International Congress of Interdisciplinary Studies in Science and Engineering
December 2017 - Iran, Tehran
کنگره بین المللی مطالعات میان رشته ای در علوم پایه و مهندسی
آذرماه ۱۳۹۶ - تهران
Archive of SID

بررسی خشک‌کردن cfu پودر حاوی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس

*فاطمه یونسی[1] احسان درونه

* کارشناس ارشد مهندسی شیمی گرایش بیوشیمیایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماهشهر، ایران
** استادیار گروه شیمی-دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، ایران.

چکیده

این پژوهش باهدف بررسی خشک‌کردن cfu پودر حاوی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس انجام‌شده است؛ محتوی رطوبت نمونه پودر ۳٪/۷۴ بود که این میزان در دامنه مطلوب برای ثبات پودر در طی نگهداری می‌باشد. میزان رطوبت پودر اثر مهمی روی پایداری فیزیکوشیمیایی پودر در طی نگهداری و توزیع دارد و پایداری اکسیداتیو آن بسته به میزان رطوبت تغییر می‌نماید. همچنین ویژگی‌های تکنولوژیک پودر نظیر حلالیت و قابلیت خیس شدن تحت تأثیر میزان رطوبت می‌باشد. نگهداری میکروارگانیسم‌ها به‌صورت خشک‌شده ارجح‌ترین روش برای ذخیره‌سازی طولانی‌مدت کشت‌های میکروبی بدون کاهش در زنده‌مانی بوده است. این فرآیندها باعث می‌شوند باکتری‌های پروبیوتیک در معرض تنش‌های مختلف از قبیل حرارت، سرما، اکسیژن و فشار اسمزی قرار گیرند که باعث افت زنده‌مانی در طول خشک‌کردن و زنده‌مانی خواهد شد. نتایج این پژوهش نشان داد؛ میزان زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در زمان‌های مختلف و درجه حرارت‌های مختلف، کاهش پیدا می‌کند.

کلیدواژه: خشک‌کن ، پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس ، زمان تماس

۱.مقدمه

پروبیوتیک ها، میکروارگانیسم‌های زنده‌ای هستند که اگر در مقادیر مناسب تجویز شوند آثار مفیدی بر سلامت میزبان خواهند داشت [1] غذاهای پروبیوتیک غذاهایی هستند که حاوی میکروارگانیسم‌های زنده بوده و با خوردن آن‌ها سلامت مصرف‌کنندگان از طریق بهبود تعادل میکروفلور روده افزایش می‌یابد. لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس شناخته‌شده‌ترین باکتری است که به‌عنوان پروبیوتیک استفاده می‌شود و تعدادی از محققان کاربرد موفقیت‌آمیز آن را در بستنی گزارش کردند. توانایی زنده ماندن لاکتوباسیلوس ها با کاهش PH در معده و برخورد بانمک‌های صفراوی در بدن مصر ف کنندگان تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در مقابل، پروبیوتیک های باسیلوس مثل باسیلوس کواگولانس که برای مصرف طولانی‌مدت انسان بی‌خطر شناخته‌شده است، قادراست که شرایط معده را تحمل کرده و کل باکتری‌های خورده شده بدون تغییر به روده کوچک برسد[2] .

باکتری‌کش ها ترکیباتی پروتئین دار هستند که باکتری‌ها را از بین برده یا موجب مهار آن‌ها می‌گردند. ارگانیسم‌های گوناگونی این ترکیبات را تولید می‌کنند مانند لاکتوکوکوس، لاکتوباسیلوس، کارنوباکتریوم، انتروکوکوس و باسیلوس که قادر به تولید ترکیبات مهارکننده هستند. پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس یک‌گونه از هشت جنس اصلی لاکتوباسیلوس است و شاید شناخته‌شده‌ترین گونه در بین لاکتوباسیلوس ها باشد.[3]

خشک‌کردن، از چالش‌های مهم در فرآوری مواد غذایی محسوب می‌شود و مفاهیم دامنه‌داری را در تحقیقات صنایع غذایی دربر می‌گیرد. مهم‌ترین هدف خشک‌کردن، جدا نمودن آب از ماده غذایی، افزایش مدت‌زمان ماندگاری و جلوگیری از فساد است. علاوه بر این، به هنگام خشک‌کردن، وزن و حجم ماده غذایی کاهش پیداکرده و درنتیجه باعث کاهش هزینه‌های بسته‌بندی، حمل‌ونقل، انبارداری و پخش می‌گردد. در حین خشک‌کردن، یکسری تغییرات فیزیکی و شیمیایی در بعضی خواص طبیعی مواد غذایی مانند بافت، رنگ، عطروطعم و ارزش تغذیه‌ای رخ می‌دهد.ازاین‌رو، دومین هدف خشک‌کردن، بایستی تولید مواد غذایی خشک‌شده باکیفیت خوب ازنظر ارگانولپتیکی و تغذیه‌ای باشد .امروزه، خشک‌کردن میوه‌های مختلف ازجمله آلو مرسوم شده است و این محصولات در بازار باقیمت بالایی به فروش می‌رسند[4]. هدف ما از این پژوهش بررسی پارامترهای خشک‌کردن بر میزان cfu پودر حاوی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس می‌باشد.

۲.اهداف پژوهش

۱- بررسی پارامترهای خشک‌کردن در حضور باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس

۲- بررسی کاهش تعداد پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در فرآیند خشک‌کردن

۱- پدیدآورنده مسئول Email: f.unesy94@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

۳- تعیین شرایط بهینه خشک‌کردن

۳.مبانی نظری و پیشینه پژوهش

روستا و همکاران(۱۳۹۳)در مقاله ای با عنوان اثرات سطوح مختلف پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس بر فعالیت ضدباکتریی و برخی شاخص های ایمنی موکوسی ماهی تایگر بارب را مورد بررسی قرار داد.نتایج این آزمایش نشان داد که موکوس ماهی تایگر بارب در برابر هر دو پاتوژن فعالیت ضدباکتریایی داشته و استفاده از سطوح مختلف پروبیوتیک سبب افزایش معنی دار در فعالیت ضدباکتریایی موکوس، پروتئین محلول و آنزیم آلکالین فسفاتاز قلیایی این ماهی نسبت به تیمار شاهد شده است[2].

هاشمی و همکاران (۱۳۹۳)در مقاله ای با عنوان بررسی بقای لاکتوباسیلوس اسیدوفیلو سو باسیلوس کواگولانس در بستنی های پروبیوتیک و سین بیوتیک کم چرب را مورد بررسی قرار دادند. میزان بقای باسیلوس کواگولانس چه بعد از فرآیند انجماد و چه در انتهای دوره نگه داری بستنی در شرایط انجماد بالاتر از لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس بود. اینولین اثر محافظتی روی میکروارگانیسم های پروبیوتیک در دوره نگ ه داری نداشت .با توجه به این که نسبت بالایی از میکروارگانسیم های پروبیوتیک برای یک دوره طولانی قادر به زنده ماندن در بستنی های تولیدی بودند، بنابراین می توان نتیجه گیری کرد که این فرآورده شیری منجمد پتانسیل بالایی برای استفاده به عنوان یک غذای فراسودمند دارد[7].

پایسان و همکاران در سال ۲۰۱۲ اثر خشک کردن لاکتوباسیلوس پاراکارش تهیه شده از بدن انسان را در یک خشک کن پاششی بررسی کرد نتیجه گرفتن بهترین شرایط برای خشک کردن این باکتری ۸۰°C می باشد.

شکری و همکاران در سال ۲۰۱۵ فاکتورهای موثر بر طول عمر باکتری بیفیدرباکتریوم بینیدوم را در یک خشک کن پاشش بررسی کردند و مشخص کردند که بهترین شرایط برای خشک کردن این باکتری دمای ۱۱۱/۱۵ درجه سانتیگراد و فشار bar۴/۵ و غلظت مالتودکستریم ۶ درصد می باشد در این شرایط رطوبت نهای به ۴/۵ درصد کاهش می یابد[8]

پروبیوتیک ها

اصطلاح پروبیوتیک اولین بار در سال ۱۹۵۳ توسط کولاس مطرح گردید.در سال ۱۹۸۹ روی فولر تعریفی را برای پروبیوتیک ها پیشنهاد کرد که به‌طور وسیعی مورداستفاده قرار گرفت، در این تعریف پروبیوتیک ها مکمل‌های میکروبی زنده‌ای هستند که به رژیم غذایی افزوده می‌شوند که با بهبود تعادل در میکروفلور روده اثرات مفیدی بر روی میزبان دارند.مهم‌ترین مکانیسم‌هایی که این باکتری‌ها به‌وسیله آن می‌توانند موجب ارتقای سلامت انسان شوند شامل تولید اسیدهای آلی، پر اکسیدها، ویتامین‌ها، اسیدهای آمینه آرژنین، سیستئین، گلوتامین و باکتریوسیدها و رقابت با باکتری‌های مضر و بیماری‌زای روده‌ای برای تصاحب جایگاه‌های اتصال روی موکوس می‌باشد.

پروبیوتیک ها، میکروارگانیسم‌های زنده‌ای هستند که اگر در مقادیر مناسب تجویز شوند آثار مفیدی بر سلامت میزبان خواهند داشت. غذاهای پروبیوتیک غذاهایی هستند که حاوی میکروارگانیسم‌های زنده بوده و با خوردن آن‌ها سلامت مصرف‌کنندگان از طریق بهبود تعادل میکروفلور روده افزایش می‌یابد شکی نیست که غذاهای شیری بهترین حامل‌های شناخته‌شده برای پروبیوتیک ها می‌باشند.[9]

پروبیوتیک ها جزء زنده میکروبی در غذاها هستند که درصورتی‌که به مقدار کافی تجویز شوند اثرات مطلوبی بر سلامتی میزبان دارند. یک گروه مهم از پروبیوتیک ها، باکتری‌های اسیدلاکتیک جنس لاکتوباسیلوس می‌باشد. از میان لاکتوباسیلوس هایی که به‌عنوان پروبیوتیک مطرح هستند مهم‌ترین گونه موردتوجه، لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس می‌باشد.در تحقیقات مختلف، مشخص‌شده مصرف این باکتری، دارای اثراتی ازجمله کاهش کلسترول، بهبود علائم ناشی از عدم تحمل لاکتوز3 ، تحریک و تقویت سیستم ایمنی و کاهش رخداد اسهال در انسان یا حیوانات می‌باشد.[9]

خواص پروبیوتیک ها

-کمک به حفظ تعادل مابین باکتری‌های مضر و مفید روده و حفظ سلامتی دستگاه گوارش

-کمک به برطرف کردن گاز و تجزیه مواد زائد تولیدشده

-داشتن اثرات مفید در افرادی که مدت‌زمان طولانی آنتی‌بیوتیک دریافت کرده‌اند

-تحریک سیستم ایمنی و کاهش عفونت‌ها

-مفید برای درمان انواع اسهال‌ها و سایر عفونت‌های گوارشی

-بهبود هضم لیپیدها، کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها و همچنین بهبود هضم لاکتوز در عارضه عدم تحمل به لاکتوز

-کمک به پیشگیری از سرطان کولون و جلوگیری از تولید موادی که باعث ایجاد سرطان می‌گردند.

-کمک به پایین آوردن کلسترول و کاهش فشارخون در انسان

-کمک به بهبود جذب مواد معدنی و مغذی و کاهش التهاب

www.SID.ir

Archive of SID

-کنترل رشد باکتری‌های مضر در شرایط استرس
-کمک به تعادل هورمون‌های جنسی در شرایط استرس
-مقابله با عفونت‌هایی مانند کاندیدیازیس پای ورزشکاران
-کنترل رشد ویروس‌ها و باکتری‌های بیماری‌زا
-شکستن توکسین ها، تولید آنتی‌بادی‌ها و مواد ضد سرطانی
-ضد آلرژی[9]

لاکتوباسیلوس‌ها

لاکتوباسیلوس‌ها رادهای گرم مثبت منظم و بلند هستند به‌طوری‌که طول آن‌ها به ۱۰ میکرون می‌رسد باکتری‌های این جنس بدون هاگ عمدتاً غیر متحرک اما پرنیاز هستند. پلی مرفیک، بی‌هوازی و اختیاری هستند. بعضی از گونه‌ها بی‌هوازی اجباری‌اند و دارای متابولیسم تخمیری که از طریق تخمیر قندها تولید انرژی می‌کنند که حداقل نیمی از فراورده‌های آن اسیدلاکتیک است[10].

محل رشد لاکتوباسیلوس‌ها

بهترین pH برای رشد لاکتوباسیلوس ۵ تا ۶/۵ است همچنین تراکم ۵ درصد کربن دی‌اکسید تأثیر بسزایی بر رشد آن‌ها دارد. لاکتوباسیلوس ها در شرایط بی‌هوازی یا حداقل اکسیژن رشد دارند برای مثال در بزاق دهان، واژن، آب سبزیجات، لبنیات وجود دارند و در محیط تیوگلیکولات از کوکسی به باسیل تغییر می‌کنند. گونه تیپ لاکتو باسیلوس دلبروکی که درجاهای مختلفی، ازجمله دستگاه تناسلی پستانداران تا روی سطح فراورده‌های گیاهی وجود دارند نمونه بارزی از شرایط رشد مناسب برای لاکتوباسیلوس هستند.

موارد استفاده‌ها لاکتوباسیلوس‌ها

لاکتوباسیلوس ها باکتری‌های تخمیرکننده هستند و بیشتر محصولات آن‌ها اسیدلاکتیک است و همچنین دارای خاصیت پروبیوتیکی هستند بنابراین، لاکتوباسیلوس کازئی یکی از باکتری‌های پروبیوتیکی است که پتانسیل کاربردی ویژه‌ای در تولید فراورده‌های شیری پروبیوتیکی مانند ماست دارد .لاکتوباسیلوس ها اکثراً به‌عنوان عامل درمان عفونت استفاده می‌شود مثلاً در درمان اسهال ماست مصرف می‌کنند ماست پر از اسیدلاکتیک است و باکتری‌های بیماری‌زا را از بین می‌برد. لاکتوباسیل‌ها شناخته‌شده‌ترین فلور طبیعی واژن هساند و توانایی آن‌ها در تولید pH و حفظ محیط اسیدی است. مصرف این باکتری در ترکیبات دارویی توازن طبیعی باکتری و قارچ را در دستگاه گوارش تنظیم می‌کند.[10]

خشک‌کردن

خشک‌کردن، از چالش‌های مهم در فرآوری مواد غذایی محسوب می‌شود و مفاهیم دامنه‌داری را در تحقیقات صنایع غذایی دربر می‌گیرد. مهم‌ترین هدف خشک‌کردن، جدا نمودن آب از ماده غذایی، افزایش مدت‌زمان ماندگاری و جلوگیری از فساد است. علاوه بر این، به هنگام خشک‌کردن، وزن و حجم ماده غذایی کاهش پیداکرده و درنتیجه باعث کاهش هزینه‌های بسته‌بندی، حمل‌ونقل، انبارداری و پخش می‌گردد. در حین خشک‌کردن، یکسری تغییرات فیزیکی و شیمیایی در بعضی خواص طبیعی مواد غذایی مانند بافت، رنگ، عطروطعم و ارزش تغذیه‌ای رخ می‌دهد.ازاین‌رو، دومین هدف خشک‌کردن، بایستی تولید مواد غذایی خشک‌شده باکیفیت خوب ازنظر ارگانولپتیکی و تغذیه‌ای باشد .امروزه، خشک‌کردن میوه‌های مختلف ازجمله آلو مرسوم شده است و این محصولات در بازار باقیمت بالایی به فروش می‌رسند[11]

روش‌های خشک‌کردن

تعداد بسیار متنوع موادی که لازم است خشک شوند ازنظر خواص شیمیایی و فیزیکی باهم کاملاً متفاوت‌اند و همچنین طرق مختلف حرارت دهی برای فرآیند خشک‌کردن وجود دارد بنابراین بسیار مشکل است که بتوان همه روش‌های ممکن برای خشک‌کردن را دسته‌بندی کرد. تعدادی از روش‌های معمول خشک‌کردن که در صنایع به کار می‌رود را می‌توان به‌صورت زیر دسته‌بندی کرد:

۱-خشک‌کردن از طریق جابجایی

در این روش حرارت محسوس محیط گازی از طریق انتقال حرارت جابه‌جایی به سطح ماده‌تر داده می‌شود. عامل خشک‌کننده (هوا) از روی ماده‌تر یا از درون آن عبور داده می‌شود تا رطوبت ماده را تبخیر کند. برای صرفه‌جویی در انرژی مقداری از هوای خروجی به سیستم برگشت داده می‌شود. معمولاً از هوای داغ به‌عنوان عامل خشک‌کردن استفاده می‌شود ولی از مواد دیگری مانند گازهای خروجی از دستگاه‌ها یا بخار داغ و ... نیز می‌توان به‌عنوان خشک‌کننده استفاده کرد .برای خشک‌کردن مواد قابل‌انفجار یا مواد اشباع از حلال‌های آلی، از گاز بی‌اثری مانند نیتروژن یا مخلوط نیتروژن – بخارآب به‌عنوان عامل خشک‌کردن در یک سیستم کاملاً بسته استفاده می‌شود. در چنین سیستمی رطوبت تبخیر شده از طریق میعان از سیستم جدا می‌شود[11].

۲-خشک‌کردن هدایتی

www.SID.ir

در این روش، حرارت لازم به طریق هدایتی از یک سطح داغ سوزی، صفحه‌ای استوانه‌ای یا دیواره خشک‌کن تأمین می‌شود. در این روش خشک‌کردن مقدار انتقال حرارت به بدنه مواد، نه‌فقط به هدایت حرارتی سطح داغ بلکه همچنین به ضریب حرارت بین منبع گرم‌کننده و سطح داغ بستگی دارد.

منبع گرم‌کننده سطح داغ معمولاً بخار داغ، مایعات آلی، فلزات گداخته یا ذوب‌شده یا حامل‌های دیگر انرژی‌اند که ضریب انتقال حرارت بالایی دارند. ازآنجایی‌که همه حرارت لازم برای تبخیر رطوبت ماده از میان لایه‌های مواد عبور می‌کند، راندمان حرارتی این روش خشک‌کردن بیشتر از راندمان روش جابه‌جایی است زیرا درروش جابه‌جایی بیشتر حرارت عامل خشک‌کننده از بالای مواد به بیرون از خشک‌کن هدایت می‌شود[12].

۳-خشک‌کن تشعشعی

در این روش، انرژی لازم برای تبخیر رطوبت ماده از طریق تشعشع الکترومغناطیسی در باند طول‌موج ۷۶/۰ تا ۴۰۰ میکرومتر تأمین می‌شود.تشعشع این باند از طول‌موج را مادون‌قرمز می‌نامند.

تشعشع از سطح ماده به درون آن نفوذ کرده و باعث ارتعاش مولکول‌های ماده و ایجاد حرارت در درون آن می‌شود.چون عمق نفوذ این اشعه نسبتاً کم است این روش برای خشک‌کردن مواد نازک مانند فیلم‌ها، پوشش‌ها و رنگ روی مواد مفید است.از منابع تولید اشعه مادون‌قرمز می‌توان مولدها یا اشعه در درجه حرارت‌های پایین و لامپ‌ها کوارتز در درجه حرارت‌های بالا را نام برد[12].

۴-خشک‌کردن در الکتریک

در این روش خشک‌کردن انرژی حرارتی در داخل ماده خشک‌شونده تولید می‌شود (دارای هدایت حرارتی پایین است مانند عایق‌ها) که در این میدان الکترومغناطیسی با فرکانسی بالا، در محدوده فرکانس رادیویی یا ریزموج، قرار داده می‌شود.به دلیل تغییرات سریع جهت میدان الکترومغناطیسی، دوقطبی‌های ماده قطبی یا مایعات قطبی تغییر کرده یعنی چرخشی در مولکول ایجاد می‌شود که این پدیده، به علت وجود اصطکاک بعث تولید انرژی حرارتی در داخل ماده می‌شود.اثر حرارتی جذب انرژی الکترومغناطیسی با ثابت دی‌الکتریک متناسب است.چون ثابت دی‌الکتریک آب بسیار بزرگ‌تر از ثابت دی‌الکتریک بیشتر مواد جامد است، حرارت بیشتری در قسمت‌های تر ماده تولید می‌گردد.بایستی توجه داشت که جدای از مکانیزم های انتقال رطوبت عمومی در خشک‌کردن دی‌الکتریک، انتقال رطوبت به دلیل تغییرات فشار داخلی که درنتیجه تبخیر رطوبت در داخل ماده ایجاد می‌شود صورت می‌گیرد[11].

۵-خشک‌کردن از طریق انجماد

در این روش خشک‌کردن از تصعید رطوبت منجمد شده داخل ماده در محفظ های با فشار زیر نقطه سه‌گانه آب استفاده می‌شود.حرارت لازم در این روش خشک‌کردن را معمولاً توسط تشعشع یا حرارت هدایتی از یک سینی گرم-به طوری که درجه حرارت ماده به بالای صفر درجه سانتی گرداد صعود نکند-تامین می‌کنند.رطوبت تصعید شده درروی صفحات سردی-که در داخل محفظه خشک‌کن جاسازی‌شده است-مایع شده و از اطراف ماده خارج می‌شود یا این بخارها را در یک میعان کننده مجزا به مایع تبدیل می‌کنند.[11]

۶-خشک‌کردن از طریق حلال (خشک‌کن تبخیری)

در این روش خشک‌کردن، ماده خشک‌شونده در تماس با بخار داغ حلال‌های آلی قرار می‌گیرد تا خشک شود.لذا به این روش، خشک‌کردن با بخار داغ حلال گویند.وقتی حلال داغ با ماده تماس پیدا می‌کند آب ماده را در خودش جذب می‌کند.برای زدودن بخارآب از حلال اشباع‌شده از رطوبت آن را در فشار معینی قرار می‌دهند تا بخارآب از آن خارج گردد.این روش در حالتی که ماده خشک‌شونده آغشته به یک مایع اشتعال‌پذیر است بسیار مفید می‌باشد[12].

۷-خشک‌کردن با بخار داغ

در ابتدا خشک‌کردن از هوای داغ پرشده و خشک شدن از طریق جابجایی معمولی صورت می‌گیرد.در طی عمل خشک شدن رطوبت بخار همراه با هوای داغ شروع به چرخش می‌کند.به سبب شیر کنترل فشار در سیستم با بالا رفتن فشار داخل سیستم (در اثر تبخیر آب) مقداری از گاز داخل سیستم خارج‌شده و بخارآب کم‌کم جایگزین هوا در داخل سیستم می‌گردد.در انتهای فرآیند خشک‌کردن، بخارآب به همراه مقدار کمی در سیستم جریان خواهد داشت[12].

۸-خشک‌کردن از طریق جانشین‌سازی

روشی برای جدا کردن آب است که در آن از یک سیال سنگین‌تر از آب و غیرقابل‌حل در آن برای جدا کردن آب از سطح ماده استفاده می‌شود.فرآیند جداسازی آب از ماده اصولاً به توانایی سیال جابجا شونده بستگی دارد.این سیال باعث می‌شود که آب از سطح جسم به‌صورت یک قطره خارج می‌شود.دو مکانیزم برای خارج شدن آب از ماده وجود دارد:

www.SID.ir

۱-مکانیزم غلتشی: وقتی‌که عامل فعال سطحی جذب فصل مشترک مایع-جامد می‌شود خاصیت تر شدن سطح ماده از آب کاهش‌یافته و درنتیجه سطح تماس خیلی کم می‌شود.این باعث جدا شدن قطره آب از سطح ماده می‌گردد.

۲-کاهش کشش سطحی در سطح مشترک مایع-مایع هنگامی رخ می‌دهد که ماده فعال سطحی مناسب جذب سطح مشترک مایع-مایع شده و کشش سطحی بین مایع و ماده جانشینی خیلی کم می‌شود.درنتیجه اثر اصطکاک بین آب و ماده جانشینی کم شده و آب مانند یک قطر جدا می‌شود.بدین‌صورت درصد زیادی از آب از ماده خارج می‌شود[12]

انرژی مصرفی نظری در خشک‌کردن از طریق ماده جانشینی بسیار پایین است زیرا این انرژی فقط شکستن نیروی چسبندگی بین آب و ماده می‌شود.در عمل مصرف انرژی به دلیل تبخیر ماده جانشینی کمی بیشتر است.از فرئون (فلوئور کربن) که معمولاً به‌عنوان ماده جانشینی استفاده می‌شود.

۹-خشک‌کردن از طریق فشار تراوایی

این نوع خشک‌کردن به‌طور موفقیت‌آمیزی در آب‌زدایی از مواد سلولزی مانند گوشت و سبزیجات و میوه کاربرد دارد.این روش شامل خارج کردن آب از ماده به سمت محلول غلیظی است که ازنظر فشار تراوایی فعال است.نیروی محرکه این فرایند اختلاف فشار تراوایی در دو طرف دیواره‌ای است که خاصیت غشاهای نیمه نفوذپذیر را دارد.به دلیل وجود خواص مخصوص این غشای، مهاجرت آب و مولکول‌های سبک به‌طرف مایع فعال تراوایی امکان‌پذیر می‌شود.مقدار کمی از اجزای دیگر عصاره‌های موجود در مورد نیز غشای عبور می‌کند.بنابراین عصاره کمی غلیظ‌تر شده و باعث کم شدن فعالیت آب درون ماده می‌گردد.[11]

۴.روش کار

باکتری مورداستفاده در این بررسی بانام پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس(با نام تجاری لاکتوفوم ساخت شرکت زیست تخمیر) از آزمایشگاه میکروبیولوژی پژوهشکده‌ی دانشگاه دزفول تهیه شد و در این بررسی از اشکال زنده (کشت تازه) و شکل کشته‌شده با حرارت باکتری استفاده می‌شود. جهت تهیه سوسپاسیون میکروبی ۱ گرم از باکتری خشک به ۱۰۰ میلی‌لیتر از محیط کشت MRSBrouTh استریل شد. اضافه می‌شود و در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت گرما گذاری می‌شود. سپس سلول‌ها از طریق سانتریفیوژ از محیط کشت جدا می‌شوند و به کمک روش شست‌وشو با آب مقطر و سانتریفیوژ چند مرحله ایی و خشک‌کردن در آون وزن خشک معادل وزن‌تر آن‌ها مشخص می‌گردد و در آزمایشات خشک‌کردن و گرما گذاری از سلول‌تر به‌جای سلول خشک استفاده می‌شود.

۴-۱.روش اندازه‌گیری cfu

یک فویل آلومینیوم را قبل و بعد فرایند خشک‌کردن وزن می‌کنیم و با اندازه گیری اختلاف آن‌ها وزن خشک سلول محاسبه می‌شود سپس فویل را کامل در محیط کشت استریل شده به حجم مشخص مثلاً 100 cc غوطه‌ور می‌کنیم و خوب تکان می‌دهیم تا سلول‌ها وارد فاز مایع شوند سپس 1 cc از این مایع را بر سطح محیط کشت جامد موجود در یک پتری دیش پخش می‌کنیم و بعد از ۴۸ ساعت گرما گذاری کلنی‌های به وجود آمده را می‌شماریم تعداد کلنی در محدوده‌ی ۳۰ تا ۴۰ کلنی رقیق‌سازی مناسب را مشخص می‌کند.

$$cfu = \frac{cfu \text{ بعد از خشک کردن}}{cfu \text{ پودر پروبیوتیکی فریزدرای}} \times ۱۰۰$$

۵.یافته‌های پژوهش

باکتری مورداستفاده در این بررسی بانام پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس(با نام تجاری لاکتوفوم ساخت شرکت زیست تخمیر) از آزمایشگاه میکروبیولوژی پژوهشکده‌ی دانشگاه دزفول تهیه شد و در این بررسی از اشکال زنده (کشت تازه) و شکل کشته‌شده با حرارت باکتری استفاده می‌شود. جهت تهیه سوسپاسیون میکروبی ۱ گرم از باکتری خشک به ۱۰۰ میلی‌لیتر از محیط کشت MRSBrouTh استریل شد. اضافه می‌شود و در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت گرما گذاری می‌شود. سپس سلول‌ها از طریق سانتریفیوژ از محیط کشت جدا می‌شوند و به کمک روش شست‌وشو با آب مقطر و سانتریفیوژ چند مرحله ایی و خشک‌کردن در آون وزن خشک معادل وزن‌تر آن‌ها مشخص می‌گردد و در آزمایشات خشک‌کردن و گرما گذاری از سلول‌تر به‌جای سلول خشک استفاده می‌شود.

آزمایشات در زمان‌های مختلف ۱۰-۲۰-۳۰-۴۰-۵۰-۶۰ ثانیه و در درجه حرارت‌های ۷۰-۸۰-۹۰-۱۰۰-۱۱۰ درجه سانتی‌گراد و با غلظت ۲-۳-۴-۵ گرم بر لیتر صورت پذیرفت و نتایج آزمایش در جداول ۴-۲،۴-۳، ۴-۴، ۴-۵، ۴-۶، ۴-۷ آورده شده است.

www.SID.ir

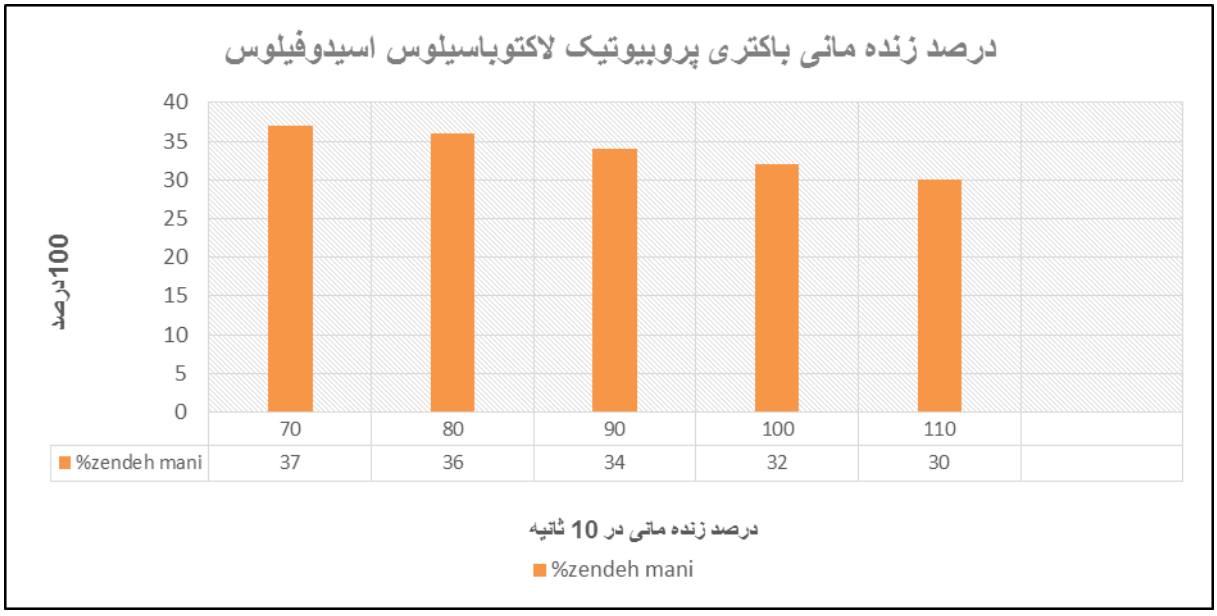
Archive of SID

شمارش میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک زنده در جدول (۱) تغییرات در شمارش لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس بعد از فرآیند خشک‌کردن در زمان ۱۰ ثانیه نشان داده‌شده است.

جدول ۱: میزان زنده‌مانیcfu پودر حاوی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در دماهای مختلف خشک‌کردن در زمان ۱۰ ثانیه

	زمان	درجه حرارت (سانتی‌گراد)	درصد زنده مانی آزمایشگاهی	میزان زنده‌مانی (درصد)
پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس	۱۰ ثانیه	۷۰c°	۱۰^۷×۳۷	۳۷
		۸۰c°	۱۰^۷×۳۶	۳۶
		۹۰c°	۱۰^۷×۳۴	۳۴
		۱۰۰c°	۱۰^۷×۳۲	۳۲
		110c°	۱۰^۷×۳۰	۳۰

با توجه به جدول فوق، میزان زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در زمان ۱۰ ثانیه، هرچقدر دما را افزایش دهیم میزان زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس کاهش پیدا می‌کند.



نمودار۱: درصد زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در ۱۰ ثانیه

جدول ۲: میزان زنده‌مانیcfu پودر حاوی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در دماهای مختلف خشک‌کردن در زمان ۲۰ ثانیه

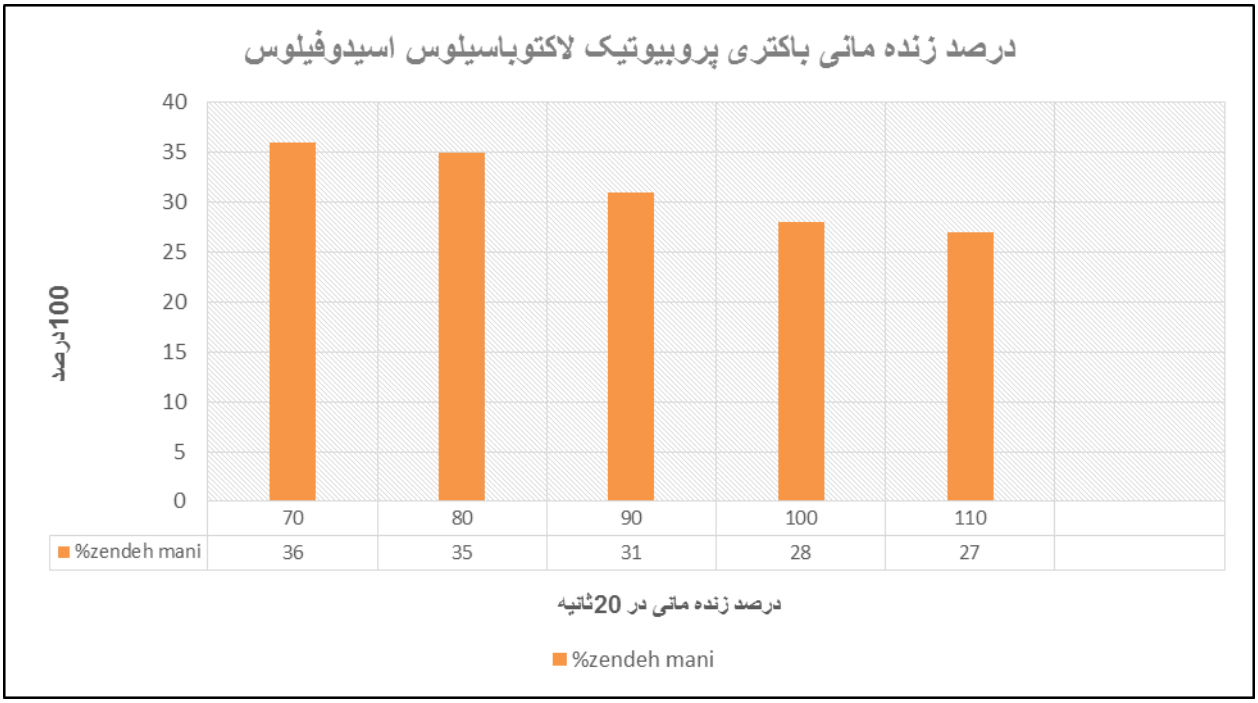
	زمان	درجه حرارت (سانتی‌گراد)	درصد زنده مانی آزمایشگاهی	میزان زنده‌مانی (درصد)
پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس	۲۰ ثانیه	۷۰c°	۱۰^۷×۳۶	۳۶
		۸۰c°	۱۰^۷×۳۵	۳۵
		۹۰c°	۱۰^۷×۳۱	۳۱
		۱۰۰c°	۱۰^۷×۲۸	۲۸

www.SID.ir

Archive of SID

		110c°	۱۰^۷×۲۷	۲۷

با توجه به جدول فوق، میزان زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در زمان ۲۰ ثانیه، هرچقدر دما را افزایش دهیم میزان زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس کاهش پیدا می‌کند.



نمودار۲: درصد زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در ۲۰ ثانیه

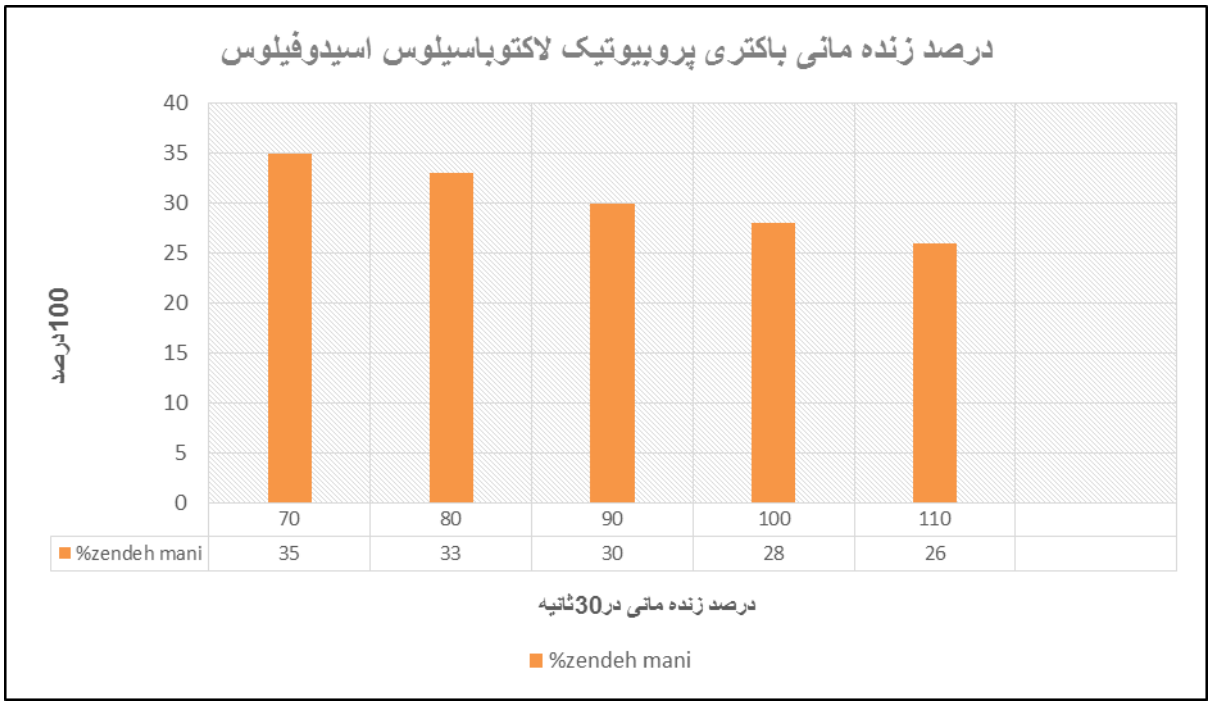
جدول ۳: میزان زنده‌مانیcfu پودر حاوی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در دماهای مختلف خشک‌کردن در زمان ۳۰ ثانیه

	زمان	درجه حرارت (سانتی‌گراد)	درصد زنده مانی آزمایشگاهی	میزان زنده‌مانی (درصد)
پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس	۳۰ ثانیه	۷۰c°	۱۰^۷×۳۵	۳۵
		۸۰c°	۱۰^۷×۳۳	۳۳
		۹۰c°	۱۰^۷×۳۰	۳۰
		۱۰۰c°	۱۰^۷×۲۸	۲۸
		110c°	۱۰^۷×۲۶	۲۶

با توجه به جدول فوق، میزان زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در زمان ۳۰ ثانیه، هرچقدر دما را افزایش دهیم میزان زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس کاهش پیدا می‌کند.

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار۳: درصد زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در ۳۰ ثانیه

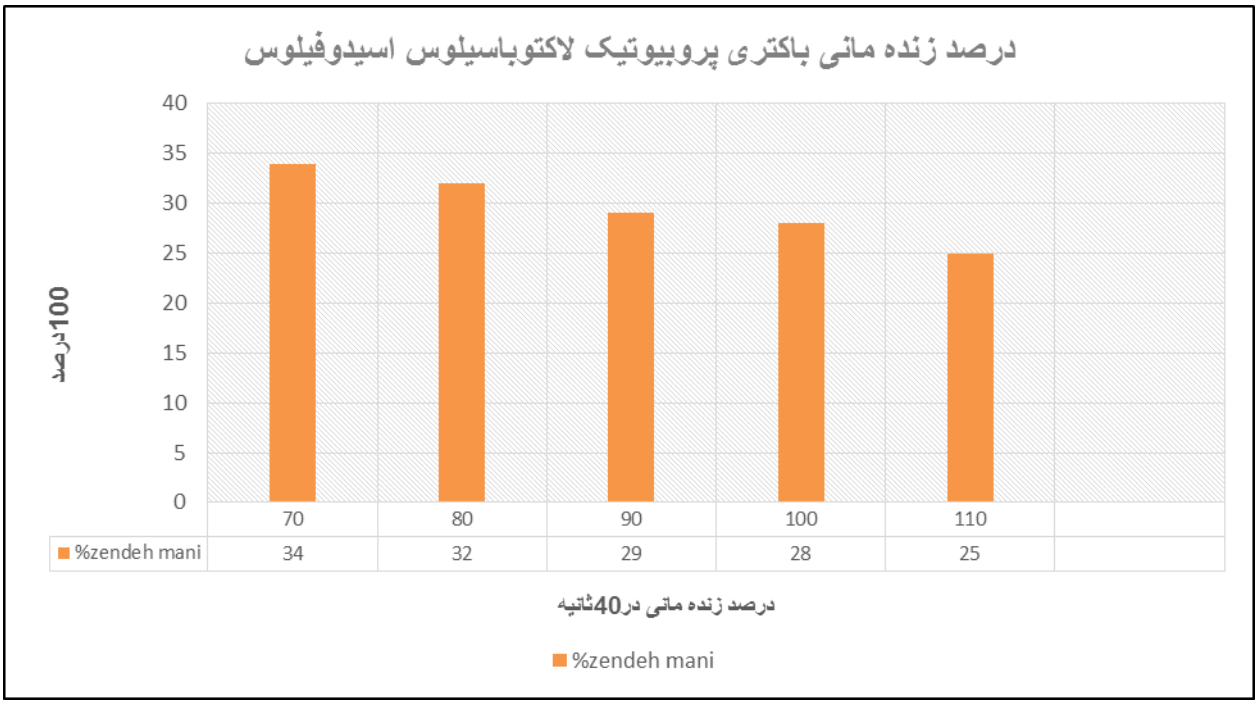
جدول ۴: میزان زنده‌مانیcfu پودر حاوی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در دماهای مختلف خشک‌کردن در زمان ۴۰ ثانیه

	زمان	درجه حرارت (سانتی‌گراد)	درصد زنده مانی آزمایشگاهی	میزان زنده‌مانی (درصد)
پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس	۴۰ ثانیه	۷۰c°	۱۰^{۷}×۳۴	۳۴
		۸۰c°	۱۰^{۷}×۳۲	۳۲
		۹۰c°	۱۰^{۷}×۲۹	۲۹
		۱۰۰c°	۱۰^{۷}×۲۷	۲۷
		110c°	۱۰^{۷}×۲۵	۲۵

با توجه به جدول فوق، میزان زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در زمان ۴۰ ثانیه، هرچقدر دما را افزایش دهیم میزان زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس کاهش پیدا می‌کند.

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار۴: درصد زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در ۴۰ ثانیه

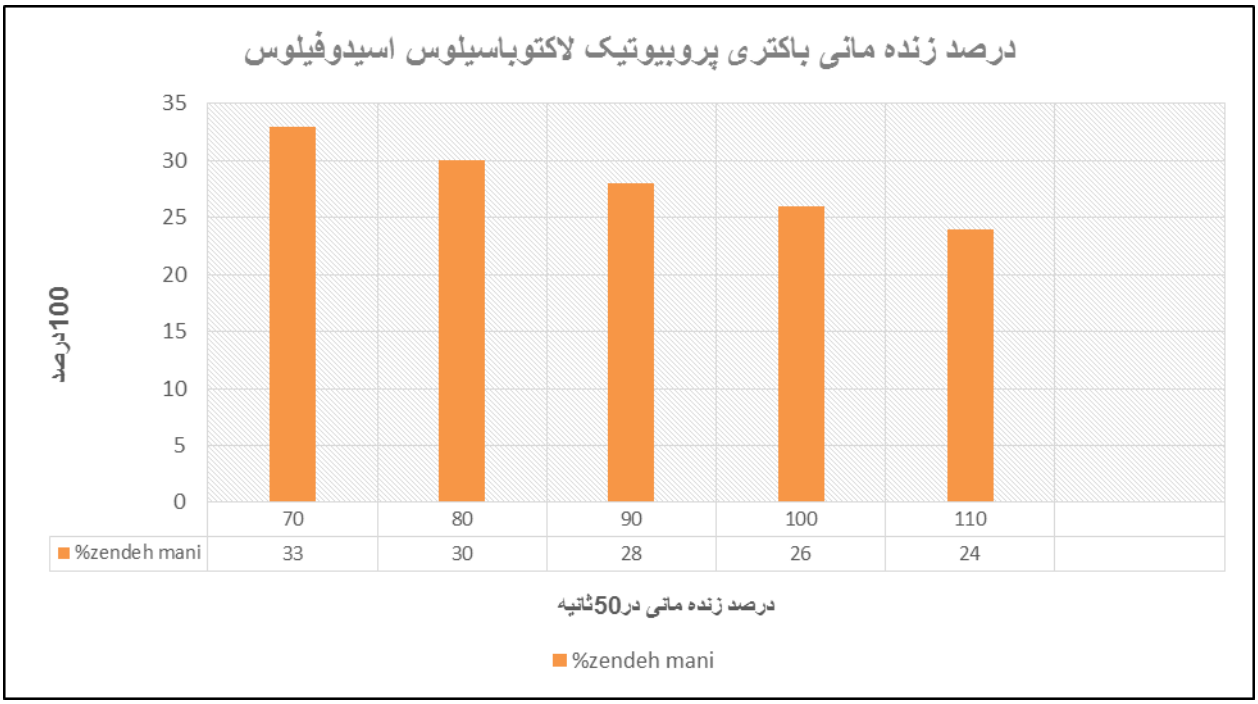
جدول ۵: میزان زنده‌مانی cfu پودر حاوی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در دماهای مختلف خشک‌کردن در زمان ۵۰ ثانیه

	زمان	درجه حرارت (سانتی‌گراد)	درصد زنده مانی آزمایشگاهی	میزان زنده‌مانی (درصد)
پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس	۵۰ ثانیه	۷۰c°	۳۳×۱۰^{۷}	۳۳
		۸۰c°	۳۰×۱۰^{۷}	۳۰
		۹۰c°	۲۸×۱۰^{۷}	۲۸
		۱۰۰c°	۲۶×۱۰^{۷}	۲۶
		110c°	۲۴×۱۰^{۷}	۲۴

با توجه به جدول فوق، میزان زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در زمان ۵۰ ثانیه، هرچقدر دما را افزایش دهیم میزان زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس کاهش پیدا می‌کند.

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار۵: درصد زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در ۵۰ ثانیه

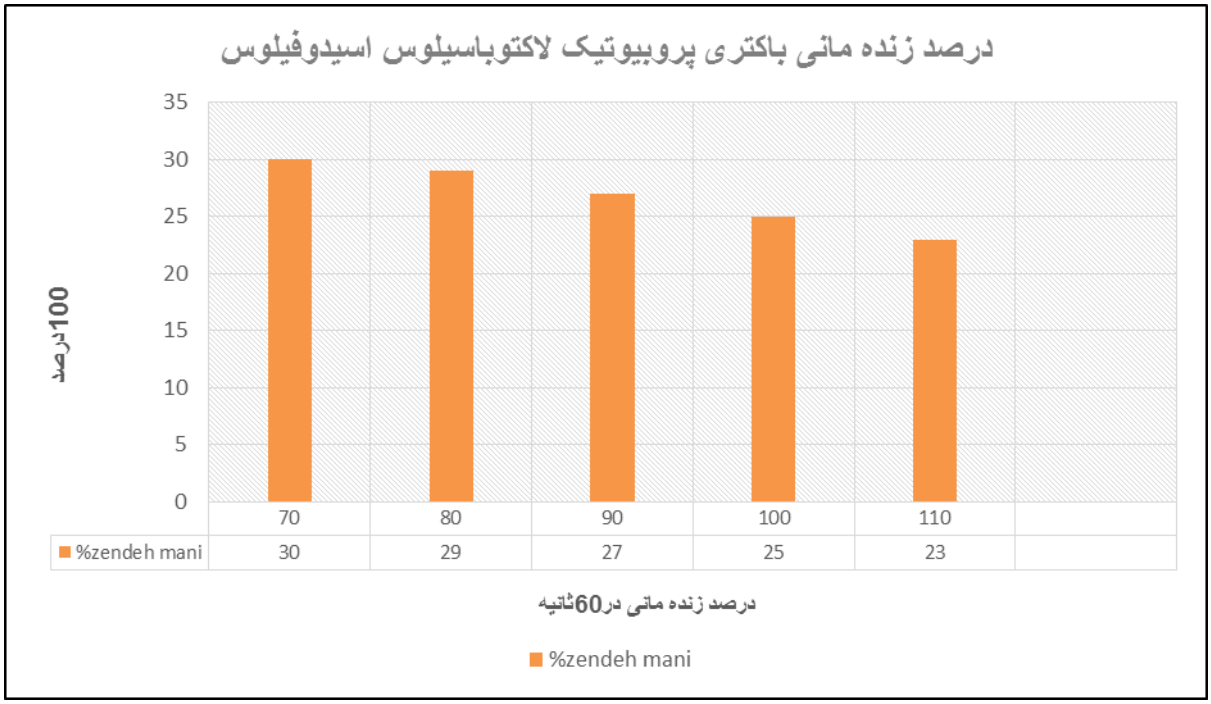
جدول ۶: میزان زنده‌مانی cfu پودر حاوی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در دماهای مختلف خشک‌کردن در زمان ۶۰ ثانیه

	زمان	درجه حرارت (سانتی‌گراد)	درصد زنده مانی آزمایشگاهی	میزان زنده‌مانی (درصد)
پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس	۶۰ ثانیه	۷۰c°	۱۰⁷×۳۰	۳۰
		۸۰c°	۱۰⁷×۲۹	۲۹
		۹۰c°	۱۰⁷×۲۷	۲۷
		۱۰۰c°	۱۰⁷×۲۵	۲۵
		110c°	۱۰⁷×۲۳	۲۳

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به جدول فوق، میزان زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در زمان ۶۰ ثانیه، هرچقدر دما را افزایش دهیم میزان زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس کاهش پیدا می‌کند.



نمودار۶: درصد زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در ۶۰ ثانیه

۶.بحث در مورد نتایج پژوهش

نتایج آزمایشات به‌صورت کامل ارائه‌شده است. در اینجا به بحث در مورد نتایج پرداخته می‌شود محتوی رطوبت تمامی نمونه‌ها پس از انجام آزمایشات خشک‌کردن در محدوده‌ی ۰ تا ۵ درصد متغیر بود که این میزان در محدوده‌ی مطلوب برای اثبات پودر در طی زمان نگهداری قرار دارد.

بر اساس نتایج آزمایشات مشخص می‌شود دمای خشک‌کردن در محدوده‌ی ۷۰ تا ۸۰ درجه تأثیر زیادی بر تغییر cfu را کاهش می‌دهد. با توجه به اینکه در محدوده‌ی رطوبت موردنیاز بهترین شرایط برای حفظ cfu در محدوده‌ی ۷۰ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد این محدوده به‌عنوان سوسپانسیون پروبیوتیک برای طراحی اسپری موردنیاز جهت خشک‌کردن توصیه می‌شود.

دمای هوای گرم ورودی اسپری در ایر نیز در محدوده‌ی ۸۰ تا ۹۰ درجه کاهش زیادی بر cfu نخواهد داشت لذا اساس طراحی خشک‌کردن پاشش باید بر دمای هوای گرم ورودی حداکثر با دمای ۹۰ درجه و خروجی با دمای در محدوده‌ی ۷۰ تا ۸۰ درجه باشد. با توجه به اینکه دمای بهینه‌ی ورودی و خروجی به دلیل محدوده‌ی مناسب رطوبت خیلی به هم نزدیک می‌باشد استفاده از یک اتمایزر مناسب که مقدار زیادی هوای گرم را به مقدار کمی مایع به‌خوبی در هم می‌آمیزد برای ساخت یک خشک‌کن پاشش مناسب ضروری می‌باشد.

در این آزمایش به دلیل کوتاه بودن زمان خشک شدن در خشک‌کن پاشش از غلظت بسیار پایین سلول یعنی زیر ۰/۲ گرم بر لیتر استفاده می‌شود و فقط ۲ پارامتر زمان خشک شدن و دما بر اساس روش فولفکتور قرار می‌گیرد.

منابع

[۱]Desmond, C. Ross, R.P. O'Callaghan, E.Fitzgerald, G. Stanton, C. (2002). Improvedsurvival of *Lactobacillus paracasei* NFCB 338in spray-dried powders containing gum acacia. J Appl Microbiol; 93: 1003–1011.

[۲]Endres, J.R. Clewell, A. Jade, K.A. Farber, T. Hauswirth, J. and Schauss, A.G. (2009). Safetyassessment of a proprietary preparation of a novel probiotic, *Bacillus coagulans*, as a food ingredient.Food and Chemical Toxicology, 47: 1231-1238.

[۳] Granato, D. Branco, G.F. Cruz, A.G. Faria, J.deA.F. and Shah, N.P. (2010). Probiotic dairy products as functional foods. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 9: 455-470

[4]توحید زاده، م.، زمردی، ش.، الهامی راد، ا.ح.، خسروشاهی اصل، ا.(۱۳۹۲). تأثیر فیبر هویج در زنده‌مانی لاکتوباسیلوس کازئی و کیفیت ماست میوه ای زردآلو با استفاده از روش سطح پاسخ، مجله ی نوآوری در علوم و فناوری غذایی.۶(۱)، ۶۸-۵۴.

www.SID.ir

Archive of SID

[5]Wang, K.Y. Li, S.N. Liu, C.S. Perng, D.S. Su, Y.C. Wu, D.C. Jan, C.M. Lai, C.H. Wang, T.N.and Wang, W.M. (2004). Effects of ingesting Lactobacillus- and Bifidobacterium-containing yogurt insubjects with colonized *Helicobacter pylori*. American Journal of Clinical Nutrition, 80: 737-741.

[6] Burcu Çabuk and S¸ebnem Tellio_glu Harsa(2015). Protection of Lactobacillus acidophilus NRRL-B 4495 under in vitro gastrointestinal conditions with whey protein/pullulan microcapsules, Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Izmir Institute of Technology, 35430 Gülbahçe Köyü, Urla, Izmir, Turkey Received 3 March 2015; accepted 20 April 2015

[7]هاشمی، م.، قیصری، ح.، شکرفروش، س.ش. (۱۳۹۳). بررسی بقای لاکتوباسیلوس اسیدوفیلو سو باسیلوس کواگولانس در بستنی های پروبیوتیک و سین بیوتیک کم چرب، بهداشت مواد غذایی،۳(۱۱)، ۱-۲۴.

[8] Azsoubel, P. M. Baima, M. D. A. M. Amorim, M.D. R., Oliveira, S. S. B. (2010). Effect of ultrasoundon banana cv Pacovan drying kinetics. Journal of Food Engineering, 97, 194-198.

[9] Deng, Y., Zhao, Y. (2008). Effect of pulsed vacuumand ultrasound osmopretreatments on glass transitiontemperature, texture, microstructure and calciumpenetration of dried apples (Fuji). LWT- Food Science and Technology, 41, 1575-1585.

[10] سلیمانی، م.، ؛ شاهدی، م..(۱۳۸۵). عنوان بررسی ارتباط زمان و ثابت سرعت خشک شدن با پارامترهای خشک کن و ضایعات (درصد شکستگی) برنج در مرحله تبدیل، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی.۱۰(۱)،۴۲-۲۸.

[11] Rasouli, M., Ghasemzadeh, H. R., Nalbandi,H. (2011). Convective drying of garlic (<Allium sativum>l.): Part I: Drying kinetics, mathematical modeling and change in color. Australian Journal of Crop Science, 5, 1707-1714.

[12]Chen , x ., Kelly , C .P. Saccharomyces spp. In Versalovic , J ., Wilson , M . 2008. Therapeutic Microbiology : Probiotics and Realated Strategies. American Society for Microbiology. pp : 51-57.

www.SID.ir