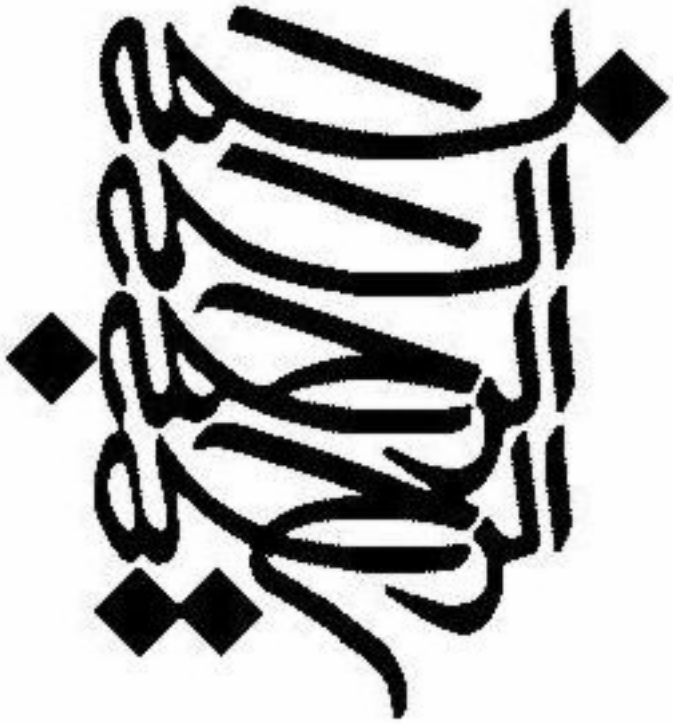

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دانشکده کشاورزی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد .M.Sc
مهندسی علوم و صنایع غذایی

بهینه‌سازی فرآیند خشک کردن ترکیبی (اسمزی، هوای داغ) قارچ دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*)

نگارش:
مریم ابراهیم‌رضاگاه

استاد راهنما:
دکتر مهدی کاشانی نژاد

اساتید مشاور:
دکتر حبیب‌الله میرزایی
دکتر مرتضی خمیری

مهر ۱۳۸۷

به نام خدا

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

دانشکده های علوم کشاورزی

صورت جلسهٔ دفاع از پایان نامه دورهٔ کارشناسی ارشد رشته علوم وصنایع غذایی

جلسهٔ دفاع از پایان نامه **خانم مریم ابراهیم رضا گاه** دانشجوی دورهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ **علوم وصنایع غذایی** باشماره دانشجویی **۸۴۱۵۰۱۳۱۰۱** تحت عنوان "**بهینه سازی خشک کردن ترکیبی (اسمزی ، هوای داغ) قارچ دکمه ای (Agaricus bisporus)**" در ساعت **۱۳** روز **شنبه** مورخه**۸۷/۷/۱۳** در سالن اجتماعات دانشکده علوم با حضور هیأت داوران به شرح زیر برگزار و پایان نامه با نمره۱۹٫۸۰ نوزده و هشتاد صدم پذیرفته شد.

اعضاء هیأت داوران:

۱- دکتر مهدی کاشانی نژاد (استاد راهنما)

۲- دکتر حبیب ا... میرزایی (استادمشاور)

۳- دکتر مرتضی خمیری (استاد مشاور)

۴- دکتر بهاره شعبان پور (نماینده شورای تحصیلات تکمیلی دانشگاه)

۵- دکتر یحیی مقصودلو (داور)

۶- دکتر سید مهدی جعفری (داور)

نظر به این که چاپ و انتشار پایان‌نامه‌های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت‌های علمی- پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود، بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

۱) قبل از چاپ پایان‌نامه خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع و کسب اجازه نمایند.

۲) در انتشار نتایج پایان‌نامه در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد، ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.

۳) انتشار نتایج پایان‌نامه باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب مریم ابراهیم‌رضاگاه دانشجوی رشته علوم و صنایع غذایی مقطع کارشناسی ارشد تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

تقدیم به پدر عزیز و مادر مهربانم

که هرچه دارم از آنهاست.

حمد و سپاس بی‌کران خداوند را که با بهره از دریای بی‌کران لطفش گامی دیگر در زندگانیم برداشتم.

صمیمانه‌ترین و خالصانه‌ترین سپاس تقدیم به پدر و مادر عزیزم که نفسم با نفسشان گرم و قلبم با تپش قلبشان در تپش است. آنان که بی‌دریغ‌ترین حمایت‌ها را در سخت‌ترین لحظات زندگیم به من ارزانی داشتند. و خواهران عزیزم که همواره از راهنمایی‌ها و دلگرمیشان بهره برده‌ام.

بر خود لازم می‌دانم از تمام کسانی که در انجام این رساله در کنار من بودند قدردانی کنم: از استاد راهنمای گرامی آقای دکتر مهدی کاشانی‌نژاد و اساتید مشاور ارجمند آقایان دکتر حبیب الله میرزایی و دکتر مرتضی خمیری برای راهنمایی‌ها ارزنده‌شان، از داوران محترم آقایان دکتر جعفری و دکتر مقصودلو که زحمت مطالعه و بازخوانی این تحقیق را بر عهده داشتند و همچنین از نماینده تحصیلات تکمیلی سرکار خانم دکتر بهاره شعبان‌پور.

و در پایان از کلیه دوستان و همکلاسی‌هایم که همراهی‌شان طی این دوره را هموارتر کرد، به ویژه دوست خوبم الهام انصاری‌پور که بی‌دریغ وقت ارزشمند خود را در اختیار من قرار داد، تشکر می‌کنم.

مریم ابراهیم رضاگاه

مهر ۱۳۸۷

چکیده

قارچ دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) بیشترین تولید و مصرف قارچ‌های خوراکی در سطح جهان را به خود اختصاص می‌دهد. با این حال به دلیل ماندگاری بسیار کوتاه کاربرد روش‌های نگهداری جهت افزایش زمان انبارمانی آن توصیه می‌شود. خشک کردن یکی از ساده‌ترین روش‌های افزایش ماندگاری محصولات با رطوبت بالا است اما قارچ نسبت به حرارت بسیار حساس است و انتخاب روش خشک کردن مناسب بسیار اهمیت دارد. در این پژوهش تأثیر خشک کردن اسمزی در غلظت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد وزنی محلول ساکارز و دماهای ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درجه سانتیگراد بر خصوصیات سینتیکی و کیفی ورقه‌های قارچ بررسی شد. تأثیر نسبت‌های وزنی قارچ به محلول اسمزی ۱:۱۰، ۱:۱۵ و ۱:۲۵ نیز مورد مطالعه قرار گرفت. با افزایش غلظت و دما، مقدار رطوبت محصول کاهش یافته، بریکس، درصد حذف آب و درصد جذب مواد جامد افزایش یافت. بسته به تیمارهای اعمال شده، رطوبت نهایی، بریکس، جذب مواد جامد و حذف آب ورقه‌های قارچ پس از فرآیند اسمزی به ترتیب در محدوده ۸۷/۹–۴۷/۶٪، ۴۶/۷–۷/۴، ۴۴–۴/۶٪ و ۴۲/۱–۳/۸٪ بود. منحنی‌های سینتیک تغییرات رطوبت و بریکس طی فرآیند خشک کردن اسمزی رسم گردید. برای پیش‌بینی تغییرات درصد حذف آب و جذب مواد جامد طی خشک کردن اسمزی از مدل آزوارا استفاده شد. با محاسبه مقادیر رطوبت تعادلی، نسبت رطوبت محاسبه شد. این مقادیر برای مدل‌سازی فرآیند خشک کردن اسمزی توسط مدل پیج مورد استفاده قرار گرفتند. مقادیر ضریب نفوذ مؤثر با استفاده از قانون دوم انتشار فیک محاسبه شد و در محدوده $۳/۸۷\times۱۰^{-۹}$ m^2/s تا $۸/۱۸\times۱۰^{-۱۰}$ m^2/s به دست آمد. مقادیر انرژی فعال‌سازی (۴/۹–۲۲/۸ kJ/mol) با استفاده از رابطه آرنیوس به دست آمد. پس از خشک کردن اسمزی، برای رسیدن به رطوبت نهایی مطلوب (۷ ٪ w.b) از خشک کردن با هوای داغ استفاده شد. ارزیابی حسی محصول (رنگ، طعم، بافت و پذیرش کلی) به شکل خشک و پس از آب‌گیری مجدد انجام گرفت. سپس تغییرات رنگ، سینتیک آب‌گیری مجدد، چروکیدگی و دانسیته ورقه‌های قارچ خشک شده در غلظت‌ها و دماهای مختلف برای تعیین بهترین پیش‌تیمار خشک کردن اسمزی اندازه‌گیری گردید.

کلمات کلیدی: قارچ دکمه‌ای، خشک کردن اسمزی، مدل‌سازی، انتقال جرم، سینتیک خشک کردن.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول- مقدمه و کلیات ۱
۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- کلیات ۳
۱-۲-۱- خشک کردن اسمزی ۴
۱-۳- اهداف و فرضیات ۷
۱-۳-۱- اهداف ۷
۱-۳-۲- فرضیات ۷

فصل دوم- بررسی منابع ۸
۲-۱- خشک کردن قارچ ۹
۲-۲- خشک کردن اسمزی ۱۲
۲-۳- سینتیک و مدل‌سازی خشک کردن اسمزی ۱۷
۲-۴- ضرورت انجام این تحقیق ۲۰

فصل سوم- مواد و روش‌ها ۲۱
۳-۱- آماده سازی نمونه‌ها ۲۲
۳-۲- اندازه‌گیری رطوبت ۲۴
۳-۳- خشک کردن اسمزی ۲۵
۳-۳-۱- سینتیک خشک کردن اسمزی قارچ دکمه‌ای ۲۵
۳-۴- برازش مدل‌های ریاضی به داده‌های حاصل از خشک کردن اسمزی ۲۷
۳-۵- خشک کردن تکمیلی و بررسی خصوصیات کیفی ۲۸
۳-۵-۱- رنگ ۲۸
۳-۵-۲- نسبت آب‌گیری مجدد (RR) ۲۸
۳-۵-۳- دانسیته ۲۹

۳-۵-۴- چروکیدگی (Sh) ۳۰
۳-۵-۵- ارزیابی خصوصیات حسی ۳۰
۳-۶- تجزیه و تحلیل آماری ۳۰

فصل چهارم- نتایج و بحث ۳۳
۴-۱- تأثیر متغیرهای فرآیند اسمزی بر خصوصیات محصول ۳۴
۴-۱-۱- دمای فرآیند اسمزی ۳۴
۴-۱-۲- غلظت محلول اسمزی ۳۶
۴-۱-۳- نسبت وزنی قارچ به محلول اسمزی ۳۸
۴-۱-۴- اثرات متقابل متغیرهای فرآیند اسمزی ۴۰
۴-۲- سینتیک رطوبت و بریکس ۴۲
۴-۳- مدل‌سازی انتقال جرم و فرآیند خشک کردن اسمزی ۴۵
۴-۳-۱- حذف آب و جذب مواد جامد ۴۵
۴-۳-۲ محاسبه نسبت رطوبت ۵۰
۴-۳-۳- محاسبه ضریب نفوذ مؤثر رطوبت ۵۲
۴-۳-۴- محاسبه انرژی فعال‌سازی ۵۵
۴-۳-۵- مدل‌سازی فرآیند خشک کردن اسمزی ۵۷
۴-۴- خشک کردن تکمیلی و بررسی خصوصیات کیفی ۶۰
۴-۴-۱- دانسیته و چروکیدگی ۶۰
۴-۴-۲- رنگ ۶۱
۴-۴-۳- نسبت آب‌گیری مجدد ۶۴
۴-۴-۴- ارزیابی حسی ۶۶
۴-۴-۴-۱- قارچ ورقه شده خشک ۶۶
۴-۴-۴-۲- قارچ ورقه شده خشک پس از آب‌گیری مجدد ۶۸
۴-۴-۵- تعیین شرایط بهینه خشک کردن قارچ دکمه‌ای ۶۹

فصل پنجم- نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادات ۷۰
۵-۱- نتیجه‌گیری کلی ۷۱
۵-۲- پیشنهادات ۷۳
۵-۲-۱- پیشنهادات اجرایی ۷۳
۵-۲-۲- پیشنهادات پژوهشی ۷۳

فهرست منابع و مآخذ ۷۴

ضمائم

ضمیمه الف: اثرات متقابل متغیرهای فرآیند بر درصد رطوبت، بریکس، درصد جذب مواد جامد و درصد جذب آب

ضمیمه ب: نمودارهای سینتیکی رطوبت و بریکس

ضمیمه پ: درصد حذف آب و جذب مواد جامد و مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل آزوارا

ضمیمه ت: نمودارهای نسبت رطوبت بر حسب زمان طی فرآیند خشک کردن اسمزی

ضمیمه ث: مقادیر پیش‌بینی شده رطوبت توسط مدل پیج

فهرست جداول

جدول ۴-۱- اثرات متقابل متغیرهای فرآیند بر میزان رطوبت قارچ (بر مبنای مرطوب) ٤٠
جدول ۴-۲- اثرات متقابل متغیرهای فرآیند بر مقدار بریکس قارچ ٤١
جدول ۴-۳- اثرات متقابل متغیرهای فرآیند بر درصد جذب مواد جامد ٤١
جدول ۴-۴- اثرات متقابل متغیرهای فرآیند بر درصد حذف آب ٤٢
جدول ۴-۵- مقادیر تعادلی حذف آب و s_1 در شرایط مختلف فرآیند اسمزی ٤٧
جدول ۴-۶- مقادیر تعادلی جذب مواد جامد و s_2 در شرایط مختلف فرآیند اسمزی ٤٩
جدول ۴-۷- مقادیر رطوبت تعادلی (بر مبنای خشک) در شرایط مختلف فرآیند اسمزی ٥١
جدول ۴-۸- مقادیر ضریب نفوذ مؤثر (m^2/s) به دست آمده در شرایط مختلف فرآیند اسمزی ٥٤
جدول ۴-۹- اثرات متقابل غلظت محلول اسمزی و نسبت وزنی قارچ به محلول اسمزی
بر انرژی فعال‌سازی ٥٦
جدول ۴-۱۰- نتایج آماری به دست آمده برای مدل پیج در شرایط مختلف فرآیند خشک کردن اسمزی ٥٧
جدول ۴-۱۱- ضرایب مدل پیج برای تیمارهای مختلف ٥٨
جدول ۴-۱۲- ضرایب معادله خطی بیانگر رابطه K با غلظت ٥٩
جدول ۴-۱۳- اثرات متقابل دما و غلظت محلول اسمزی بر دانسیته و درصد چروکیدگی ٦١
جدول ۴-۱۴- اثرات متقابل دما و غلظت محلول اسمزی بر ΔE قارچ خشک شده قبل و بعد از آب‌گیری .. ٦٢
جدول ۴-۱۵- اثرات متقابل دما و غلظت محلول اسمزی بر میانگین امتیازات ارزیابی حسی قارچ خشک شده
بعد از آب‌گیری مجدد ٦٨
جدول ۴-۱۶- جدول امتیاز بندی شرایط مختلف خشک کردن ترکیبی قارچ دکمه‌ای ٦٩

فهرست اشکال

شکل ۲-۱- مکانیسم خشک کردن اسمزی در مواد همگن (الف) و مواد بیولوژیکی سلولی (ب) ۱۳
شکل ۳-۱- شماتیک مراحل اجرایی ۲٤
شکل ۳-۲- نمونه پرسش‌نامه مربوط به ارزیابی خصوصیات حسی ۳۲
شکل ۴-۱- اثر دمای فرآیند اسمزی بر میزان رطوبت و بریکس قارچ ۳۵
شکل ۴-۲- اثر دمای فرآیند اسمزی بر درصد حذف آب و جذب مواد جامد ۳۵
شکل ۴-۳- اثر غلظت محلول اسمزی بر میزان رطوبت و بریکس قارچ ۳۷
شکل ۴-۴- اثر دمای فرآیند اسمزی بر درصد حذف آب و جذب مواد جامد ۳۷
شکل۴-۵- اثر نسبت وزنی قارچ به محلول اسمزی بر میزان رطوبت و بریکس قارچ ۳۹
شکل ۴-۶- اثر نسبت وزنی قارچ به محلول اسمزی بر درصد حذف آب و جذب مواد جامد ۳۹
شکل ۴-۷- تغییرات رطوبت قارچ در طول زمان ٤٤
شکل ۴-۸- تغییرات بریکس قارچ در طول زمان ٤٤
شکل ۴-۹- درصد حذف آب در طول زمان و مقادیر پیش‌بینی شده ٤۷
شکل ۴-۱۰- درصد حذف آب در طول زمان و مقادیر پیش‌بینی شده ۵۰
شکل ۴-۱۱- نسبت رطوبت بر حسب زمان ۵۲
شکل ۴-۱۲- مقادیر رطوبت حاصل از آزمایشات و پیش‌بینی شده توسط مدل پیج ۵۹
شکل ۴-۱۳- اثر غلظت بر شاخص تفاوت رنگ در نمونه‌های خشک و آب‌گیری شده ٦۳
شکل ۴-۱۴- اثر دما بر شاخص تفاوت رنگ در نمونه‌های خشک و آب‌گیری شده ٦۳
شکل ۴-۱۵- تأثیر غلظت بر نسبت آب‌گیری مجدد پس از ۳ ساعت غوطه‌وری در آب ٦۵
شکل ۴-۱۶- تغییرات نسبت آب‌گیری مجدد بر حسب زمان ٦۵
شکل ۴-۱۷- اثر غلظت بر میانگین امتیازات داده شده توسط پانلیست‌ها به قارچ ورقه شده خشک ٦۷
شکل ۴-۱۸- اثر دما بر میانگین امتیازات داده شده توسط پانلیست‌ها به قارچ ورقه شده خشک ٦۷

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

قارچ دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) بیشترین تولید قارچ‌های خوراکی در سطح جهان را شامل می‌شود. میزان تولید این نوع قارچ حدود ۴۰٪ تولید جهانی قارچ‌های خوراکی است (گیری و پراساد، ۲۰۰۷). بر اساس آمار موجود در وب سایت فائو[1] در سال ۲۰۰۷ بالغ بر ۳/۴ میلیون تن قارچ‌های خوراکی در جهان تولید شده است که از این میزان حدود ۱/۹ میلیون تن در آسیا تولید شده است. فائو میزان تولید قارچ‌های خوراکی در ایران را ۲۸۰۰۰ تن گزارش کرده است.

با تولید قارچ هم می‌توان غذاهای غنی از پروتئین تولید کرد و هم راهی برای بازیافت ضایعات سلولزی به دست آورد. قارچ‌های کشت شده در مقایسه با قارچ‌های وحشی و سایر سبزیجات مقدار پروتئین بیشتری دارند و غنی از مواد معدنی هستند. مقدار چربی آن‌ها بسیار کم و بخش عمده آن اسیدهای چرب غیر اشباع است. قارچ منبع غنی ویتامین‌های گروه B، ویتامین D، K و گاهی ویتامین‌های C و A است (پاتاک و همکاران، ۱۹۹۹؛ سنمی و همکاران، ۲۰۰۳). قارچ حاوی ۴۰-۲۰٪ پروتئین بر مبنای وزن خشک است که نسبت به سبزی‌ها و میوه‌ها مقدار بیشتر و کیفیت بهتری دارد. قارچ غنی از دو اسید آمینه ضروری لیزین و تریپتوفان است. ماده‌ای کم کالری و عاری از کلسترول و تقریباً بدون چربی است (پاتاک و همکاران، ۱۹۹۹؛ والد و همکاران، ۲۰۰۶). قارچ منبع بسیار خوبی از پتاسیم، فسفر، روی و مس و حاوی مقادیر کم اما

[1] http://faostat.fao.org/

قابل جذب آهن (فولات[2]) است (پاتاک و همکاران، ۱۹۹۹؛ شیوهار و همکاران ۲۰۰۴). با این حال فساد پذیری قارچ بسیار بالا و زمان ماندگاری آن در شرایط محیطی بسیار کوتاه است. پس از برداشت، تغییرات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی مختلفی در قارچ رخ می‌دهد که آن را غیر قابل مصرف می‌کند (گیری و پراساد، ۲۰۰۷). بنابراین قارچ‌های برداشت شده باید سریعاً مصرف یا فرآوری شوند. یکی از روش‌های تجاری متداول نگهداری قارچ کنسرو کردن است. روش‌های مختلف دیگری از جمله خشک کردن نیز برای نگهداری قارچ استفاده می‌شود. گزارش شده است که خشک کردن روش ارزان‌تری در مقایسه با روش‌های دیگر نگهداری است و نگهداری قارچ خشک شده در محفظه‌های غیر قابل نفوذ به هوا تا یک سال امکان پذیر است (والد و همکاران، ۲۰۰۶). در عین حال قارچ ماده‌ای حساس به حرارت است، بنابراین انتخاب روش صحیح خشک کردن عامل اصلی موفقیت فرآیند است (گیری و پراساد، ۲۰۰۷).

۱-۲- کلیات

خشک کردن فرآیند حذف رطوبت از طریق انتقال هم‌زمان حرارت و جرم است. انتقال حرارت از فضای پیرامون به ماده غذایی، موجب تبخیر رطوبت سطحی می‌شود. همچنین رطوبت از درون جسم به سطح محصول منتقل و سپس تبخیر می‌شود (توکلی‌پور، ۱۳۸۶).

خشک کردن با هوای داغ، متداول‌ترین روش خشک کردن مواد غذایی است (کروکیدا و مارولیس، ۱۹۹۹). در مواردی که تماس با هوا مشکلی برای محصول ایجاد نمی‌کند و خشک‌کردن در فشار اتمسفری انجام می‌شود، سرعت خشک کردن مهم‌ترین متغیر فرآیند است. سرعت خشک کردن وابسته به نحوه تماس ماده با هوا و روش اعمال حرارت است. ماده نسبت به هوا ثابت یا متحرک است. هنگامی که مواد در حالت ثابت در تماس با هوای داغ قرار می‌گیرند و ضخامت ماده زیاد است، سرعت خشک کردن پایین و خشک کردن غیر یکنواخت خواهد بود.

[2] Folate

برای تسهیل خشک کردن جریان هوا از میان مواد متخلخل عبور داده می‌شود. در این حالت خشک کردن یکنواخت‌تر است و محصول همگن‌تری به دست می‌آید. با این حال در حالت ثابت، زمان خشک کردن طولانی است، در نتیجه به دلیل قرار گرفتن طولانی‌تر در معرض اکسیژن و دمای بالا، محصولی با کیفیت پایین‌تر به دست می‌آید (لویکی، ۲۰۰۶؛ شوکلا و سینگ، ۲۰۰۷).

در مواد بسیار مرطوب، خشک کردن برای رسیدن به سطح کمی از رطوبت، بافت محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. عمدتاً حفرات و فضاهای بین سلولی مسدود شده و به دلیل چروکیدگی و سفت شدن پوسته[3] مانعی در برابر دریافت آب هنگام آب‌گیری مجدد[4] تشکیل می‌گردد. محصولات نهایی، تخلخل کم و دانسیته بالایی دارند. طی خشک کردن با هوای داغ تغییرات معنی‌داری در رنگ محصول بروز می‌کند (کروکیدا و مارولیس، ۱۹۹۹؛ تورینگا و همکاران، ۲۰۰۱؛ شوکلا و سینگ، ۲۰۰۷؛ گیری و پراساد، ۲۰۰۷). بنابراین باید روش‌های دیگری برای خشک کردن طراحی کرد که بتوانند از بروز این مشکلات جلوگیری نمایند.

۱-۲-۱- خشک کردن اسمزی

یکی از روش‌های خشک کردن که در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است، خشک کردن اسمزی است. خشک کردن اسمزی، خارج کردن بخشی از آب بافت گیاهی یا حیوانی به وسیله تماس مستقیم آنها با یک محلول هایپرتونیک[5] مناسب مانند محلول‌های غلیظ قندها، نمک‌ها، مخلوط‌هایی از قند و نمک، سوربیتول یا گلیسرول است (باربوسا-کانواس و وگا- مرکادو، ۱۹۹۶). در این فرآیند با قرار دادن ماده غذایی مانند میوه یا سبزی به صورت قطعه قطعه شده یا کامل در یک محلول اسمزی، دیواره طبیعی سلول‌های ماده غذایی به عنوان یک غشای نیمه تراوا عمل می‌کند و به علت وجود اختلاف غلظت بین محلول اسمزی (با فشار

[3] Case-hardening
[4] Rehydration
[5] Hypertonic

اسمزی بالاتر و فعالیت آبی کمتر) و مایعات داخل سلولی، نیروی محرکه[6] لازم برای خروج آب از ماده غذایی ایجاد می‌شود.

هنگامی که محصولات با رطوبت بالا در محلول غلیظ آب از دست می‌دهند سه پدیده انتقال جرم به طور هم‌زمان رخ می‌دهد:

الف) جریان اصلی آب از ماده غذایی به محلول اطراف

ب) انتقال ماده حل شده از محلول به داخل ماده غذایی

ج) تراوش مواد محلول ماده غذایی از جمله قندها، اسیدهای آلی، مواد معدنی، ویتامین‌ها و... به بیرون که به طور کلی در مقایسه با دو انتقال اولی قابل اغماض است (توکلی‌پور، ۱۳۸۶؛ موجومدار، ۱۹۹۵).

موادی که به عنوان ماده فعال اسمزی در محلول‌ها استفاده می‌شوند باید خوراکی بوده و طعم و عطر قابل قبولی داشته باشند. همچنین غیر سمی باشند و در برابر ترکیبات ماده غذایی بی‌اثر باشند. ساکارز در خشک کردن اسمزی بیشترین کاربرد را دارد. ترکیبات دیگری که به طور عمده در خشک کردن اسمزی به کار می‌روند عبارتند از لاکتوز، گلوکز، فروکتوز، مالتودکسترین‌ها، شربت ذرت و شربت نشاسته. لازم به ذکر است که قدرت خشک کردن فروکتوز مشابه گلوکز است، مالتودکسترین ها در غلظت یکسان تأثیر کمتری نسبت به ساکارز دارند و شربت ذرت و شربت نشاسته مقدار رطوبت نهایی یکسان را در عین نفوذ کمتر به محصول ایجاد می‌کنند. سایر ترکیبات به کار رفته عسل، گلیسرول، هیدروکلوئیدهای گیاهی و کلرید سدیم هستند (موجومدار، ۱۹۹۵؛ باربوسا-کانواس و وگا- مرکادو، ۱۹۹۶؛ دی‌ماتئو و همکاران، ۲۰۰۳). در خشک کردن اسمزی از مخلوط ترکیبات مذکور نیز استفاده شده است. افزودن موادی با وزن مولکولی پایین مانند کلرید سدیم، اسید مالیک ، اسید لاکتیک و اسید هیدروکلریک در غلظت‌های ۵-۱٪ به قندها

[6] Driving Force

یا شربت نشاسته برای بهبود فرآیند خشک کردن اسمزی پیشنهاد شده است (موجومدار، ۱۹۹۵؛ آده- اوموای و همکاران، ۲۰۰۳a).

فرآیند خشک کردن اسمزی به دو صورت انجام می‌گیرد: استاتیک و دینامیک. در خشک کردن اسمزی استاتیک ماده غذایی با ماده اسمزی (به صورت محلول یا کریستال) مخلوط شده و تا رسیدن به مقدار رطوبت مطلوب بی‌حرکت باقی می‌ماند و در فرآیند دینامیک به منظور افزایش سرعت انتقال جرم، ماده غذایی و ترکیبات اسمزی طی فرآوری مخلوط می‌شوند (توکلی‌پور، ۱۳۸۶؛ موجومدار، ۱۹۹۵).

خشک کردن اسمزی مزایای قابل توجهی نسبت به روش‌های متداول خشک کردن دارد. به علت غوطه‌وری پیوسته مواد غذایی در محلول اسمزی، خشک کردن اسمزی فرآیندی بدون تماس با اکسیژن هوا است. از دیگر ویژگی‌های فرآیند اسمزی نسبت به سایر روش‌های خشک کردن، خروج آب از ماده غذایی بدون تغییر فاز است. استفاده از دماهای پایین (زیر ۵۰ درجه سانتیگراد) موجب حفظ عطر، طعم و رنگ محصول می‌گردد.

با انتخاب محلول مناسب و کنترل انتقال مواد جامد محلول می‌توان ارزش تغذیه‌ای، طعم، رنگ، بافت، پایداری و ایمنی محصول نهایی را بهبود بخشید و راهی برای فرمولاسیون مستقیم[7] محصول فراهم کرد. با این حال در مواردی که حذف رطوبت از محصول اهمیت بیشتری دارد، انتخاب تیمارهایی جهت کاهش درصد جذب مواد جامد ضروری است. تغلیظ مجدد محلول هایپرتونیک رقیق شده نیز مسأله مهمی است. محلول رقیق شده را می‌توان با انحلال مقدار اضافی ماده اسمزی به غلظت مطلوب رساند و بارها از آن استفاده کرد. این مقدار اضافه که بستگی به میزان آب از دست رفته از محصول دارد، باید محاسبه گردد. همچنین با این روش می‌توان به طور مؤثری در مصرف انرژی فرآیندهای بعدی صرفه جویی کرد. در این روش انرژی کمتری مصرف می‌شود که عمده آن مربوط به هم زدن محلول و ثابت نگه‌داشتن دما است.

[7] Direct Formulation

۱-۳- اهداف و فرضیات

۱-۳-۱- اهداف

۱- بررسی اثر فاکتورهای مختلف (درجه حرارت، غلظت محلول اسمزی، زمان و نسبت وزنی قارچ به محلول اسمزی) بر خشک کردن قارچ

۲- بررسی تأثیر روش خشک کردن بر رنگ، آب‌گیری مجدد، دانسیته و چروکیدگی قارچ

۳- بررسی تأثیر تیمارهای مختلف خشک کردن بر خواص ارگانولپتیکی محصول

۴- محاسبه ضرایب نفوذ

۵- مدل‌سازی انتقال جرم طی خشک کردن اسمزی

۶- تعیین شرایط بهینه خشک کردن ترکیبی قارچ دکمه‌ای

۱-۳-۲- فرضیات

۱- غلظت محلول اسمزی بر مقدار حذف آب و جذب مواد جامد تأثیر دارد.

۲- دمای فرآیند خشک کردن، میزان حذف آب و جذب مواد جامد را تغییر می‌دهد.

۳- نسبت وزنی قارچ به محلول اسمزی بر مقدار حذف آب و جذب مواد جامد مؤثر است.

۴- مدت زمان فرآیند خشک کردن اسمزی بر روی میزان حذف آب و جذب مواد جامد تأثیرگذار است.

فصل دوم

بررسی منابع