

## (مقاله پژوهشی)

## بررسی خواص فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و میکروبی سس گوجه فرنگی سینبیوتیک

محسن وظیفه دوست\*

۱-استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۲

## چکیده

سس گوجه فرنگی محصولی پر مصرف در جهان و ایران است که در مواد غذایی گوناگون خصوصاً غذاهای از نوع فست فود، بسیار استفاده می گردد. بدین لحاظ تهیه محصولی سینبیوتیک از آن باعث ارتقاء سلامتی خواهد شد. در این تحقیق از ۳ سطح لاکتولوز (۰، ۱/۵ و ۲/۵ درصد) و ۳ سطح فیبر گندم (۰، ۱/۵ و ۲/۵ درصد) بعنوان پری بیوتیک و از باکتری لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس (La-5) به عنوان پروبیوتیک استفاده گردید. نتایج حاکی از آن بود، pH نمونه های حاوی باکتری ریزپوشانی شده کمتر از نمونه های حاوی باکتری آزاد و شبیه به شاهد بود. میزان سینرسیس همه نمونه ها اختلاف معنی داری با شاهد داشتند ( $p < 0.05$ ). اما میزان سینرسیس نمونه های ریزپوشانی شده کمتر از آزاد بود. از نظر ویسکوزیته به استثنا نمونه ریزپوشانی شده حاوی ۲ درصد لاکتولوز و ۲/۵ درصد فیبر، در بین سایر نمونه ها و شاهد اختلاف معنی داری وجود داشت ( $p < 0.05$ ). از نظر ارزیابی میکروبی، میزان کاهش باکتری در نمونه های تیمار شده معادل یک و در شاهد دو سیکل لگاریتمی بود. زنده مانی باکتری پروبیوتیک ریزپوشانی شده بالاتر از باکتری پروبیوتیک آزاد بوده و اختلاف معنی داری با شاهد داشتند ( $p < 0.05$ ). بالاترین میزان زنده مانی با شمارش میکروبی  $10^7 \text{ cfu/ml} \times 5/0.23$  مربوط به نمونه حاوی ۲ درصد لاکتولوز و ۲/۵ درصد فیبر در نمونه های ریزپوشانی شده بود و لذا نمونه فوق علاوه بر اینکه از نظر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی نسبت به سایر نمونه ها برتر است، یک محصول سینبیوتیک نیز محسوب می گردد.

واژه های کلیدی: سس گوجه فرنگی، لاکتولوز، سینبیوتیک، ریزپوشانی.

## ۱- مقدمه

خاستگاه گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum L.*) آمریکای جنوبی می باشد. کارشناسان تغذیه معتقدند لیکوپن موجود در گوجه فرنگی از رگهای بدن محافظت می کند. بر اساس گزارش نشریه فرانسوی سانه زنانی که هرروز در وعده های غذایی خود گوجه فرنگی مصرف می کنند، کمتر از سایر افراد دچار حمله های مغزی یا قلبی می شوند. براساس پژوهش های انجام شده در دانشگاه هاروارد که بر روی ۴۰ هزار زن آمریکایی در طی هفت سال صورت گرفته است زنانی که هفت بار در هفته غذاهای حاوی گوجه فرنگی مصرف کرده اند، خطر ابتلا به بیماری های قلبی عروقی در آن ها ۳۰ درصد کمتر از افرادی است که یک بار در هر هفته گوجه فرنگی خورده اند. بررسی های جدید حاکی از این است افرادی که در هفته دو بار غذاهای تهیه شده با گوجه فرنگی و حتی سس گوجه فرنگی مصرف می کنند از خواص پیشگیرانه گوجه فرنگی بهره مند خواهند شد. به گفته پژوهشگران لیکوپن، رنگدانه ای از خانواده کاروتنوئیدهاست که موجب قرمز شدن رنگ گوجه فرنگی می شود و دارای خاصیت آنتی اکسیدانی است. پژوهش های اخیر همچنین نشان داده اند که مصرف مداوم گوجه فرنگی خطر سرطان پروستات را در مردان ۳۰ درصد کاهش می دهد. تحقیقات دیگر حاکی از کاهش خطر سرطان های معده و ریه در صورت مصرف گوجه فرنگی است. کارشناسان تغذیه توصیه می کنند گوجه فرنگی های رسیده با روغن زیتون که خود نقش محافظتی برای رگ ها دارد کمی پخته شود و سپس مصرف گردد. امروزه سس گوجه فرنگی به یکی از مهم ترین چاشنی های غذایی تبدیل شده است و از رایجترین محصولات صنعتی گوجه فرنگی محسوب می شود. سس گوجه فرنگی یکی از محبوبترین محصولات گوجه فرنگی در بازار جهانی است و نیاز به تجهیزات محدود و فرآوری ساده را دارد (۲۰). امروزه سس گوجه فرنگی به یکی از مهم ترین چاشنی های غذایی تبدیل شده است و از رایجترین محصولات صنعتی گوجه فرنگی محسوب می شود. درآمد حاصل از بخش سس کچاپ گوجه فرنگی در کشور آمریکا در سال ۲۰۲۰ به ۵۴۰۱ میلیون دلار رسیده است. انتظار می رود این بازار

سالانه ۲/۴ درصد رشد کند. متوسط مصرف سرانه در کشور آمریکا در سال ۲۰۲۰، ۵/۸ کیلوگرم است (۱۳). به دلیل مصرف بالای سس گوجه فرنگی، می توان با افزودن ترکیباتی به آن باعث فراسودمند شدن آن شد. تولید محصولات سینیوتیک یکی از روش های فراسودمند کردن مواد غذایی است. سینیوتیک ها ترکیبی از پروبیوتیک ها و پری بیوتیک ها هستند که اثرات سلامت بخش زیادی از آن ها گزارش شده است (۱۶). سینیوتیک ها دارای اثرات سودمندی بر میزبان توسط ایجاد و تقویت میکروارگانیسم های مفید موجود در دستگاه گوارش آن ها هستند (۲۴). هدف اصلی در تهیه فرآورده های سینیوتیک حفظ زندهمانی میکروارگانیسم های پروبیوتیک موجود در ماده غذایی است که بدین منظور به راهکارهای مختلفی مثل استفاده از ترکیبات پری بیوتیک در داخل مواد غذایی و ریزپوشانی باکتری پروبیوتیک می توان اشاره کرد. یکی از راهکارهای ارابه شده برای حفظ زندهمانی باکتری روش ریزپوشانی است که به روش های مختلفی از جمله خشک کردن پاششی، خشک کردن انجمادی، پوشش دهی به طریق بستر سیال، اکستروژن، کریستالیزاسیون مرکب، دخول ملکولی، کوآسرواسیون و روش امولسیون انجام می شود (۴). در همین خصوص محمدی و همکاران (۲۰۱۲) بقای لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس میکروانکپسوله شده را در سس مایونز حاوی پری بیوتیک نشاسته مقاوم و آلژینات بررسی کردند. این مطالعه نشان داد که نشاسته مقاوم می تواند در شرایط اسیدی زندهمانی بیشتری برای *L. acidophilus* ایجاد کند و تفاوت معنی داری از نظر زندهمانی بین حالت های آزاد و اینکپسوله شده باکتری مذکور در سس مایونز ایجاد نماید و زندهمانی در حالتی که باکتری کپسوله شده بود نسبت به حالت آزاد بیشتر بود (۱۵) و همچنین گوجرال و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که قوام کچاپ گوجه فرنگی با افزودن پلی ساکاریدهایی مانند صمغ ها که نوعی پری بیوتیک محسوب می شوند، می تواند بهبود یابد و گزارش دادند که هیدروکلونیدها و اسکوزیته را افزایش داده و سینرسیس سرم سس گوجه فرنگی را کاهش می دهند (۱۱). هم چنین ساهین اوزدمیر در سال ۲۰۰۴ نشان دادند که هیدروکلونیدهای آزمایش شده می توانند برای بهبود ویسکوزیته سس گوجه فرنگی استفاده شوند (۱۸). در همین راستا بیگدلیان و

از شرکت یک و یک و سرکه از یک شرکت صنایع آزمایشگاهی واقع در شهرستان نیشابور خریداری گردید.

## ۲-۲-۲- روش‌ها

### ۲-۲-۱- آماده‌سازی سس کچاپ

تولید سس کچاپ طبق جدول ۱ و با استفاده از غلظت‌های مشخص شده رب گوجه‌فرنگی، شکر، سرکه، نمک و سطوح مختلف فیبر گندم (۰، ۱/۵ و ۲/۵ درصد) و همچنین سطوح مختلف لاکتولوز (۰، ۱ و ۲ درصد) و آب تا رسیدن به ۱۰۰ درصد انجام گرفت بدینصورت که ابتدا آب و رب گوجه‌فرنگی مخلوط شده و در دمای ۹۰ درجه حرارت داده شدند و سپس نمک اضافه گردید و ۲۰ دقیقه به صورت ملایم حرارت داده شد و پس از آن شکر و سرکه، لاکتولوز و فیبر گندم مخلوط شده و پس از ۵ دقیقه همزدن با مخلوط‌کن داخل ظروف استریل شده تقسیم گردید و داخل یخچال جهت مراحل بعدی نگهداری گردید.

همکاران (۲۰۱۴) اعلام نمودند که تغییرات pH سس‌های مایونز سینیوتیک حاوی باکتری‌های پروبیوتیکی کپسوله شده کمتر از سس مایونز سینیوتیک تلقیح شده با باکتری‌های پروبیوتیکی آزاد بود (۷). هدف از این مطالعه بررسی خواص فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و میکروبی سس گوجه‌فرنگی سینیوتیک ریزپوشانی شده می‌باشد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد

لاکتولوز، فیبرخالص گندم، اسید کلریدریک، سود، نشاسته ذرت، آلژینات سدیم و توئین ۸۰، MRS و MRS Broth از شرکت Merck آلمان تهیه و باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس La-5 از مرکز کلکسیون میکروارگانیسم‌های صنعتی ایران- سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران خریداری گردید. رب با درجه بریکس ۲۶/۵

جدول ۱- ترکیبات مورد استفاده در فرمولاسیون نمونه‌های سس کچاپ

درصد مقادیر	ترکیبات
۲۰	رب گوجه‌فرنگی
۱۰	شکر
۸	سرکه
۲	نمک
۰-۲/۵	فیبر گندم
۰-۲	لاکتولوز
تا رسیدن به ۱۰۰	آب

### ۲-۲-۲- آماده‌سازی باکتری پروبیوتیک

در ابتدا باکتری پروبیوتیک به داخل محیط MRS براث منتقل و ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد داخل

انکوباتور شیکردار قرار گرفت تا باکتری‌ها در فاز رشد قرار گرفته و تعداد آنها زیاد شد. بعد از ۲۴ ساعت باکتری‌ها از داخل محیط MRS براث به محیط MRS آگار منتقل و

توجه به تعداد اولیه باکتری‌ها، در هر سی‌سی سس  $1 \times 10^8$  عدد باکتری وجود داشت. که با چند کشت تصادفی انجام گرفته روی نمونه‌های سس در محیط MRS آگار تعداد باکتری‌های فوق در روز اول تولید تایید گردید و پس از سی‌روز نگهداری نمونه‌های سس در یخچال شمارش باکتری پروبیوتیک نیز انجام شد.

#### ۲-۲-۵- شمارش باکتری پروبیوتیک

برای شمارش باکتری پروبیوتیک از محیط کشت MRS agar استفاده گردید. روش پورپلیت بکار گرفته شد و گرمخانه‌گذاری در شرایط بی‌هوای در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ - ۴۸ ساعت انجام گرفت (۲۳).

#### ۲-۲-۶- اندازه‌گیری ویسکوزیته ظاهری

ویسکوزیته با استفاده از دستگاه ویسکومتر بروکفیلد (مدل DV-II + Pro) و به روش عظیمی (۱۳۹۲) با اندکی تغییرات پس از ۳۰ روز نگهداری اندازه‌گیری شد. ویسکوزیته نمونه‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد توسط ویسکومتر بروکفیلد با اسپندل شماره ۶۱ و با سرعت برشی ۶۰ دور در دقیقه، بعد از ۳۰ ثانیه چرخش، بر حسب سانتی‌پواز در ثانیه اندازه‌گیری شد (۲).

#### ۲-۲-۷- روش انجام آزمون سینرسیس (آب اندازی)

به منظور اندازه‌گیری آب‌اندازی نمونه‌های سس کچاپ (پس از ۳۰ روز نگهداری) ابتدا مقداری نمونه داخل لوله‌های سانتریفیوژ توزین شد و به مدت ۱۵ دقیقه در سرعت ۴۱۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. پس از این مرحله فاز رویی خارج شده و دوباره لوله‌های حاوی نمونه باقیمانده توزین شد. در نهایت آب‌اندازی نمونه‌ها بر حسب درصد با استفاده از معادله زیر تعیین گردید (۱۸).

وزن نمونه بعد از سانتریفیوژ - وزن نمونه قبل از سانتریفیوژ

درصد سینرسیس (آب‌اندازی) =  $\frac{\text{وزن نمونه قبل از سانتریفیوژ} - \text{وزن نمونه بعد از سانتریفیوژ}}{\text{وزن نمونه قبل از سانتریفیوژ}} \times 100$

#### ۲-۲-۸- اندازه‌گیری pH

برای اندازه‌گیری pH، از استاندارد ملی ایران به شماره ۲۵۵۰ استفاده گردید (۳). پس از کالیبره کردن دستگاه pH متر (Metrohm، سوئیس)، pH نمونه‌ها در انتهای دوره نگهداری

سپس پلیت‌ها تحت شرایط بی‌هوای در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد برای مدت ۷۲ ساعت انکوبه‌گذاری گردیدند و بعد از ۷۲ ساعت کلنی‌ها رشد کردند. سپس کدورت ۱ مک فارلند تهیه شد. کدورت ۱ مک فارلند معادل  $10^9 \times 3$  باکتری پروبیوتیک در هر سی‌سی از آب مقطر بود. جهت تایید با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۵ نانومتر جذب قرائت گردید.

#### ۲-۲-۳- ریزپوشانی باکتری

ریزپوشانی به روش امولسیون انجام شد (۲۱). ۱۰ سی‌سی از سوسپانسیون میکروبی به ۵۰ سی‌سی محلول استریل حاوی غلظت‌های مختلف آلژینات سدیم و نشاسته ذرت (۲ درصد آلژینات سدیم + ۲ درصد نشاسته ذرت) اضافه شد. این مخلوط با یک سرنگ استریل در شرایط استریل بصورت قطره قطره به ۲۵۰ سی‌سی روغن آفتابگردان حاوی ۰/۰۲ درصد توئین ۸۰ اضافه گردید. جهت تشکیل امولسیون به مدت ۲۰ دقیقه مخلوط حاصل روی همزن مغناطیسی با سرعت  $2/22 \times g$  قرار گرفت تا دو فاز آلی و آبی آن کاملاً با یکدیگر مخلوط شوند. برای شکل‌گیری ریزپوشینه‌ها ۲۵۰ سی‌سی محلول کلرید کلسیم ۰/۱ مولار با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به آرامی به امولسیون اضافه و امولسیون به مدت ۵ دقیقه با سرعت  $1/11 \times g$  روی همزن مغناطیسی با محلول کلرید کلسیم مخلوط شد. پس از اتمام زمان مخلوط شدن ۳۰ دقیقه زمان داده شد تا ریزپوشینه‌ها در کف ظرف ته‌نشین شوند. سپس با استفاده از سانتریفیوژ با شتاب  $350 \times g$  در دمای ۴ درجه به مدت ۱۰ دقیقه از فاز آبی جمع‌آوری شد. ریزپوشینه‌های تهیه شده دو بار با سرم فیزیولوژی ۰/۹ درصد و با استفاده از سانتریفیوژ شسته شد تا روغن باقیمانده بین ذرات خارج شوند. در انتها به منظور خارج کردن سرم اضافی، ریزپوشینه‌ها با کاغذ صافی استریل، صاف و تا زمان استفاده در مراحل بعدی در ظروف شیشه‌ای استریل در یخچال نگهداری شد.

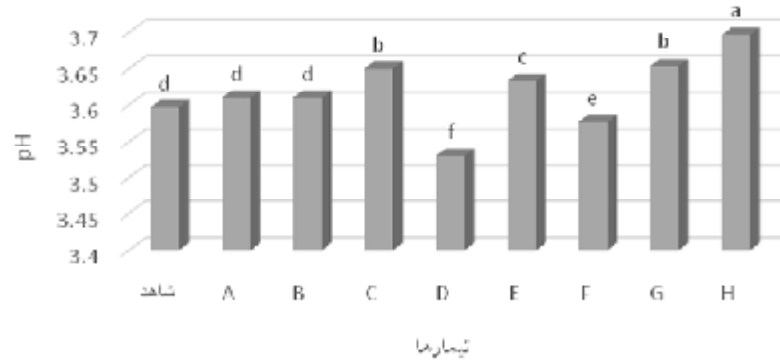
#### ۲-۲-۴- افزودن باکتری پروبیوتیک به نمونه‌های سس

سوسپانسیون میکروبی به دو صورت آزاد و ریزپوشانی شده به نمونه‌های سس تحت شرایط استریل اضافه شدند. لذا با

حاوی باکتری آزاد و ریز پوشانی شده استفاده گردید و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه ای دانکن با نرم افزار SPSS انجام و نمودارها با نرم افزار EXCEL ترسیم گردیدند.

### ۳- نتایج

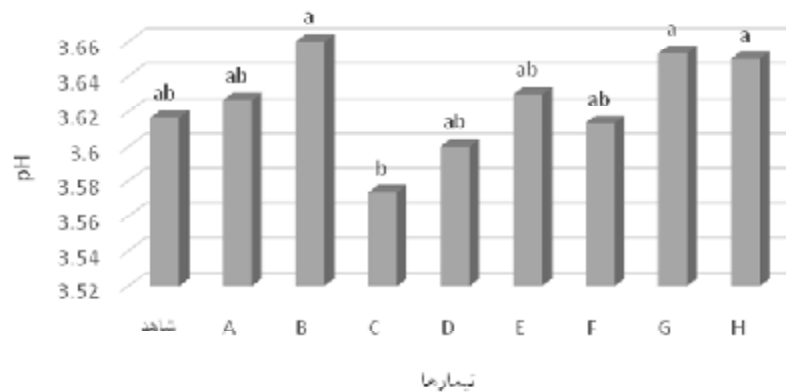
#### ۳-۱- تغییرات pH



شاهد: فاقد فیبر و لاکتولوز، A: صفر درصد لاکتولوز و ۱/۵ درصد فیبر، B: صفر درصد لاکتولوز و ۲/۵ درصد فیبر، C: ۱ درصد لاکتولوز و صفر درصد فیبر، D: ۱ درصد لاکتولوز و ۱/۵ درصد فیبر، E: ۱ درصد لاکتولوز و ۲/۵ درصد فیبر، F: ۲ درصد لاکتولوز و صفر درصد فیبر، G: ۲ درصد لاکتولوز و ۱/۵ درصد فیبر، H: ۲ درصد لاکتولوز و ۲/۵ درصد فیبر

نمودار ۱- pH نمونه های مختلف سس کچاپ حاوی باکتری پروبیوتیک آزاد پس از ۳۰ روز نگهداری

\*حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد ( $p < 0/05$ )



شاهد: فاقد فیبر و لاکتولوز، A: صفر درصد لاکتولوز و ۱/۵ درصد فیبر، B: صفر درصد لاکتولوز و ۲/۵ درصد فیبر، C: ۱ درصد لاکتولوز و صفر درصد فیبر، D: ۱ درصد لاکتولوز و ۱/۵ درصد فیبر، E: ۱ درصد لاکتولوز و ۲/۵ درصد فیبر، F: ۲ درصد لاکتولوز و صفر درصد فیبر، G: ۲ درصد لاکتولوز و ۱/۵ درصد فیبر، H: ۲ درصد لاکتولوز و ۲/۵ درصد فیبر

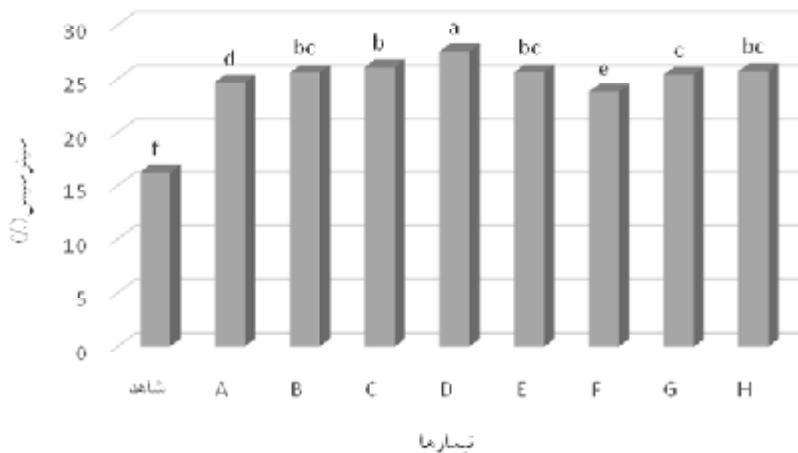
نمودار ۲- pH نمونه های مختلف سس کچاپ حاوی باکتری پروبیوتیک ریز پوشانی شده پس از ۳۰ روز نگهداری

\*حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد ( $p < 0/05$ )

به عنوان آستانه ثبات محصول در نظر گرفته می شود (۱۷). همانطور که در شکل شماره ۱ و ۲ مشاهده می گردد، pH همه نمونه ها چه حاوی باکتری آزاد و یا کپسوله شده در محدوده استاندارد هستند. نمونه های حاوی باکتری ریزپوشانی شده در مجموع pH بالاتری نسبت به نمونه های حاوی باکتری آزاد داشتند ضمن اینکه اختلاف معنی داری از نظر pH با شاهد نداشتند ( $p < 0/05$ ). با افزایش فیبر اسیدیته کاهش نشان می دهد. فیبر قادر به تعدیل اسیدهای آلی و دارای اثر تامپونی است لذا اسید تولید شده توسط میکروارگانیسم ها را تا حدودی خنثی می کند و از آسیب اسیدی می کاهد (۸). همانطور که ملاحظه می گردد در نمونه های سس حاوی باکتری آزاد میزان کاهش pH در پایان دوره نگهداری بیشتر از نمونه های حاوی باکتری های ریزپوشانی شده است. در همین راستا بیگدلیان و همکاران (۲۰۱۴) اعلام نمودند که تغییرات pH سس های مایونز سینبیوتیک حاوی باکتری های پروبیوتیکی کپسوله شده کمتر از سس مایونز سینبیوتیک تلقیح شده با باکتری های پروبیوتیکی آزاد بود (۷).

همان طور که در شکل ۱ مشاهده می گردد، نمونه H بالاترین میزان pH و نمونه D کمترین میزان pH را نشان داده و اختلاف معنی داری بین نمونه H و D با شاهد در سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود دارد. در شکل ۲ که مربوط به نمونه های حاوی پروبیوتیک ریزپوشانی شده است نیز همانطور که مشاهده می گردد بیشترین میزان pH مربوط به نمونه های B، G و H که اختلاف معنی داری ( $p < 0/05$ ) با شاهد ندارند و کمترین میزان pH مربوط به نمونه C می باشد. در تمام نمونه های ریز پوشانی شده به جز نمونه C اختلاف معنی داری بین شاهد و نمونه های تیمار شده ندارد ( $p < 0/05$ ). از مهمترین پارامترهای شیمیایی مطرح در مورد سس کچاپ pH می باشد. استاندارد ایران محدوده ی مشخصی را برای آن تعیین نموده است. طبق استاندارد ایران به شماره ۲۵۵۰، pH سس کچاپ نباید از ۴ بالاتر باشد چرا که منجر به ایجاد طعم pH نامطلوب در فرآورده شده و از قابلیت مشتری پسندی آن می کاهد. در pH های بالاتر، عمر نگهداری محصول نیز کمتر بوده و از طرفی احتمال رشد باکتری های بیماریزا افزایش می یابد ضمن آنکه طبق استانداردهای بین المللی نیز کچاپ باید دارای مقدار pH پایین تر از ۴ باشد که عموماً

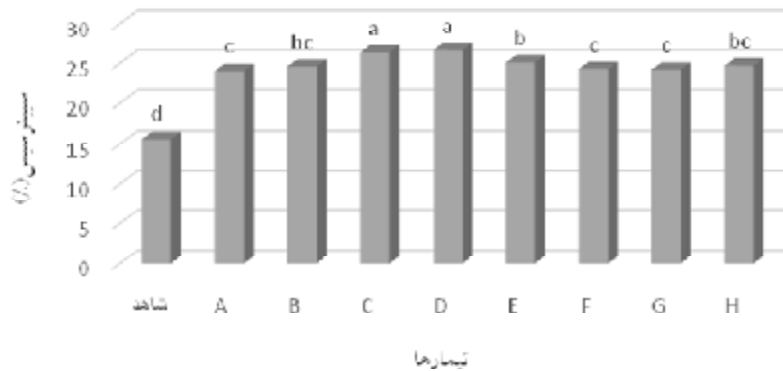
۳-۲- تغییرات سینرسیس



شاهد: فاقد فیبر و لاکتوز، A: صفر درصد لاکتوز و ۱/۵ درصد فیبر، B: صفر درصد لاکتوز و ۲/۵ درصد فیبر، C: ۱ درصد لاکتوز و صفر درصد فیبر، D: ۱ درصد لاکتوز و ۱/۵ درصد فیبر، E: ۱ درصد لاکتوز و ۲/۵ درصد فیبر، F: ۲ درصد لاکتوز و صفر درصد فیبر، G: ۲ درصد لاکتوز و ۱/۵ درصد فیبر، H: ۲ درصد لاکتوز و ۲/۵ درصد فیبر

نمودار ۳- سینرسیس نمونه های مختلف سس کچاپ حاوی باکتری پروبیوتیک آزاد پس از ۳۰ روز نگهداری

\*حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد ( $p < 0/05$ )



شاهد : فاقد فیبر و لاکتولوز، A : صفر درصد لاکتولوز و ۱/۵ درصد فیبر، B : صفر درصد لاکتولوز و ۲/۵ درصد فیبر، C : ۱درصد لاکتولوز و صفر درصد فیبر، D : ۱ درصد لاکتولوز و ۱/۵ درصد فیبر، E : ۱درصد لاکتولوز و ۲/۵ درصد فیبر، F : ۲ درصد لاکتولوز و صفر درصد فیبر، G : ۲درصد لاکتولوز و ۱/۵ درصد فیبر، H : ۲ درصد لاکتولوز و ۲/۵ درصد فیبر

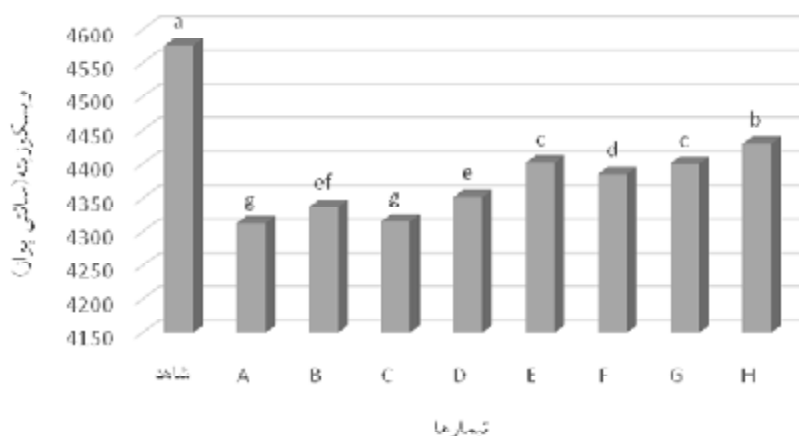
نمودار ۴- سینرسیس نمونه های مختلف سس کچاپ حاوی باکتری پروبیوتیک ریز پوشانی شده پس از ۳۰ روز نگهداری

\*حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد ( $p < 0.05$ )

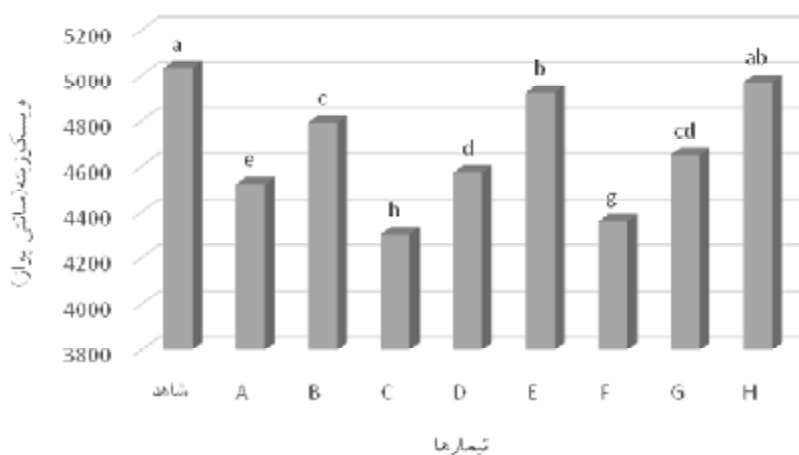
نمونه‌های تیمار شده نسبت به شاهد بالاتر بود. اما در نمونه‌های تیمار شده با افزایش میزان فیبر سینرسیس تا حدودی کاهش یافته است (۱). فیبرها در اتصال به مولکولهای آب و تداخل با اجزای سس و در نتیجه پایداری شبکه می تواند از حرکت آزادانه آب جلوگیری کرده و منجر به کاهش سینرسیس گردد (۲۲). گوجرال و همکاران (۱۹۹۷) نشان دادند که قوام کچاپ گوجه‌فرنگی با افزودن پلی ساکاریدهایی مانند صمغ ها می تواند بهبود یابد (۱۱). میزان سینرسیس طبق شکل های شماره ۳ و ۴ در نمونه های حاوی باکتری ریز پوشانی شده کمتر از آزاد است. احتمالاً ریزپوشانی باعث شده است فعالیت میکروبی افزایش یابد و در نتیجه مصرف ترکیبات پری بیوتیک شامل فیبر و لاکتولوز افزایش یافته و در اثر متابولیت‌های تولید شده سینرسیس کاهش یافته است.

همانطور که در شکل ۳ مشاهده می گردد، بیشترین میزان سینرسیس مربوط به نمونه D و کمترین میزان مربوط به نمونه شاهد می باشد. در شکل شماره ۴ مشاهده می گردد، بیشترین میزان سینرسیس مربوط به نمونه D کمترین میزان مربوط به نمونه شاهد می باشد. در مجموع همه نمونه ها چه در نمونه‌های حاوی باکتری آزاد و یا حاوی باکتری ریزپوشانی شده نسبت به شاهد میزان سینرسیس بیشتری داشته و اختلاف معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد مشاهده می شود. افزودن فیبر و لاکتولوز باعث به هم خوردن شبکه یکنواخت سس گردیده و در نتیجه طبق شکل های شماره ۳ و ۴ ملاحظه می گردد که نمونه های تیمار شده میزان سینرسیس بیشتری نسبت به شاهد نشان می دهند. در همین راستا رفتنی امیری و همکاران (۱۳۹۳) اعلام کردند که در نمونه های سس کچاپ حاوی ثعلب میزان سینرسیس

۳-۳- تغییرات ویسکوزیته



نمودار ۵- ویسکوزیته نمونه های مختلف سس کچاپ حاوی باکتری پروبیوتیک آزاد پس از ۳۰ روز نگهداری  
 \*حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد ( $p < 0.05$ )



شاهد : فاقد فیبر و لاکتولوز، A : صفر درصد لاکتولوز و ۱/۵ درصد فیبر، B : صفر درصد لاکتولوز و ۲/۵ درصد فیبر، C :  
 ۱درصد لاکتولوز و صفر درصد فیبر، D : ۱ درصد لاکتولوز و ۱/۵ درصد فیبر، E : ۱درصد لاکتولوز و ۲/۵ درصد فیبر، F : ۲  
 درصد لاکتولوز و صفر درصد فیبر، G : ۲درصد لاکتولوز و ۱/۵ درصد فیبر، H : ۲درصد لاکتولوز و ۲/۵ درصد فیبر

نمودار ۶- ویسکوزیته نمونه های مختلف سس کچاپ حاوی باکتری پروبیوتیک ریز پوشانی شده پس از ۳۰ روز نگهداری  
 \*حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد ( $p < 0.05$ )

A و بالاترین ویسکوزیته مربوط به نمونه H می باشد که اختلاف معنی داری با سایر تیمارها دارد ( $p < 0.05$ ). طبق شکل ۶ در نمونه های ریز پوشانی شده، بالاترین ویسکوزیته مربوط به نمونه شاهد و H می باشد که اختلاف معنی داری با سایر نمونه ها دارند ( $p < 0.05$ ) و کمترین میزان ویسکوزیته

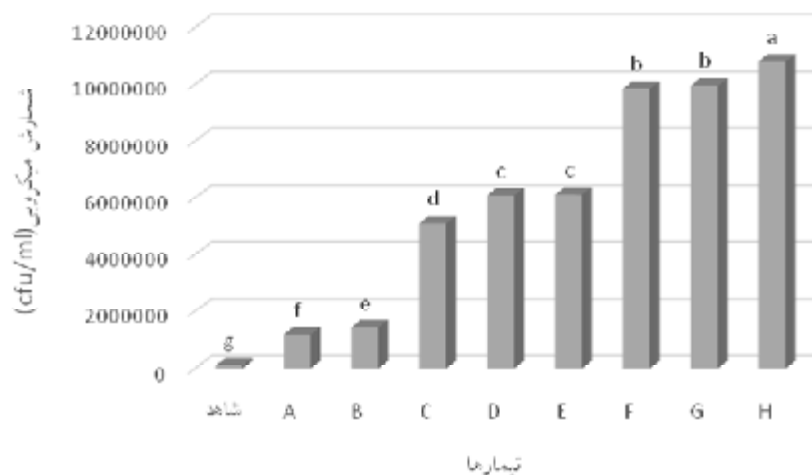
همان طور که در شکل های شماره ۵ و ۶ ملاحظه می گردد، بیشترین میزان ویسکوزیته در هر دو حالت ریز پوشانی شده و آزاد متعلق به نمونه شاهد می باشد که اختلاف معنی داری با سایر نمونه ها دارد ( $p < 0.05$ ). طبق شکل ۵، کمترین میزان ویسکوزیته در نمونه های حاوی باکتری آزاد مربوط به نمونه



نگهداری شده است. گوجرال و همکاران (۱۹۹۷) نشان دادند که قوام کچاپ گوجه‌فرنگی با افزودن پلی ساکاریدهایی مانند صمغ‌ها می‌تواند بهبود یابد (۱۱). در همین راستا سانچز و همکاران (۲۰۰۲) اظهار کردند که ویسکوزیته با افزایش مواد جامد کل افزایش می‌یابد (۱۹). ویسکوزیته همه نمونه‌ها در محدوده مورد تایید استاندارد (۴۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ سانتی پواز) است. میزان ویسکوزیته در نمونه‌های سس حاوی باکتری ریز پوشانی شده بیشتر از نمونه‌های حاوی باکتری آزاد است. احتمالاً ریزپوشانی باعث شده است فعالیت میکروبی افزایش یابد و در نتیجه مصرف ترکیبات پری بیوتیک شامل فیبر و لاکتولوز افزایش یافته و در اثر متابولیت‌های تولید شده ویسکوزیته افزایش یافته است.

مربوط به تیمار C است. ویسکوزیته سس کچاپ دلیل اصلی برای پذیرش مصرف‌کننده است که از فاکتورهای مهم در تولید تجاری کچاپ محسوب می‌شود (۶). همان‌طور که در شکل‌های شماره ۵ و ۶ ملاحظه می‌گردد، بیشترین میزان ویسکوزیته در هر دو حالت ریزپوشانی شده و آزاد متعلق به نمونه شاهد می‌باشد. دلیل این‌که در نمونه شاهد ویسکوزیته بیشتر از سایر نمونه‌ها می‌باشد این است که با افزودن لاکتولوز که به شکل مایع است از قوام سس کاسته می‌شود و از طرفی با افزودن فیبر به دلیل شکستن ماتریکس سس کچاپ باعث کاهش ویسکوزیته سس نسبت به شاهد شده است اما فیبر به دلیل جذب آب باعث بیشتر شدن ویسکوزیته نسبت به سایر نمونه‌ها شده است. فیبر به دلیل جذب آب باعث بیشتر شدن ویسکوزیته در طول زمان

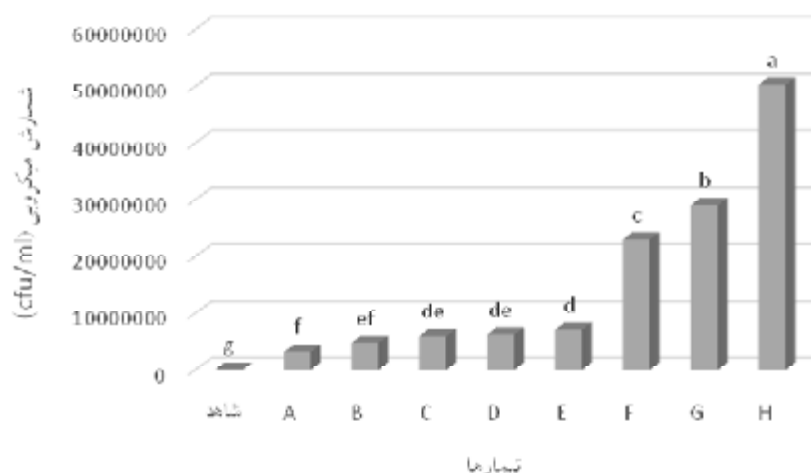
### ۳-۴- ارزیابی زنده مانی میکروبی سس کچاپ



شاهد: فاقد فیبر و لاکتولوز، A: صفر درصد لاکتولوز و ۱/۵ درصد فیبر، B: صفر درصد لاکتولوز و ۲/۵ درصد فیبر، C: ۲ درصد لاکتولوز و صفر درصد فیبر، D: ۱ درصد لاکتولوز و ۱/۵ درصد فیبر، E: ۱ درصد لاکتولوز و ۲/۵ درصد فیبر، F: ۲ درصد لاکتولوز و صفر درصد فیبر، G: ۲ درصد لاکتولوز و ۱/۵ درصد فیبر، H: ۲ درصد لاکتولوز و ۲/۵ درصد فیبر

نمودار ۷- ارزیابی زنده مانی باکتری پروبیوتیک آزاد در نمونه‌های سس کچاپ پس از ۳۰ روز نگهداری

\*حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار می‌باشد ( $p < 0.05$ )



شاهد: فاقد فیبر و لاکتولوز، A: صفر درصد لاکتولوز و ۱/۵ درصد فیبر، B: صفر درصد لاکتولوز و ۲/۵ درصد فیبر، C: ۱ درصد لاکتولوز و صفر درصد فیبر، D: ۱ درصد لاکتولوز و ۱/۵ درصد فیبر، E: ۱ درصد لاکتولوز و ۲/۵ درصد فیبر، F: ۲ درصد لاکتولوز و صفر درصد فیبر، G: ۲ درصد لاکتولوز و ۱/۵ درصد فیبر، H: ۲ درصد لاکتولوز و ۲/۵ درصد فیبر  
 نمودار ۸- ارزیابی زنده مانی باکتری پروبیوتیک ریزپوشانی شده در نمونه های سس کچاپ پس از ۳۰ روز نگهداری  
 \*حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد (p<۰/۰۵)

می گردد. ریزپوشانی باکتری‌ها به عنوان یکی از جدیدترین روش‌ها تأثیر قابل توجهی در بقای پروبیوتیک دارد (۵). با توجه به اینکه در این تحقیق از روش امولسیون برای ریزپوشانی استفاده شده است، مطالعات مختلف نشان داده است که افزودن نشاسته به عنوان ماده پرکننده در ماتریس کپسول آلژینات باعث افزایش زنده‌مانی پروبیوتیک می‌شود (۱۲،۴). در همین راستا محمدی و همکاران (۲۰۱۲) بقای لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس میکروانکپسوله شده را در سس مایونز حاوی پریبیوتیک نشاسته مقاوم و آلژینات بررسی کردند (۶). این مطالعه نشان داد که نشاسته مقاوم می‌تواند در شرایط اسیدی زنده‌مانی بیشتری برای *L. acidophilus* ایجاد می‌کند و تفاوت معنی‌داری از نظر زنده‌مانی بین حالت‌های آزاد و اینکپسوله شده باکتری مذکور در سس مایونز ایجاد نمود و زنده‌مانی در حالت اینکپسوله نسبت به حالت آزاد بیشتر بود. چن و همکاران (۲۰۰۵) پریبیوتیک‌هایی نظیر فروکتوالیگوساکارید و ایزو مالتوالیگوساکارید، یک تقویت کننده رشد (پپتید) و آلژینات سدیم را به عنوان مواد پوشش دهنده برای ریزپوشانی پروبیوتیک‌هایی نظیر لاکتوباسیلوس

همانطور که شکل‌های شماره ۷ و ۸ نشان می‌دهند، با افزایش غلظت فیبر و افزایش غلظت لاکتولوز رشد باکتری پروبیوتیک افزایش پیدا کرده است. بالاترین بقاء باکتری در بالاترین غلظت فیبر و لاکتولوز (نمونه H: ۲ درصد لاکتولوز و ۲/۵ درصد فیبر) مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد با سایر نمونه‌ها و از جمله شاهد داشت. کمترین رشد میکروبی هم در نمونه شاهد مشاهده گردید. میکروارگانیزم پروبیوتیک از ترکیبات فوق استفاده نموده و با توجه به این که فیبر و لاکتولوز جزو ترکیبات پریبیوتیک هستند لذا رشد باکتری پروبیوتیک را تحریک نموده اند و لذا زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک در نمونه‌های سس حاوی باکتری‌های ریزپوشانی شده بالاتر از نمونه‌های سس حاوی باکتری پروبیوتیک آزاد می‌باشد و لذا بالاترین میزان زنده‌مانی با میزان شمارش میکروبی  $5/023 \times 10^7$  cfu/ml مربوط به نمونه حاوی ۲ درصد لاکتولوز و ۲/۵ درصد فیبر در نمونه‌های ریزپوشانی شده بود (نمونه H). کاهش معادل یک سیکل لگاریتمی در تعداد باکتری‌های پروبیوتیک نسبت به روز اول تولید در نمونه‌های سس تیمار شده مشاهده

اسیدوفیلوس و بیفیدوباکتریوم بیفیدوم آزمایش کرده و مشاهده کردند که استفاده از این ترکیبات باعث افزایش بقای باکتری‌ها می‌گردد (۹). همچنین کیشک و همکاران (۲۰۰۷) و دونتهیدی و همکاران (۲۰۱۰) که بر روی زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس به صورت ریزپوشانی و آزاد در سس مایونز مطالعه نمودند، اظهار کردند که باکتری پروبیوتیک به صورت ریزپوشانی شده زنده‌مانی بیشتری نسبت به باکتری آزاد داشت (۱۰، ۱۴) لذا مطالعه انجام گرفته در مطابقت با تحقیقات سایر محققین است. با توجه به این که بالاترین میزان شمارش میکروبی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس ریز پوشانی شده در نمونه حاوی ۲ درصد لاکتولوز و ۲/۵ درصد فیبر مشاهده گردید و به علت این که این میزان بالاتر از  $10^7$  cfu/ml می‌باشد لذا نمونه سس فوق سینیوتیک محسوب می‌گردد.

ریزپوشانی شده بالاتر از نمونه‌های سس حاوی باکتری پروبیوتیک آزاد می‌باشد و بالاترین میزان زنده‌مانی با میزان شمارش میکروبی  $10^7$  cfu/ml  $\times$  ۵/۲۳ مربوط به نمونه حاوی ۲ درصد لاکتولوز و ۲/۵ درصد فیبر در نمونه‌های ریزپوشانی شده بود و به علت اینکه این میزان بالاتر از  $10^7$  cfu/ml می‌باشد لذا نمونه سس فوق سینیوتیک و فراسودمند محسوب می‌گردد و با توجه به اینکه میزان باکتری‌های پروبیوتیک در روز اول تولید حدود  $10^8$  cfu/ml بوده لذا به میزان یک سیکل لگاریتمی کاهش در نمونه‌های تیمار شده و دوسیکل لگاریتمی کاهش در نمونه شاهد مشاهده می‌گردد. در مجموع نمونه سس حاوی ۲ درصد لاکتولوز و ۲/۵ درصد فیبر شامل باکتری پروبیوتیک ریزپوشانی شده خصوصیات فیزیکیوشیمیایی، رئولوژیکی و میکروبی مناسبتری نسبت به سایر تیمارها داشته که سینیوتیک نیز می‌باشد و بعنوان تیمار برتر معرفی می‌گردد.

#### ۴- نتیجه‌گیری

سس کچاپ محصولی پر مصرف در جهان و ایران است به همین لحاظ تهیه محصولی سینیوتیک و مصرف آن باعث ارتقاء سلامتی خواهد شد. نتایج بدست آمده حاکی از آن بود که با افزایش میزان فیبر، pH افزایش یافته است. در نمونه‌های سس حاوی باکتری آزاد میزان کاهش pH در پایان دوره نگهداری بیشتر از نمونه‌های حاوی باکتری‌های ریزپوشانی شده بود. در هر دوی نمونه‌های ریزپوشانی شده و نشده بالاترین میزان سینرسیس مربوط به نمونه حاوی ۱ درصد لاکتولوز و ۱/۵ درصد فیبر و کمترین میزان سینرسیس در هر دوی نمونه‌های ریزپوشانی شده و نشده نمونه شاهد بود. بیشترین میزان ویسکوزیته در هر دو حالت ریزپوشانی شده و نشده متعلق به نمونه شاهد می‌باشد و کمترین میزان ویسکوزیته در نمونه‌های ریزپوشانی نشده مربوط به نمونه صفر درصد لاکتولوز و ۱/۵ درصد فیبر و کمترین میزان ویسکوزیته در نمونه‌های ریزپوشانی شده مربوط به نمونه ۱ درصد لاکتولوز و صفر درصد فیبر می‌باشد. از نظر ارزیابی میکروبی، مشخص گردید، زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک در نمونه‌های سس حاوی باکتری‌های

#### ۵- سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور که حمایت‌های لازم را از انجام طرح پژوهشی با عنوان "بررسی خواص فیزیکیوشیمیایی، رئولوژیکی، میکروبی و حسی سس گوجه‌فرنگی سینیوتیک" که این مقاله از آن استخراج شده است را فراهم نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

#### ۶- منابع

۱. رفتنی‌امیری، ز.، اسماعیلی، ا.م. و علیمی، م. ۱۳۹۳. بررسی تاثیر هیدروکلئیدهای ثعلب و کربوکسی‌متیل سلولز بر روی خواص کیفی سس کچاپ. علوم غذایی و تغذیه، جلد ۱۳، شماره ۱، ۶۴-۵۵.
۲. عظیمی‌محل، ا.، زمردی، ش.، محمدی‌ثانی، ع. و احمدزاده‌قویدل، ر. ۱۳۹۲. بررسی تاثیر فیبر پرتقال بر خواص فیزیکیوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی ماست میوه‌ای توت‌فرنگی به روش سطح پاسخ. نوآوری در علوم و فناوری غذایی، جلد ۵، شماره ۱، ۳۴-۲۳.

2008. Effect of microencapsulation and resistant starch on the probiotic survival and sensory properties of synbiotic ice cream. *Food Chemistry*, 111: 50-55.
13. <https://www.statista.com/outlook/40070100/109/tomato-ketchup/united-states>.
  14. Kishk, Y. F. M., Abd El-Razik, M. M. M. and Ibrahim, M.T. 2007. Quality characteristics of mayonnaise enriched by probiotic bacteria. *Annals Of Agricultural Science Moshtohor Journal*, 45(2): 701-718.
  15. Mohammadi, N., Ahari, H., Fahimdanesh, M., Zanjani, M. A. K., Anvar, A. and Shokri, E. 2012. Survival of alginate-prebiotic microencapsulated *Lactobacillus acidophilus* in mayonnaise sauce. *Iranian Journal of Veterinary Medicine*, 6(4): 259-264.
  16. Rastall, R. A. and Maitain, V. 2002. Prebiotics and symbiotics: towards the next generation. *Current Opinion in Biotechnology*, 13: 490-496.
  17. Rajchl, A., Voldrich, M. and Cizkova, H. 2010. Stability of nutritionally important compounds and shelf life prediction of tomato ketchup. *Journal of Food Engineering*, 99: 465-470.
  18. Sahin, H. and Ozdemi, F. 2007. Effect of some hydrocolloids on the serum separation of different formulated ketchup. *Journal of Food Engineering*, 81: 437-446.
  19. Sancheza, C., Renardb, D., Robertb, P., Schmitta, C. and Lefebvre, J. 2002. Structure and rheological properties of acacia gum dispersions, *Food Hydrocolloids*, 16: 257-267.
  20. Sharoba, A. M., Senge, B., Elmansy, H. A., Bahlol, H. E. and Blochwitz, R. 2005. Chemical, sensory and rheological properties of some commercial German and Egyptian tomato ketchups, *European Food Research and Technology*, 220(2):142-151.
  21. Sheu, T.Y., Marshall, R. T. and Heymann, H. 1993. Improving survival of culture bacteria in frozen desserts by microentrapment. *Journal of Dairy Science*, 76(7): 1902-1907.
  ۳. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۷۶. ویژگی‌ها و روش آزمون سس گوجه فرنگی (کچاپ). استاندارد ملی ایران، شماره ۲۲۵۰، چاپ چهارم.
  ۴. یوسفی، ه.، سلیمان‌نژاد، ص و شاهدی باغ‌خندان، م. ۱۳۹۵. ریزپوشانی پروبیوتیکها با روش امولسیون در تولید نان پروبیوتیک. علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران. سال یازدهم، شماره ۴، ۱۰۶ - ۹۹.
  5. Anal, A. K. and Singh, H. 2007. Recent advances in microencapsulation of probiotics for industrial applications and targeted delivery. *Trends in Food Science & Technology*, 18: 240-251.
  6. Bayoda, E., Willers, E. and Tomberg, E. 2008. Rheological and structural characterization of tomato paste and its influence on the quality of ketchup. *WT - Food Science and Technology*, 41(7): 1289-1300.
  7. Bigdelian, E. and Razavi, S. 2014. Evaluation of survival rate and physicochemical properties of encapsulated bacteria in alginate and resistant starch in mayonnaise sauce. *Journal of Bioprocessing & Biotechniques*, 4(5): 166-178.
  8. Chantaro, P., Devahastin, S. and Chiewchan, N. 2007. Production of antioxidant high dietary fiber powder from carrot peels. *Trends in Food Science & Technology*, 10: 3-8.
  9. Chen, C. and Walker, A. 2005. Probiotics and prebiotics: role in clinical disease states, *Adv Pediatr*, 52: 77-113.
  10. Donthidi, A. R., Tester, R. F. and Aidoo, K.E. 2010. Effect of lecithin and starch on alginate-encapsulated probiotic bacteria. *Journal of Microencapsulation*, 27: 67-77.
  11. Gujral, H. S., Sharma, A. and Singh, N. 2002. Effect of hydrocolloids, storage temperature, and duration on the consistency of tomato ketchup. *International Journal of Food Properties*, 5(1): 179-191.
  12. Homayouni, A., Azizi, A., Ehsani, M. R., Yarmand, M. S and Razavi, S. H.

- rhamnosus and Propionibacteria. *Journal of Dairy Science*, 6: 2288–2296.
24. Xu, Z. R., Hu, C. H., Xia, M. S., Zhan, X. A. and Wang, M. Q. 2003. Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities .Intestinal Microflora and morphology of male broilers. *Poultry Science*, 82:1030-1036.
22. Tamime, A. Y. 2005. *Probiotic dairy products*. Blackwell Publishing, Oxford, pp. 1-216.
23. Tharmaraj, N. and Shah, N. P. 2003. Selective Enumeration of Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus, Streptococcus thermophilus, Lactobacillus acidophilus, Bifidobacteria, Lactobacillus casei, Lactobacillus

(Original Research Paper)  
**Investigation of Physicochemical, Rheological and Microbial  
Properties of Symbiotic Tomato Sauce**

Mohsen Vazifedoost<sup>1\*</sup>

1-Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Neyshabur Branch, Islamic Azad University, Neyshabur, Iran.

Received:11/01/2021

Accepted:11/04/2021

**Abstract**

Tomato sauce is a widely used product in the world and in Iran that is widely used in various foods, especially fast food. In this regard, the preparation of symbiotic products from it will promote health. In this study, 3 levels of lactulose (0, 1 and 2%) and 3 levels of wheat fiber (0, 1.5 and 2.5%) were used as prebiotics and *Lactobacillus acidophilus* (La-5) was used as a probiotic. The results showed that the pH of the samples containing microencapsulated bacteria was lower than the samples containing free bacteria and similar to the control. The rate of syneresis of all samples was significantly different from the control ( $p < 0.05$ ). But rate of syneresis of microencapsulated samples was less than free. In terms of viscosity, except for the microencapsulated sample containing 2% lactulose and 2.5% fiber, there was a significant difference between the other samples and the control ( $p < 0.05$ ). In terms of microbial evaluation, the rate of bacterial reduction in treated samples was equal to one and in control two logarithmic cycles. Survival of microencapsulated probiotic bacteria was higher than free probiotic bacteria and had a significant difference with the control ( $p < 0.05$ ). The highest survival rate with microbial count of  $5.023 \times 10^7$  cfu / ml was related to the sample containing 2% lactulose and 2.5% fiber in microencapsulated samples, Therefore, in addition to being superior to other samples in terms of physicochemical and rheological properties, the above sample is also considered a symbiotic product.

**Keywords:** Tomato Sauce, Lactulose, Symbiotic, Microencapsulation

---

\*Corresponding Author: [m.vazifedoost@iau-neyshabur.ac.ir](mailto:m.vazifedoost@iau-neyshabur.ac.ir)