

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده‌ی کشاورزی

پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد در رشته‌ی

علوم و صنایع غذایی - شیمی مواد غذایی

فرمولاسیون، تولید و بررسی خواص فیزیکوشیمیایی،
رئولوژیکی و حسی شیر خرما و پودر آن

به کوشش

زهرا نجف پور

استادان راهنما

دکتر مهرداد نیاکوثری

دکتر محمدتقی گل‌مکانی

بهمن ماه ۱۳۹۳

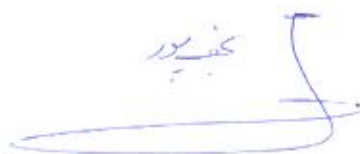
به نام خدا

اظهارنامه

این جانب زهرا نجف پور، دانشجوی رشته علوم و صنایع غذایی، گرایش شیمی مواد غذایی، دانشکده کشاورزی اظهار میکنم که این پایان نامه حاصل پژوهش خود بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده نموده ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته ام. همچنین، اظهار میکنم که تحقیق و موضوع پایان نامه ام تکراری نمی باشد و تعهد می نمایم که بدون مجوز دانشگاه، دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیه حقوق این اثر مطابق با آیین نامه مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی: زهرا نجف پور

تاریخ و امضا:



به نام خدا

فرمولاسیون، تولید و بررسی خواص فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی
و حسی شیر خرما و پودر آن

به کوشش
زهرا نجف پور

پایان نامه‌ی

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه شیراز به عنوان بخشی از فعالیت‌های
تحصیلی لازم برای اخذ درجه‌ی کارشناسی ارشد

در رشته‌ی
علوم و صنایع غذایی - شیمی مواد غذایی

دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی کمیته‌ی پایان نامه، با درجه‌ی: عالی

دکتر مهرداد نیاکوثری، دانشیار بخش علوم و صنایع غذایی (استاد راهنما).....

دکتر محمدتقی گل‌مکانی، استادیار بخش علوم و صنایع غذایی (استاد راهنما).....

مهندس غلامرضا مصباحی، استادیار بخش علوم و صنایع غذایی (استاد مشاور).....

دکتر سید محمدهاشم حسینی، استادیار بخش علوم و صنایع غذایی (داور متخصص داخلی).....

بهمن ماه ۱۳۹۳

تقدیم به ...

مقدس ترین واژه ها در لغت نامه دلم،

پدر و مادر عزیز و مهربانم که در سختی ها و دشواری های زندگی همواره یآوری

دلسوز و فداکار

و پشتیبانی محکم و مطمئن برایم بوده اند...

همسرم که سایه مهربانیش سایه سار زندگی می باشد، او که اسوه صبر و تحمل

بوده و مشکلات مسیر را برایم تسهیل نمود...

خواهر و برادرانم و همراهان همیشگی و پشتوانه های زندگیم...

سپاسگزاری

سپاس بی کران پروردگار یکتا را که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت.

بعد از مدت ها و پس از پیمودن راههای فراوان با حضور شیرین استادان عزیزم، با راهنماییها و دغدیههای فراوانشان، نگاه های پدر مادرم، لطف و مهربانی همسر، و زیبایی حضور خواهر و برادرانم در کنارم، که خستگیهای این راه را به امید و روشنی راه تبدیل کرده و امیدوارم بتوانم در آینده نزدیک جوابگوی این همه محبت آنها باشم بر خود واجب می دانم که تشکر کنم از تمام بزرگوارانی که در پیمودن این راه به من یاری رساندند.

از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می کند و سلامت امانت هایی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه نخست تشکر میکنم از استادان شایسته؛ جناب آقای دکتر مهرداد نیاکوثری و جناب آقای محمدتقی گلمکانی که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند؛ از استاد صبور و با تقوا، جناب آقای مهندس غلامرضا مصباحی، که زحمت مشاوره این رساله را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی رسید؛ و از استاد فرزانه؛ جناب آقای دکتر سید محمدهاشم حسینی که زحمت داوری این رساله را متقبل شدند. همچنین از سایر اساتید و کارکنان بخش علوم و صنایع غذایی دانشگاه شیراز به دلیل راهنمایی ها و همیاریشان و از کارکنان محترم کارخانه قند مایع خرمای مینو واقع در شهرک صنعتی شیراز به دلیل همکاریشان تشکر می نمایم.

و با تشکر خالصانه خدمت همه دوستان و کسانی که به نوعی مرا در به انجام رساندن این مهم یاری نموده اند.

باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید...

چکیده

فرمولاسیون، تولید و بررسی خواص فیزیکیوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی شیر خرما و پودر آن

به کوشش
زهرانجف پور

کلید واژگان: شیر خرما، پودر شیرخرما، ارزیابی خصوصیات

ایران همواره یکی از کشورهای برتر تولید کننده و صادر کننده خرما در جهان بوده است. "شیر خرما" یک نوشیدنی لبنی طعم دار است که از مخلوط کردن شیر خرما یا مشتقات آن با شیر، همراه با اجزایی دیگر، تولید می شود. تولید این نوشیدنی بسیار شبیه به نوشیدنی های شیر کاکائو و شیر شکلات است و نه تنها باعث بهبود ویژگی های تغذیه ای و عملکردی نوشیدنی لبنی می شود، بلکه به کاهش شکر در فرمولاسیون نیز کمک می کند. در این پژوهش شده است تا یک نوشیدنی شیر خرما با حداقل مقدار شکر تولید گردد. برای این منظور ابتدا ۱۶ نمونه با درصدهای متفاوت اجزاء، برای تولید "شیر خرما" مورد استفاده قرار گرفتند. سپس بر اساس ارزیابی حسی به چهار فرمول کاهش یافتند. نتایج نشان داد که در این چهار فرمول انتخاب شده، با مقدار ثابت شیر خرما، با افزایش میزان جایگزینی قند مایع به جای شکر، میزان روشنی محصول، pH، ماده خشک و بریکس کاهش و اسیدیته افزایش می یابد. هم چنین با افزایش قند مایع در فرمولاسیون رفتار رئولوژیکی نمونه ها از نیوتونی به سودوپلاستیک تغییر یافت. در انتها دو نمونه بهینه، یکی نمونه بدون شکر با ۴٪ شیر خرما و ۶٪ قند مایع، و دیگری نمونه بدون قند مایع با ۴٪ شیر خرما و ۶٪ شکر، به منظور خشک کردن با یک خشک کن پاششی در مقیاس آزمایشگاهی انتخاب شدند. در این فرایند از مالتودکسترین (DE=۱۲) در غلظت های ۲۰، ۴۰ و ۶۰٪، نسبت به ماده جامد کل در خوراک ورودی، به عنوان ماده کمک خشک کن و برای بهبود فرایند خشک کردن و کاهش چسبندگی نمونه، استفاده شد. تنها متغیر فرایند دمای هوای ورودی به خشک کن بود که در سه سطح ۱۴۰، ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سلسیوس انتخاب شد و دیگر پارامترهای فرایند ثابت در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که با افزایش دمای هوای ورودی، میزان رطوبت، دانسیته، ضریب انحلال ناپذیری، پیوستگی و زمان حلالیت کاهش، و تخلخل، قابلیت جریان، جذب رطوبت و کلوخه ای شدن افزایش پیدا می کند. همچنین با افزایش میزان مالتودکسترین خوراک از ۲۰٪ به ۶۰٪، پیوستگی، رطوبت و دانسیته پودرها افزایش، و تخلخل، ضریب انحلال ناپذیری، زمان حلالیت، قابلیت جریان، جذب رطوبت و کلوخه ای شدن کاهش می یابد. پودرهای تولیدی بدون شکر در مقایسه با نمونه های حاوی شکر، در بسیاری از پارامترهای تحت بررسی از ویژگی بهتری برخوردار بودند. بر اساس نتایج بدست آمده در این پژوهش، پودر بدون شکر تولید شده با ۶۰٪ مالتودکسترین در خوراک ورودی و دمای هوای ورودی ۱۶۰ درجه سلسیوس، به عنوان نمونه بهینه انتخاب شد.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: مقدمه

۲	۱-۱- خرما.....
۶	۱-۱-۱- شهد خرما.....
۶	۱-۱-۲- کنسانتره خرما.....
۶	۱-۱-۳- شیر خرما.....
۷	۱-۱-۴- قند مایع خرما.....
۸	۱-۲- شیر.....
۸	۱-۲-۱- شیر طعم دار.....
۱۰	۱-۳- خشک کردن.....
۱۱	۱-۳-۱- اصول نظری خشک کردن.....
۱۱	۱-۳-۲- روش های مختلف خشک کردن.....
۱۲	۱-۳-۳- طبقه بندی انواع خشک کن.....
۱۳	۱-۳-۴- خشک کن پاششی.....
۱۶	۱-۳-۵- مزایا و معایب خشک کن پاششی.....
۱۶	۱-۳-۶- خشک کردن شیر و فراورده های آن.....

- ۱۷-۳-۱- خشک کردن مواد غذایی قندی.....
- ۱۸-۳-۱- مواد کمک خشک کن.....
- ۱۹-۳-۱- مالتودکسترین.....
- ۲۰-۳-۱- کیفیت پودر.....
- ۲۱-۴-۱- اهداف این پژوهش.....
- ۲۱-۵-۱- کاربردهای متصور از انجام تحقیق.....
- ۲۱-۶-۱- جنبه جدید بودن و نوآوری طرح.....

فصل دوم: مروری بر پژوهش های پیشین

- ۲۳-۱-۲- کاربردهای شیره خرما در تولید مواد غذایی.....
- ۲۵-۲-۲- نوشیدنی های لبنی.....
- ۲۸-۳-۲- خشک کردن.....

فصل سوم: مواد و روش ها

- ۳۷-۱-۳- مواد و وسایل مورد نیاز.....
- ۳۷-۳-۱-۱- مواد اولیه مصرفی.....
- ۳۷-۳-۱-۲- وسایل و دستگاه های مورد نیاز.....
- ۳۸-۳-۲- آزمون ها و روش های مورد استفاده در تحقیق.....
- ۳۸-۳-۲-۱- تعیین ویژگی های آنتی اکسیدانی شیره خرما.....
- ۳۹-۳-۲-۲- تولید نوشیدنی شیر خرما.....
- ۴۱-۳-۲-۳- بررسی ویژگی های فیزیکوشیمیایی نوشیدنی شیر خرما.....
- ۴۳-۳-۲-۴- خشک کردن پاششی شیر خرما.....
- ۴۳-۳-۲-۵- تهیه پودر شیر خرما.....

- ۴۳-۲-۶- بررسی ویژگی های فیزیکوشیمیایی پودر تولیدی..... ۴۴
- ۴۳-۲-۶-۵- اندازه گیری دانسیته ذره..... ۴۵
- ۳-۳- تجزیه و تحلیل آماری داده ها..... ۵۱

فصل چهارم: نتایج و بحث

- ۴-۱- تعیین ویژگی های آنتی اکسیدانی شیر خرم..... ۵۳
- ۴-۱-۱- تعیین میزان خاصیت آنتی اکسیدانی و میزان ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی..... ۵۳
- ۴-۱-۲- تعیین میزان ترکیبات فنولی..... ۵۴
- ۴-۱-۳- تعیین میزان ترکیبات فلاونوئیدی..... ۵۴
- ۴-۲- تولید و بررسی ویژگی های فیزیکوشیمیایی نوشیدنی شیر خرما..... ۵۵
- ۴-۲-۱- ارزیابی حسی و تولید محصول..... ۵۶
- ۴-۲-۲- اسیدیته و pH..... ۵۷
- ۴-۲-۳- ماده خشک و بریکس..... ۵۸
- ۴-۲-۴- ارزیابی رنگ..... ۵۸
- ۴-۲-۶- آزمون های میکروبی..... ۶۱
- ۴-۳- بررسی ویژگی های فیزیکوشیمیایی پودر تولیدی..... ۶۲
- ۴-۳-۱- رطوبت..... ۶۲
- ۴-۳-۲- دانسیته توده..... ۶۴
- ۴-۳-۳- دانسیته ذره..... ۶۵
- ۴-۳-۴- دانسیته حاصل از ضربه..... ۶۶
- ۴-۳-۵- تخلخل..... ۶۷
- ۴-۳-۶- ضریب انحلال ناپذیری..... ۶۹
- ۴-۳-۷- زمان حل شدن..... ۷۱

- ۷۲ ۴-۳-۸- بررسی قابلیت جریان
- ۷۵ ۴-۳-۹- بررسی میزان پیوستگی
- ۷۷ ۴-۳-۱۰- توزیع اندازه ذرات
- ۷۹ ۴-۳-۱۱- هایگروسکوپی و کلوخه ای شدن
- ۸۲ ۴-۳-۱۲- ارزیابی رنگ (پارامترهای L^* ، a^* و b^*)
- ۸۴ ۴-۳-۱۳- نتایج ارزیابی حسی پودر و نوشیدنی
- ۸۵ ۴-۳-۱۴- تعیین عدد پراکسید

فصل پنجم: نتیجه گیری کلی و پیشنهادات

- ۸۷ ۵-۱- نتیجه گیری کلی
- ۹۰ ۵-۲- پیشنهادات

منابع

- ۹۱ منابع فارسی
- ۹۴ منابع انگلیسی
- ۱۰۳ پیوست

چکیده و صفحه عنوان به انگلیسی

فهرست جدول‌ها

صفحه

عنوان

- جدول ۱-۱- ترکیبات تشکیل دهنده خرما..... ۴
- جدول ۱-۳- فرمولاسیون های مختلف نوشیدنی شیر خرما..... ۴۰
- جدول ۲-۳- طبقه بندی قابلیت جریان پودر بر اساس اندیس کار (CI)..... ۴۶
- جدول ۳-۳- طبقه بندی پیوستگی پودر بر اساس نسبت هانسر (HR)..... ۴۷
- جدول ۴-۳- طبقه بندی جذب رطوبت پودر..... ۴۸
- جدول ۵-۳- طبقه بندی درجه کیکی شدن پودر..... ۴۹
- جدول ۱-۴- بررسی میزان خاصیت آنتی اکسیدانی موجود در شیره خرما..... ۵۵
- جدول ۲-۴- نتایج ارزیابی حسی نمونه های شیر خرما..... ۵۶
- جدول ۳-۴- میزان شیره خرما، قندمایع و شکر موجود در فرمولاسیون های بهینه شیرخرما
و امتیاز ارزیابی حسی آن ها..... ۵۷
- جدول ۴-۴- pH، اسیدیته، ماده خشک، بریکس و پارامترهای رنگی فرمولاسیون های بهینه
شیر خرما..... ۵۹
- جدول ۵-۴- تأثیر دما و میزان مالتو دکسترین بر درصد رطوبت پودر..... ۶۳
- جدول ۶-۴- تأثیر دمای ورودی و میزان مالتو دکسترین بر دانسیته توده پودر..... ۶۵

- جدول ۴-۷- تأثیر دمای ورودی و میزان مالتودکستترین بر دانسیته ذره پودر..... ۶۶
- جدول ۴-۸- تأثیر دمای ورودی و میزان مالتودکستترین بر دانسیته حاصل از ضربه پودر* ۶۷
- جدول ۴-۹- تأثیر دمای ورودی و میزان مالتودکستترین بر تخلخل پودر..... ۶۹
- جدول ۴-۱۰- تأثیر دمای ورودی و میزان مالتودکستترین بر ضریب انحلال ناپذیری پودر..... ۷۰
- جدول ۴-۱۱- تأثیر دمای ورودی و میزان مالتودکستترین بر زمان حل شدن پودر..... ۷۲
- جدول ۴-۱۲- تأثیر دمای ورودی و میزان مالتودکستترین بر قابلیت جریان پودر..... ۷۴
- جدول ۴-۱۳- تأثیر دمای ورودی و میزان مالتودکستترین بر پیوستگی پودر..... ۷۶
- جدول ۴-۱۴- خصوصیات فیزیکی قندهای ساده..... ۸۱
- جدول ۴-۱۵- تأثیر دمای ورودی و میزان مالتودکستترین بر میزان جذب رطوبت پودر..... ۸۱
- جدول ۴-۱۶- تأثیر دمای ورودی و میزان مالتودکستترین بر کلوخه ای شدن پودر..... ۸۲
- جدول ۴-۱۷- تأثیر دمای ورودی و میزان مالتودکستترین بر پارامتر L^* پودر..... ۸۳
- جدول ۴-۱۸- تأثیر دمای ورودی و میزان مالتودکستترین بر پارامتر a^* پودر..... ۸۳
- جدول ۴-۱۹- تأثیر دمای ورودی و میزان مالتودکستترین بر پارامتر b^* پودر..... ۸۴
- جدول ۴-۲۰- ارزیابی حسی و امتیازدهی نمونه تازه و بازسازی شده شیر خرما..... ۸۴
- جدول پ-۱- فرمولاسیون و شرایط خشک کردن نمونه های مختلف..... ۱۰۴
- جدول پ-۲- فرمولاسیون نمونه های بهینه شیر خرما (مرحله ارزیابی خصوصیات)..... ۱۰۵
- جدول پ-۳- فرمولاسیون نمونه های مختلف شیر خرما (مرحله خشک کردن)..... ۱۰۵

فهرست نمودارها

عنوان	صفحه
نمودار ۴-۱- تأثیر سرعت چرخشی بر تنش برشی نمونه های بهینه شیر خرما.....	۶۱
نمودار ۴-۲- منحنی توزیع اندازه ذرات پودر تولید شده به روش پاششی (نمونه های فاقدشکر).....	۷۸
نمودار ۴-۳- منحنی توزیع اندازه ذرات پودر تولید شده به روش پاششی (نمونه های فاقد قندمایع).....	۷۹
نمودار پ-۱: تأثیر میزان قند مایع بر pH فرمولاسیون های بهینه شیر خرما.....	۱۰۶
نمودار پ-۲: تأثیر میزان قند مایع بر اسیدیته فرمولاسیون های بهینه شیر خرما.....	۱۰۷
نمودار پ-۳: تأثیر میزان قند مایع بر ماده خشک فرمولاسیون های بهینه شیر خرما.....	۱۰۷
نمودار پ-۴: تأثیر میزان قند مایع بر بریکس فرمولاسیون های بهینه شیر خرما.....	۱۰۷
نمودار پ-۵: تأثیر میزان قند مایع بر میزان پارامتر L^* فرمولاسیون های بهینه شیر خرما.....	۱۰۸
نمودار پ-۶: تأثیر میزان قند مایع بر میزان پارامتر a^* فرمولاسیون های بهینه شیر خرما.....	۱۰۸
نمودار پ-۷: تأثیر میزان قند مایع بر میزان پارامتر b^* فرمولاسیون های بهینه شیر خرما.....	۱۰۹
نمودار پ-۸: تأثیر دمای ورودی بر دانسیته توده پودر با ثابت در نظر گرفتن تأثیر درصد مالتودکسترین.....	۱۱۰
نمودار پ-۹: تأثیر درصد مالتودکسترین بر دانسیته توده پودر با ثابت در نظر گرفتن تأثیر دمای هوای ورودی.....	۱۱۰

- نمودار پ- ۱۰: تأثیر دمای ورودی بر دانسیته حاصل از ضربه پودر با ثابت در نظر گرفتن
 ۱۱۱..... تأثیر درصد مالتودکسترین
- نمودار پ- ۱۱: تأثیر درصد مالتودکسترین بر دانسیته حاصل از ضربه پودر با ثابت در
 ۱۱۱..... نظر گرفتن تأثیر دمای هوای ورودی
- نمودار پ- ۱۲: تأثیر دمای ورودی بر دانسیته ذره پودر با ثابت در نظر گرفتن تأثیر
 ۱۱۲..... درصد مالتودکسترین
- نمودار پ- ۱۳: تأثیر درصد مالتودکسترین بر دانسیته ذره پودر با ثابت در نظر گرفتن
 ۱۱۲..... تأثیر دمای هوای ورودی
- نمودار پ- ۱۴: تأثیر دمای ورودی بر قابلیت جریان پودر با ثابت در نظر گرفتن تأثیر
 ۱۱۳..... درصد مالتودکسترین
- نمودار پ- ۱۵: تأثیر درصد مالتودکسترین بر قابلیت جریان پودر با ثابت در نظر گرفتن
 ۱۱۳..... تأثیر دمای هوای ورودی
- نمودار پ- ۱۶: تأثیر دمای ورودی بر پیوستگی پودر با ثابت در نظر گرفتن تأثیر
 ۱۱۴..... درصد مالتودکسترین
- نمودار پ- ۱۷: تأثیر درصد مالتودکسترین بر پیوستگی پودر با ثابت در نظر گرفتن تأثیر
 ۱۱۴..... دمای هوای ورودی
- نمودار پ- ۱۸: تأثیر دمای ورودی بر تخلخل پودر با ثابت در نظر گرفتن تأثیر
 ۱۱۵..... درصد مالتودکسترین
- نمودار پ- ۱۹: تأثیر درصد مالتودکسترین بر تخلخل پودر با ثابت در نظر گرفتن تأثیر
 ۱۱۵..... دمای هوای ورودی

- نمودار پ- ۲۰: تأثیر دمای ورودی بر ضریب انحلال ناپذیری پودر با ثابت در نظر گرفتن
تأثیر درصد مالتودکسترین..... ۱۱۶
- نمودار پ- ۲۱: تأثیر درصد مالتودکسترین بر ضریب انحلال ناپذیری پودر با ثابت در نظر
گرفتن تأثیر دمای هوای ورودی..... ۱۱۶
- نمودار پ- ۲۲: تأثیر دمای ورودی بر هایگروسکوپی پودر با ثابت در نظر گرفتن تأثیر درصد
مالتودکسترین..... ۱۱۷
- نمودار پ- ۲۳: تأثیر درصد مالتودکسترین بر هایگروسکوپی پودر با ثابت در نظر گرفتن تأثیر
دمای هوای ورودی..... ۱۱۷
- نمودار پ- ۲۴: تأثیر دمای ورودی بر رطوبت پودر با ثابت در نظر گرفتن تأثیر درصد
مالتودکسترین..... ۱۱۸
- نمودار پ- ۲۵: تأثیر درصد مالتودکسترین بر رطوبت پودر با ثابت در نظر گرفتن تأثیر دمای
هوای ورودی..... ۱۱۸
- نمودار پ- ۲۶: تأثیر دمای ورودی بر پارامتر L^* پودر با ثابت در نظر گرفتن تأثیر درصد
مالتودکسترین..... ۱۱۹
- نمودار پ- ۲۷: تأثیر درصد مالتودکسترین بر پارامتر L^* پودر با ثابت در نظر گرفتن تأثیر دمای
هوای ورودی..... ۱۱۹
- نمودار پ- ۲۸: تأثیر دمای ورودی بر پارامتر a^* پودر با ثابت در نظر گرفتن تأثیر درصد
مالتودکسترین..... ۱۲۰
- نمودار پ- ۲۹: تأثیر درصد مالتودکسترین بر پارامتر a^* پودر با ثابت در نظر گرفتن تأثیر دمای
هوای ورودی..... ۱۲۰

- نمودار پ- ۳۰: تأثیر دمای ورودی بر پارامتر b^* پودر با ثابت در نظر گرفتن تأثیر درصد مالتودکستترین..... ۱۲۱
- نمودار پ- ۳۱: تأثیر درصد مالتودکستترین بر پارامتر b^* پودر با ثابت در نظر گرفتن تأثیر دمای هوای ورودی..... ۱۲۱
- نمودار پ- ۳۲: تأثیر دمای ورودی بر زمان حل شدن پودر با ثابت در نظر گرفتن تأثیر درصد مالتودکستترین..... ۱۲۲
- نمودار پ- ۳۳: تأثیر درصد مالتودکستترین بر زمان حل شدن پودر با ثابت در نظر گرفتن تأثیر دمای هوای ورودی..... ۱۲۲
- نمودار پ- ۳۴: تأثیر دمای ورودی بر میزان کلوخه ای شدن پودر با ثابت در نظر گرفتن تأثیر درصد مالتودکستترین..... ۱۲۳
- نمودار پ- ۳۵: تأثیر درصد مالتودکستترین بر میزان کلوخه ای شدن پودر با ثابت در نظر گرفتن تأثیر دمای هوای ورودی..... ۱۲۳
- نمودار پ- ۳۶: تأثیر نوع فرمولاسیون بر دانسیته توده پودر، با ثابت در نظر گرفتن تأثیر دمای هوای ورودی و میزان مالتو دکستترین..... ۱۲۴
- نمودار پ- ۳۷: تأثیر نوع فرمولاسیون بر دانسیته حاصل از ضربه پودر، با ثابت در نظر گرفتن تأثیر دمای هوای ورودی و میزان مالتو دکستترین..... ۱۲۴
- نمودار پ- ۳۸: تأثیر نوع فرمولاسیون بر دانسیته ذره پودر، با ثابت در نظر گرفتن تأثیر دمای هوای ورودی و میزان مالتو دکستترین..... ۱۲۵
- نمودار پ- ۳۹: تأثیر نوع فرمولاسیون بر قابلیت جریان پودر، با ثابت در نظر گرفتن تأثیر دمای هوای ورودی و میزان مالتو دکستترین..... ۱۲۵

- نمودار پ- ۴۰: تأثیر نوع فرمولاسیون بر پیوستگی پودر، با ثابت در نظر گرفتن تأثیر
 ۱۲۶.....دمای هوای ورودی و میزان مالتو دکسترین
- نمودار پ- ۴۱: تأثیر نوع فرمولاسیون بر تخلخل پودر، با ثابت در نظر گرفتن تأثیر دمای
 ۱۲۶.....هوای ورودی و میزان مالتو دکسترین
- نمودار پ- ۴۲: تأثیر نوع فرمولاسیون بر انحلال ناپذیری پودر، با ثابت در نظر گرفتن
 ۱۲۷.....تأثیر دمای هوای ورودی و میزان مالتو دکسترین
- نمودار پ- ۴۳: تأثیر نوع فرمولاسیون بر هایگروسکوپی پودر، با ثابت در نظر گرفتن تأثیر
 ۱۲۷.....دمای هوای ورودی و میزان مالتو دکسترین
- نمودار پ- ۴۴: تأثیر نوع فرمولاسیون بر رطوبت پودر، با ثابت در نظر گرفتن تأثیر دمای
 ۱۲۸.....هوای ورودی و میزان مالتو دکسترین
- نمودار پ- ۴۵: تأثیر نوع فرمولاسیون بر پارامتر L^* پودر، با ثابت در نظر گرفتن تأثیر
 ۱۲۸.....دمای هوای ورودی و میزان مالتو دکسترین
- نمودار پ- ۴۶: تأثیر نوع فرمولاسیون بر پارامتر a^* پودر، با ثابت در نظر گرفتن تأثیر
 ۱۲۹.....دمای هوای ورودی و میزان مالتو دکسترین
- نمودار پ- ۴۷: تأثیر نوع فرمولاسیون بر پارامتر b^* پودر، با ثابت در نظر گرفتن تأثیر
 ۱۲۹.....دمای هوای ورودی و میزان مالتو دکسترین
- نمودار پ- ۴۸: تأثیر نوع فرمولاسیون بر زمان حل شدن پودر، با ثابت در نظر گرفتن
 ۱۳۰.....تأثیر دمای هوای ورودی و میزان مالتو دکسترین
- نمودار پ- ۴۹: تأثیر نوع فرمولاسیون بر میزان کلوخه ای شدن پودر، با ثابت در نظر
 ۱۳۰.....گرفتن تأثیر دمای هوای ورودی و میزان مالتو دکسترین

فصل اول

مقدمه

۱-۱- خرما

گیاه خرما با نام علمی *Phoenix dactylifera L.*، یک گیاه مهم در مناطق کویری جنوب غرب آسیا و شمال آفریقا می باشد. خرما یک گیاه قدیمی است که برای قرن ها در مناطق کویری دنیای عرب به عنوان یک میوه خوراکی کشت می شده است. میوه درخت خرما به شکل خوشه بزرگ از درخت آویزان می شود و غنی از مواد مغذی برای انسان می باشد. حدود ۷۵ درصد آن را مواد قندی و کربوهیدرات ها تشکیل می دهند، علاوه بر پروتئین (۲ درصد)، چربی (۲/۵ درصد) و مواد معدنی (۱/۲ درصد)، حاوی مقدار کافی از ویتامین های A، B و C می باشد. قسمت گوشتی خرما بسیار شیرین و خوش طعم است و حدود ۸۸-۵۰ درصد از وزن خرما را به خود اختصاص می دهد. املاح موجود در خرما شامل آهن، منگنز، کلسیم، فسفر، سدیم، پتاسیم و مس است. مقدار ۳۵۰-۴۰۰ گرم خرما با در نظر گرفتن نوع خرما به طور تقریبی ۱۵۰۰-۱۴۳۰ کیلو کالری انرژی در بدن ایجاد می کند که این مقدار انرژی برای مصرف روزانه یک فرد کافی می باشد. بنابراین خرما در یک رژیم غذایی متعادل از منابع مهم غذایی به شمار می رود. بر اساس مطالعات و تحقیقات انجام شده، ترکیب شیمیایی که تعیین کننده ارزش غذایی خرما می باشد به رقم، شرایط آب و هوایی، منطقه کاشت، سن درخت و مراحل رشد و نمو میوه خرما بستگی دارند (اشرف جهانی، ۱۳۸۵). در جدول ۱-۱، ترکیبات موجود در خرما و میزان آن ها آورده شده است.

میوه خرما حاوی حدود ۷۰٪ کربوهیدرات است که قسمت اعظم آن به شکل قند است، به همین دلیل این میوه یک منبع قوی از انرژی می باشد و تخمین زده می شود که هر ۱۰۰ گرم این میوه حدود ۳۱۴ کیلو کالری انرژی تأمین می کند. خشک کردن خرما باعث کاهش فعالیت