Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:10 IRDT on Wednesday August 19th 2020

تاثیر غلظت های مختلف اینولین و آب پنیر بر ویژگی های کیفی و رئولوژیکی دوغ آلوئه ورای حاوی باکتری‌های پروبیوتیک ریزپوشانی شده

مسعود دزیانی[1*]، فاطمه شهدادی[2]، رقیه عزتی[1]

1-بخش صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد صوفیان، صوفیان، ایران

2-گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

(تاریخ دریافت: 98/11/19 تاریخ پذیرش: 99/03/11)

چکیده

هدف این مطالعه بررسی اثر ریزپوشانی با آلژینات سدیم/نشاسته مقاوم و آلژینات سدیم/کیتوزان بر خواص کیفی، رئولوژیکی و زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک *بیفیدوباکتریوم انیمالیس* زیرگونه *لاکتیس* در دوغ آلوئه‌ورا بود. میزان 10 درصد ژل آلوئه ورا همراه با غلظت‌های مختلف آب‌پنیر (5، 10 و 15 درصد) و اینولین (0/5، 1 و 1/5 درصد) به دوغ پروبیوتیک اضافه و تاثیر آن در حفاظت از باکتری‌های پروبیوتیک و خواص کیفی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد افزایش میزان اینولین تاثیر معنی‌داری بر pH نمونه‌های دوغ نشان نداد. افزایش درصد آب پنیر تا سطح 5 درصد تاثیر معنی‌داری بر pH نمونه ها نشان نداد ولی افزایش بیشتر آن باعث کاهش معنی دار pH نمونه ها در طول دوره نگهداری گردید. از لحاظ ویژگی‌های حسی نمونه های دوغ حاوی اینولین 1 درصد و باکتری‌های ریزپوشانی شده با آلژینات سدیم/ کیتوزان بیشترین امتیاز از لحاظ طعم را دریافت کردند و کمترین امتیاز مربوط به تیمار شاهد (بدون اینولین و آب پنیر) و باکتری‌های آزاد بود. نمونه‌های دوغ حاوی اینولین 1/5 درصد کمترین میزان جدا شدن سرم و نمونه شاهد (بدون اینولین و آب پنیر) بیشترین درصد جدا شدن سرم را در پایان دوره نگهداری نشان داد. بطور کلی نمونه‌های حاوی ریزکپسول‌ها درصد جدا شدن سرم کمتری نسبت به نمونه‌های حاوی باکتری های آزاد در طول 28 روز نگهداری داشتند. بیشترین میزان ویسکوزیته و ضریب قوام در بین تیمارهای مورد مطالعه به نمونه‌های دوغ حاوی اینولین 1/5 درصد اختصاص یافت. فرایند ریزپوشانی باعث افزایش ویسکوزیته ظاهری (121 cp)، شاخص قوام (152) و مدول افت (1741 Pa) و کاهش شاخص رفتار جریان (0/46) نمونه‌های دوغ گردید. ریزپوشانی باکتری‌های پروبیوتیک توسط آلژینات سدیم/نشاسته مقاوم و آلژینات سدیم/کیتوزان و استفاده از آب پنیر و اینولین در نمونه های دوغ باعث افزایش زنده‌مانی آنها در طول دوره نگهداری گردید.

کلید واژگان: دوغ سین بیوتیک، آلوئه ورا، ریزپوشانی، اینولین، آب پنیر

* مسئول مکاتبات: dezyani2002@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:10 IRDT on Wednesday August 19th 2020

1- مقدمه

امروزه مصرف کنندگان مواد غذایی به مواردی مانند طعم مطبوع، پایین بودن کالری و چربی و اثر مفید غذا بر سلامتی توجه خاصی دارند. از این رو صنایع غذایی در تلاش است محصولاتی تولید نماید که طعم و خواص بهتری داشته باشند که در این بین فرآورده‌های لبنی کم چرب و فراوری شده با پروبیوتیک‌ها از اهمیت زیادی در ارتقاء سلامت برخوردار می‌باشند [1]. در سال‌های اخیر میل به استفاده از باکتری های مفیدی به نام پروبیوتیک‌ها به عنوان یک رژیم کمکی در صنایع غذایی رو به رشد بوده است. پروبیوتیک‌ها در درمان و پیشگیری بیماری‌هایی نظیر آلرژی، اسهال، عدم تحمل لاکتوز، عفونت دستگاه ادراری، عفونت با هلیکو باکتر، سندروم روده تحریک پذیر، التهاب روده و التهاب مزمن سینوس‌ها مؤثر می-باشند [2]. به منظور اثر بخشی پروبیوتیک‌ها برای انسان، تعداد میکروارگانیسم‌های زنده باید بیش از 6 log CFU/g باشند تا میزان مناسب دوز روزانه 10^9-10^6 باکتری زنده را فراهم کند. باکتری‌های پروبیوتیک به صورت مکمل‌های غذایی یا فراورده‌های دارویی عرضه می‌شوند. نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که بهترین تأثیر زمانی است که این باکتری ها به فرآورده غذایی و بویژه محصولات لبنی اضافه شوند [3].

ازآن جا که در فرآورده‌های لبنی تخمیری میزان رشد و ماندگاری پروبیوتیک‌ها پایین است، لذا برای افزایش زمان ماندگاری و افزایش میزان کیفیت محصول پروبیوتیکی از پپتیدها، اسیدهای آمینه و اولیگوساکاریدهای غیرقابل هضم همراه میکروارگانیسم‌های پروبیوتیکی در این محصولات استفاده می‌گردد. محصولات پروبیوتیکی همراه با پری بیوتیک-ها نقش مهمی در ایجاد تعادل میکروفلور روده دارد [4].

یکی دیگر از راه‌های افزایش زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها فرایند ریزپوشانی است. ریزپوشانی پروبیوتیک‌ها می‌تواند جهت افزایش قابلیت حیات در طی فرآیند و تحویل در قسمت‌های هدف در مجاری معدی و روده‌ای به کار گرفته‌شود. هم‌چنین رهایش کنترل شده نیز از دیگر مزایای ریزپوشانی است که در مورد باکتری‌های پروبیوتیک می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. به این شکل که استفاده از ترکیبات پوششی که مقاوم به شرایط معده و دستگاه گوارش باشند مانند استفاده از کربوهیدارت‌ها یا چربی‌ها که شرایط اسیدی روده را تحمل نموده و سبب رهایش نشوند می‌تواند موجب حفاظت پروبیوتیک‌ها و رهایش آنها در مناطق هدف که همان روده است گردد [5].

ژل آلوئه ورا، با توجه به ترکیب آن، دارای مواد مغذی است که به احتمال زیاد به ارتقاء رشد عوامل پروبیوتیک کمک می‌کند [6]. تحقیقات نشان داده که در محصولات تخمیری غنی شده با آلوئه ورا زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* در طی دوره نگهداری بهبود یافته‌است [7].

هدف از این تحقیق تولید دوغ آلوئه ورا با استفاده از گونه‌های پروبیوتیک شامل باکتری‌های آزاد و ریز پوشانی شده *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و *بیفیدوباکتریوم لاکتیس*، موادی مانند اینولین و آب پنیر و بررسی برخی خصوصیات کیفی و رئولوژیکی این محصولات می باشد.

2-مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده در پژوهش شامل؛ باکتری بیفیدوباکتریوم انیمالیس زیرگونه لاکتیس(BI-01) و استارتر ماست (CY340) (شرکت کریستسن هانسن دانمارک)، آلژینات سدیم (سیگما آمریکا)، کیتوزان (با درجه دی استیلاسیون بیش از 75 درصد با وزن مولکولی کم) (سیگما آمریکا)، نشاسته مقاوم (درجه خلوص 99/9 درصد) (مرک آلمان)، اینولین متوسط زنجیر (شرکت سنسوس هلند)، پودر آب پنیر (پگاه ایران)، بافر فسفات (سیگما آمریکا) و ... بود.

2-1- فرایند ریزپوشانی و تولید دوغ پروبیوتیک

ریزپوشانی پروبیوتیک‌های مورد نظر به وسیله آلژینات و نشاسته مقاوم و همچنین آلژینات و کیتوزان (با وزن مولکولی کم، درجه استیلاسیون بیش از 75 درصد) با روش اکستروژن و با دستگاه میکروانکپسولاتور چند نازلی به صورت زیر انجام گرفت:

ابتدا 20 گرم آلژینات سدیم به 200 میلی‌لیتر آب مقطر اضافه و سپس استریل شد. پس از آن محلول آلژینات به مدت یک شب در یخچال قرار داده شد تا ذرات آلژینات به خوبی آب جذب کنند. میزان 10 گرم سوسپانسیون باکتریایی پروبیوتیک فعال شده به آلژینات اضافه و مخلوط حاصل توسط دستگاه میکرو انکپسولاتور چند نازلی به درون محلول کلرید کلسیم

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:10 IRDT on Wednesday August 19th 2020

0/1 مولار حاوی توین 80 تزریق گردید. بعد از تشکیل دانک‌ها، آنها شسته شده و دو مسیر را طی کردند: در مسیر اول 15 گرم از این دانک‌ها به درون 100 میلی‌لیتر محلول 1 درصد نشاسته مقاوم وارد شده و با سرعت ملایم برای پوشش‌دهی در زمان 10 دقیقه هم‌زده شدند. در مسیر دوم نیز 15 گرم از این دانک‌ها به درون 100 میلی‌لیتر محلول 1 درصد کیتوزان وارد شده و مانند مسیر قبل هم‌زده شد. دانک‌های پوشش داده شده با کیتوزان و نشاسته مقاوم بعد از طی مدت زمان فرایند شسته شده و در محلول پپتون استریل (0/1 گرم/100گرم) و برای انجام آزمایشات مربوطه در دمای 4 درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید [5].

2-2- تولید دوغ

برای تولید دوغ شیر (1/5 درصد چربی و 11 درصد ماده خشک) کاملا هموژنیزه شده و سپس در دمای 95 درجه سانتی‌گراد به مدت 10 دقیقه حرارت داده شد، سپس تا دمای تلقیح (40 درجه سانتی‌گراد) سرد و به آن 1 درصد استارتر ماست افزوده شده و در دمای 40 درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به pH 4/4 گرمخانه‌گذاری شد. بعد از گرمخانه‌گذاری لخته‌ها توسط دستگاه هموژنایزر شکسته شده و سپس 10 میلی‌لیتر از سوسپانسیون باکتری‌های پروبیوتیک (*بیفیدوباکتریوم انیمالیس زیر گونه لاکتیس*) آزاد و ریزپوشانی شده، میزان 10 درصد آلوئه ورا، آب پنیر (5، 10 و 15 درصد)، اینولین (0/5، 1 و 1/5 درصد) و آب (نسبت 1 به 4) به آن اضافه و کاملا هم‌زده شد تا مخلوطی یکنواخت به دست آید [8]. آزمون های مربوطه در چهار دوره 7 روزه بر روی محصولات نهایی انجام گرفت.

3-2- تهیه ژل آلوئه ورا

پس از تهیه برگ آوئه ورا از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد جیرفت، برگ ها شسته شدند. با یک چاقوی تیز نصف شده و لبه های دندانه دار برش زده شد. لایه بالایی برگ از درازا شکاف داده و ژل با دقت از برگ جدا گردید و با آب سرد کاملا شستشو داده شد. ژل‌ها بصورت قطعات کوچک بریده شدند.

4-2- آزمایشات

1-4-2- جدا شدن سرم

دوغ آلوئه ورا در بطری‌های 250 میلی‌لیتری ریخته شده و در دمای 5 درجه سانتی‌گراد نگهداری شد و در طول 30 روز نگهداری ارتفاع سوپرناتانت اندازه‌گیری گشت و درصد جدا شدن سرم بصورت زیر محاسبه شد [9]:

درصد جدا شدن سرم = ارتفاع سوپرناتانت/ ارتفاع کل دوغ در بطری × 100

2-4-2- تعیین pH

pH نمونه‌های دوغ با استفاده از یک pH متر دیجیتالی انجام گرفت. دستگاه pH متر با استفاده از محلول‌های بافر با pH 4 و pH 7 کالیبره شد.

3-4-2- اندازه‌گیری خواص رئولوژیکی

برای بررسی تاثیر غلظت‌های مختلف آلوئـه ورا، اینـولین، آب پنیر و فرایند ریزپوشانی بر خواص رئولوژی و بافت دوغ سین بیوتیک، آزمون‌های رئولوژیکی یک روز بعد از آماده‌سازی در دمای 10±0/2 درجه سانتی‌گراد با استفاده از دسـتگاه رئـومتر مجهز به ژئـومتری اسـتوانه‌ای هـم مرکـز انجـام شـد و بـرای جلوگیری از تبخیر نمونـه‌هـا از درپـوش اسـتفاده شـد. بـرای اندازه‌گیری تنش برشی و ویسکوزیته بـه صـورت تـابعی از سرعت برشی و تعیین نوع رفتار جریانی نمونه‌ها سرعت برشی در دامنه $0/01 - 1000 S^{-1}$ اعمال و طی این روند تنش برشی هر3 ثانیه اندازه‌گیری شـد. از آنجـا کـه سـرعت برشـی اعمال شده در حفـره دهـانی حـدود $50 S^{-1}$ اسـت [10، 11]. ویسکوزیته ظاهری بدست آمده از منحنی بالارونده در سرعت برشی $47/6 S^{-1}$ به عنوان ویسکوزیته ظاهری نمونه‌ها گزارش شد. به علاوه، میزان برازش داده‌های بدست آمده از آزمون‌های عملی با مدل‌های ریاضی نیوتنی[1]، قانون توان[2]، بینگهام[3]، هرشـل بالکلی[4] و کاسون[5] مورد بررسی قرار گرفت سپس، مناسب‌ترین مدل ریاضی انتخاب و سرانجام، شاخص‌های رئولوژیکی برای هر یک از نمونه‌ها گزارش شد.

آزمون‌های روبش کرنش در محدوده کرنش 0/01 تا 100 درصد و فرکانس 1 هرتز به منظور تعیین محدوده خطی انجـام و در نهایت کرنش ثابت 1 درصد برای آزمون‌هـای بعـدی انتخـاب شد. آزمون روبش فرکانس در محدوده فرکانس 100 هرتز تـا 0/01 و کرنش ثابت 1 درصد (چون کرنش 1 درصد

1. Newtonian
2. Power Law
3. Bingham
4. Herschel-Bulkley
5. Casson

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:10 IRDT on Wednesday August 19th 2020

برای تمام نمونه‌ها به طور مشترک، به خوبی در منطقه خطی ویسکوالاستیک قرار داشت) انجام شد [12].

2-4-4- تعیین ویژگی‌های حسی

نمونه‌های دوغ آلوئه‌ورا یک روز بعد از تولید و روز بیست و هشتم نگهداری توسط یک گروه 10 نفره از ارزیاب‌های آموزش دیده از نظر خصوصیات حسی مورد ارزیابی قرار گرفت. ویژگی‌های مورد ارزیابی شامل رنگ، طعم و مزه، بو و بافت بود. جهت ارزیابی ویژگی‌های حسی از مقیاس درجه‌بندی 5 نقطه‌ای استفاده گردید که شامل [عالی (5 امتیاز)، رضایت‌بخش (4 امتیاز)، قابل قبول (3 امتیاز)، غیر قابل قبول (2 امتیاز) و غیر قابل مصرف (1 امتیاز)] بود [13]. میانگین داده‌های روز اول و بیست و هشتم گزارش شد.

2-4-5- بررسی زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک در دوغ

تعداد سلول‌های زنده مانده باکتری‌های پروبیوتیک *بیفیدوباکتریوم انیمالیس* در هر یک از نمونه‌ها بلافاصله پس از آماده‌سازی نمونه‌های دوغ و طی 30 روز نگهداری در یخچال (هر 10 روز یکبار) تعیین گردید. شمارش باکتریایی نمونه‌های حاوی باکتری‌های آزاد و ریزپوشانی شده مطابق روش شهدادی و همکاران، (1396) انجام گرفت [14].

2-5- روش تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

پس از اعمال تیمارها نتایج بدست آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی بر پایه فاکتوریل در سطح 5 درصد آنالیز شد. کلیه آزمایشات در سه تکرار انجام گرفت و جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارSPSS:20 استفاده شد.

3-نتایج و بحث

3-1-بازده فرایند ریزپوشانی

تعداد اولیه باکتری‌های پروبیوتیک *بیفیدوباکتریوم انیمالیس* (cfu/g)قبل از فرایند ریزپوشانی $9/9\pm0/6\times10^{12}$ بود. بعد از فرایند ریزپوشانی با آلژینات سدیم/ نشاسته مقاوم این میزان به (cfu/g) $6/8\pm0/5\times10^{11}$ و بعد از ریزپوشانی با آلژینات سدیم/ کیتوزان به (cfu/g) $3/9\pm0/1\times10^{11}$ رسید. از بین رفتن باکتری‌ها در حین فرایند ریزپوشانی اندک بود که این به دلیل شرایط ملایم (دمای 30-15 درجه سانتی‌گراد) روش مورد استفاده می‌باشد.

3-2- تغییرات pH و اسیدیته در نمونه های دوغ پروبیوتیک

در جدول 1، میانگین pH نمونه‌های دوغ حاوی باکتری‌های آزاد و ریزپوشانی شده همراه با درصد های مختلف آب پنیر و اینولین از روز اول تا روز 28 ام نشان داده شده‌است. با توجه به جدول مشاهده می‌شود که تفاوت مقدار pH بین 7 تیمار مورد مطالعه در روز اول اختلاف معنی‌دار نداشت (P>0/05). نتایج جدول 1 نشان می دهد که ریزپوشانی باکتری ها باعث شد تا کاهش pH در طول دوره نگهداری با شیب ملایم تری صورت گیرد. نمونه های حاوی ریزکپسول های آلژینات سدیم/کیتوزان کاهش pH کمتری نسبت به نمونه های حاوی ریزکپسول‌های آلژینات سدیم/نشاسته مقاوم و نمونه های دوغ حاوی باکتری های آزاد نشان دادند. افزایش میزان اینولین تاثیر معنی داری بر pH نمونه های دوغ نشان نداد. افزایش درصد آب پنیر تا سطح 5 درصد تاثیر معنی داری بر pH نمونه ها نشان نداد ولی افزایش بیشتر آن باعث کاهش معنی دار pH نمونه ها در طول دوره نگهداری گردید.

بر اساس نتایج بدست آمده باکتری‌های آزاد در طول نگهداری بطور معنی‌داری موجب کاهش pH نسبت به حالت کپسوله شده‌اند. بدلیل قرار گرفتن پروبیوتیک‌ها در داخل کپسول فعالیت اسیدی کمتری داشته و در نتیجه pH نمونه‌های حاوی پروبیوتیک کپسوله استفاده شده، بالاتر از فرم آزاد بود. *بیفیدوباکتریوم*ها توسط آنزیم فروکتو 6-فسفات می‌توانند از لاکتوز اسید استیک و اسید لاکتیک تولید کنند و اسیدیته نمونه را افزایش دهند [15].

مطالعات زیادی نشان داده‌اند که ریزپوشانی باکتری‌ها جذب مواد غذایی را کند و سرعت آزاد سازی متابولیت‌ها و از جمله اسیدهای آلی را از طریق ساختار کپسول آلژینات آهسته می‌کند [16، 17]

اسیدسازی علاوه بر مرحله تخمیر، در حین نگهداری محصول نیز رخ می‌دهد که بالا بودن میزان و سرعت اسیدسازی در این مرحله از مشکلات نگهداری این محصولات است. این فرایند بیشتر در ماست‌های معمولی رخ می‌دهد. این پدیده به فعالیت غیر قابل کنترل *لاکتوباسیلوس بولگاریکوس* در درجه حرارت یخچال و پایین مربوط می‌شود که موجب افزایش سرعت دو فاز شدن، کاهش تعداد سلول‌های زنده و تجمع اسید لاکتیک در محصول می‌شود. نتایج این مطالعه نشان داد که وجود

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:10 IRDT on Wednesday August 19th 2020

باکتری‌های پروبیوتیک *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و *بیفیدوباکتریوم انیمالیس* می‌تواند این پدیده را کاهش دهد و اسیدسازی حین نگهداری تا حدی کنترل شود. در تحقیقات پیشین نیز اسیدسازی طی نگهداری ماست‌هایی که در تهیه آنها علاوه بر کشت ماست معمولی از باکتری‌های پروبیوتیک مثل *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و بیفیدوباکتریوم‌ها استفاده شده باشد، کمتر ارزیابی شده است [18]. یکی از عوامل موثر بر فعالیت متابولیکی باکتری‌های ریزپوشانی شده در محصولات، اندازه لایه آلژینات است، هرچه لایه‌های به کار رفته در تشکیل کپسول‌ها بیشتر باشد روند اسیدی شدن کاهش می‌یابد [19]. در این مطالعه نیز استفاده از دو دیواره برای فرایند ریزپوشانی می‌تواند دلیلی بر کاهش اسیدیته نمونه‌های حاوی این دیواره‌ها باشد.

مظلومی و همکاران (1390) تاثیر افزودن اینولین بر pH و اسیدیته ماست پروبیوتیک کم چرب را مورد مطالعه قرار دادند و گزارش نمودند که که اضافه نمودن اینولین بر اسیدیته قابل تیتر و pH نمونه های ماست، اثر معنی داری نداشت [20]. Guven و همکاران (2005) گزارش کردند که افزودن اینولین تاثیر معنی داری بر مقادیر pH نمونه های ماست بدون چربی ندارد [21]. Paseephol (2008) مشاهده نمود که افزودن پودر اینولین pH اولیه و اسیدیته نمونه های ماست را تحت تاثیر قرار نداد و نشان داد که کاهش سطوح اسیدیته بیشتر مربوط به نوع باکتری های پروبیوتیک و فعالیت باکتری های آغاز گر ماست می باشد [22].

Table 1 variation of pH in doogh samples contained free and encapsulated probiotic bacteria

Prebiotic		Storage days				
		1	7	14	21	28
control	Free probiotic bacteria	4.3^{a}	4.12^{ab}	4.01^{ab}	3.95^{b}	3.93^{b}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	4.39^{a}	4.34^{a}	4.23^{ab}	4.18^{ab}	4.1^{ab}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	4.6^{a}	4.4^{a}	4.36^{a}	4.35^{a}	4.21^{ab}
Inulin 0.5 %	Free probiotic bacteria	4.35^{a}	4.14^{ab}	4.02^{ab}	3.89^{b}	3.91^{b}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	4.33^{a}	4.31^{a}	4.2^{ab}	4.16^{ab}	4.0^{b}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	4.42^{a}	4.39^{a}	4.39^{a}	4.37^{a}	4.19^{ab}
Inulin 1 %	Free probiotic bacteria	4.34^{a}	4.15^{ab}	4.1^{ab}	3.88^{b}	3.95^{b}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	4.41	4.33^{a}	4.22^{ab}	4.18^{ab}	4.12^{ab}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	4.4^{a}	4.4^{a}	4.37^{a}	4.37^{a}	4.31^{ab}
Inulin 1.5 %	Free probiotic bacteria	4.4^{a}	4.1^{ab}	4.13^{ab}	4.0^{bc}	3.89^{b}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	4.43^{a}	4.41^{a}	4.33^{a}	4.27^{ab}	4.16^{ab}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	4.46^{a}	4.42^{a}	4.4^{a}	4.39^{a}	4.3^{ab}
Whey 5 %	Free probiotic bacteria	4.43^{a}	4.04^{ab}	3.89^{b}	3.78^{b}	3.7^{b}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	4.44^{a}	4.25^{ab}	4.17^{ab}	4.17^{ab}	4.07^{ab}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	4.39^{a}	4.31^{a}	4.31^{a}	4.25^{a}	4.25^{ab}
Whey 10 %	Free probiotic bacteria	4.4^{a}	4.04^{ab}	3.71^{b}	3.7^{b}	3.64^{b}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	4.37^{a}	4.15^{ab}	4.1^{ab}	4.1^{ab}	3.8^{b}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	4.4^{a}	4.22^{ab}	4.15^{ab}	4.15^{ab}	4.05^{ab}
Whey 15 %	Free probiotic bacteria	4.44^{a}	4.0^{b}	3.61^{c}	3.6^{b}	3.55^{bc}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	4.41^{a}	4.01^{ab}	3.91^{bc}	3.7^{c}	3.71^{c}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	4.34^{a}	4.19^{ab}	3.98^{b}	3.92^{b}	3.82^{b}

Each observation is a mean ± SD of 3 replications. In each tables means with same superscripts had no significant difference with each other (P >0.05)

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:10 IRDT on Wednesday August 19th 2020

برخلاف نتایج ما محققان دیگر گزارش کردند که متابولیسم ترکیبات پلی فروکتان از جمله اینولین توسط باکتری های پروبیوتیک منجر به تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر نظیر اسید پروپیونیک، اسید بوتیرینک، اسید لاکتیک و اسید استیک می شود و در نتیجه pH محیط به مقدار زیادی کاهش پیدا می کند[23]. Donkor (2007) نشان داد که افزودن اینولین به ماست پروبیوتیک موجب افزایش تولید اسید لاکتیک می گردد [24].

افزودن آب پنیر به نمونه های دوغ باعث افزایش اسیدیته و کاهش نسبت به نمونه شاهد گردید. آب پنیر به دلیل داشتن سطح بالای قند لاکتوز و پروتئین های محلول در آب نظیر آلفا لاکتوآلبومین و بتا لاکتوگلوبولین منبع بسیار مناسبی جهت فعالیت باکتری های لاکتیکی و پروبیوتیک محسوب می شود و تولید اسید نیز توسط این باکتری‌ها افزایش می‌یابد [25].

در پژوهش طاهریان و همکاران (1394) مشخص شد که پودر آب پنیر به لحاظ داشتن پروتئین های محلول در آب و قابل تجزیه توسط میکروارگانیسم های پروبیوتیک سبب کاهش pH محیط و افزایش اسیدیته شد [26].

3-3- بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی نمونه‌های دوغ

داده‌های مربوط به پارامترهای k، n و ویسکوزیته‌ی به دست آمده از برازش مدل قانون توان بر نمودارهای جریانی نمونه‌های دوغ حاوی غلظت‌های مختلف آب پنیر و اینولین در جدول 2 گزارش شده‌است. با افزایش درصد مواد مذکور، همان‌طور که انتظار می‌رفت میزان k و ویسکوزیته افزایش و میزان n کاهش یافت.

Table 2 Rheological Factors of Doogh Samples Containing Different Concentrations of Whey and Inulin

Treatments	Viscosity (cp)	Flow behavior index (n)	consistency coefficient (k)	R2
control	15^{f*}	0.77^{a}	37^{fg}	0.998
Whey 5%	18.2^{ef}	0.74^{a}	46^{ef}	0.991
Whey10%	20^{c}	0.62^{b}	50^{c}	0.992
Whey 15%	28.5^{d}	0.51^{c}	57^{d}	0.996
Inulin 0.5%	58^{c}	0.45^{d}	86^{c}	0.998
Inulin 1%	69^{b}	0.41^{d}	122^{b}	0.991
Inulin 1.5%	108^{a}	0.32^{c}	209^{a}	0.989

*In each column means with same superscripts had no significant difference with each other (P >0.05)

نتایج نشان داده شده در جدول 2 حاکی از این است که افزایش مقدار آب پنیر تا 5 درصد تاثیر معنی‌داری بر ویسکوزیته نمونه‌های دوغ نسبت به نمونه شاهد نداشت اما افزایش آب پنیر از 10 تا 15 درصد ویسکوزیته را بطور معنی‌داری نسبت به نمونه کنترل افزایش داد (P<0/05). با افزایش مقدار اینولین ویسکوزیته نمونه‌های دوغ افزایش یافت. بطوریکه بیشترین میزان ویسکوزیته در بین تیمارهای مورد مطالعه به نمونه‌های دوغ حاوی اینولین 1/5 درصد اختصاص یافت. افزودن آب پنیر و اینولین به نمونه‌های دوغ باعث افزایش معنی‌داری در ضریب قوام گردید (P<0/05) به طوری‌که بالاترین ضریب قوام (209) برای نمونه حاوی 1/5 درصد اینولین بدست آمد. اینولین به علت داشتن گروه‌های آب‌دوست، میزان زیادی آب جذب کرده و بصورت یک شبکه سه بعدی در می‌آید و آب را در درون خود مهار کرده و تشکیل ژل می‌دهد. گرچه کلسیم موجود در شیر بین مولکول‌های اینولین از طریق گروه‌های کربوکسیل پل ایجاد می‌کند، ولی از آنجایی‌که جهت تشکیل ژل و افزایش ویسکوزیته توسط اینولین وجود محیط اسیدی ضروری است و دوغ هم یک محیط اسیدی است، لذا ژل تشکیل شده توسط اینولین در محصول، ژل خوبی بوده و افزایش ویسکوزیته کاملا محسوس است [27].

افزایش ویسکوزیته در اثر افزودن اینولین را می توان به خاصیت جاذب الرطوبه بودن اینولین و توانایی باند کردن آب نسبت داد [28]. وقتی اینولین با آب یا هر مایع دیگر مخلوط می شود، کریستال های میکرونی ذرات اینولین، شبکه ژلی سه بعدی را تشکیل می دهند که سبب می شود مقادیر زیادی آب در این شبکه بی حرکت باقی بماند و حالت فیزیکی محلول را تثبیت کند [29].

Kip و همکاران (2006) نیز گزارش کردند که با افزایش میزان اینولین ویسکوزیته ظاهری در ماست کم چرب نسبت به نمونه

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:10 IRDT on Wednesday August 19th 2020

های دیگر زیادتر شد و از اینولین به عنوان یک قوام دهنده نام بردند که توانایی باند شدن با پلی ساکاریدهای خارج سلولی و پروتئین ها را داراست و منجر به بافت سفت و افزایش ویسکوزیته می شود [30].

جدول 3 مقادیر فاکتورهای رئولوژیکی به دست آمده از برازش مدل هرشل بالکلی بر نمودارهای جریانی نمونه های دوغ تهیه شده با باکتری‌های ریزپوشانی شده را نشان می‌دهد.

Table 3 Rheological Factors of Doogh Samples Containing Microencapsulated Probiotic Bacteria

Treatments	Viscosity(cp)	Flow behavior index (n)	consistency coefficient (k)	Yeald stress	R2
Free probiotic bacteria	58[c*]	0.65[a]	86[c]	0	0.991
Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	121.5[a]	0.39[c]	152[a]	0.025	0.985
Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	92.4[b]	0.53[b]	112[b]	0.01	0.994

*In each column means with same superscripts had no significant difference with each other (P >0.05)

از جدول 3 مشاهده می‌گردد استفاده از شکل ریزپوشانی شده باکتری‌های پروبیوتیک موجب افزایش گرانروی نمونه‌های دوغ شده است. ترکیب پلیمرهای مورد استفاده در ریزپوشانی باکتری‌ها نه تنها موجب افزایش قابلیت زیستی باکتری‌ها می‌شود بلکه ممکن است موجب بهبود خصوصیات ویسکوزیته دوغ نیز گردد [33]. وجود تنش تسلیم و رفتار رقیق شوندگی که در سیالات ژل مانند ماست مشاهده می‌شود امکان نتیجه‌گیری مشابه در مورد دوغ را فراهم می‌کند. افزایش تنش تسلیم و تشدید رفتار رقیق‌شوندگی نمونه های دوغ نشان‌دهنده وجود نوعی شبکه ژل مانند است و با افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته در برابر تنش وارد شده در جریان اندازه‌گیری رفتار جریان مقاومت می‌کند.

در بررسی تغییرات تنش برشی به صورت تابعی از سرعت برشی (داده‌ها نشان داده نشده است)، همه نمونه‌ها رفتار غیرنیوتنی نشان دادند و نیز بررسی تغییرات گرانروی به صورت تابعی از سرعت برشی نشان داد که در همه نمونه‌ها گرانروی با افزایش سرعت برشی کاهش یافت که این نوع رفتار وجه مشخصه سیالات شبه پلاستیک است. پس در نهایت مناسب‌ترین مدل برای جهت پیش‌گویی رفتار جریانی نوشیدنی‌های حاوی باکتری‌های آزاد (ریزپوشانی نشده) مدل قانون توان (معادله1) و برای نمونه حاوی باکتری‌های ریزپوشانی شده مدل هرشل – بالکلی (معادله 2) شناخته شد.

$$\tau = k(\dot{\gamma})^{n} \quad (1$$

$$\tau = \tau_0 + k(\dot{\gamma})^{n} \quad (2$$

در معادله (1) و (2) τ، $\dot{\gamma}$، τ_0، k و n به ترتیب تنش برشی (pa)، تنش تسلیم (pa)، سرعت برشی (1/s)، ضریب قوام ($pa.s^n$) و شاخص رفتار جریان می‌باشند.

ویژگی‌های رئولوژیکی ناپایا: مقایسه اثر فرایند ریزپوشانی برطیف مکانیکی به دست آمده از آزمون روبش فرکانس نشان می‌دهد که مدول ذخیره و مدول افت در نمونه‌های حاوی ریزکپسول‌ها بیشتر از نمونه شاهد بود. این نکته تشکیل پیوندهای با ماهیت ویسکوز و همچنین، پیوندهای با قابلیت ذخیره انرژی بین گروه‌های عملگر پلی‌ساکاریدها (پکتین به عنوان پایدار کننده، آلژینات سدیم، کیتوزان، نشاسته مقاوم) با یکدیگر و با اجزای دوغ را نشان می‌دهد. در همه موارد، مقادیر مدول افت بیش از مدول ذخیره بود (میزان تانژانت افت بالاتر از یک) و به این ترتیب، کلیه نمونه‌ها به عنوان مایع ویسکوالاستیک معرفی می‌شوند.

پاسخ‌های رئولوژیکی بدست آمده از آزمون‌های نوسانی در فرکانس 1 هرتز نمونه‌های دوغ حاوی ریزکپسول‌های آلژینات سدیم/نشاسته و آلژینات سدیم/کیتوزان در جدول 4 نشان داده شده است. در هر سه نمونه دوغ مدول ویسکوز یا افت (G'') بیشتر از مدول الاستیک یا ذخیره (G') بود. نمونه‌های حاوی باکتری‌های پروبیوتیک ریزپوشانی شده با آلژینات سدیم/نشاسته دارای مدول ویسکوز بالاتری نسبت به دو نمونه دیگر بودند.

www.SID.ir

Archive of SID

Table 4 Rheological Responses for Doogh Samples Containing Microencapsulated Probiotic Bacteria

Treatments	G´ (Pa)	G″ (Pa)	G* (Pa))	Tan δ
Free probiotic bacteria	777[c*]	1240[c]	1384.6[c]	1.59
Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	917[a]	1741[a]	1866.2[a]	1.89
Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	844[b]	1434[b]	1587.4[b]	1.7

افزایش میزان G'' به بالاتر از G' نشان‌دهنده حضور ژل ضعیف در محیط می‌باشد که شبکه ایجاد شده و فازپروتئینی را در برگرفته‌است.

$\tan\delta$ در حالتی که 90 و 0 باشد به ترتیب رفتار ویسکوز کامل و جامد کامل را نشان می‌دهد و در صورتی‌که بین این دو عدد باشد رفتار ویسکوالاستیک را نشان می‌دهد. فرکانس‌های بالا نشان‌دهنده وضعیت ماده غذایی طی تکان‌های شدیدی است که به طور مثال در هنگام حمل و نقل به ماده وارد می‌شود و پایدار ماندن مواد در این شرایط نیز اهمیت بالایی دارد. با افزایش فرکانس این پارامتر افزایش می‌یابد که علت آن را می‌توان اینگونه توضیح داد که هنگامی‌که فرکانس‌های پائین به ماده اعمال می‌شود، ماده زمان کافی برای بازسازی پیوندهای شکسته شده را در چرخه فرکانس دارد ولی هنگامی‌که فرکانس‌های بالا اعمال می‌شود ماده فرصت بازسازی پیوندهای شکسته را نداشته و هنگامی‌که پیوندها شکسته می‌شوند جزء ویسکوز افزایش یافته و ماده رفتار مایع ویسکوالاستیک را نشان می‌دهد [31].

3-4- تاثیر فرایند ریزپوشانی بر ویژگی‌های حسی نمونه های دوغ پروبیوتیک

خواص حسی از عوامل اساسی پذیرش بسیاری از فرآورده‌ها و کسب رضایت از مصرف آنها است. در جدول 5 تاثیر نوع تیمارها بر خواص حسی نمونه‌های دوغ آورده شده‌است. با توجه به نتایج ارزیابی خواص حسی دوغ های مشاهده شد که تیمارهای حاوی اینولین 1 و 1/5 درصد و آب پنیر 5 درصد بیشترین امتیاز طعم را کسب کردند و تیمار شاهد (بدون اینولین و آب پنیر) کمترین امتیاز را دریافت کرد. هم‌چنین بر اساس نتایج، بین تیمارهای حاوی باکتری‌های آزاد و تیمارهای حاوی باکتری‌های ریزپوشانی شده با هر دو دیواره و اینولین از نظر طعم اختلاف معنی‌داری وجود داشت و نمونه‌های حاوی باکتری‌های آزاد امتیاز کمتری در طعم دریافت کردند. دلیل آن قرار داشتن پروبیوتیک‌ها در داخل کپسول می‌باشد که فعالیت اسیدی کمتری داشته و در نتیجه امتیاز طعم دوغ‌هایی که از پروبیوتیک کپسوله استفاده شده بطور معنی‌داری بیشتر از فرم آزاد بود.

هیچ کدام از تیمارهای فرایند ریزپوشانی، نوع دیواره و نوع ماده پری بیوتیک تاثیر معنی‌داری بر بوی دوغ نشان ندادند ($P>0/05$) اما تیمارهای حاوی اینولین از لحاظ عددی امتیازات بیشتری را بخود اختصاص دادند. فرایند ریزپوشانی و غلظت های مختلف اینولین و آب پنیر تاثیر معنی‌داری بر رنگ نمونه‌ها نداشتند. این نشان‌دهنده مزایای آلژینات سدیم، نشاسته مقاوم و کیتوزان، اینولین و آب پنیر به عنوان ترکیبات بدون رنگ می‌باشد، که تغییری در ظاهر محصول ایجاد نمی‌کنند. این یافته‌ها با نتایج Kailasapathy (2006) مطابقت دارد [32]. از لحاظ ویژگی طعم بیشترین امتیاز عددی مربوط به نمونه های دوغ حاوی اینولین 1 درصد و باکتری های ریزپوشانی شده با آلژینات سدیم/ کیتوزان و کمترین امتیاز مربوط به تیمار شاهد (بدون اینولین و آب پنیر) و باکتری های آزاد بود. ارزیاب‌ها برای نمونه شاهد بافت بسیار بد و طعم و مزه بسیار ترش گزارش کردند که می‌تواند به دلیل تاثیر اسیدیته بالا بر استحکام بافت نوشیدنی باشد. بطور کلی نمونه های حاوی آب پنیر امتیاز کمتری را از لحاظ طعم و مزه نسبت به نمونه های حاوی اینولین دریافت کردند.

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:10 IRDT on Wednesday August 19th 2020

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:10 IRDT on Wednesday August 19th 2020

Table 5 Sensory properties of doogh samples containing free and encapsulated probiotic bacteria

Prebiotic		Sensory properties				
		Flavor	Odor	Color	Texture	Overall acceptability
control	Free probiotic bacteria	3^{c}	5^{a}	4.9^{a}	4^{b}	4^{b}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	4.3^{b}	5^{a}	5^{a}	4.4^{b}	4.5^{b}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	3^{c}	5^{a}	5^{a}	4^{b}	4^{b}
Inulin 0.5 %	Free probiotic bacteria	4.3^{a}	5^{a}	5^{a}	4.8^{ab}	4.5^{b}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	4.8^{ab}	5^{a}	5^{a}	4.4^{b}	4.8^{ab}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	4.7^{ab}	5^{a}	4.9^{a}	4.6^{ab}	4.8^{ab}
Inulin 1 %	Free probiotic bacteria	4.2^{b}	5^{a}	5^{a}	4.8^{ab}	4.6^{ab}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	4.8^{ab}	5^{a}	5^{a}	4.5^{b}	4.8^{ab}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	5^{a}	4.9^{a}	5^{a}	4.7^{ab}	4.7^{ab}
Inulin 1.5 %	Free probiotic bacteria	4.4^{b}	5^{a}	5^{a}	4.9^{a}	4.7^{ab}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	4.9^{a}	5^{a}	5^{a}	4.6^{ab}	4.9^{a}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	4.7^{ab}	5^{a}	5^{a}	4.6^{ab}	4.8^{ab}
Whey 5 %	Free probiotic bacteria	4^{b}	4.9^{a}	4.9^{a}	4.4^{b}	4.3^{b}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	4.6^{ab}	4.8^{ab}	5^{a}	4.2^{b}	4.6^{ab}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	4.6^{ab}	4.8^{ab}	4.9^{a}	4.3^{b}	4.6^{ab}
Whey 10%	Free probiotic bacteria	4.3^{b}	4.7^{ab}	5^{a}	4.6^{ab}	4.5^{b}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	4.5^{b}	4.8^{ab}	4.9^{a}	4.4^{b}	4.7^{ab}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	4.4^{b}	4.6^{ab}	4.9^{a}	4.7^{ab}	4.8^{ab}
Whey 15%	Free probiotic bacteria	4.4^{b}	4.8^{ab}	5^{a}	4.8^{ab}	4.5^{b}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	4.7^{ab}	5^{a}	5^{a}	4.6^{ab}	4.7^{ab}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	4.7^{ab}	4.9^{a}	5^{a}	4.6^{ab}	4.7^{ab}

In each column means with same superscripts had no significant difference with each other ($P > 0.05$)

یکی از فاکتورهای مهم در پذیرش بافت یکنواختی آن می‌باشد. وجود ریزکپسول‌ها می‌تواند یکنواختی بافت را تحت تاثیر قرار دهد. کوچک‌تر بودن کپسول‌ها تغییرات کمتری در بافت محصول و هم‌چنین مانع از بروز پدیده شنی شدن در ماده غذایی می‌شود [33]. در روش‌های متعارف ریزپوشانی نظیر اکستروژن و خشک کردن پاششی ابعاد کپسول‌ها بزرگتر هستند، که این امر منجر به بوجود آمدن احساس دهانی و شنی شدن در مصرف کننده می‌شود [۳٤،٥]. Hansen و همکاران (2002) گزارش کردند که در صورت اضافه شدن کپسول‌های حاوی باکتری‌های پروبیوتیک به مواد غذایی، کپسول‌های بزرگتر از 1 میلی‌مترموجب خشن شدن بافت مواد غذایی می‌شود [33]. در این مطالعه نیز اندازه کپسول‌های حاصل از ریزپوشانی 500-300 میکرومتر بود که به میزان اندکی بافت محصول دوغ را تحت تاثیر قرار داد. کپسول‌های آلژیناتی حاوی نشاسته مقاوم می‌توانند احساس دهانی شن مانند در محصول ایجاد کنند [35]. Kailasapathy (2006) گزارش کرد استفاده از کپسول‌های آلژینات سدیم/ نشاسته مقاوم ویژگی‌های حسی مانند رنگ، بو، طعم و مزه ماست را بطور قابل ملاحظه تحت تاثیر قرار نمی‌دهد اما ویژگی‌های بافتی (نرمی و یکنواختی) ماست را بطور معنی‌داری تغییر می‌دهد

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:10 IRDT on Wednesday August 19th 2020

[32]. پذیرش کلی نمونه‌های حاوی اینولین بیشتر از نمونه‌های حاوی آب پنیر و نمونه شاهد بود هر چند تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های حاوی دو نوع ماده مورد استفاده به عنوان پری بیوتیک مشاهده نشد. پذیرش کلی نمونه شاهد کمتر از سایر نمونه‌ها بود. کوشکی (1386) نیز افزودن آب پنیر به میزان 8، 12 و 16 درصد به شیر بدون چربی برای تولید دوغ سنتی را مورد مطالعه قرار داد. نتایج آنها نشان داد که استفاده از حدود 16 درصد آب پنیر در فرمولاسیون دوغ، طعم و خواص حسی مطلوب در محصول ایجاد کرد [36].

افزودن پودر آب پنیر در نمونه‌های ماست، به علت وجود سیترات بیشتر (به عنوان پیش ساز دی استیل) همواره مقادیر دی استیل نمونه های ماست حاوی پودر آب پنیر بیشتر بوده و مقادیر بیشتر سیترات در پودر آب پنیر نسبت به شیر خشک به دلیل محلول بودن سیترات در آب و خروج آن از طریق آب پنیر در هنگام پنیر سازی می‌باشد. مقادیر دی استیل نمونه‌های ماست با افزایش درصد پودر آب پنیر افزایش می‌یابد. نتایج نشان می‌دهد که به کار بردن پودر آب پنیر موجب افزایش تولید استالدئید و ویسکوزیته، کاهش سینرسیس و بهبود ویژگی‌های حسی می‌شود [37].

Staffolo و همکاران (2004) با بررسی تاثیر برخی از فیبرهای رژیمی بر خواص حسی ماست بیان کردند نمونه های حاوی اینولین بیشترین امتیاز مربوط به طعم را کسب کرده است. اینولین به عنوان بهبود دهنده بافت نیز عمل می کند زیرا با تشکیل کریستال های ریز ساختار ژلی را تشکیل می دهد که مسئول بوجود آوردن حالت خامه ای در بافت محصول می شود [38]. Guven و همکاران (2015) گزارش کردند که افزودن اینولین تا سطح 1 درصد باعث افزایش خواص حسی نسبت به شاهد و افزودن بیشتر تا سطح 3 درصد باعث کاهش ویژگی های حسی نمونه های ماست بدون چربی گردید [21].

3-5- تاثیر فرایند ریزپوشانی بر درصد جدا شدن سرم در نمونه های دوغ

یکی از عمده‌ترین مشکلات دوغ و دیگر نوشیدنی‌های لبنی اسیدی، دو فاز شدن آن طی نگهداری است که این مسئله از pH پایین و تاثیر آن بر رسوب کردن پروتئین‌ها ناشی می‌شود. نتایج این بررسی نشان داد که میزان جدا شدن سرم دوغ در طول زمان نگهداری به مدت 28 روز افزایش معنی‌داری داشت ($P<0/05$). جدول 4-11 نشان می‌دهد که نمونه‌های دوغ حاوی اینولین 1/5 درصد کمترین میزان جدا شدن سرم و نمونه شاهد (بدون اینولین و آب پنیر) بیشترین درصد جدا شدن سرم را در پایان دوره نگهداری داشتند.

بطور کلی نمونه‌های حاوی باکتری‌های ریزپوشانی شده درصد جداشدن سرم کمتر و پایداری بهتری نسبت به نمونه‌های دارای باکتری‌های آزاد نشان دادند. گفته شده که یون‌های سدیم در آلژینات سدیم ممکن است با یون‌های کلسیم موجود در دوغ جایگزین شده و این پدیده می‌تواند موجب ثبات بیشتر ژل ماست گردد. همچنین گزارش شده یکی از دلایل پایداری نمونه‌های حاوی ریزکپسول‌ها جذب آب توسط مواد ریزپوشانی و تورم آنها می‌باشد [32]. کیتوزان در pH کمتر از 6 بصورت پلی‌کاتیونیک می‌باشد و به سهولت با ترکیبات دارای بار منفی مثل پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدهای آنیونی، اسیدهای چرب و فسفولیپیدها واکنش می‌دهد، این مساله می‌تواند ساختار و بافت محصولاتی که در تولید آنها کیتوزان استفاده می‌شود را تحت تاثیر قرار دهد و باعث افزایش قوام و استحکام بافت شود. برزگر و مصباحی (1385) گزارش کردند کیتوزان می‌تواند به عنوان یک ماده قوام دهنده و تثبیت کننده در محصولاتی مانند سس مایونز مورد استفاده قرار گیرد[39]. نشاسته مقاوم که در ساختار کپسول‌ها استفاده شده‌است از سطح دانک‌های آلژیناتی می‌تواند وارد بافت دوغ شود و متورم گردد و بوسیله جذب آب از دوفاز شدن و جدا شدن سرم جلوگیری نماید [35].

داده‌های جدول 6 نشان می‌دهد که افزودن اینولین باعث کاهش جدا شدن سرم نمونه های دوغ در همه دوره های نگهداری شد این پدیده به ظرفیت اینولین در تشکیل میکرو کریستال های کوچک مربوط می باشد؛ این میکرو کریستال ها باهم واکنش داده وشبکه های کوچکی را تشکیل می دهند که در نهایت متراکم شده وبا تشکیل شبکه ژلی مقادیر بالایی فاز آبی را در خود محبوس می نمایند [40]. Guven و همکاران (2005) گزارش کردند که افزودن اینولین به نمونه های ماست بدون چربی باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب و قوام محصول می گردد [21].

www.SID.ir

Archive of SID

Table 6 Serum Separation (%) in Doogh Samples Containing Different Concentrations of Inulin and Whey

Prebiotic		Storage days				
		1	7	14	21	28
control	Free probiotic bacteria	0^{l}	41^{a}	45.2^{ab}	46.5^{ab}	49.4^{a}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	0^{l}	34^{d}	37^{d}	38.4^{cd}	39.2^{cd}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	0^{l}	37.6^{cd}	39.8^{c}	41.5^{c}	43.5^{bc}
Inulin 0.5 %	Free probiotic bacteria	0^{l}	7.5^{i}	8.09^{i}	8.6^{i}	8.8^{i}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	0^{l}	3.3^{j}	3.7^{i}	3.9^{j}	6.7^{ij}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	0^{l}	4.6^{j}	5.1^{ij}	5.3^{ij}	7.9^{i}
Inulin 1 %	Free probiotic bacteria	0^{l}	6.6^{ij}	7^{ij}	7.3^{ij}	7.9^{i}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	0^{l}	3.4^{j}	3.3^{j}	4.1^{j}	4.8^{j}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	0^{l}	4.6^{j}	4.9^{j}	5.7^{ij}	5.7^{ij}
Inulin 1.5 %	Free probiotic bacteria	0^{l}	0^{l}	0^{l}	0^{l}	4.1^{j}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	0^{l}	0^{l}	0^{l}	0^{l}	2.1^{jkl}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	0^{l}	0^{l}	0^{l}	0^{l}	3.2^{j}
Whey 5 %	Free probiotic bacteria	0^{l}	32.3^{e}	36.6^{d}	37.6^{d}	38.9^{d}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	0^{l}	25.2^{f}	25.5^{f}	28.4^{f}	28.8^{f}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	0^{l}	29.4^{f}	31.2^{ef}	32.6^{e}	34.6^{e}
Whey 10%	Free probiotic bacteria	0^{l}	27.7^{f}	29.5^{f}	34.6^{e}	35.9^{e}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	0^{l}	21.4^{g}	22.9^{g}	23.7^{fg}	28.2^{fg}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	0^{l}	24.3^{f}	25.6^{f}	28.2^{f}	31.7^{e}
Whey 15%	Free probiotic bacteria	0^{l}	22.8^{g}	25.1^{f}	25.8^{f}	28.4^{f}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	0^{l}	16.1^{h}	20.9^{g}	21.6^{g}	21.9^{g}
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	0^{l}	20.8^{g}	22.1^{g}	23.7^{g}	25.9^{fg}

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:10 IRDT on Wednesday August 19th 2020

افزودن آب پنیر نیز درصد جدا شدن سرم نمونه های دوغ را کاهش داد. پروتئین آب پنیر بواسطه‌ی برهمکنش های هیدروفوبی با میسل های کازئین شیر و تشکیل کمپلکس کازئین-پروتئین آب پنیر مانع جداسازی سرم می گردد. Wang و همکاران (2012) نیز در تحقیقی بر میزان آب اندازی ماست، مشاهده کردند که پروتئین آب پنیر میزان آب اندازی ماست را به طور معنی‌داری کاهش داد [41].

3-6- تاثیر فرایند ریزپوشانی بر زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک در نمونه های دوغ

جدول 7 روند تغییرات تعداد سلول‌های زنده باکتری *بیفیدوباکتریوم انیمالیس* را در نمونه‌های مورد بررسی در طی دوره نگهداری نشان می‌دهد. بر اساس نتایج به دست آمده، بالاترین شمارش میکروبی برای همه تیمارها در روز اول (بلافاصله بعد از تخمیر و آماده‌سازی نمونه های دوغ) بود و تعداد سلول‌های زنده باکتری‌های پروبیوتیک در تمام نمونه‌ها با گذشت زمان به طور معنی‌داری کاهش یافت.

در مورد نمونه‌های دوغ حاوی باکتری‌های پروبیوتیک به صورت ریزپوشانی شده، همان گونه که از جدول 7 می‌توان پی برد، تعداد باکتری‌های به دام افتاده در دانک‌ها در طول دوره انبارمانی 28 روزه در یخچال کاهش کمتری را نسبت به باکتری‌های در حالت آزاد تلقیح شده به دوغ نشان داد که تعداد آنها در دوغ حاوی باکتری‌های پروبیوتیک ریزپوشانی

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:10 IRDT on Wednesday August 19th 2020

شده با آلژینات سدیم/ نشاسته مقاوم از CFU/ml $10^{11}\times0/1\pm1/6$به $10^{7}\times0/1\pm4/5$ در نمونه شاهد در انتهای انبارداری 28 روزه رسید که حدود 4 سیکل لگاریتمی کاهش در زنده‌مانی این باکتری‌ها را نشان داد. این موضوع تأییدی است بر عمل دیواره‌ها (دانک‌ها) در محافظت از باکتری‌های پروبیوتیکی، تحت شرایط و عوامل نامساعد برای رشد آنها که در محصول و یا در طی فرآیند و تولید محصول وجود دارد. با توجه جدول 7 همچنین مشاهده گردید که بقاء باکتری‌های پروبیوتیکی به دام افتاده در ریزکپسول‌های حاوی کیتوزان هم نسبت به نمونه‌های دوغ حاوی باکتری‌های پروبیوتیک آزاد، کاهش کمتری را در طول دوره 28 روزه انبارمانی در یخچال نشان داد. استفاده از مخلوط آلژینات سدیم/ نشاسته مقاوم میزان زنده‌مانی بیشتری نسبت به آلژینات سدیم/ کیتوزان در طول دوره نگهداری نشان داد. این موضوع می‌تواند احتمالا به این دلیل باشد که خود کیتوزان توانایی ضد باکتریایی دارد و این خاصیت را با وجود اینکه به عنوان دیواره دوم در فرایند ریزپوشانی استفاده شده، نشان داده است.

در همه نمونه‌های ریزپوشانی شده در پایان دوره نگهداری میزان باکتری‌های پروبیوتیک بیش از CFU/ml 10^{7} بود. ارتباط مستقیمی بین افزایش اسیدیته نمونه های دوغ و از دست رفتن قابلیت زیستی باکتری‌های پروبیوتیک در این مطالعه مشاهده شد. Sultana و همکاران (2000) گزارش کردند که استفاده از نشاسته مقاوم به عنوان دیوار دوم در مقایسه با استفاده از آلژینات به تنهایی باعث بهبود زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک می‌شود زیرا نشاسته مقاوم به عنوان پری‌بیوتیک عمل می‌کند. اما افزایش نشاسته بیش از 4 درصد کارایی فرایند ریزپوشانی باکتری‌ها را بهبود نمی‌بخشد [34]. بر اساس یافته‌های Peniche (2003) سرعت همزدن، دما، زمان، درصد کیتوزان مورد استفاده برای ریزپوشانی و غیره می‌تواند خصوصیات ریزکپسول‌ها را تحت تاثیر دهد اما به هرحال اثرات بازدارندگی کیتوزان بر باکتری‌های اسید لاکتیک گزارش شده است [42].

مخلوط کردن آلژینات کلسیم با نشاسته مقاوم ذرت از یک سو ساختاری منسجم و یکنواخت پدید می‌آورد و از سوی دیگر بقاء سلول‌ها را به دلیل خاصیت پری‌بیوتیکی آن افزایش می‌دهد. پوشش کیتوزان (به عنوان ترکیب چند کاتیونی) حول کپسول‌های آلژینات که بار منفی دارند، کپسول‌های پوشش‌داری ایجاد می‌کند، که باعث پایداری فیزیکی و شیمیایی بیشتر کپسول‌ها و کاهش اثر تخریبی عوامل ضد ژل و درگیر کننده یون کلسیم در ساختار می‌شود [5].

همایونی و همکاران (2008) نشان دادند که ریزپوشانی باکتری‌های پروبیوتیک *لاکتوباسیلوس کازئی* و *بیفیدوباکتریوم* لاکتیس توسط آلژینات و نشاسته مقاوم (2 درصد) میزان زنده‌مانی آنها را حدود 30 درصد در طول نگهداری در دمای 20- درجه سانتی‌گراد نسبت به نمونه‌های ریز پوشانی نشده افزایش داد [43].

با افزایش درصد اینولین در نمونه های دوغ زنده مانی باکتری های پروبیوتیک بهبود یافت. نتایج سایر محققین نیز نشان می دهد که اینولین در همه دوره های نگهداری باعث افزایش قابل قبول در رشد باکتری های پروبیوتیک شده است [3، 44]. Donkor و همکاران (2006) اثر اینولین بر زنده مانی وفعالیت گونه های پروبیوتیک (*لاکتو باسیلوس اسیدوفیلوس ولاکتوباسیلوس کازئی*) در ماست مورد مطالعه قرار دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که اینولین اگرچه در طول نگهداری ماست تاثیری بر افزایش ماندگاری پروبیوتیک ها نداشت اما اثر مثبت معنی دار آن بر رشد اولیه باکتریها، خود به خود سبب بقای آن در طول 28 روز نگهداری شد [24].

افزودن آب پنیر نیز باعث بهبود زنده مانی باکتری های پروبیوتیک نسبت به نمونه شاهد (بدون آب پنیر) گردید. تحقیقات نشان داده که استفاده از کنسانتره آب پنیر بدون املاح اثرات مثبتی بر بافت و کاهش آب اندازی ماست و همچنین بهبود رشد و زنده‌مانی آغازگرهای ماست بویژه باکتری‌های پروبیوتیک در مدت نگهداری دارد. پروتئین‌های آب پنیر در فرایند حرارتی اثر محافظت کنندگی بر میکروارگانیسم‌ها دارند. هر چه میزان پروتئن ماده غذایی بیشتر باشد مقاومت حرارتی آنها بالا می رود [37].

جمشیدی و همکاران (1397) مشاهده کردند که نمونه‌های ماست حاوی مقادیر بالاتر پودر آب پنیر، تعداد باکتری‌های *استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس دلبروکی* بیشتری نسبت به سایر نمونه‌ها نشان دادند [45].

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:10 IRDT on Wednesday August 19th 2020

Table 7 Effect of Inulin and Whey on viability of free and encapsulated probiotic bacteria (*B. animalis* subs *lactis*) in doogh samples (cfu/ ml)

Prebiotic		**Storage days**				
		1	7	14	21	28
control	Free probiotic bacteria	$7.3\pm0.2\times10^{10}$	$1.2\pm0.4\times10^{8}$	$3.1\pm0.6\times10^{6}$	$<10^{6}$	$<10^{6}$
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	$6.2\pm0.1\times10^{11}$	$3.4\pm0.3\times10^{10}$	$7.2\pm0.2\times10^{9}$	$1.2\pm0.5\times10^{8}$	$5.1\pm0.6\times10^{7}$
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	$6.1\pm0.4\times10^{11}$	$5.6\pm0.5\times10^{9}$	$5.4\pm0.3\times10^{8}$	$1.3\pm0.4\times10^{7}$	$3.3\pm0.3\times10^{6}$
Inulin 0.5 %	Free probiotic bacteria	$9.3\pm0.5\times10^{10}$	$1.5\pm0.1\times10^{9}$	$6.3\pm0.6\times10^{6}$	$<10^{6}$	$<10^{6}$
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	$6.6\pm0.4\times10^{11}$	$3.1\pm0.3\times10^{11}$	$3.2\pm0.1\times10^{9}$	$3.5\pm0.2\times10^{8}$	$3.1\pm0.1\times10^{8}$
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	$8.1\pm0.5\times10^{11}$	$8.4\pm0.4\times10^{10}$	$1.1\pm0.1\times10^{9}$	$6.2\pm0.1\times10^{8}$	$3.4\pm0.4\times10^{6}$
Inulin 1 %	Free probiotic bacteria	$2.3\pm0.2\times10^{10}$	$2.1\pm0.1\times10^{9}$	$2.4\pm0.3\times10^{7}$	$3.1\pm0.1\times10^{6}$	$<10^{6}$
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	$9.4\pm0.3\times10^{11}$	$7.3\pm0.4\times10^{11}$	$5.2\pm0.2\times10^{10}$	$7.2\pm0.4\times10^{8}$	$7.5\pm0.2\times10^{8}$
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	$6.5\pm0.6\times10^{11}$	$2.3\pm0.5\times10^{11}$	$6.2\pm0.5\times10^{9}$	$1.4\pm0.6\times10^{8}$	$4.2\pm0.4\times10^{6}$
Inulin 1.5 %	Free probiotic bacteria	$4.2\pm0.5\times10^{10}$	$7.2\pm0.3\times10^{9}$	$2.5\pm0.6\times10^{7}$	$3.3\pm0.3\times10^{6}$	$1.4\pm0.2\times10^{6}$
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	$6.1\pm0.1\times10^{11}$	$3.4\pm0.4\times10^{11}$	$5.5\pm0.2\times10^{10}$	$7.5\pm0.5\times10^{9}$	$7.1\pm0.3\times10^{8}$
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	$1.4\pm0.4\times10^{11}$	$8.5\pm0.4\times10^{11}$	$6.4\pm0.3\times10^{9}$	$4.1\pm0.4\times10^{8}$	$6.5\pm0.5\times10^{6}$
Whey 5 %	Free probiotic bacteria	$9.1\pm0.2\times10^{10}$	$1.4\pm0.5\times10^{8}$	$1.5\pm0.3\times10^{7}$	$<10^{6}$	$<10^{6}$
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	$7.4\pm0.4\times10^{11}$	$9.2\pm0.5\times10^{10}$	$1.2\pm0.3\times10^{9}$	$3.4\pm0.4\times10^{8}$	$3.1\pm0.4\times10^{8}$
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	$1.4\pm0.5\times10^{11}$	$8.3\pm0.3\times10^{10}$	$1.4\pm0.1\times10^{8}$	$6.1\pm0.2\times10^{7}$	$3.3\pm0.3\times10^{6}$
Whey 10%	Free probiotic bacteria	$1.2\pm0.3\times10^{10}$	$4.4\pm0.2\times10^{8}$	$3.4\pm0.2\times10^{7}$	$1.1\pm0.1\times10^{6}$	$<10^{6}$
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	$2.2\pm0.2\times10^{11}$	$9.1\pm0.1\times10^{10}$	$6.5\pm0.5\times10^{9}$	$9.2\pm0.3\times10^{8}$	$7.3\pm0.2\times10^{8}$
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	$1.3\pm0.4\times10^{11}$	$5.3\pm0.4\times10^{10}$	$6.3\pm0.4\times10^{8}$	$7.4\pm0.3\times10^{7}$	$7.1\pm0.4\times10^{6}$
Whey 15%	Free probiotic bacteria	$6.3\pm0.5\times10^{10}$	$9.2\pm0.3\times10^{8}$	$1.2\pm0.3\times10^{7}$	$5.4\pm0.3\times10^{6}$	$<10^{6}$
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/resistant starch	$8.2\pm0.3\times10^{11}$	$9.3\pm0.1\times10^{10}$	$9.1\pm0.3\times10^{9}$	$7.5\pm0.5\times10^{8}$	$7.3\pm0.2\times10^{8}$
	Encapsulated probiotic bacteria with alginate/chitosan	$3.1\pm0.5\times10^{11}$	$6.3\pm0.3\times10^{10}$	$9.4\pm0.1\times10^{8}$	$3.1\pm0.3\times10^{7}$	$8.4\pm0.5\times10^{6}$

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:10 IRDT on Wednesday August 19th 2020

در پژوهشی دیگر ایزدی و همکاران (1391) اثر افزودن مکمل‌های مختلف از جمله آب پنیر را بر رشد و زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک (*لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و *بیفیدوباکتریوم* ها) در پودر ماست پروبیوتیک بررسی نمودند و نشان دادند که افزودن مکمل آب پنیر به شیر می‌تواند سبب رشد باکتری‌ها در ماست پروبیوتیک شده و همچنین باعث افزایش درصد زنده‌مانی باکتری‌ها، در طی خشک کردن پاششی ماست پروبیوتیک می‌گردد [46].

شهدادی و همکاران (1393) اثر جایگزینی آب پنیر در غلظت‌های مختلف (0، 10، 20، 30، 40 و 50 درصد حجمی/حجمی) با شیر بر زنده‌مانی باکتری‌های لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس و بیفیدوباکتریوم انیمالیس زیرگونه لاکتیس در نوشیدنی ماست بررسی کردند. نتایج نشان داد که افزایش غلظت آب پنیر باعث افزایش زنده مانی باکتری‌های پروبیوتیک گردید بطوری که نمونه شاهد کمترین میزان باکتری‌های پروبیوتیک و نمونه دارای 50 درصد آب پنیر بیشترین میزان زنده مانی را در پایان دوره نگهداری نشان دادند [47]

در مطالعه دیگری نوشیدنی‌های فرایند شده با غلظت‌های مختلف آب پنیر (0، 20، 25، 50، 65 و 80) پتانسیل خوبی به عنوان یک ماتریکس غذایی برای پروبیوتیک‌ها نشان دادند، هر چند مقدار آب پنیر مفید برای کشت‌های میکروبی و بویژه باکتری‌های پروبیوتیک محدود بود [18].

4- نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که افزودن باکتری های ریزپوشانی شده، اینولین و آب پنیر باعث افزایش پایداری نمونه‌های دوغ آلوئه ورا شد. در بررسی ویژگی‌های حسی مشاهده شد که هیچ کدام از تیمارهای فرایند ریزپوشانی، نوع دیواره و نوع اسانس تاثیر معنی‌داری بر رنگ و بوی نمونه¬های دوغ نشان ندادند. پذیرش کلی نمونه‌های حاوی اینولین بیشتر از نمونه‌های حاوی آب پنیر و نمونه شاهد بود هر چند تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های حاوی دو نوع ماده مورد استفاده به عنوان پری بیوتیک مشاهده نشد. در نمونه‌های دوغ حاوی باکتری‌های پروبیوتیک به صورت ریزپوشانی شده، تعداد باکتری‌های به دام افتاده در دانک‌ها در طول دوره انبار مانی 28 روزه در یخچال کاهش کمتری را نسبت به باکتری‌های در حالت آزاد تلقیح شده به دوغ نشان داد. از بین دوغ های حاوی باکتری‌های پروبیوتیک آزاد، نمونه‌های حاوی 1/5 درصد اینولین دارای زنده‌مانی بیشتری نسبت به بقیه بودند.

5- منابع

[1] Oliveira, R.P.S., Florence, A.C.R., Silva, R.C., Perego, P., Converti, A. and Gioielli, L.A. 2009. Effect of different prebiotics on the fermentation kinetics, probiotic survival and fatty acids profiles in nonfat symbiotic fermented milk. International Journal of Food Microbiology, 128, 467–472.

[2] Prado, F.C., Parada, J. L., Pandey, A. and Soccol, C. R. 2008. Trends in non-dairy probiotic beverages. Food Research International, 41(1): 111–123.

[3] Ostlie, H. M., Treimo, J. and Narvhus, J. A. 2005. Effect of temperature on growth and metabolism of probiotic bacteria in milk. International Dairy Journal, 15(3): 989–997.

[4] Akin, M.B. and 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 Chemistery, 104 (4): 93 – 99.

[5] Krasaekoopt, W., Bhandari, B. and Deeth, H.C. 2006. Survival of probiotics encapsulated in chitosan-coated alginate beads in yoghurt from UHT- and conventionally treated milk during storage. LWT food science and technology, 39: 177-183.

[6] Ravinder, N., Varinder, K., Manoj, K. and Francesco, M. 2012. Effect of Aloe vera juice on growth and activities of Lactobacilli in-vitro. Acta Biomedica, 83: 183-188.

[7] Parmjit, S. and Shinde, C. 2012. Effect of Storage on Syneresis, pH, Lactobacillus acidophilus Count, Bifidobacterium bifidum Count of Aloe vera Fortified Probiotic Yoghurt. Current Research in Dairy Sciences, 4(1): 17-23.

[8] Sun-Waterhouse, D., Zhou, S. and Wadhwa, J. 2013. Drinking yoghurts with berry polyphenols added before and after fermentation. Food Control, 32: 450-460.

[9] Azarikia, F. and Abbasi, S. 2010. On the stabilization mechanism of Doogh (Iranian yoghurt drink) by gum tragacanth, Food Hydrocolloids, 24: 58-363.

[10] Barnes, H.A. 2008. Handbook of elementary rheology. 1st ed. Translated by Abbasi, s. Tehran: Marz-e Danesh

www.SID.ir

Archive of SID

on the microbial and physicochemical properties of probiotic low fat yogurt. Journal of Veterinary Research, Shiraz University, 35 (2): 105-93.

[21] Guven, M., yasar, K., Bkaraca, B., and Hayaloglu, A. A. 2005. The effect of inulin as fat replacer on the qualiity of set type low-fat yogurt manufacture. International journal of dairy Technology, 58(3): 180 – 184

[22] Paseephol, T. 2008. Characterisation of prebiotic compounds from plant sources and food industry wastes. Ph.D. thesis, School of Applied Sciences Science, Engineering and Technology Portfolio, RMIT University pp.1-21.

[23] Li, D., Kim, M., Zhengyu, J., and Zhou, J. 2008. Prebiotic effectiveness of inulin extracted from edible burdock. Anaerobe, 14: 29–34.

[24] Donkor, O.N., Henriksson, A., Vasiljevic, T., and Shah, N. P. 2006. Effect of acidification on the activity of probiotics in yoghurt during cold storage. International Dairy Journal. 16: 1181–1189

[25] Marafon, A.N., Sumi, A., Alcântara, M.A., Tamime, A., and Oliveira, M.N. 2011. Optimization of the rheological properties of probiotic yoghurts supplemented with milk proteins. LWT - Food Science and Technology, 44: 511-519

[26] Taherian, A., Sadeghi Mahounak, A.R., Mirzaei, H., Alami, M. and Sadeghi, A.R. 2015. Effect of whey powder on the growth of *Lactobacillus acidophilus* in reconstituted acidophilus milk. Journal of Innovative Food Technologies, 3(2): 43-57.

[27] Lucey, J.A., Tamehana, M., Singh, H. and Munro, P.A. 1999. Stability of model acid milk beverage: Effect of pectin concentration, storage temperatu re and milk heat treatment. Journal of Texture Studies, 30(3): 305-318.

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

[29] Roberfroid, M. 2005. Inulin-Type Fructans Functional Food Ingredients. CRC press, 367p.

[30] Kip, P., meyer, D., and jellema, R. H. 2006. Publications. [In persian]

[11] Bourne, M.C. 2008. Food texture and viscosity: concept and measurement. 2nd ed. Translated by Abbasi, S. Tehran: Marz-e Danesh Publications.

[12] Mezger, T. G. 2006. The rheology handbook for users of rotational and oscillatory rheometers. 2nd ed. Hannover: Vincentz Network.

[13] Koksoy, A. and Kilic, M. 2004. Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, ayran. Food Hydrocolloids, 18(4): 593-600.

[14] Shahdadi, F., Mirzaei, H., Kashani Nejad, M. and Khomeiri, M. 2018. Study of various concentrations of resistant starch and chitosan on microstructure, rheological properties and viability of encapsulated probiotic bacteria in drinking yoghurt. Journal of Food Processing and Preseservation, 9 (2): 69-84.

[15] Zomorodi, S., Khosrowshahi, A.A., Razavi Rohani, S.M. and Miraghaei, S. 2011. Survival of Lactobacillus casei, Lactobacillus plantarum and Bifidobacterium bifidum in free and microencapsulated forms on Iranian white cheese produced by ultrafiltration. International Journal of Dairy Technology, 64:84-91.

[16] Rivera-Espinoza, Y. and Gallardo-Navarro, Y. 2010. Non-dairy probiotic products. Food Microbiology, 27(1): 1-11.

[17] Aragon-Alegro, L.C., Alarcon Alegro, J.H. Roberta Cardarelli, H., Chih Chiu, M. and Isay Saad, S.M. 2007. Potentially probiotic and synbiotic chocolate mousse. LWT-Food Science and Technology, 40(4): 669-675.

[18] Castro, W. F., Cruz, A. G., Bisinotto, M. S., Guerreiro, L. M. R., Faria, J. A. F., Bolini, H. M. A., Cunha, R. L., and Deliza, R. 2013. Development of probiotic dairy beverages: Rheological properties and application of mathematical models in sensory evaluation, Journal of Dairy Science. 96:16–25

[19] Anal, A.K. and Singh, H. 2007. Recent advances in microencapsulation of probiotics for industrial applications and targeted delivery. Food Science and Technology, 18: 240-251.

[20] Mazloumi, M., Shekarforoush, S., Ebrahimnejad, H. and Sajedian Fard, S. 2013. The effect of inulin supplementation

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:10 IRDT on Wednesday August 19th 2020

www.SID.ir

Archive of SID

[40] Tarrega, A., Torres, J. D., and Costell, E. 2011. Influence of the chain – length distribution of inulin on the rheology and microstructure of prebiotic dairy desserts. Journal of Food Engineering. 104: 356 – 363.

[41] Wang, W., Bao, Y., Hendricks, G. M. and Guo, M. 2012. Consistency, microstructure and probiotic survivability of goats' milk yoghurt using polymerized whey protein as a co-thickening agent. International Dairy Journal, 24: 113-119.

[42] Peniche, C., Arguelles-Monal, H. and Acosta, N. 2003. Chitosan: an attractive biocompatible polymer for microencapsulation. Macromolecular Bioscience, 3:511-520.

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

[44] Roller, M., Pietro- Femia, A., Caderni, G., Rechkemmer, G., And Weizel, B. 2004. Intestinal immunity of rats with colon cancer is modulated oligofrutose - enriched inuline combined with lactobacillus rhamnosus and bifidobacterium lactis. Gr J. Nutr, 92: 931 - 938

[45] Jamshidi, L., Moshtaghi, H. and Abbasvali, M. 2018. Evaluation of whey powder on starter cultures activity, physico-chemical and sensory properties of yoghurt. Food Science and Technology, 78(15): 91-101.

[46] Izadi, M., Eskandari, M.H., Niakousari, M., Shekarforoush, Sh., Hanifpour, M.A. and Izadi, Z. 2014. Investigating the effect of ingredients supplementation on survival rate of bacteria in probiotic yogurt powder Food Science and Technology ,11 (42) :107-116

47- Shahdadi, F., Saeedi, N., Shahdadi, S., Shahdadi, H. and Amirfazli, V. 2015. Evaluation of the replacement of different levels of whey with milk on the sensory characteristics and viability of probiotic bacteria in drinking youghurt. First National Conference on Agriculture, Environment and Food Security, Jiroft University.

inulins improve sensoric and textural properties of low – fat yoghurts. International dairy journal, 16(3): 1098 – 1103

[31] Everett, D.W. and McLeod, R.E. 2005. Interactions of polysaccharide stabilizers with casein aggregates in stirred skim-milk yoghurt. International Dairy Journal, 15(11): 1175-1185.

[32] Kailasapathy, K. 2006. Survival of free and encapsulated probiotic bacteria and their effect on the sensory properties of yoghurt. LWT Food Science and Technology, 39: 1221-1227.

[33] Hansen, L.T., Allan-Wojtas, P.M., Jin, Y.L. and Paulson, A.T. 2002. Survival of Ca-alginate microencapsulated Bifidobacterium spp. in milk and simulated gastrointestinal conditions. Food Microbiology, 19(1): 35-45.

[34] Sultana, K., Godward, G., Reynolds, N., Arumugaswamy, R., Peiris, P. and Kailasapathy, K. 2000. Encapsulation of probiotic bacteria with alginate–starch and evaluation of survival in simulated gastrointestinal conditions and in yoghurt. International Journal of Food Microbiology, 62(1-2): 47-55

[35] Smidsrod, O. and Skjak-Braek, G. 1990. Alginate as immobilisation matrix for cells. Trends in Biotechnology, 8(3): 71-78.

[36] Koushki, M.S. 2005. Optimization of Traditional Industrial Doogh Production Using Maximum Whey. Iranian Journal of Food Science and Technology, 2 (4): 19-29.

[37] Madureira, A.N., Carvalho Soares, J., Estevez Pintado, M., Gomes, A.P., Freitas, A.C. and Malcata, F. 2008. Sweet whey cheese matrices inoculated with the probiotic strain Lactobacillus paracasei. Dairy Science and Technology, 88(6): 649-665.

[38] Staffolo, M.D., Bertola, N., Martino, M., and Bevilacqua, Y.A. 2004. Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt. International Dairy Journal. 14: 263-268.

[39] Barzegar, H. and Mesbahi, Gh. 2006. Comparison of chitosan produced from shrimp shell as a thickener in mayonnaise with commercial chitosan and carboxymethyl cellulose. 16th Iranian Congress of Food Science and Technology, University of Agriculture and Natural Resources, Gorgan Iran, 23 and 24 Farvardin.

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:10 IRDT on Wednesday August 19th 2020

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:10 IRDT on Wednesday August 19th 2020

Effect of Different Concentrations of Inulin and Whey on the Qualitative and Rheological Properties of Aloe vera Doogh Containing Microencapsulated probiotic bacteria

Dezyani, M. [1*], Shahdadi, F. [2], Ezzati, R. [1]

1. Faculty of food sciences department, Sofian branch, Islamic Azad University, Sofian, Iran
2. Faculty of Food science department, University of Jiroft, Jiroft, Iran.

Received: 2020/02/08 Accepted: 2020/05/31)

The aim of this study was to investigate the effect of microencapsulation of probiotic bacteria with sodium alginate/resistant starch and sodium alginate/chitosan by extrusion method on qualitative and rheological properties and viability of *bifidobactrium animalis* subs *lactis* in Aloe vera doogh. 10% of aloe vera gel with different concentrations of whey (5, 10 and 15%) and inulin (0.5, 1 and 1.5%) added to probiotic doogh and their effect on the protection of Probiotic bacteria and qualitative properties were evaluated. The results showed that increasing the level of inulin had no significant effect on pH. Increasing the percentage of whey up to 5% had no significant effect on the pH, but increasing more than 5% significantly decreased the pH of the doogh samples during storage period. In terms of sensory properties samples containing 1% inulin and microencapsulated bacteria with sodium alginate/chitosan had highest scores in flavour while lowest score was observed in control treatment (without inulin and whey) and free bacteria. Doogh samples containing 1.5% inulin had the lowest serum separation and the control sample (without inulin and whey) showed the highest serum separation at the end of storage period. In general, samples containing microcapsules had a lower serum separation than samples containing free bacteria. The highest viscosity and consistency coefficients were observed in the doogh samples containing 1.5% inulin. The microencapsulation process increased the apparent viscosity, consistency index and loss modulus and decreased the flow behavior index of the doogh samples. Microencapsulation of probiotic bacteria by sodium alginate / resistant starch and chitosan and use of whey and inulin in doogh samples increased their viability during storage period.

Keywords: Probiotic Doogh, Aloe Vera, Microencapsulation, Inulin, Whey.

* Corresponding Author E-Mail Address: dezyani2002@yahoo.com

www.SID.ir