



دانشگاه آزاد اسلامی
واحد تهران جنوب
دانشکده تحصیلات تکمیلی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد “*M.Sc*”
مهندسی شیمی-مهندسی فرآیند

عنوان :

تعیین تجربی پارامترهای موثر بر عملکرد خشک کن
پاشی در تولید پروبیوتیک ها

استاد راهنما :

استاد مشاور :

نگارش:

۱.....	چکیده.....
۲.....	مقدمه.....
۳.....	فصل ۱ روش‌های خشک کردن و دسته بندی انواع خشک‌کن‌ها
۴.....	۱-۱. مقدمه.....
۴.....	۲-۱. روشهای خشک کردن.....
۴.....	۱-۲-۱. خشک کردن از طریق جابه جایی.....
۵.....	۲-۲-۱. خشک کردن هدایتی.....
۶.....	۳-۲-۱. خشک‌کن تشعشعی.....
۷.....	۴-۲-۱. خشک کردن دی الکتریک.....
۸.....	۵-۲-۱. خشک کردن از طریق انجماد.....
۹.....	۶-۲-۱. خشک کردن از طریق حلال (خشک‌کن تبخیری).....
۹.....	۷-۲-۱. خشک کردن با بخار داغ.....
۱۰.....	۸-۲-۱. خشک کردن با بخار داغ.....
۱۰.....	۹-۲-۱. خشک کردن از طریق جانشین سازی.....
۱۱.....	۱۰-۲-۱. خشک کردن از طریق فشار تراوایی.....
۱۲.....	۱۱-۲-۱. خشک کردن در یک بستر سیالی.....
۱۳.....	۳-۱. انواع خشک‌کن‌ها.....
۲۰.....	فصل ۲ خشک‌کن پاششی
۲۱.....	۱-۲. مقدمه.....
۲۳.....	۲-۲. خشک کردن از طریق پاشش.....
۲۴.....	۳-۲. جریان هوا و خوراک در خشک‌کن پاششی.....
۲۶.....	۴-۲. مراحل خشک کردن در خشک‌کن پاششی.....
۲۶.....	۱-۴-۲. پاشش خوراک.....
۲۹.....	۲-۴-۲. تماس هوای گرم با خوراک پاشیده شده.....
۳۵.....	۳-۴-۲. تبخیر رطوبت از سطح قطرات در اثر تماس با هوای گرم.....
۳۶.....	۴-۴-۲. جمع آوری محصول.....
۳۶.....	۵-۲. مزایای خشک‌کن پاششی.....
۳۷.....	۶-۲. معایب خشک‌کن پاششی.....
۳۸.....	۷-۲. کاربردهای خشک‌کن پاششی.....

۳۸	۸-۲ خشک کردن پاششی مواد بیوشیمیایی- دارویی
۴۴	۲-۸-۲ سیستم خشک کن پاششی ضد عفونی شده
۴۶	۳-۸-۲ سیستم خشک کن پاششی مدار بسته
۴۸	۹-۲ پیش فرآوری قبل از خشک کردن پاششی
۴۹	۱۰-۲ مواد دارویی
۴۹	۱-۱۰-۲ آنزیم‌ها
۵۱	۲-۱۰-۲ آنتی بیوتیک ها
۵۲	۳-۱۰-۲ سرم، واکسنها، پلاسما
۵۳	۴-۱۰-۲ ویتامین‌ها
۵۴	۱۱-۲ محصولات بیوشیمیایی
۵۴	۱-۱۱-۲ میکرو ارگانیزم ها
۵۵	۲-۱۱-۲ مخمر
۵۹	۳-۱۱-۲ میسلوم
۶۳	فصل ۳ پروبیوتیک‌ها
۶۴	۱-۳ مقدمه
۶۵	۲-۳ تعریف
۶۶	۳-۳ اثرات درمانی و نقش تغذیه‌ای پروبیوتیک‌ها
۶۶	۱-۳-۳ اکولوژی سیستم گوارش انسان
۶۹	۴-۳ مکانیزم های فعالیت پروبیوتیک‌ها
۶۹	۱-۴-۳ تولید مواد ضد میکروبی (پیشگیری کننده)
۶۹	۲-۴-۳ رقابت بر سر اشغال گیرنده های سلول میزبان
۷۰	۳-۴-۳ رقابت با پاتوژن‌ها بر سر مواد غذایی موجود
۷۰	۴-۴-۳ کاهش چسبندگی و اثر سموم
۷۰	۵-۴-۳ تحریک سیستم ایمنی(افزایش پاسخ ایمنی اختصاصی و غیر اختصاصی میزبان)
۷۱	۶-۴-۳ رقابت در مقابل میکروارگانیسم‌های پاتوژن
۷۱	۷-۴-۳ توانایی تغییر در گیرنده های ویژه ارگانیسم‌های بیماریزا در سطح سلول میزبان
۷۲	۸-۴-۳ کمک به جذب مواد غذایی
۷۲	۹-۴-۳ درمان عدم تحمل لاکتوز
۷۲	۱۰-۴-۳ ساخت انواع ویتامین‌ها
۷۲	۱۱-۴-۳ کاهش کلسترول خون
۷۳	۱۲-۴-۳ افزایش حرکات دودی
۷۳	۱۳-۴-۳ جلوگیری از Osteoporosis
۷۴	۵-۳ میکروارگانیسم‌های پروبیوتیکی

۷۴	۶-۳. معیارهای انتخاب باکتری‌های پروبیوتیک
۷۴	۱-۶-۳. جنبه های ایمنی غذایی
۷۵	۲-۶-۳. جنبه های عملکردی
۷۵	۳-۶-۳. جنبه های تکنولوژیکی
۷۶	۷-۳. باکتری‌های پروبیوتیکی مطرح
۷۶	۸-۳. مهمترین جنس های پروبیوتیکی
۷۶	۱-۸-۳. جنس لاکتوباسیلوس
۷۸	۲-۸-۳. جنس بیفیدوباکتریوم
۸۰	۳-۸-۳. اکولوژی بیفیدوباکتریوم
۸۱	۴-۸-۳. بهینه شرایط رشد بیفیدوباکتریوم
۸۲	۹-۳. سطح تعریف شده، جهت ایفای نقش های درمانی

فصل ۴ طراحی آزمایش‌ها

۸۳	
۸۴	۱-۴. مقدمه
۸۴	۲-۴. انواع روش های آزمایش
۸۵	۱-۲-۴. روش کلاسیک انجام واکنش ها (یک فاکتور در یک زمان)
۸۵	۲-۲-۴. طراحی آماری آزمایش
۸۶	۳-۴. اهداف طراحی آماری آزمایش
۸۷	۴-۴. مراحل استفاده از طراحی آزمایش
۸۷	۱-۴-۴. طراحی آزمایش
۸۷	۲-۴-۴. انجام آزمایش‌ها
۸۸	۳-۴-۴. تحلیل نتایج
۸۸	۴-۴-۴. اعتبار بخشی به آزمایش‌ها
۸۹	۵-۴. انواع روش های طراحی آزمایش
۸۹	۶-۴. طراحی فاکتوریلی
۹۰	۱-۶-۴. طراحی فاکتوریلی کامل
۹۱	۲-۶-۴. طراحی فاکتوریلی کسری
۹۶	۷-۴. انواع تحلیل‌های آماری
۹۷	۸-۴. آنالیز یتس
۹۸	۹-۴. رگرسیون خطی
۹۸	۱۰-۴. انواع نرم افزارهای موجود برای محاسبات آماری
۹۹	۱۱-۴. مقایسه روش کلاسیک و روش طراحی آزمایش
۹۹	۱-۱۱-۴. مزایای طراحی آزمایش در مقایسه با روش کلاسیک
۱۰۰	۲-۱۱-۴. معایب روش کلاسیک

۱۰۲	فصل ۵ خشک کردن پاششی بیفیدوباکتریوم بیفیدیوم
-----	--

۱۰۳	۱-۵. مقدمه
۱۰۴	۲-۵. پیش زمینه
۱۰۵	۳-۵. آزمایشات مقدماتی
۱۰۶	۴-۵. طراحی آزمایشات
۱۰۷	۵-۵. تهیه سوسپانسیون میکروبی
۱۰۸	۶-۵. خشک کردن پاششی
۱۱۱	۵-۶-۲. a) مسیر هوای خشک کن در خشک کن پاششی Buchi B191
۱۱۲	۵-۶-۳. b) مسیر محلول خوراک و هوای فشرده در خشک کن پاششی Buchi B191
۱۱۲	۷-۵. تعیین میزان رطوبت موجود در پودر خشک شده توسط خشک کن پاششی
۱۱۳	۸-۵. شمارش پروبیوتیک ها بعد از خشک کردن پاششی
۱۱۵	۹-۵. نتایج آزمایشات
۱۲۸	۱۰-۵. بهینه سازی (Optimization)
۱۳۰	فصل ۶ نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۳۱	۱-۶. نتیجه گیری نهایی
۱۳۲	۲-۶. پیشنهادات
۱۳۴	پیوست
۱۴۰	مراجع فارسی و لاتین

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱. معیارهای دسته بندی خشک کن ها.....	۱۴
جدول ۱-۲. دسته بندی خشک کن ها بر اساس عملیات و روشهای حرارت دهی.....	۱۶
جدول ۱-۳. دسته بندی خشک کن ها بر اساس شکل فیزیکی خوراک.....	۱۷
جدول ۱-۴. دسته بندی خشک کن ها بر اساس تناسب صورتهای مخصوص.....	۱۷
جدول ۱-۵. دسته بندی خشک کن ها بر اساس مقیاس محصول.....	۱۸
جدول ۱-۶. دسته بندی خشک کن ها بر اساس روش هیدرودینامیکی.....	۱۹
جدول ۱-۲. موارد استفاده آنزیمها.....	۵۰
جدول ۱-۳. میکروارگانیزمهای پروبیوتیکی مطرح.....	۷۴
جدول ۲-۳. گونه های پروبیوتیکی مهم از دو جنس لاکتوباسیلوس و بیفیدوباکتریوم.....	۸۱
جدول ۱-۵. نتایج آزمایشات مقدماتی.....	۱۰۵
جدول ۲-۵. فاکتورهای اصلی و سطوح آنها.....	۱۰۶
جدول ۳-۵. طراحی آزمایشات و پاسخهای بدست آمده.....	۱۱۵
جدول ۴-۵. نتایج آنالیز ANOVA برای مدل توسعه یافته.....	۱۲۰
جدول ۵-۵. مقادیر پارامترهای موثر در شرایط بهینه.....	۱۲۹
جدول ۶-۵. نتایج تست اطمینان سنجی در مقایسه با مقدار تخمین زده شده.....	۱۲۹

صفحه	عنوان
۵.....	شکل ۱-۱. خشک کردن جابه جایی الف) بدون هوای برگشتی ب) با هوای برگشتی.....
۶.....	شکل ۲-۱. خشک کردن هدایتی.....
۷.....	شکل ۳-۱. خشک کردن با تشعشع.....
۸.....	شکل ۴-۱. خشک کردن دی الکتریک.....
۸.....	شکل ۵-۱. خشک کردن از طریق انجماد.....
۹.....	شکل ۶-۱. خشک کردن حلالی.....
۱۰.....	شکل ۷-۱. خشک کردن با بخار داغ.....
۱۱.....	شکل ۸-۱. سیستم خشک کردن جانشین سازی.....
۱۲.....	شکل ۹-۱. خشک کردن در بستر سیالی فعال.....
۲۵.....	شکل ۱-۲. مسیر عبور هوا و محصول از داخل یک خشک کن پاششی.....
۲۷.....	شکل ۲-۲. چند نمونه از پاشنده های دوار چرخشی.....
۲۸.....	شکل ۳-۲. پاشنده دیسکی نوع تخت.....
۳۰.....	شکل ۴-۲. تماس هوای گرم و خوراک به صورت همسو.....
۳۱.....	شکل ۵-۲. توزیع دمایی هوا در خشک کن های با جریان همسو.....
۳۲.....	شکل ۶-۲. خشک کن با جریان غیر همسو.....
۳۳.....	شکل ۷-۲. توزیع دمایی هوا در خشک کن با جریان غیر همسو.....
۳۴.....	شکل ۸-۲. خشک کن با جریان مختلط.....
۳۴.....	شکل ۹-۲. توزیع دمایی هوا در خشک کن با جریان مختلط.....
۳۹.....	شکل ۱۰-۲. محفظه خشک کن با دیوارهای مارپیچ سرد کننده.....
۴۲.....	شکل ۱۱-۲. سیستم مدار باز.....
۴۳.....	شکل ۱۲-۲. سیستم مدار باز ضد عفونی.....
۴۳.....	شکل ۱۳-۲. سیستم مدار بسته.....
۴۹.....	شکل ۱۴-۲. تغلیظ کننده Rotary thin-film.....
۵۷.....	شکل ۱۵-۲. دیاگرام جریان تولید مخمر.....
۵۹.....	شکل ۱۶-۲. خشک کن های پاششی بستر سیال با جریان مخلوط.....
۶۱.....	شکل ۱۷-۲. دیاگرام خشک کردن پاششی میسلیم.....
۱۰۹.....	شکل ۱-۵. خشک کن پاششی در مقیاس آزمایشگاهی.....
۱۱۱.....	شکل ۲-۵. شمایی از خشک کن Buchi B۱۹۱.....
۱۱۵.....	شکل ۳-۵. روش سریال دایلوژن.....
	شکل ۴-۵. نمودار مقادیر پیش بینی شده بر حسب مقادیر واقعی درصد زنده ماندن <i>B. bifidum</i> (A) و رطوبت پودر (B).....
۱۱۸.....	شکل ۵-۵. اثر دما و فشار بر درصد زنده ماندن <i>B. bifidum</i> ؛ ۳D plot (A) contour plot (B).....
۱۲۳.....	شکل ۶-۵. اثر دما و مالتودکستریز بر درصد زنده ماندن <i>B. bifidum</i> ؛ ۳D plot (A) contour plot (B).....
۱۲۴.....	شکل ۷-۵. اثر فشار و مالتودکستریز بر درصد زنده ماندن <i>B. bifidum</i> ؛ ۳D plot (A) contour plot (B).....

- شکل ۵-۸. اثر دما و فشار بر رطوبت پودر محصول؛ ۳D plot (A) contour plot (B) ۱۲۵
- شکل ۵-۹. اثر دما و مالتودکستریز بر رطوبت پودر محصول؛ ۳D plot (A) contour plot (B) ۱۲۶
- شکل ۵-۱۰. اثر فشار و مالتودکستریز بر رطوبت پودر محصول؛ ۳D plot (A) contour plot (B) ۱۲۷

چکیده

خشک کردن پاششی به عنوان گزینه ای مناسب برای خشک کردن پروبیوتیک ها و تبدیل آنها به محصول پودری شکل جامد پیشنهاد شده است. هر چند دماهای بالا باعث کاهش رطوبت محصول و در نتیجه پایداری و ماندگاری بیشتر آن خواهند شد، اما از طرفی این امر به کاهش درصد زنده ماندن باکتری ها نیز منجر می شود.

هدف از این تحقیق، تعیین شرایط بهینه ای برای خشک کردن پاششی سوسپانسیون *Bifidobacterium bifidum* است. به این منظور سوسپانسیونهایی حاوی پودر آب پنیر، سوکروز، عصاره ذرت و مالتودکسترین تهیه و پس از استرلیزاسیون، ۱۶۴۴ *B. bifidum* PTCC به آن تلقیح شده و به مدت ۴۸ ساعت در انکوباتور ۳۷ درجه سانتیگراد و در شرایط بی هوازی قرار گرفت؛ سپس توسط خشک کن پاششی مدل (Buchi, Flawil, Switzerland) Buchi B-۱۹۱، و تحت شرایط از پیش تعیین شده برای هر آزمایش خشک شد.

روش پاسخ سطحی یا Response Surface Methodology (RSM) برای طراحی و تحلیل آزمایشات، مدل سازی فرآیند و بهینه سازی مورداستفاده قرار گرفت. فاکتورهای اصلی دمای هوای ورودی، فشار هوا و مقدار مالتودکسترین مورد استفاده در سوسپانسیون در نظر گرفته شدند و درصد زنده ماندن *B. bifidum* و رطوبت پودر حاصله به عنوان پاسخهای مورد نظر به منظور بهینه سازی انتخاب شدند.

از نقطه نظر آماری، در شرایط بهینه برای رسیدن به حداکثر درصد زنده ماندن و حداقل مقدار رطوبت در پودر محصول، مقادیر فاکتورهای اصلی به صورت زیر گزارش شدند:

دمای هوای ورودی = $103/15^{\circ}\text{C}$ ؛ فشار هوا = $4/0\text{ bar}$ ؛ مقدار مالتودکسترین = $15/0\text{ gr}$.

براساس مدل های پیش بینی شده برای پاسخها، دمای هوای ورودی موثرترین فاکتور بر هر دو پاسخ می باشد. همچنین می توان گفت رطوبت پودر محصول پس از دما بیشتر به مقدار مالتودکسترین بستگی دارد تا به فشار، اما در مورد درصد زنده ماندن فشار عامل موثرتری نسبت به مالتودکسترین می باشد.

کلمات کلیدی: خشک کردن پاششی، *Bifidobacterium bifidum*، بهینه سازی، روش پاسخ

سطحی