JRIFST

www.rifst.ac.ir/jrifst.aspx
نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی
سال ۱۳۹۳، جلد ۳، شماره ۲، صفحات ۱۲۸-۱۱۵

# بررسی امکان تولید بستنی سین‌بیوتیک با استفاده از فیبر حاصل از ضایعات چغندرقند و باکتری *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* BB-12

**الهام مهدیان[1*]، معصومه مهربان سنگ آتش[2]، رضا کاراژیان[3]، طاهره واقعی[4]**

۱- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قوچان، گروه علوم و صنایع غذایی، قوچان، ایران
* نویسنده مسئول (emahdian2000@yahoo.com)
۲- استادیار گروه کیفیت و ایمنی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی خراسان رضوی
۳- مربی گروه کیفیت و ایمنی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی خراسان رضوی
۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قوچان، گروه علوم و صنایع غذایی، قوچان، ایران

## چکیده

تفاله چغندرقند در فرایند استخراج قند به عنوان پسماند فرایند محسوب می‌شود و به مصرف غذای حیوانات می‌رسد اما این ترکیب منبعی غنی از فیبر رژیمی است که علاوه بر فراوانی، ارزان نیز می‌باشد. در این تحقیق تأثیر افزودن فیبر حاصل از ضایعات چغندر قند در مقادیر صفر، ۰/۷، ۱/۵ و ۲ درصد بر خصوصیات رئولوژیکی و فیزیکوشیمیایی و همچنین قابلیت زنده‌مانی باکتری *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* BB-12 در مدت ۶۰ روز در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد در بستنی مورد بررسی قرار گرفت. مخلوط همه نمونه‌ها دارای رفتار رقیق‌شونده با برش بوده و ویسکوزیته آنها با افزایش آهنگ برشی کاهش یافت. استفاده از فیبر چغندر و افزایش مقدار آن منجر به افزایش ضریب قوام و ویسکوزیته ظاهری و کاهش شاخص رفتار جریان مخلوط نمونه‌ها گردید. مقاومت به ذوب نمونه‌های بستنی با افزایش مقدار فیبر افزایش یافت. افزایش درصد فیبر در ترکیب بستنی اثر مشخصی بر بهبود قابلیت زنده‌مانی سلول‌های *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* BB-12 در اثر فرایند انجماد نداشته اما تعداد سلول‌های زنده در پایان دوره نگهداری در نمونه‌های حاوی مقادیر بالاتر فیبر بیشتر بود. ارزیابی حسی نمونه‌ها نیز نشان داد که کاربرد فیبر چغندر تا سطح ۰/۷ درصد از نظر ویژگی‌های حسی مورد پذیرش می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۶/۲۷
تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۴/۱۹

**واژه‌های کلیدی**
بستنی
پروبیوتیک
پری‌بیوتیک
فیبر تفاله چغندرقند

## مقدمه

استفاده از باکتری‌های پروبیوتیک در فرآورده‌های دارویی و غذایی در سال‌های اخیر به شدت گسترش یافته است. پروبیوتیک‌ها در حقیقت مکمل‌های غذایی حاوی میکروارگانیسم‌های زنده هستند که با ایجاد تعادل در فلور میکروبی دستگاه گوارش، روی سلامتی میزبان خود تاثیر می‌گذارند. درحقیقت این باکتری‌ها راه حل مناسبی برای بهبود و حفظ سلامتی و قدرت سیستم ایمنی و از بین بردن عوامل بیماری‌زا هستند. از باکتری‌های اسیدلاکتیک بویژه لاکتوباسیلوس‌ها و گونه‌های بیفیدوباکتریوم می‌توان به عنوان مهم‌ترین پروبیوتیک‌های مورد استفاده در محصولات غذایی و دارویی نام برد (Anal & Singh, 2007).

بنا به دلایلی نظیر دارا بودن محتوای ماده جامد بالا در بستنی و نگهداری در دماهای پایین که از رشد پروبیوتیک‌ها حمایت می‌کند و همچنین

Archive of SID
www.SID.ir

پرطرفداربودن آن به سبب خواص حسی ویژه، بستنی محیط مناسبی برای انتقال پروبیوتیک‌ها به بدن است. بستنی پروبیوتیک می‌تواند تخمیری یا غیرتخمیری باشد. در بستنی تخمیری، باکتری‌های پروبیوتیک به مخلوط بستنی افزوده می‌شوند و گرمخانه‌گذاری تا اسیدیته مورد نظر صورت می‌گیرد، سپس مخلوط حاصل منجمد می‌شود. بستنی غیرتخمیری نیز با افزودن سلول‌های پروبیوتیک به مخلوط بستنی و سپس انجماد مخلوط تهیه می‌شود (Kailasapathy & Sultana, 2003).

استفاده از ترکیبات تقویت‌کننده رشد پروبیوتیک‌ها منجر به تحریک رشد و فعالیت این باکتری‌ها در دستگاه گوارش و خصوصاً روده می شود. این اجزاء غالباً ترکیب کربوهیدراتی داشته و تحت عنوان پری‌بیوتیک می‌باشند. از جمله این ترکیبات، می‌توان به فیبرهای رژیمی اشاره کرد که سبب افزایش زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها می‌شوند و به عنوان یک محصول فراویژه در صنایع غذایی می‌تواند مفید باشد (Sendra *et al.*, 2008).

فیبر رژیمی ترکیبات تشکیل دهنده دیواره سلولی گیاهان هستند و از پلی‌ساکاریدها (سلولز، همی‌سلولز، موسیلاژ و پکتین)، لیگنین و ترکیبات مرتبط مانند واکس‌ها، کوتین و سوبرین تشکیل شده‌اند. این ترکیبات غیرقابل هضم (مقاوم به هضم/هیدرولیز) توسط آنزیم‌های گوارشی انسان می‌باشند (Dello Staffolo *et al.*, 2004).

فیبرهای رژیمی از عواملی مهمی هستند که با سلامتی ارتباط دارند و از سال ۱۹۸۰ به ویژه در محصولات نانوایی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. اما افزودن فیبرها به محصولات لبنی مانند ماست و بستنی نسبتاً جدید است و تحقیقات کمی در این زمینه انجام شده است (El-Nagar *et al.*, 2002; Dello Staffolo *et al.*, 2004).

یکی از منابع فیبری، فیبر چغندر قند است که از تفاله (پالپ) چغندرقند به دست می‌آید. آنچه پس از استخراج قند از خلال چغندرقند باقی می‌ماند تفاله نامیده می‌شود. معمولاً از ۱۰۰ تن خلال چغندرقند ۶ تا ۱۰ تن تفاله خشک با درصدهای قند متفاوت به دست می‌آید.

Akin و همکاران (۲۰۰۷)، اثر افزودن اینولین در سطوح ۱ و ۲ درصد به مخلوط بستنی پروبیوتیک را بر زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها و دو باکتری آغازگر ماست (*استرپتوکوکوس ترموفیلوس* و *لاکتوباسیلوس بولگاریکوس*) و همچنین خصوصیات فیزیکی محصول بررسی کردند. باکتری *استرپتوکوکوس ترموفیلوس* با تعداد بیش از $10^7$ cfu/g، بالاترین تعداد را بعد از ۹۰ روز نگهداری در ۱۸- درجه سانتی‌گراد داشت. همچنین تعداد *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و *بیفیدوباکتریوم لاکتیس* در نمونه شاهد در پایان دوره ماندگاری به $10^5$cfu/g کاهش پیدا کرد در حالی‌که در نمونه‌های غنی شده با اینولین این تعداد cfu/g $10^6$ بود. نتیجه این که افزودن اینولین باعث تقویت رشد دو باکتری آغازگر ماست و باکتری‌های پروبیوتیک گردید.

Sendra و همکاران (۲۰۰۸) ادعا کردند که افزایش فیبر مرکبات به شیرهای تخمیری غنی شده با پروبیوتیک‌ها، قابلیت زیستی و رشد آنها را افزایش می‌دهد که شاید دلیل آن تبدیل سریع لاکتوز به اسیدلاکتیک، تأثیر متقابل اجزای شیر (بطور عمده پروتئین‌ها)، تثبیت شبکه پروتئینی و جلوگیری از انتقال آب آزاد باشد.

Akalin و Erisir (۲۰۰۸)، به بررسی تأثیر اینولین و الیگوفروکتوز بر خواص رئولوژیکی و دوام کشت پروبیوتیک در بستنی کم چرب پرداختند. شمارش میکروبی کشت آغازگر در فرایند نگهداری کاهش یافت اما در انجماد اولیه و مرحله هم‌زدن مخلوط، کاهش شدیدتری مشاهده گردید. بقای *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و *بیفیدوباکتریوم انیمالیس* در حضور الیگوفروکتوز افزایش یافت و حداقل مقدار پیشنهاد شده cfu/g $10^6$ برای *بیفیدوباکتریوم انیمالیس* در بستنی پروبیوتیک همراه با الیگوفروکتوز به دست آمد.

هدف از این تحقیق بررسی اثر پری‌بیوتیکی فیبر حاصل از تفاله چغندرقند بر باکتری پروبیوتیک *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* BB-12 در بستنی و ارزیابی خصوصیات رئولوژیکی، فیزیکوشیمیایی و حسی آن می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

## مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده شامل شیر با ۲/۵ درصد چربی و ۸ درصد ماده خشک (شرکت صنایع شیر پگاه مشهد)، خامه ۳۰ درصد چربی (شرکت صنایع شیر پگاه مشهد)، پودر شیر با ۱ درصد چربی (شرکت گلشاد مشهد)، پایدارکننده Stab-6924 (شرکت بهین گارد، ایران)، کشت باکتریایی پروبیوتیکی شامل کشت خالص لیوفیلیزه باکتری *Bifidobacterium bifidum* BB-12 (شرکت کریستین هانسن، دانمارک)، فیبر چغندر (کارخانه قند شیروان)، شکر و وانیلین (تهیه شده از فروشگاههای محلی) بودند. در ابتدا شیر، خامه، پودر شیر پس چرخ به منظور اطمینان بیشتر از نظر درصد چربی و ماده خشک کل مورد آزمون قرار گرفتند.

### فعال‌سازی *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* (BB-12)

بر اساس نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری کدورت سلولی در محیط مایع MRS و کشت باکتری در محیط MRS-Agar در فواصل زمانی ۲ ساعته در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و رسم منحنی رشد، زمان رسیدن به حداکثر تعداد باکتری ۲۴ ساعت در شرایط بی‌هوازی به دست آمد. به این جهت ۵ تا ۶ گرانول لیوفلیزه باکتری در ۵۰ میلی‌لیتر محیط مایع MRS تلقیح و به مدت زمان ۲۴ ساعت در ۳۷ درجه سانتی‌گراد در شرایط بی‌هوازی تکثیر شد. به منظور ایجاد شرایط بی‌هوازی ارلن حاوی محیط کشت و باکتری داخل جار بی‌هوازی در حضور گازپک A قرار گرفت. سپس به منظور افزایش جمعیت باکتری به تعداد بالاتر از $10^6$cfu/ml نمونه حاصل در ۲۰۰ میلی‌لیتر محیط MRS تلقیح شده و به مدت ۲۴ ساعت دیگر داخل انکوباتور ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. بیومس حاصل با دور g ۴۶۰۰ برای مدت ۵ دقیقه و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد جداسازی و در دو مرحله با محلول استریل ۰/۱ درصد پپتون‌واتر شسته و تا زمان اضافه نمودن به مخلوط بستنی در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. به این ترتیب توده سلولی با غلظت $10^9$ cfu/g به دست آمد (Homayouni *et al*., 2008).

### تهیه فیبر چغندر قند

در تهیه فیبر چغندر قند از پالپ چغندر قند (باقیمانده چغندر پس از استخراج قند آن) استفاده شد. پالپ پس از جمع‌آوری و تا زمان مصرف در فریزر نگهداری شد. در زمان مصرف پس از انجمادزدایی پالپ به روش دستی تمیز شد تا قسمت‌های تیره رنگ چغندر حذف شود. سپس در مخلوط‌کن با اتیل الکل ۹۶ درصد هموژن گردید تا عصاره حاصل از صاف‌کردن کاملاً بیرنگ گردد. سپس در آون با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت قرار داده شد تا رطوبت آن به ۱۱-۹ درصد رسید. تفاله خشک شده آسیاب گردید و در آخرین مرحله با الک مش ۳۰۰-۲۵۰ میلی‌میکرون الک گردید (Özboy & Köksel, 2000).

### تهیه بستنی

فرمولاسیون نمونه‌های بستنی شامل ۱۲ درصد ماده جامد فاقد چربی (SNF)، ۱۰درصد چربی، ۱۵ درصد شکر، ۰/۴ درصد پایدارکننده می‌باشد. برای تهیه نمونه‌ها، مقدار هر کدام از مواد اولیه شامل شیر، خامه، شیر خشک کم‌چرب، شکر و پایدارکننده به روش جبری محاسبه و توزین شدند. انتخاب درصد فیبر چغندر قند بر اساس پیش تیمار اولیه و با بررسی خصوصیات حسی نمونه‌ها انجام شد. به این ترتیب بر اساس ارزیابی حسی بالاترین درصد فیبر بدون ایجاد اثرات منفی بر ویژگی‌های حسی بستنی برابر ۲ درصد تعیین شد. فیبرچغندر قند در سه سطح ۰/۷، ۱/۵ و۲ درصد محاسبه و توزین گردید.

نخست، اجزای مایع مخلوط بستنی شامل خامه و شیر با یکدیگر مخلوط شده تا دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد گرم شدند و به مدت ۲ دقیقه با دور کند مخلوط‌کن هم زده شد. پس از آن مواد جامد شامل شکر، پودر شیرخشک، پایدارکننده و فیبر به مخلوط اضافه گردید و به مدت ۲ دقیقه دیگر هم‌زده شد. پاستوریزاسیون مخلوط در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه به صورت غیرمداوم در حمام آب گرم انجام شد. بلافاصله پس از پاستوریزاسیون، مخلوط بستنی بوسیله مخلوط آب و یخ تا دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد سرد شد و سپس مخلوط آماده شده،

Archive of SID

www.SID.ir

برای طی دوره رساندن به مدت ۲۴ ساعت در داخل یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. عمل رسیدن قابلیت زده شدن مخلوط و همچنین بافت و پیکره محصول نهایی را بهبود می‌بخشد (Marshal & Arbukel, 1996).

بعد از طی دوره رساندن، توده سلولی باکتریایی *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* به مخلوط اضافه شد. سپس مقدار مورد نیاز از مخلوط جهت انجام آزمون‌های ویسکومتری و شمارش باکتری قبل از انجماد کنار گذاشته شده و بقیه در دستگاه بستنی ساز نوع غیرمداوم به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد منجمد شد. نمونه‌ها در ظروف ۵۰ گرمی بسته‌بندی شده و به مدت ۲۴ ساعت در فریزر برای طی دوره سخت شدن قرار گرفتند.

**آزمون‌های مورد بررسی**

**آزمون‌های رئولوژیکی**

به منظور اندازه‌گیری‌های رئولوژیکی از ویسکومتر BROOKFIELD spindle SC4-31 RV مدل DV III ULTRA در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد و دامنه درجه برش ۸۵-۳/۴ بر ثانیه استفاده شد. ویسکوزیته ظاهری در درجه برش ۵۱ بر ثانیه به عنوان ویسکوزیته مؤثر دهانی گزارش شد (Morris, 1983).

**آزمون‌های فیزیکوشیمیایی**

**ضریب افزایش حجم**

ضریب افزایش حجم از طریق توزین حجم مشخصی از بستنی قبل و بعد از انجماد و محاسبه درصد اختلاف آنها از رابطه زیر محاسبه گردید (Marshal & Arbukel, 1996).

رابطه (۱)

$$\text{ضریب افزایش حجم} = \frac{\text{وزن حجم معینی از مخلوط بستنی} - \text{وزن همان حجم از بستنی}}{\text{وزن همان حجم از بستنی}} \times ۱۰۰$$

**مقاومت به ذوب**

برای این منظور مقدار ۳۰ گرم از نمونه بستنی را بعد از انجماد در یک قیف بوخنر ریخته و روی دهانه یک ارلن مایر ۵۰۰ میلی‌لیتری قرار داده شد. ارلن و نمونه را به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده و بعد از این مدت وزن بستنی ذوب شده اندازه‌گیری و درصد مقاومت به ذوب از رابطه زیر حساب شد (Marshal & Arbukel, 1996).

رابطه (۲)

$$\text{درصد مقاومت به ذوب} = \frac{\text{وزن نمونه بستنی} - \text{وزن نمونه ذوب شده}}{\text{وزن نمونه بستنی}} \times ۱۰۰$$

**آزمون‌های میکروبی**

**شمارش سلول‌های *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم***

به منظور شمارش سلول‌های *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم*، ۱۰ گرم از نمونه بستنی را به ۹۰ میلی‌لیتر پپتون‌واتر استریل اضافه نموده و رقیق‌سازی ده‌دهی انجام داده سپس به صورت پورپلیت در محیط MRS-Agar در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت گرمخانه‌گذاری شد و تعداد سلول‌های زنده بعد از طی زمان گرمخانه‌گذاری به صورت تعداد زنده (cfu) در هر گرم بستنی با استفاده از پرگنه‌شمار تعیین گردید (Homayouni *et al*., 2008). جمعیت سلول‌های *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* در نمونه قبل و بعد از انجماد و پس از ۷، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ روز نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد جهت ارزیابی اثر انجماد و نگهداری به صورت منجمد روی قابلیت زنده‌مانی این باکتری شمارش و با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفت.

**ارزیابی حسی**

ارزیابی حسی نمونه‌های بستنی ۱ روز بعد از نگهداری در فریزر ۱۸- درجه سانتی‌گراد و توسط ۱۰ داور از دانشجویان تحصیلات تکمیلی علوم و صنایع غذایی انجام شد. نمونه‌های بستنی بلافاصله بعد از خروج از فریزر در اختیار داوران قرار گرفته و با استفاده از آزمایش هدونیک ۹ امتیازی (۹= بسیار خوب، ۵= نه خوب و نه بد، ۱= بسیار بد) مورد ارزیابی قرار گرفتند .صفات مورد بررسی شامل طعم و مزه، پیکره و بافت، رنگ و پذیرش‌کلی بود (Herald *et al*., 2008).

Archive of SID

www.SID.ir

**تجزیه و تحلیل آماری**

فیبر چغندر قند در سه سطح ۰/۷، ۱/۵ و ۲ درصد همراه باکتری به مخلوط بستنی اضافه شده و نمونه‌ها در سه تکرار تولید و از لحاظ خصوصیات رئولوژیکی، فیزیکوشیمایی، حسی و قابلیت زنده‌مانی باکتری *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* با نمونه شاهد فاقد فیبر چغندر مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج و داده‌های بدست آمده بر اساس طرح پایه کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل با استفاده از نرم افزار Mstat C مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با آزمایش چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۹۵ درصد و رسم منحنی‌ها و برازش نتایج مربوط به آزمایش‌های رئولوژیک با استفاده از نرم افزار Microsoft Excel 2007 انجام شد.

**نتایج و بحث**

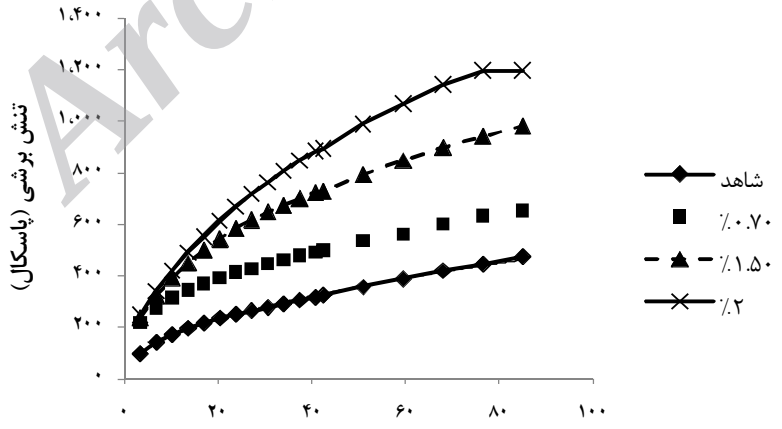
**بررسی رفتار جریان نمونه‌های بستنی**

رئوگرام‌های به دست آمده برای مخلوط‌های بستنی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد در شکل‌های ۱ و۲ آورده شده است. براساس آزمایشات اولیه تمام سیالات مورد مطالعه مستقل از زمان و غیرنیوتنی بودند. رفتار غیرنیوتنی مخلوط‌های بستنی پیش از این توسط Goff و Davidson (۱۹۹۲) گزارش شده بود.

روند تغیرات ویسکوزیته و تنش برشی در برابر درجه برش بیانگر رفتار سودوپلاستیک مخلوط‌ها بود، یعنی ویسکوزیته ظاهری با افزایش درجه برش کاهش یافت (شکل‌های ۱ و ۲). بروز چنین رفتاری به این دلیل است که مولکول‌ها در درجه برش‌های پایین به صورت نامنظم آرایش پیدا می‌کنند و تنها به صورت جزئی هم‌راستا می‌باشند که این به ایجاد ویسکوزیته بالا منجر می‌شود. هنگامی که درجه برش افزایش می‌یابد هم‌راستایی مولکول‌ها بیشتر می‌شود و در نتیجه اصطکاک داخلی افزایش می‌یابد (Rha, 1997; Glichsman, 1982).

مقایسه نمودار تنش برشی در مقابل درجه برش برای نمونه‌های آزمایشی و شاهد نشان می‌دهد که با افزایش درصد فیبر در ترکیب مخلوط، شیب منحنی تغییرات تنش برشی نسبت به درجه برش افزایش می‌یابد، به این معنی که در یک درجه برش معین، تنش برشی به کار رفته در مورد نمونه با درصد بالاتر فیبر بیشتر است (شکل ۱).

در مورد تغییرات ویسکوزیته ظاهری نسبت به درجه برش نیز روند مشابهی در شکل ۲، مشاهده می‌شود. به طوری که ویسکوزیته اولیه در نمونه‌ها با افزایش درصد فیبر بالارفته و روند کاهش ویسکوزیته با افزایش درجه برش نیز با افزایش درصد فیبر با سرعت بیشتری صورت می‌گیرد.

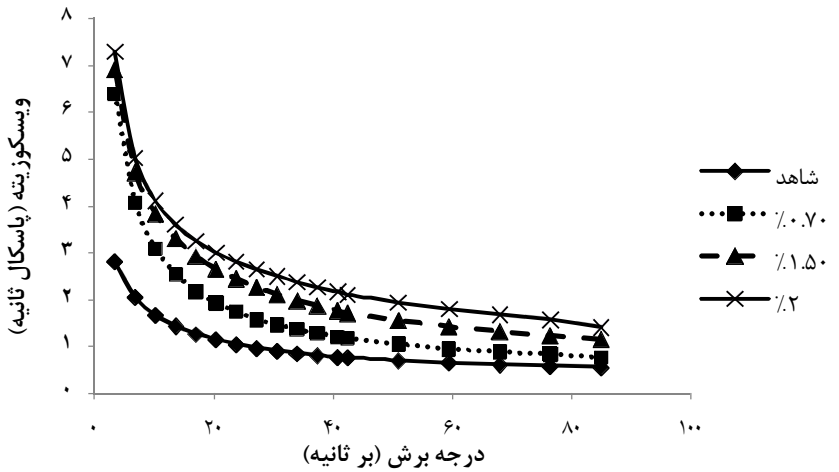



درجه برش (بر ثانیه)

**شکل ۱- تغیرات تنش برشی نسبت به درجه برش در مخلوط بستنی حاوی باکتری BB-12 با درصدهای مختلف فیبر چغندر**

Archive of SID

www.SID.ir




**شکل ۲- تغیرات ویسکوزیته نسبت به درجه برش در مخلوط بستنی حاوی باکتری BB-12 با درصدهای مختلف فیبر چغندر**

در این پژوهش مدل قانون توان برای تشریح رفتار رئولوژیک انتخاب شد:

رابطه (۳) $\tau=K\gamma^n$

در رابطه فوق $\tau$، تنش برشی (بر حسب پاسکال)، $\gamma$ درجه برش (بر حسب بر ثانیه)، K ضریب قوام (بر حسب پاسکال ثانیه به توان n) و n شاخص رفتار جریان است.

مقادیر ضریب قوام، شاخص رفتار جریان و ضریب همبستگی ($r^2$) برای مدل برازش شده در مورد هر کدام از نمونه‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

شاخص رفتار جریان در همه نمونه‌ها کمتر از ۱ بود که مؤید رفتار رقیق‌شونده با برش (سودوپلاستیک) مخلوط‌هاست (n =۱ سیال نیوتنی، n<۱ سیال سودوپلاستیک، n>۱ سیال دایلاتانت). همان‌طورکه ملاحظه می‌شود، مقدار شاخص رفتار جریان در مورد نمونه‌های حاوی ۰/۷ و ۱/۵ درصد فیبر به طور معناداری از نمونه شاهد کمتر است.

**جدول ۱- ضریب قوام (K)، شاخص رفتار جریان(n) و ضریب همبستگی ($r^2$) برای مدل برازش شده در مورد نمونه‌های مخلوط بستنی حاوی سطوح مختلف فیبر چغندرقند و باکتری BB-12**

| نمونه | K (Pa.s$^n$) | n | $r^2$ |
|---|---|---|---|
| شاهد | ۰/۰۵۵b | ۰/۴۸a | ۰/۹۹۷ |
| ٪۰/۷ | ۰/۱۴۳a | ۰/۳۴c | ۰/۹۹۷ |
| ٪۱/۵ | ۰/۱۴۰a | ۰/۴۴b | ۰/۹۹۸ |
| ٪۲ | ۰/۱۳۱a | ۰/۵۱a | ۰/۹۹۸ |

اعداد با حروف لاتین مشابه تفاوت معنی داری در سطح ۹۵ درصد ندارند.

بیشترین مقدار n (۰/۵۱) مربوط به نمونه حاوی ۲ درصد فیبر چغندر بوده که اختلاف آن با مقدار n نمونه شاهد معنادار نبود.

Goff و Davidson (۱۹۹۴)، شاخص رفتار جریان مخلوط‌های بستنی را حدود ۰/۷ گزارش کردند. بر طبق نظر Chinnan و همکاران (۱۹۸۵) با کاهش مقدار n، سودوپلاستیسیته افزایش می‌یابد. همچنین Marcotte و همکاران (۲۰۰۱)، مقدار شاخص رفتار جریان و تغییر آن با غلظت را تابعی از اندازه مولکولی می‌دانند.

Soukoulis و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه اثر فیبرهای رژیمی بر خصوصیات رئولوژیک بستنی به این نتیجه رسیدند که حضور فیبر در ترکیبات نامحلول به طور معناداری ویسکوزیته و رفتار رقیق‌شونده با برش را در بستنی افزایش داده که علت آن افزایش ماده جامد کل و تشکیل شبکه ای از سلولز و همی سلولز هیدراته بود.

کاربرد فیبر چغندر در ترکیب بستنی به طور معناداری باعث افزایش ضریب قوام نمونه‌ها گردید

Archive of SID

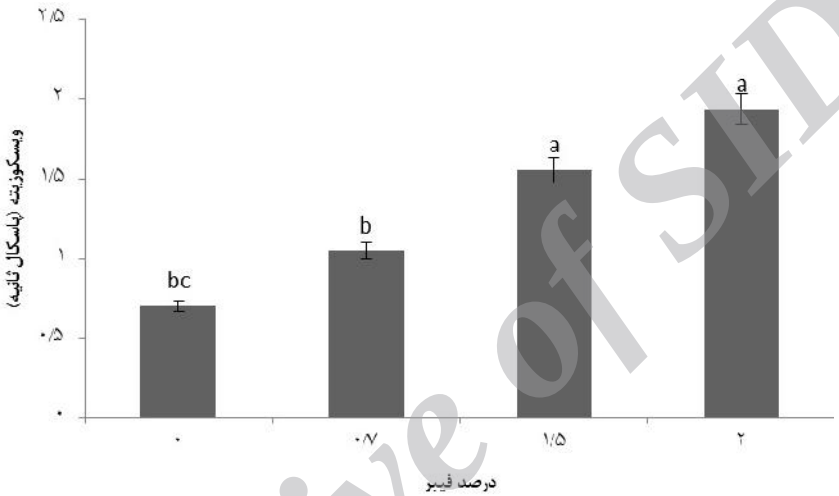
www.SID.ir

(جدول ۱). بین نمونه‌های حاوی مقادیر مختلف فیبر اختلاف معناداری در مقدار ضریب قوام مشاهده نگردید.

ضریب قوام ملاکی برای اندازه‌گیری بافت مواد غذایی نیمه جامد است (Supade & Kassum, 1992). Aime و همکاران (۲۰۰۱) ضریب قوام ۰/۰۷۳۳ تا ۱/۲۶۰ پاسکال ثانیه به توان n را برای مخلوط‌های بستنی گزارش کردند. همچنین در تحقیقات Muse و Hartel (۲۰۰۴) و Minhas و همکاران (۲۰۰۲) مقادیر ضریب قوام مخلوط‌های بستنی به ترتیب ۰/۰۷۳۳-۱/۲۶۰ و ۰/۱۴۵-۰/۲۱۱ پاسکال ثانیه به توان n به دست آمد.

**ویسکوزیته ظاهری**

شکل ۳ ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های مخلوط بستنی حاوی مقادیر مختلف فیبر چغندر را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ویسکوزیته نمونه‌ها با افزایش مقدار فیبر افزایش می‌یابد به طوری‌که کمترین مقدار ویسکوزیته (۰/۷ پاسکال ثانیه) برای نمونه شاهد و بیشترین مقدار آن (۱/۹۴ پاسکال ثانیه) برای نمونه حاوی ۲ درصد فیبر به دست آمد. بین نمونه های ۱/۵ و ۲ درصد با وجود روند افزایشی اختلاف معناداری وجود نداشت.




**شکل ۳- ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های مخلوط بستنی حاوی مقادیر مختلف فیبر چغندر**

فیبرهای محلول ترکیبات اصلی هستند که می‌توانند ویسکوزیته را افزایش دهند. Abdol-Hamid و Luan (۲۰۰۰) نشان دادند که سبوس برنج چربی گرفته به دلیل این که حاوی ۹ درصد فیبر محلول است ویسکوزیته پایینی ایجاد می‌کند. به طور کلی با افزایش غلظت فیبر ویسکوزیته افزایش می‌یابد و با دما نیز رابطه عکس دارد. به نظر می‌رسد ویسکوزیته ظاهری مخلوط‌های بستنی غنی شده با فیبر از طریق تشکیل مواد محلول در ترکیب و تشکیل فیبرهای غیرقابل حل جهت افزایش میزان کل جامدات به وجود می‌آید که بر ترکیب سه بعدی بیوپلیمرهای هیدراته تأثیر می‌گذارد (Soukoulis, 2009).

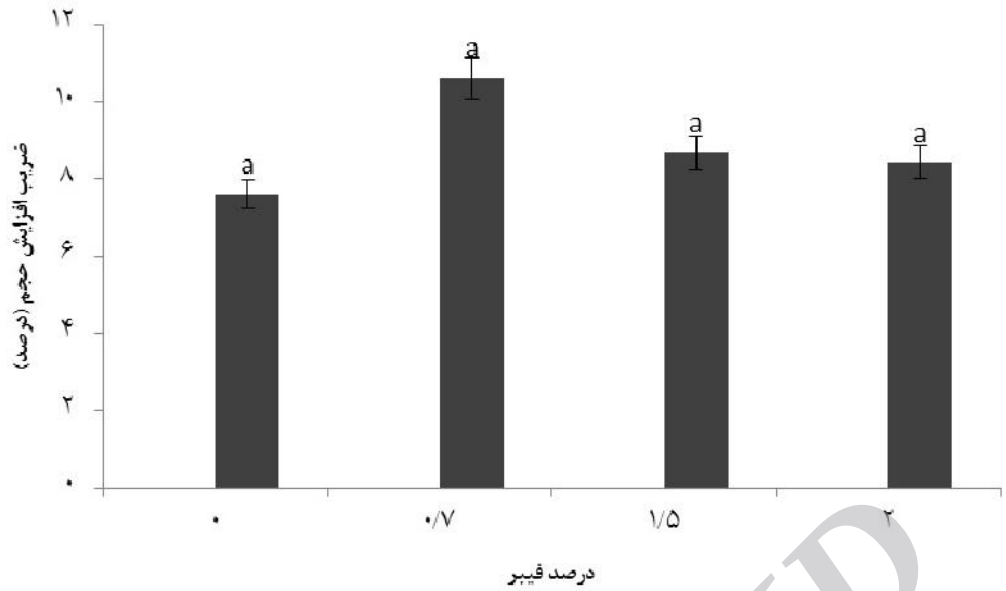
**اثر فیبر چغندر بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی بستنی**

**ضریب افزایش حجم**

با توجه به شکل ۴ افزایش درصد فیبر تا میزان ۲ درصد تأثیر معناداری بر ضریب افزایش حجم در هیچ کدام از نمونه‌ها نداشته است. بیشترین افزایش حجم مربوط به نمونه حاوی ۰/۷ درصد فیبر، و کمترین آن مربوط به نمونه حاوی ۱/۵ درصد فیبر بود.

Archive of SID

www.SID.ir




**شکل ۴-ضریب افزایش حجم نمونه‌های بستنی با درصدهای مختلف فیبر**

اوران، افزایش حجم بستنی نسبت به حجم مخلوط آن به‌دلیل ورود هوا به داخل مخلوط می‌باشد و میزان اوران تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله نوع اجزای مخلوط نظیر میزان چربی، مواد جامد، شیرین‌کننده‌ها و حضور مواد پایدارکننده می‌باشد (Akin *et al*., 2007). مواد فعال سطحی نظیر پروتئین‌های شیر، بعضی از امولسیفایرها و پایدارکننده‌ها خصوصیات همزدن را بهبود داده و اندازه سلول‌های هوا را کاهش می‌دهند در حالی که چربی و سایر امولسیفایرها اثر منفی روی خواص همزدن دارند به این دلیل که حجم کف بستگی به غلظت پروتئین دارد. بنابراین با توجه به ترکیب کربوهیدراتی فیبرها چنین به نظر می‌رسد که کاربرد فیبر در مقادیر بالا در بستنی با کاهش درصد پروتئین محصول و همچنین افزایش بیش از حد ویسکوزیته که اثر منفی بر خصوصیات همزدن دارد منجر به کاهش ضریب افزایش حجم نمونه‌ها گردیده است.

Akin و همکاران (۲۰۰۷)، نیز بیان داشتند که افزودن اینولین به میزان ۱ یا ۲ درصد تأثیری بر افزایش حجم نمونه‌های بستنی نداشته است.

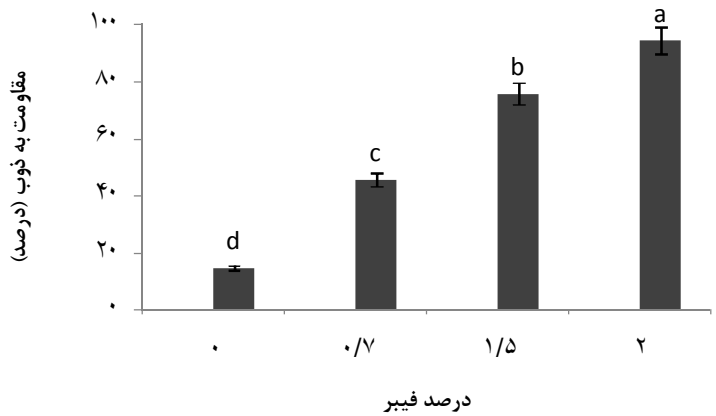
توجه به این نکته ضروری است که ضریب افزایش حجم در بستنی از عوامل مختلفی از جمله نوع تجهیزات مورد استفاده در انجماد مخلوط تأثیر می‌پذیرد که نوع اجزای مورد استفاده در ترکیب محصول تنها یکی از آن موارد است.

**مقاومت به ذوب**

به گونه‌ای که از شکل ۵ بر می‌آید، مقاومت به ذوب نمونه‌ها با افزایش درصد فیبر به طور معناداری افزایش یافته است. به گونه‌ای که کمترین درصد مقاومت به ذوب مربوط به نمونه شاهد و بیشترین مقدار (۹۴/۶۷ درصد) مربوط به نمونه ۲ درصد فیبر می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir




**شکل ۵- مقاومت به ذوب نمونه‌های بستنی با درصدهای مختلف فیبر**

گزارش شده که ناپایدار شدن چربی بیشترین اثر را در سرعت ذوب بستنی دارد (Muse & Hartel, 2004). محققان ناپایدار شدن چربی را به ویسکوزیته بالا و نوع اجزاء بستنی نسبت می‌دهند. همچنین گزارش شده که افزایش ویسکوزیته بستنی باعث افزایش مقاومت به ذوب و بهبود صافی آن می‌شود (Herald *et al*., 2008).

Milani و Koocheki (۲۰۱۰) گزارش کردند که افزایش ضریب قوام و ویسکوزیته مخلوط بستنی می‌تواند منجر به بهبود مقاومت به ذوب نمونه‌ها شود. بر این اساس بالاتر بودن میزان مقاومت به ذوب نمونه‌های حاوی مقادیر بیشتر فیبر را می‌توان به مقادیر بالاتر ویسکوزیته ظاهری مخلوط این نمونه‌ها نسبت داد.

### اثر فیبر چغندر بر قابلیت زنده مانی *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم*

جدول ۲ تعداد زنده باکتری *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* در حضور فیبر چغندرقند با درصدهای مختلف (صفر، ۰/۷، ۱/۵ و ۲ درصد) را قبل و بعد از انجماد و همچنین در طول ۶۰ روز نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد در نمونه‌های بستنی نشان می‌دهد. همچنین روند کاهش جمعیت سلولی در طول زمان نگهداری در ۴ نمونه در شکل ۶ مورد مقایسه قرار گرفته است.

بر اساس نتایج به دست آمده تعداد باکتری‌های زنده در همه نمونه‌ها بعد از انجماد و همچنین در طول زمان نگهداری متفاوت بود. قابلیت زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها به عنوان مقدار زمان مورد نیاز یا صرف شده برای نابود ساختن یا تلف‌کردن ۹۰ درصد یا یک سیکل لگاریتمی از میکروارگانیسم‌ها تعریف می شود.

بر اساس جدول، تعداد باکتری‌ها در نمونه شاهد بعد از انجماد نسبت به قبل از انجماد ۰/۳۲ سیکل لگاریتمی کاهش داشته است. در حالی‌که در نمونه‌های ۰/۷، ۱/۵ و ۲ درصد فیبر به ترتیب ۰/۴۰، ۰/۲۶ و ۰/۵۴ سیکل لگاریتمی کاهش یافته است. همچنین تعداد باکتری‌های زنده در پایان ۶۰ روز نگهداری نسبت به قبل انجماد در نمونه شاهد، ۰/۷، ۱/۵ و ۲ درصد فیبر به ترتیب ۲/۹۷، ۱/۸۰، ۱/۳۶ و ۱/۳۴ سیکل لگاریتمی کاهش داشته است.

**جدول ۲- نتایج شمارش تعداد *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* (cfu/g) قبل و بعد از انجماد و در طول زمان نگهداری در نمونه‌های بستنی حاوی فیبر چغندر**

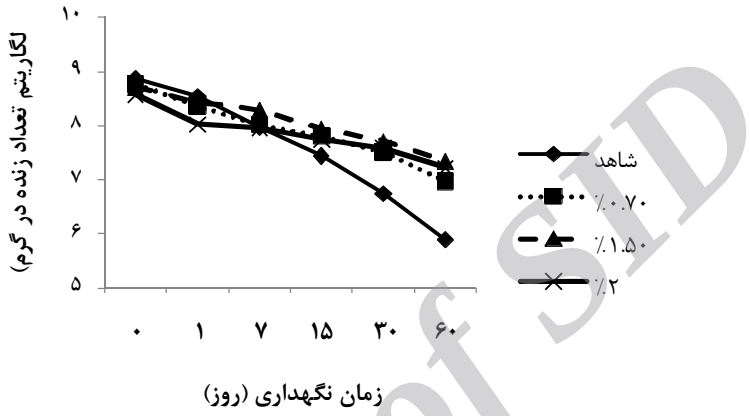
| | زمان (روز) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| نمونه | ۰ | ۱ | ۷ | ۱۵ | ۳۰ | ۶۰ |
| ۰ | $۷/۵۰\times۱۰^{۸}$ | $۳/۵۶\times۱۰^{۸}$ | $۹/۳۶\times۱۰^{۷}$ | $۲/۸۰\times۱۰^{۷}$ | $۵/۶۰\times۱۰^{۶}$ | $۷/۹۱\times۱۰^{۵}$ |
| ۰/۷ | $۵/۹۲\times۱۰^{۸}$ | $۲/۳۱\times۱۰^{۸}$ | $۱/۰۵\times۱۰^{۸}$ | $۶/۳۶\times۱۰^{۷}$ | $۳/۲۵\times۱۰^{۷}$ | $۹/۲۰\times۱۰^{۶}$ |
| ۱/۵ | $۵/۱۲\times۱۰^{۸}$ | $۲/۷۸\times۱۰^{۸}$ | $۱/۹۵\times۱۰^{۸}$ | $۸/۶۶\times۱۰^{۷}$ | $۵/۲۳\times۱۰^{۷}$ | $۲/۲۰\times۱۰^{۷}$ |
| ۲ | $۳/۶۹\times۱۰^{۸}$ | $۱/۰۶\times۱۰^{۸}$ | $۹/۱۲\times۱۰^{۷}$ | $۵/۶۸\times۱۰^{۷}$ | $۳/۹۲\times۱۰^{۷}$ | $۱/۶۷\times۱۰^{۷}$ |

Archive of SID

www.SID.ir

کاهش تعداد سلول‌ها در نتیجه فرایند انجماد احتمالاً به دلیل آسیب انجمادی سلول ها که در نهایت به مرگ آنها منتهی می‌شود، می‌باشد. در عین حال فشارهای مکانیکی ناشی از هم‌زدن در فرایند انجماد و همچنین الحاق اکسیژن به داخل مخلوط ممکن است باعث کاهش بیشتر در تعداد باکتری‌ها گردد. در عین حال بقای باکتری‌ها در مقابل شرایط نامطلوب مانند سمیت اکسیژن، انجماد و نگهداری به حالت منجمد بستگی به گونه دارد (Haynes & Playne, 2002; Kailasapathy & Sultana, 2003 Homayouni *et al*., 2007; Homayouni *et al*., 2008).

عامل دیگری که سبب مرگ سلول‌ها در اثر انجماد می‌شود تغییرات دمایی در طول دوره نگهداری محصول است. این موضوع پدیده‌های تبلور مجدد، رشد بلورها و تغییرات pH را به همراه دارد که نتیجه آنها مرگ شیمیایی یا مکانیکی سلول‌ها است (Vinderola & Reinheimer, 1999).




**شکل ۶- روند کاهش تعداد *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* در طول زمان نگهداری در نمونه‌های مختلف بستنی با درصدهای مختلف فیبر چغندر**

با توجه به شکل ۶، بیشترین کاهش تعداد باکتری مربوط به نمونه شاهد می‌باشد و کمترین کاهش مربوط به نمونه حاوی ۱/۵ درصد فیبر می‌باشد. با توجه به نمودار، کاهش در نمونه شاهد با شیب تندتر اتفاق افتاده است و با افزایش درصد فیبر کاهش با شیب ملایم‌تری همراه بوده است. همچنین کاهش در تعداد باکتری تا پایان ۷ روز با شدت بیشتری همراه بوده و از روز هفتم تا پایان ۶۰ روز شدت این کاهش کمتر بوده است. Vinderola و Reinheimer (۱۹۹۹)، بیان داشتند که بیشترین آسیب انجمادی به سلول‌ها در طول انجماد و روزهای اول نگهداری به حالت منجمد اتفاق افتاده و سپس سرعت مرگ سلول‌ها کم می‌شود.

بر اساس نتایج به دست آمده، افزودن فیبر چغندر اثری بر حفاظت سلول‌های *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* در برابر انجماد نداشته در حالی که افت باکتری پس از ۶۰ روز نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد در نمونه‌های حاوی فیبر نسبت به نمونه شاهد پایین‌تر است.

Chen و همکاران (۲۰۰۵) پری‌بیوتیک‌هایی نظیر فروکتوالیگوساکارید و ایزومالتوالیگوساکارید، یک تقویت‌کننده رشد (پپتید) و آلژینات سدیم را به عنوان مواد پوشش‌دهنده برای میکروانکپسولاسیون پروبیوتیک‌هایی نظیر *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* آزمایش کرده و مشاهده کردند که استفاده از این ترکیبات باعث افزایش بقای باکتری‌ها در حد بالایی می‌شود. همچنین استفاده از فروکتوالیگوساکارید در سه غلظت صفر، ۰/۴ و ۰/۸ درصد در ترکیب بستنی ماستی باعث بهبود بقای *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* La-5 در حالت میکروکپسول شده در طی ۶۰ روز نگهداری در حالت منجمد شد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۰). اثر مثبت شیر سویا بر بهبود قابلیت زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* La-5 در ماست منجمد طی دوره

Archive of SID

www.SID.ir

ماندگاری توسط Mahdian (۲۰۱۲) گزارش شده است.

**اثر فیبر بر خصوصیات حسی بستنی**

جدول ۳ میانگین امتیازات حسی نمونه‌های بستنی پروبیوتیک حاوی مقادیر مختلف فیبر چغندر را نشان می‌دهد.

بالاترین امتیاز طعم مربوط به نمونه شاهد است. در عین‌حال پذیرش طعم نمونه‌های حاوی فیبر نیز اختلاف معناداری با نمونه شاهد نداشته است.

امتیاز بافت نمونه‌های آزمایشی به طور معناداری از نمونه شاهد پایین‌تر است (جدول ۳). بین نمونه‌های حاوی مقادیر مختلف فیبر، اختلاف معناداری از نظر امتیاز بافت مشاهده نگردید.

**جدول ۳- میانگین امتیازات حسی نمونه‌های بستنی پروبیوتیک حاوی مقادیر مختلف فیبر چغندر**

| | شاهد | ٪۰/۷ | ٪۱/۵ | ٪۲ |
|---|---|---|---|---|
| طعم | ۶/۲۹abc | ۵/۲۹abc | ۴/۵۷bc | ۳/۷۱c |
| بافت | ۷/۴۳a | ۵/۵۷bc | ۴cd | ۳/۱۴d |
| رنگ | ۷a | ۶ab | ۴/۵۷ab | ۳/۷۱b |
| پذیرش کلی | ۷a | ۵/۲۹abc | ۴/۵۷bc | ۳/۱۴c |

اعداد با حروف لاتین مشابه تفاوت معنی داری در سطح ۹۵ درصد ندارند.

همان طور که از جدول ۳ بر می آید، با وجود بالاتر بودن امتیاز رنگ و پذیرش‌کلی نمونه شاهد، کاربرد فیبر چغندر و افزایش مقدار آن تا سطح ۱/۵ درصد اثر منفی بر رنگ نمونه‌های بستنی پروبیوتیک ندارد. همچنین پذیرش کلی نمونه حاوی ۰/۷ درصد فیبر نیز اختلاف معناداری با نمونه شاهد نداشته در حالی که افزایش بیشتر فیبر چغندر منجر به کاهش پذیرش کلی نمونه‌ها گردید.

نتایج ارزیابی های حسی انجام شده توسط Homayouni و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد که افزودن پروبیوتیک‌ها اثری روی خواص حسی فرآورده‌های غیرتخمیری لبنی نداشت. نتایج ارزیابی رنگ، بافت و مزه همه نمونه‌ها خوب بودند و هیچ نشانه بد طعمی یافت نشد.

طبق گزارش احمدی و همکاران (۱۳۹۰)، نتایج مقایسه نمونه‌های مختلف بستنی ماستی تهیه شده با باکتری *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* حاوی درصدهای مختلف فروکتوالیگوساکارید و نمونه‌های فاقد فروکتوالیگوساکارید نشان داد که بین نمونه‌ها از نظر طعم، آروما، بدنه و بافت، رنگ و پذیرش کلی اختلاف معناداری وجود ندارد.

Dervisoglu و Yazici (۲۰۰۶)، نشان دادند افزودن فیبر مرکبات و پایدارکننده تا سطح ۰/۸ درصد تأثیری بر بافت، بدنه، طعم و پذیرش‌کلی نمونه‌های بستنی ایجاد نمی‌کند.

**نتیجه‌گیری**

بر اساس نتایج بدست آمده نمونه‌های مخلوط بستنی حاوی مقادیر مختلف فیبر چغندر رفتار سودوپلاستیک نشان داده و ویسکوزیته ظاهری آنها با افزایش درجه برش کاهش یافت. افزایش مقدار فیبر، منجر به افزایش ضریب قوام و ویسکوزیته ظاهری و کاهش شاخص رفتار جریان مخلوط نمونه‌ها گردید. مقاومت به ذوب نمونه‌های بستنی با افزایش مقدار فیبر افزایش یافت. همچنین با توجه به اثر فیبر بر بهبود قابلیت زنده‌مانی باکتری *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* در طول ۶۰ روز نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد، فرضیه پری‌بیوتیک بودن فیبر چغندر مورد تأیید قرار گرفت. با توجه به نتایج ارزیابی حسی نمونه‌ها ویژگی‌های حسی بستنی حاوی ۰/۷ درصد فیبر اختلاف معناداری با نمونه شاهد نداشته بنابراین کاربرد این مقدار فیبر برای تولید بستنی فراسودمند سین‌بیوتیک پیشنهاد می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

**منابع**


۱- احمدی ع.، سالارباشی د.، اعلمی م. و مرتضوی ع. ۱۳۹۰. ارزیابی بقای باکتری ریزپوشانی شده *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* La-5 در طی دوره نگهداری بستنی ماستی سین‌بایوتیک. مجموعه مقالات نخستین همایش فراملی بهینه‌سازی زنجیره تولید، توزیع و مصرف در صنایع غذایی، گرگان، ص ۲۱۰.

2- Abdul-Hamid, A., & Luan, Y.S. 2000. Functional properties of dietary fiber prepared from defatted rice bran. Food Chemistry, 68:15-19.

3- Aime, D. B., Arntfield, S. D., Malcolmson, L. J., & Ryland, D. 2001. Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products, Food Research International, 34: 237-246.

4- Akalin, A.S. & Erisir, D. 2008. Effects of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in low-fat probiotic ice cream. Journal of Food Science, 73(4): 184-188.

5- Akin, M.B., Akin, M.S., & Kirmaci, Z. 2007. Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream. Food Chemistry, 104: 93–99.

6- Anal A. K., & Singh H. 2007. Recent advances in microencapsulation of probiotics for Industrial applications and targeted delivery. Trends in Food Science and Technology, 18: 240-251.

7- Chen K. N., Chen M. J., Liu J. R., Lin C. W., & Chiu H. Y. 2005. Optimization of incorporated prebiotics as coating materials for probiotic microencapsulation. Journal of Food Science, 70: 260-266.

8- Chhinnan M. S., McWaters K. H., & Rao V. N. M. 1985. Rheological characterization of grain legume pastes and effect of hydration time and water level on apparent viscosity. Journal of Food Science, 50: 1167-1171.

9- Cottrel, J. I. L., Pass, G., & Phillips, G. O. 1980. The effect of stabilizers on the viscosity of an ice cream mix. Journal of the Science of Food and Agriculture, 31: 1066-1070.

10- Dello Staffolo, M., Bertola, N., Martino, M., & Bevilacqua, y. A. 2004. Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt, International Dairy Journal, 14: 263–268.

11- Dervisoglu, M., Yazici F., & Aydemir O. 2005. The effect of soy protein concentrate addition on the physical, chemical, and sensory properties of strawberry flavored ice cream, European Food Research and Technology, 221: 466-470.

12- El-Nagar G., Clowes G., Tudorica C. M., Kuri V., & Brennan C. S. 2002. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. International Journal of Dairy Technology, 55(2): 89-93.

13- Glichsman, M. 1982. Food Hydrocolloids, Vol. I. CRC Press Inc. Florida.

14- Goff, H. D., & Davidson V. J. 1992. Flow characteristics and holding time calculations of ice cream mixes in HTST holding tubes. Journal of Food Protection, 55: 34-37.

15- Goff, H. D., & Davidson, V. J. 1994. Controlling the viscosity of ice cream mixes at pasteurization temperatures. Modern Dairy, 73: 12-14.

16- Herald T. J., Aramouni F. M., & Abu-Ghoush, M. H. 2008. Comparison study of egg yolks and egg alternatives in French vanilla ice cream, Journal of Texture Studies, 39: 284-295.

17- Haynes, IN. & Playne, M.J. 2002. Survival of probiotic cultures in low-fat ice-cream. Australian-Journal-of-Dairy-Technology, 57 (1): 10-14.


Archive of SID

www.SID.ir

18-Homayouni, A., Ehsani, M. R., Azizi, A., Yarmand, M. S. & Razavi, S. H. 2007. Selection of appropriate probiotic strains for use in ice cream. Proceedings of the third IDF international symposium on ice cream, pp. 124.

19-Homayouni, A., Azizi, A., Ehsani, M.R., Yarmand, M.S. & Razavi, S.H. 2008. Effect of microencapsulation and resistant starch on the probiotic survival and sensory properties of synbiotic ice cream. Food Chemistry, 111: 50–55.

20- Kailasapathy K. & Sultana K. 2003. Survival and b-D-galactosidase activity of encapsulated and free *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis* in ice-cream. Australian Journal of Dairy Technology, 58(3): 223–227.

21- Kaya, S., & Tekin, A. R. 2001. The effect of salep content on the rheological characteristics of a typical ice cream mix. Journal of Food Engineering, 47: 59-62.

22- Mahdian, E. 2012. Study the viability of Lactobacillus acidophilus in a soy based frozen yoghurt, In Proceeding of 7th International Conference on Food Safety, Dubai, UAE.

23- Marcotte, M., Hoshahili, A. R. T., & Ramaswamy, H. S. 2001. Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature, Food Research International, 34, 695-703.

24- Marshal, R. T., & Arbukel, W. S. 1996. Ice cream, Chapman & Hall Press.

25- Milani, E., & Koocheki, A. 2010. The effects of date syrup and guar gum on physical, rheological and sensory properties of low fat frozen yoghurt dessert. International Journal of Dairy Technology, 63: 1-8.

26- Minhas, K. S., Sidhu, J. S., Mudahar, G. S., & Singh, A. K. 2002. Flow behavior characteristics of ice cream mix made with buffalo milk and various stabilizers, Plant Food for Human Nutrition, 57: 25-40.

27- Morris, E. R. 1983. Rheology of hydrocolloids. In: Gums and stabilizers for the food industry, Vol. II, Pergamon Press Oxford, UK.

28- Muse, M. R., & Hartel, R.W. 2004. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. Journal of Dairy Science, 87: 1-10.

29- Özboy, Ö., & Köksel ,H. 2000. Effects of sugar beet fiber on spaghetti quality, Zucker Industrie, 125(4): 248-250.

30- Rha, C. 1975.Theories and principles of viscosity. In C. Rha (Ed.), Theory determination and control of physical properties of food materials. Dordreretch, The Netherlands: Reidel.

31- Schmidt, K. A., Kim, J., & Jeon, I. J. 1997. Composition of carbohydrates and concentration of β-galactosidase of commercial frozen yogurt. Journal of Food Quality, 20: 349–358.

32- Sendra, E., Fayos, P., Lario, Y., Fernandez-Lopez, J., Sayas-Barbera, E., & Perez-Alvare, J.A., 2008. Incorporation of citrus fibers in fermented milk containing probiotic bacteria. Food Microbiology, 25:13–21.

33- Sopade, P. A., & Kassum, A. L. 1992. Rheological characterization of akamu a semi-fluid food from maize millet and sorghum. Journal of cereal science, 15: 193-202.

34- Soukoulis C., Lebesi D., & Tzia C. 2009. Enrichment of ice cream with dietary fiber: Effects on rheological properties, ice crystallization and glass transition phenomena. Food Chemistry, 115: 665–671.

35- Vinderola C. G., & Reinheimer J A. 1999. Culture media for the enumeration of *Bixdobacterium bixdum* and *Lactobacillus acidophilus* in the presence of yoghurt bacteria. International Dairy Journal, 9: 497-505.

Archive of SID

www.SID.ir

# Study the possibility of symbiotic ice cream production using sugar beet fiber and *bifidobacterium bifidum* BB-12

**Elham Mahdian[1*], Masoomeh Mehraban Sangeatash,[2] Reza Karazhian[3], Tahereh Vaghei[4]**

1- Assistant professor, Department of Food Science and Technology, Quchan branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran
* Corresponding author (emahdian2000@yahoo.com)
2- Assistant professor, Department of Food Quality and Safety, Institute of Food Science and Technology, ACECR, Mashhad, Iran
3- Lecturer, Department of Food Quality and Safety, Institute of Food Science and Technology, ACECR, Mashhad, Iran
4- MSc. Graduated Student, Department of Food Science and Technology, Quchan branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran

**Abstract**

Sugar Beet waste is obtained from sugar industry and usually is used for animal feeding. However it is a rich source of dietary fibers that, in addition to its abundance, is cheap. In this study, the effect of adding fiber obtained from beet waste at levels of 0, 0.7, 1.5 and 2% on the rheological, physicochemical features and the viability of *Bifidobacterium bifidum* BB-12 in ice cream during 60 days at -18°C was investigated. All the mixes showed pseudo plastic flow behavior and the apparent viscosity decreased with increasing shear rate. Increasing the amount of sugar beet fiber led to increasing consistency coefficient and apparent viscosity values while decreasing flow behavior index of ice cream mixes. Ice cream melting resistance improved by increasing the amount of sugar beet fiber .Increasing fiber content in ice cream had no significant effect on the viability of *Bifidobacterium bifidum* BB-12 cells obtained from the freezing process, but at the end of the storage period, the number of live organisms in samples containing higher amount of sugar beet fiber was more. Sensory evaluation of the samples also revealed that the application of sugar beet fiber up to 0.7% in ice cream is acceptable.

**Keywords:** Ice cream, Prebiotic, Probiotic, Sugar beet fiber

Archive of SID

www.SID.ir