Corredig, M., and Duizer, L. 2013. Extraction of consumer texture preferences for yogurt: Comparison of the preferred attribute elicitation method to conventional profiling. *Food Quality and Preference*. 27. 215-222.

دارویی و درمانی، برخی مزایای تکنولوژیکی مهم نیز از هیدرولیز لاکتوز به گلوکز و گالاکتوز مثل افزایش حلالیت از ۱۸٪ به ۵۵٪ و افزایش شیرینی تا ۷۰٪ حاصل می‌گردد [۴۸]. بنابراین، تولید محصولات خودشیرین کننده یا محصولات با کمترین مقدار افزوده شکر بوسیله استفاده از شیر با لاکتوز هیدرولیز شده امکانپذیر است. به عبارت دیگر، بکارگیری آنزیم برای تولید شیر کم لاکتوز و سپس مخلوط کردن آن با انواع طعم‌ها و سپس خشک کردن با خشک کن پاششی روش موفقیت آمیزی برای تولید انواع مختلفی از پودرهای شیر کم لاکتوز است. بکار بردن این استراتژی می‌تواند بخشی از نقشه تغذیه‌ای باشد که از زندگی سالم حمایت می‌کند.

۶- نتیجه گیری

تولید محصولات لبنی پودری خود-شیرین کننده^۱ یا با ساکارز افزوده کمتر می‌تواند به نیازهای متفاوت مصرف کنندگان پاسخ مثبتی دهد. نامطلوب بودن طعم شیرین شیرهای کم لاکتوز تهیه شده به روش آنزیمی را می‌توان در صنعتاً افزودن ترکیباتی همچون پوره موز و پودر کاکائو به شیر هیدرولیز شده، به فرصتی جهت تولید شیرهای طعم دار خود شیرین کننده بدون ساکارز یا ساکارز پایین تبدیل کرد. حال آنکه در نمونه شیرهای طعم‌دار تجاری حدود ۷-۶ درصد ساکارز اضافه می‌گردد که معایب تغذیه‌ای و سلامتی را همچون دریافت کالری مازاد برای مصرف کنندگان به ویژه کودکان و نوجوانان به همراه دارد. با تبدیل این نوع شیرها به پودرهای مربوطه و حذف تقریباً همه مقدار آب از شیر با لاکتوز هیدرولیز شده طعم‌دار، می‌توان بدون نیاز به زنجیره سرد آنها را انبارش نمود و افزون بر مزیت کاهش هزینه‌های حمل و نقل، به بازارهای دور دست، انتقال و در زمان مقتضی مورد استفاده قرار داد. استفاده همگانی افراد من جمله اشخاصی که عدم تحمل لاکتوز دارند، از دیگر مزایای این پودرها محسوب می‌شود که می‌تواند با تامین خواسته‌های متنوع مصرف کنندگان منجر به افزایش سرانه مصرف فرآورده‌های لبنی گردند. بررسی‌های آتی می‌تواند شامل بکارگیری بسته‌بندی‌های مختلف جهت مصرف فرد، خانوار و یا صنعت باشد.

1. Self-sweetening

- Encyclopedia of Dairy Sciences, second ed., Academic Press, San Diego.
- [24] ISIRI (Institute of Standard and Industrial Researches of Iran). 2012. 2011. Milk powder Specifications. 4th. Revision. 21 p
- [25] ISIRI (Institute of Standard and Industrial Researches of Iran). 8781 (2006). Dried milk - Determination of moisture content (Reference method). 14P.
- [26] ISIRI (Institute of Standard and Industrial Researches of Iran). 639 (1965). Determination of total nitrogen in milk (Kjeldahl method). 5P
- [27] ISIRI (Institute of Standard and Industrial Researches of Iran). 1531 (2011). Dried milk and dried milk products - Determination of fat content- Gravimetric method (Reference method). 18 P.
- [28] ISIRI (Institute of Standard and Industrial Researches of Iran). 2090. 1994. Determination of solubility index in dry-milk, Institute of Standard and Industrial Researches of Iran. 6 p.
- [29] Farall, AW. 1976. *Food Engineering System. Vol. 1-Operations*, AVI, Westport, Pp: 228-244.
- [30] ISIRI (Institute of Standard and Industrial Researches of Iran). 2284. 1993. Milk and milk products- Dry milk- Determination of scorched particles. 6 p.
- [31] ISIRI (Institute of Standard and Industrial Researches of Iran). 2406 (2008). Microbiology of milk and milk products-Specifications. 7P.
- [32] ISIRI (Institute of Standard and Industrial Researches of Iran). 9263. 2007. Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of coliforms – Colony-count technique. 1st. edition.
- [33] ISIRI (Institute of Standard and Industrial Researches of Iran). 5272-1. 2015. Microbiology of the food chain — Horizontal method for the enumeration of microorganisms — Part 1: Colony count at 30 °C by the pour plate technique. 1st. edition.
- [34] ISIRI (Institute of Standard and Industrial Researches of Iran). 2946. 2005. Microbiology of food and animal feeding stuffs -Detection and enumeration of presumptive *Escherichia coli* -Most probable number technique. 2nd. revision.
- [35] ISIRI (Institute of Standard and Industrial Researches of Iran). 6806-1. 2005.
- [12] Paixão, J.A., Rodrigues, J.B., Esmerino, E.A., Cruz, A.G., and Bolini, H.M.A. 2014. Influence of temperature and fat content on ideal sucrose concentration, sweetening power, and sweetness equivalence of different sweeteners in chocolate milk beverage. *Journal of Dairy Science*. 97. 7344-7353.
- [13] Popa, D., and Ustunol, Z. 2011. Sensory attributes of low-fat strawberry yoghurt as influenced by honey from different floral sources, sucrose and high-fructose corn sweetener. *International Journal of Dairy Technology*. 64. 451-454.
- [14] Labbe, D., and Martin, N. 2009. Impact of novel olfactory stimuli at supra and subthreshold concentrations on the perceived sweetness of sucrose after associative learning. *Chemical Senses*. 34. 645-651.
- [15] Boakes, R.A., & Hemberger, H. 2012. Odour-modulation of taste ratings by chefs. *Food Quality and Preference*. 25. 81-86.
- [16] Labbe, D., Rytz, A., Morgenegg, C., Ali, S., and Martin, N. 2007. Subthreshold olfactory stimulation can enhance sweetness. *Chemical Senses*. 34. 645-651.
- [17] Galland, L. 2013. Functional foods. Health effects and clinical applications. P 366-371, In: L.H. Allen, A. Prentice, and B. Caballero (eds.), *Encyclopedia of human nutrition*, volume 2, Waltham, MA: Academic Press.
- [18] Guarner, F., and Schaafsma, G.J. 1998. Probiotics. *International Journal of Food Microbiology*. 39. 237-238.
- [19] Jelen, P. and Tossavainen, O. 2003. Low lactose and lactose-free milk and dairy products - prospects, technologies and applications. *The Australian Journal of Dairy Technology*. 58: 2. 161-165.
- [20] Tao, He. 2006. Lactose intolerance: the role of colonic metabolism, University of Groningen, Pp: 13-45.
- [21] Kalyankar, S.D., Deshmukh, M.A., Chopde, S.S., Khedkar, C.D., Lule, V.K., Deosarkar, S.S. 2016. Milk Powder. *Encyclopedia of Food and Health*. Pp: 724-728. ISBN: 978-0-12-384953-3.
- [22] Pisecky, J. 2012. Handbook of Milk Powder Manufacture, GEA Process Engineering A/S, Copenhagen.
- [23] Schuck, P. 2011. Dehydrated Dairy Products – Milk Powder: Physical and Functional Properties of Milk Powders in

- laser diffraction: size and shape, powder technology. *Powder Technology*. 111. 66-78.
- [43] Selomulya, C., Fang. Y. 2013. Food powders rehydration, P 379-402, In: Bhandari, B., Bansal, N., Zhang, M., and Schuck, P. (eds.), *Handbook of Food Powders*, Woodhead Publishing.
- [44] Boiarkina, I., Sang, C., Depree, N., Prince-Pike, A., Yu, W., David I. Wilson, D.I., Young, B.R. 2016. The significance of powder breakdown during conveying within industrial milk powder plants. *Advanced Powder Technology*. 27. 2363-2369.
- [45] Choi, S.H., Lee, S.B. and Won, H.R. 2007. Development of lactose-hydrolyzed milk with low sweetness using nanofiltration. *Asian-Australian Journal of Animal Science*. 20: 6. 989-993.
- [46] Adhikari, K., Dooley, L.M., Chambers IV, E., and Bhumiratana, N. 2010. Sensory characteristics of commercial lactose-free milks manufactured in the United States. *LWT - Food Science and Technology*. 43:1. 113-118.
- [47] Patterson, J., and Saidel, M. 2009. The removal of flavored milk in schools results in a reduction in total milk purchases in all grades. K-12. *Journal of American Diet Association*. 109: A-97.
- [48] Zadow, J. G. (1992). *Lactose Hydrolysis in Whey and Lactose Processing*. Elsevier Science Publishers Ltd., Amsterdam, Pp, 2-21.
- [49] Villamiel, M., Martínez-Castro, I., Olano, A. and Corzo, N. 1998. Quantitative determination of carbohydrates in orange juice by gas chromatography. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A*, 206(1): 48-51.
- Microbiology of food and animal feeding stuffs – Enumeration of coagulase – Positive staphylococci (staphylococcus aureus and other species) – Test method Part 1 :Technique using baird – parker agar medium. 1st. edition.
- [36] Lawless, HT. and Hymann, H. 1998. *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practises*. New York, NY: Chapman and Hall, Pp: 606-608.
- [37] Padakis, S.E., G. Gardei, G., and Tzia, C. (2007). Spray Drying of Raisin Juice Concentrate. *An International Journal*. 173-180.
- [38] Piotr, P. 2004. Water as the determinant of food engineering properties. A review. *Journal of Food Engineering*. 61. 483-495.
- [39] Adam, A. C., Rubio-Teixeira, M., and Polaina, J. 2005. Lactose: the milk sugar from a biotechnological perspective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 44. 553-557.
- [40] Ruiz-Matute, A.I., Corzo-Martinez, M., Montilla, A., Olano, A.n., Copovi, P., and Corzo, N. 2012. Presence of mono-, di- and galactooligosaccharides in commercial lactose-free UHT dairy products. *Journal of Food Composition and Analysis*. 28:2. 164-169.
- [41] Chauhan, A.K., and Patil, V. 2013. Effect of packaging material on storage ability of mango milk powder and the quality of reconstituted mango milk drink. *Powder Technology*. 239. 86-93.
- [42] Ma, Z., Merkus, H.G., de Smet, G.A.E., Heffels, C., Scarlett, B. 2000. New developments in particle characterization by

Modified milk powder: production and investigation of flavored low lactose milk powder

Hatami-Takami, S. Z. ^{1*}

1. Food science and industry, Mazandaran administration of Standard, Sari, Iran

(Received: 2017/11/27 Accepted:2018/01/08)

One of the ways to avoid dairy products being discontinued by people who are lactose intolerant is to make new products that are easily available. The aim of this study was production types of low-lactose banana powder and low-lactose cocoa powder with the use of β -galactosidase enzyme using spray dryer and investigation the chemical and microal properties of them. The amount of moisture, protein, fat and lactose, particle size, solubility index and scorched particles of low lactose banana milk powder and low lactose cocoa milk powder were studied. Microbiological tests including *aerobic mesophilic bacteria*, *Coliform*, *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* coagulase positive were also performed. About chemical characteristics moisture content, fat and protein were in standard range. The results showed that 68% of powders size were between 180 to 500 μm , 30% larger than 500 μm and 2% smaller than 125 μm . Sensory evaluation was performed after the treatments were reconstituted with water. Studies have shown that low-lactose milk due to its sweet taste and banana milk and cacao milk were not desirable due to lack of sweetness (no added sugar), but low lactose banana milk had a desirable acceptance. Low lactose cocoamilk had lower scores due to taste and had significant difference with low lactose banana milk ($p < 0.05$). These two modified cow's milk products do not have disadvantages of low-lactose milk, including its sweet taste, as well as the disadvantages of conventional flavored milk due to the addition of relatively high sugar (7-6%), and the challenge of undesirable sweet flavor turns into the opportunity to produce new products by adding flavors and people who are intolerant to lactose, as well as ordinary people can easily use them and benefit from milk.

Keywords: Milk, Low lactose, Banana, Cocoa, Powder

*Corresponding Author E-Mail Address: Hatamita_z@yahoo.com