بررسی کاهش کلسترول شیر با استفاده از لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس ATCC1643 در دو حالت آزاد و تثبیت شده در آلژینات سدیم

سارا سراج زاده، ایران عالم زاده*

تهران، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی شیمی و نفت

پیام نگار: **alemzadeh@sharif.edu**

چکیده

لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس یکی از مهمترین میکروارگانیسم‌هایی است که قادر به متابولیسم کلسترول می‌باشند. در این تحقیق، نمونه ای از شیر پرچرب با استفاده از باکتری مذکور، فراوری شده که برای این کار اثر باکتری در دو حالت آزاد و تثبیت شده بر روی کاهش کلسترول شیر مورد بررسی قرار گرفته است. در این آزمایش، اثر چند عامل بر کاهش کلسترول بررسی شده که عبارتند از تعداد سلول‌های باکتری در هر دو حالت آزاد و تثبیت شده و نیز اندازهٔ بیدهای آلژینات سدیم حاوی سلول‌های باکتری تثبیت شده. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که سلول‌های آزاد باکتری می‌توانند کلسترول موجود در شیر را از ۱۱ میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر به ۰/۵ میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر تقلیل دهند. همین طور بیدهای حاوی سلول‌های تثبیت شدهٔ باکتری با اندازه‌های کوچکتر، باعث افزایش سرعت کاهش کلسترول در محیط می‌شوند. در مورد قابلیت استفاده مجدد بیدهای حاوی سلول‌های باکتری تثبیت شده، این نتیجه حاصل شد که بیدها تا سه بار عملیات پی در پی دارای فعالیت می‌باشند.

کلمات کلیدی: لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس، کاهش کلسترول، تثبیت، شیر

۱- مقدمه

مصرف روزانه غذاهای پرچرب که حاوی مقدار زیادی کلسترول می‌باشند یکی از عواملی است که باعث می‌شود انسان در دراز مدت به بیماری تصلب شرایین دچار شود. از این رو، حذف مؤثر کلسترول از غذاهای پر چرب یکی از موضوعات مهمی است که چندین دانشمند تا به حال بر روی آن تحقیقات انجام داده اند.

تا به حال روش‌های شیمیایی و فیزیکی بسیاری برای کاهش کلسترول مواد غذایی مختلف به کار گرفته شده است، از جمله استخراج کلسترول چربی موجود در ترکیبات غذایی در اثر تماس با حلال مناسب یا سیال فوق بحرانی . البته اعمال روش‌های فیزیکی و شیمیایی به منظور کاهش کلسترول مواد غذایی می‌تواند مشکلاتی به همراه داشته باشد، از جمله اینکه این روش‌ها معمولا غیر انتخابی عمل می‌کنند به این معنی که علاوه بر حذف کلسترول از چربی، ترکیبات آروماتیک که باعث طعم و عطر عالی شیر می‌شوند نیز همراه با کلسترول حذف می‌شوند. در مواردی که برای فراوری شیر از حلال شیمیایی استفاده می‌شود، احتمال زیادی می‌رود که شیر فراوری شدهٔ نهایی، حاوی مقداری حلال شیمیایی باشد که وضعیتی نامطلوب است. یک روش مؤثر برای کاهش کلسترول مواد غذایی

پـر چـرب کـه در سـال‌هـای اخیـر مـورد توجـه قـرار گرفتـه روش زیست‌شـناختی بـا بـه کـارگیری میکروارگانیـسم‌هـای مناسـب یـا آنزیم‌های مترشحه از آنها بـرای متابولیـسم و کـاهش کلـسترول در محیط است [۹و۱] .

خانواده باکتریایی کلسترول دارای توانـایی متابولیـسم کلـسترول در غذاها می‌باشد و تا به حال از گونه‌های مختلف این باکتری به عنوان اجـرام زنـدهٔ افزودنـی در محـصولات لبنـی اسـتفاده شـده است[۹و۸و۶و۴] . البته تفاوت آشکاری در زمینهٔ توانایی متابولیـسم کلسترول در میان گونه‌های مختلف بـاکتری لاکتوباسـیلوس وجـود دارد. لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس یکی از گونه‌های شاخصی است که توانایی قابل توجهی در متابولیسم کلسترول غذاهای پرچـرب ماننـد محصولات لبنی دارد و در سالهای اخیر از آن به عنوان افزودنـی بـه شیر و سایر محصولات لبنی استفاده شده است[۳و۱]. حایز اهمیـت است که این سلول‌های میکروبی پس از افزوده شدن به غذا در طول مدت ذخیره و هنگام مصرف زنـده باشـند، امـا زنـده بـودن آنهـا در غذاهای ذخیره شده و پس از مصرف، مورد شک و تردید است[۴].در این تحقیق، شیر پرچرب را جهـت کـاهش کلـسترول موجـود درآن توسـط سـلول‌هـای آزاد و تثبیـت شـده لاکتوباسـیلوس اسیدوفیلوسATCC۱۶۴۳ تحت فراوری قرار داده ایـم. شـایان ذکـر است که سلول‌های باکتریایی مذکور بـه خـوبی در آلژینـات سـدیم تثبیت شدند. در واقع عمل تثبیت به منظـور حفـظ بـاکتری جهـت استفاده پی در پی از آن در طی عملیات متـوالی صـورت مـی‌گیـرد. بعلاوه، اثر عواملی نظیر تعداد سلول‌هـای بـاکتری و انـدازهٔ بیـدهای آلژینات حامل باکتری تثبیت شده بر سرعت کاهش کلسترول شـیر پرچرب، و در نهایت، قابلیت استفادهٔ مجدد سلول‌های باکتری تثبیت شده در طی عملیات متوالی مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- مواد وروش ها

۲-۱ مواد

پودر آلژینات سدیم، پودر کلرید کلسیم دوآبه، معـرف رنگـی کلریـد آهن شش آبه در اسید استیک گلاسیال (یخـی)، اسـید سـولفوریک ۹۸٪، متانولیک پتاس ۰/۵ مولار، هگـزان، اتـانول ۹۶٪ (تمـام مـواد شیمیایی از شرکت مرک آلمان خریداری شده‌انـد)، لاکتوباسـیلوس اسیدوفیلوس ATCC ۱۶۴۳ (خریـداری شـده از PTCC، کلکـسیون میکروب ایران)، شیر ۲ درصد چـرب (شـیر مـیهن، تهـران، ایـران)، محیط کشت ام.آر.اس براث (خریداری شده از شرکت مرک آلمـان)، سرنگ و سوزن با قطرهای خروجی متفاوت (سـرنگ خـزر- شـرکت تولیـد کننـده تجهییـزات دارویـی ایـران)، انکوبـاتور (مـدل CAG Corporation- آلمان)، اسـپکتروفتومتر (Techron مـدل US۶۳۵) و اسانس مرکبات (شرکت نوش مازندران).

۲-۲ روش‌ها

۲-۲-۱ اثر سـلول‌هـای آزاد لاکتوباسـیلوس اسـیدوفیلوس ATCC ۱۶۴۳ بر کلسترول شیر

یک واحد باکتری، یـک سـل بـاکتری کـشت داده شـده از محلـول سوسپانسیون سلول‌های باکتری مادر است که پس از شمارش، تعداد هر سل باکتری $۱۰^{۱۰}$ عـدد سـلول بـاکتری تخمـین زده شـد. بـرای شمارش سلول‌های باکتری ۱ میلـی لیتـر از محلـول سوسپانـسیون یکنواخت سلول‌های باکتری را روی لام مشبک مخـصوص شـمارش سلول‌های میکروارگانیـسم قـرار مـی‌دهنـد و توسـط میکروسـکوپ الکترونی، تعداد سلول‌های باکتری، شمارش می‌شود.

یک واحد باکتری لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس کـشت داده شـده در محیط کشت ام.آر.اس براث، سانتریفوژ شده و شسته شده توسط آب مقطر استریل به شیر اضافه می‌شود که غلظت نهایی آن در شیر بـه یک میلی‌لیتر (شیر/سلول باکتری)، $۱/۶۶\times۱۰^{۸}$ می‌رسـد. ارلـن مـایر حاوی شیر و سلول‌های باکتری در انکوباتور با دمـای $۳۷^{o}C$ (دمـای بهینه برای فعالیت باکتری لاکتوباسیلوس اسـیدوفیلوس) قـرار داده شدند. در تمام آزمایش‌ها شیر به وسـیله اسـانس طبیعـی مرکبـات حاوی اسید سیتریک تا pH=۶/۸ اسیدی شد، زیرا pH=۶/۸ بالاترین pHای است که در آن لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس می‌تواند فعالیـت خوبی داشته باشد. با اضافه کردن اسـانس طبیعـی میـوه عـلاوه بـر تنظیم pH، شیر طعم مطلوبی می‌گیـرد و نیـز از افـزودن ترکیبـات شیمیایی به شیر جهت تنظـیم pH اجتنـاب مـی‌شـود. بعـلاوه ایـن ترکیبات، به منظور تنظیم pH به مقادیر محدود، مورد نیاز می‌باشند و تأثیر قابل توجهی بر خواص فیزیکی شیر نمی‌گذارند.

به منظور آگاهی از رونـد کـاهش کلـسترول در طـول مـدت انجـام واکنش، در فواصل زمانی مختلف از محـیط واکـنش نمونـه بـرداری می‌شود و میزان کلسترول آن بـه روش اسـپکتروفتومتری مـشخص

می‌شود. برای استخراج کلسترول از چربی موجود در شیر، یک نمونه ۰/۲ گرمی شیر را با دقت وزن کرده و ۵ میلی لیتر محلول ۰/۵ مولار متانولیک پتاس را به آن اضافه می‌کنیم. در لوله آزمایش را محکم بسته و محتویات آن را به مدت ۱۵ ثانیه هم می‌زنیم. لوله آزمایش را درون حمام آب گرم با دمای $80^{\circ}C$ برای مدت ۱۵ دقیقه قرار می‌دهیم، لوله آزمایش را هر ۵ دقیقه یکبار بیرون آورده و برای مدت ۱۰ ثانیه هم می‌زنیم. بعد از عملیات حرارتی، لوله آزمایش را به وسیله شیر آب، سرد می‌کنیم و بعد ۱ میلی لیتر آب مقطر و ۵ میلی لیتر هگزان به محتویات لوله آزمایش اضافه می‌کنیم. در لوله را بسته و محتویات آن را به مدت ۱ دقیقه به شدت تکان می‌دهیم و بعد با سرعت ۲۰۰۰ xg سانتریفوژ می‌کنیم. فاز بالایی، حاوی کلسترول استخراج شده از شیر است [۲]. ۳ میلی لیتراز محلول معرف رنگی (تری کلرید آهن سه آبه در اسید استیک گلاسیال) به ۱ میلی لیتر از نمونه (محلول کلسترول استخراج شده یا محلول استاندارد) اضافه می‌کنیم، محلول را با شدت هم زده و سپس به مدت ۱۰ دقیقه بدون حرکت به حال خود رها می‌کنیم و بعد ۱ میلی‌لیتر اسید سولفوریک به نمونه اضافه کرده و به هم می‌زنیم تا محلول همگنی به دست آید. سپس آن را در محل تاریکی به مدت ۴۵ دقیقه قرار می‌دهیم. جذب نوری محلول به دست آمده در طول موج ۵۶۰nm به دست می‌آید که با داشتن منحنی استاندارد غلظت کلسترول مشخص می‌شود[۱۱و۵و۲].

جهت بررسی اثر تعداد سلول‌های آزاد، این فرایند دو مرتبه دیگر با ۲و ۳ واحد باکتری (به ترتیب با غلظت‌های نهایی $3/8\times10^{8}$ و 5×10^{8} سلول باکتری بر هر میلی‌لیتر شیر) اجرا می‌شود.

۲-۲-۲ تأثیر سلول‌های لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس ATCC ۱۶۴۳ تثبیت شده بر روی کلسترول شیر

روش تثبیت سلول‌های باکتری: محلول ۳ درصد آلژینات سدیم در آب مقطر استریل با استفاده از همزن مغناطیسی تهیه شد. سلول‌های لاکتوباسیلوس (کشت داده شده در محیط کشت ام.آر.اس براث، سانتریفوژ شده و شسته شده توسط آب مقطر استریل) به محلول آلژینات سدیم اضافه گردید و به طور مداوم به مدت یک ساعت توسط همزن مغناطیسی همزده شد تا محلول کاملا یکنواختی به دست آید. محلول به دست آمده توسط سرنگ به صورت قطره‌هایی به درون ظرف حاوی محلول کلرید کلسیم دوآبه ۰/۵ مولار ریخته شد، در این حالت، سرنگ به صورت عمودی و در فاصله ۲۰ سانتیمتری سطح محلول کلرید کلسیم قرار داده شد[۱۰]. بعد از تثبیت سلول‌های باکتری، برای بررسی زنده بودن سلول‌ها لازم است که بیدهای آلژینات دوباره به حالت محلول درآیند تا سلول‌های باکتری مجددا آزاد شوند که این کار با حل کردن بیدها در محلول سیترات سدیم ۲٪ استریل در دمای اتاق صورت گرفت[۴]. به منظور بررسی تأثیر اندازهٔ بیدها این فرایند چهار مرتبه با به کارگیری چهار قطر مختلف بید و با استفاده از سر سرنگ‌ها با قطرهای خروجی متفاوت تکرار شد.

۲-۲-۳ تخمین اندازهٔ بیدها

چهار انژکتور با چهار سایز خروجی متفاوت در دسترس بودند. برای تخمین قطر بیدهای آلژینات تولید شده توسط هر کدام از سرسرنگ‌ها، ۵ میلی لیتر از محلول آلژینات سدیم به شکل قطره درون کلراید کلسیم ۰/۵ مولار ریخته شد. بعد از تشکیل بیدها، با شمردن تعداد بیدهای به دست آمده و با توجه به حجم اولیه آنها (۵ میلی لیتر) و با استفاده از فرمول حجم کره می‌توان قطر بیدهای به دست آمده را محاسبه کرد. قطر بیدهای به دست آمده توسط چهار سرسرنگ مختلف عبارتند از: ۱/۶۲، ۱/۷، ۱/۷۹و۱/۸۴ mm.

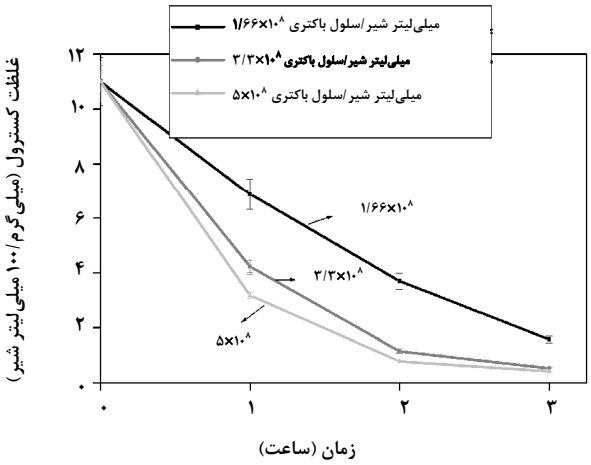
همین طور برای مطالعه تأثیر تعداد سلول‌های باکتری تثبیت شده بر روی سرعت کاهش کلسترول، این فرایند سه مرتبه با سه میزان مختلف باکتری تثبیت شده (۱، ۲ و ۳ واحد باکتری یا به ترتیب 1×10^{10}، 2×10^{10} و 3×10^{10} باکتری در ۶۰ میلی لیتر شیر) صورت گرفت.

۲-۲-۴ قابلیت استفاده مجدد از سلول‌های باکتری

10^{10} سلول باکتری چهار مرتبه در آلژینات سدیم به شکل بیدها با چهار قطر متفاوت (۱/۶۲، ۱/۷، ۱/۷۹و۱/۸۴ mm) تثبیت گردید. بیدهای حاوی باکتری تثبیت شده برای زدایش کلسترول در عملیات پی در پی، هر کدام با زمان عملیاتی چهار ساعت به کار گرفته شدند و روند کاهش کلسترول در طول هر فرایند مورد بررسی قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

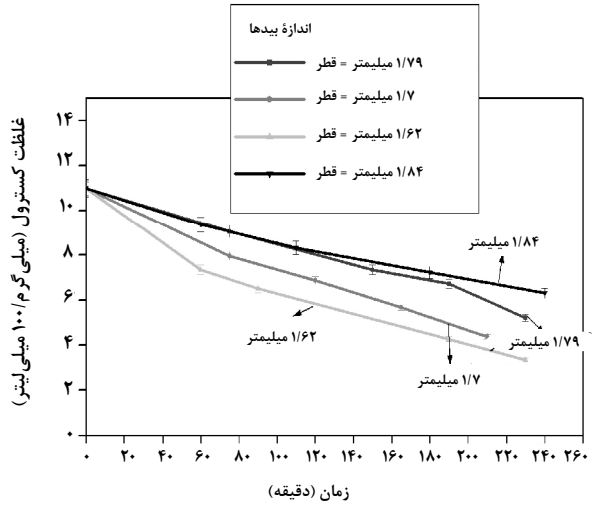
شکل (۱)، روند کاهش کلسترول در شیر را در طی واکنش زیست‌شناختی توسط سلول‌های آزاد لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس ATCC ۱۶۴۳ نشان می‌دهد. همان طور که در شکل (۱) دیده می‌شود، با افزایش تعداد سلول‌های آزاد، کلسترول با سرعت بیشتری کاهش یافته است و با غلظت نهایی: ۵×۱۰^{۸} (میلی لیتر شیر/سلول) و بعد از سه ساعت مدت عملیاتی، ۹۵٪ کلسترول شیر کاهش پیدا کرده است.



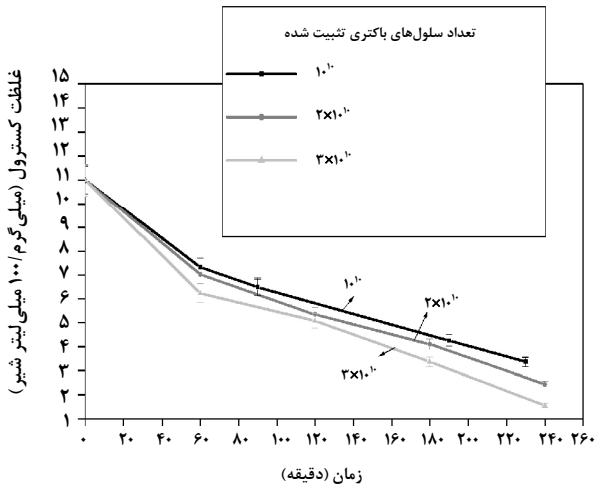
شکل ۱- اثر سلول‌های آزاد لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس ATCC ۱۶۴۳ بر کاهش کلسترول شیر در دمای ۳۷°C و pH=۶/۸

شکل (۲) تأثیر اندازهٔ بیدهای آلژینات سدیم حاوی سلول‌های باکتری تثبیت شده را بر سرعت کاهش کلسترول در شیر نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل (۲) نشان داده شده است، با افزایش اندازهٔ بیدها سرعت کاهش کلسترول تقلیل می‌یابد.

به نظر می‌رسد مؤثرتر عمل کردن بیدهای با اندازه‌های کوچکتر به این دلیل است که سرعت نفوذ شیر در بیدهای آلژینات وابسته به سطح بیدهاست و نسبت سطح به حجم در بیدهای با قطر کوچکتر بیشتر است. بنابراین، وقتی از بیدهای با اندازهٔ کوچکتر استفاده می‌شود، در محیط واکنش زیست‌شناختی، سطح فعال بیشتری وجود دارد که منجر به متابولیسم قسمت بیشتری از کلسترول موجود در محیط می‌شود. شکل (۳) اثر تعداد سلول‌های باکتری تثبیت شده بر سرعت کاهش کلسترول را نشان می‌دهد.



شکل ۲- تأثیر ۱۰۱۰ سلول تثبیت شده لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس ATCC۱۶۴۳ بر کلسترول شیر و اثر اندازهٔ بیدها بر کاهش کلسترول در دمای ۳۷°C و pH=۶/۸



شکل ۳- تأثیر سلول‌های تثبیت شده لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس ATCC ۱۶۴۳ بر کاهش کلسترول شیر در دمای ۳۷°C و pH=۶/۸

با توجه به نتایج به دست آمده از مرحلهٔ قبل که نشان می‌داد بهترین اندازهٔ بید برای کاهش کلسترول ۱/۶۲mm است، آزمایش‌های این مرحله با بیدهای آلژینات به قطر ثابت ۱/۶۲mm، ولی با تعداد مختلف سلول‌های باکتری انجام گرفتند ($۱۰^{۱۰}$، ۲×۱۰^{۱۰} و ۳×۱۰^{۱۰} سلول باکتری). شکل (۳) به طور واضح نشان می‌دهد که با افزایش سلول‌های تثبیت شده، سرعت کاهش کلسترول افزایش یافته است.

در اولین مرحلهٔ آزمایش‌ها که از سلول‌های آزاد لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس برای کاهش کلسترول در شیر استفاده شد با افزایش تعداد سلول‌ها سرعت کاهش کلسترول افزایش پیدا کرده است. با استفاده از هر (میلی‌لیتر شیر /۵×۱۰^{۱۰} سلول)، و بعد از ۳ ساعت مدت عملیات در دمای ۳۷ °C، غلظت کلسترول در شیر، از ۱۱ به ۰/۲ میلی گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر تقلیل یافته است.

در مرحله دوم آزمایش‌ها، تأثیر قطر بیدهای حاوی سلول‌های تثبیت شده مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهند که با کاهش اندازهٔ بیدهای حاوی سلول‌های تثبیت شده، سرعت زدایش کلسترول افزایش می‌یابد. طبق نتایج به دست آمده، فراوری شیر با تعداد $۱۰^{۱۰}$ سلول باکتری تثبیت شده با سایز ۱/۸۴mm و بعد از سه ساعت زمان عملیاتی و در درجه حرارت ۳۷ °C، مقدار کلسترول در محیط از ۱۱ به ۶/۷ میلی‌گرم در ۱۰۰/میلی‌لیتر کاهش یافته در حالی که با استفاده از بیدهای با قطر ۱/۶۲ mm، مقدار کلسترول به۳/۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر تقلیل پیدا کرده است.

همین طور اثر تعداد سلول‌های باکتری تثبیت شده مورد بررسی قرار گرفت که نتایج نشان می‌دهند که با افزایش تعداد سلول‌های تثبیت شده، کلسترول با سرعت بیشتری زدوده شده است. در فراوری ۶۰ میلی لیتر شیربا $۱۰^{۱۰}$، ۲×۱۰^{۱۰} و ۳×۱۰^{۱۰} سلول‌های باکتری تثبیت شده و بعد از ۴ ساعت زمان عملیاتی، مقدار کلسترول شیر از ۱۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر شیر به ترتیب به مقادیر ۳/۸، ۲/۴ و ۱/۵ میلی‌گرم در۱۰۰ میلی‌لیتر شیر تقلیل پیدا کرده است. طبق نتایج، به نظر می‌رسد در مقایسه با سلول‌های باکتری تثبیت شده، سلول‌های آزاد عملکرد بهتری دارند. اگر شیر با سلول‌های آزاد فراوری شود دسترسی سلول‌های باکتری به سوبسترا بیشتر است و بنابراین سلول‌ها برای متابولیسم کلسترول بیشتر تحریک می‌شوند. بعد از فراوری شیر توسط سلول‌های باکتری، سلول‌های باکتری عمدتا زنده هستند و اینکه سلول‌ها ی باکتری پس از فراوری در محصول شیر فراوری شدهٔ نهایی به حالت زنده رها شوند یا پس از فراوری وارد مرحله استریلیزاسیون شوند، امری اختیاری و وابسته به نوع محصول نهایی است. شیر فراوری شده حاوی سلول‌های آزاد لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس ATCC ۱۶۴۳، به مدت ۴۸ ساعت پس از فرآوری در یخچال نگهداری شد و هیچگونه انعقاد و یا تغییرات محسوس در گرانروی شیر مشاهده نگردید.

در پایان، قابلیت استفادهٔ مجدد از بیدها و اثر اندازهٔ بیدها بر قابلیت استفادهٔ مجدد بیدها مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طور که در جدول (۱) نشان داده شده است، بیدها سه مرتبه در طول سه مرتبه عملیات متوالی دارای فعالیت بودند. بر طبق نتایج به دست آمده، بیدهای بزرگتر در مقایسه با بیدهای کوچکتر در طی عملیات متوالی، فعالیت خود را بیشتر حفظ می‌کنند. برای مثال، با استفاده از بیدهای با قطر ۱/۸۴mm در طی سه مرتبه عملیات متوالی، میزان کلسترول از ۱۱ به ترتیب به ۷/۴، ۸/۱ و ۸/۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر رسید، در حالی که با استفاده از بیدهای کوچک به قطر ۱/۶۲mm در طی سه مرتبه عملیات متوالی، میزان کلسترول در شیر از ۱۱ به ترتیب به ۳/۸، ۶/۳ و ۹/۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر در سه مرتبه عملیات متوالی رسید. به نظر می‌رسد که چون نسبت سطح به حجم در بیدهای آلژینات با حجم بزرگتر، در مقایسه با بیدهای با حجم کوچک تر کمتر است، احتمال آزاد شدن سلول‌های باکتری از بیدهای با قطر بزرگتر، کمتر می‌باشد و بنابراین بیدهای بزرگتر، به نسبت، فعالیت خود را بیشتر حفظ می‌کنند.

جدول ۱- اثر قطر بیدها حاوی $۱۰^{۱۰}$ سلول لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس ATCC ۱۶۴۳ تثبیت شده بر قابلیت استفاده مجدد آنها طی عملیات متوالی

اندازهٔ بیدها (میلی متر)	فرایند اول	فرایند دوم	فرایند سوم	خطای نسبی (٪)
۱/۶۲	۳/۸	۶/۳	۹/۶	۴/۶
۱/۷	۴/۵	۶/۸	۸/۹	۳/۷
۱/۷۹	۵/۹	۷/۶	۹/۱	۳/۱
۱/۸۴	۷/۴	۸/۱	۸/۸	۴/۳

۴- نتیجه‌گیری

در پایان، به عنوان نتیجه‌گیری نهایی می‌توان گفت که هم سلول‌های آزاد و هم سلول‌های تثبیت شده لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس ATCC ۱۶۴۳ در کاهش کلسترول شیر مؤثر می‌باشند. بر طبق نتایج به دست آمده، کاهش کلسترول شیر قبل از مصرف، با فراورش آن با لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس ATCC ۱۶۴۳

در شرایط فراوری بهینه این باکتری (دما ۳۷°C و۶/۸= pH) امکان پذیر است. هر چند، سلول‌های آزاد در این زمینه مؤثرتر عمل کردند. در مقایسه با سلول‌های ثبیت شده، با استفاده از سلول‌های آزاد، میزان بیشتری از کلسترول شیر، در مدت عملیاتی کمتر، از آن زدوده شد. با استفاده از سلول‌های آزاد تا ۹۵ درصد کلسترول شیر از آن زدوده شد. سلول‌های باکتری تثبیت شده در طی سه مرتبه عملیات متوالی دارای فعالیت بودند، البته در طی هر عملیات، در مقایسه با عملیات قبلی، در فعالیت بیدها کاهش دیده می‌شد. همچنین بیدهای با اندازهٔ بزرگتر فعالیت خود را بیشتر حفظ کردند. به طور کلی، عوامل مؤثر بر کاهش کلسترول شیر در این روش، تعداد باکتری‌ها، چه در حالت آزاد و چه در حالت تثبیت شده، و نیز، قطر بیدهای تثبیت شده است. در حالت کلی در مقایسه با سلول‌های تثبیت شده، سلول‌های آزاد لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس ATCC ۱۶۴۳ عملکرد بهتری در کاهش کلسترول شیر داشتند و به نظر می‌رسد استفاده از سلول‌های آزاد مناسب‌تر است.

مراجع

[1] Boudreau A. and Arul J. "Cholesterol Reduction and fat fractionation technologies for milk fat: An Overview", Journal of Dairy Science, 76(1772-1781), (1993).

[2] Fletouris D.J., Botsoglou N.A., Psomas I.E. and Mantis A.I. "Rapid Determination of Cholesterol in Milk and Milk Products by Direct Saponification and Capillary Gas Chromatography", Journal of Dairy Science, 81(2833-2840), (1998).

[3] Gilliland S., Nelson C. and Maxwell C. "Assimilation of cholesterol by Lactobacillus acidophilus", Journal of Applied and Environmental Microbiology, Feb, 377-381, (1985).

[4] Grosso C. and Trindade C. "Stability of free and immobilized Lactobacillus acidophilus and Bifidobacterium lactis in acidified milk and immobilized B. lactis in yoghurt", Brazilian Journal of Microbiology, Vol.35, No.1-2,151-156, (2004).

[5] Kimoto H., Ohomoto S. and Okamoto T. "Cholesterol Removal from Media by Lactococci", Journal of Dairy Science, 85(3182-3188), (2002).

[6] Kourkoutas Y., Bosnea L., Taboukos S., BarasC., Lambrou D. and Kanellaki M. "Probiotic cheese production using Lactobacillus casei cells immobilized on fruit pieces", Journal of Dairy Science, 89(1439-1451), (2005).

[7] Lin M.Y. and Chen T.W. "Reduction of Cholesterol by Lactobacillus acidophilus in Culture Broth", Journal of Food and Drug Analysis, 8(97-102), (2000).

[8] Liong M.T. and Shah N.M. "Acid and Bile Tolerance and Cholesterol Removal Ability of Lactobacilli Strains", journal of Dairy Science, 88(55-66), (2005).

[9] Madison, WI. "Cholesterol reduction technologies overview", Wisconsin milk marketing board, Research review, Spec. Rep. No.2(Oct.),21-26, (1989).

[10] Mattison, "BO Immobilized cells and Organelles", 2nd edition,volume 1,chapter3 ,81-82, (1983).

[11] Rudel L.L. and Morris M.D. "Determination of Cholesterol using 0-phthalaldehyde", Journal of Lipid Research, 14(364-366), (1973).