ارزیابی انرژی مصرفی فرآیند خشک کردن قارچ دکمه ای به روشهوای داغ

سیده محبوبه حسینی*[۱]، یعقوب منصوری[۲] ، احمد مستعان[۳]، احمد رجائی[۴]

۱ –دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز m.hosseini۳۹۳@gmail.com()
۲ – استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
۳– استادیار پژوهشی مؤسسه مرکز تحقیقات خرما و میوه های گرمسیری کشور
۴– استادیار گروه صنایع غذائی ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهرود

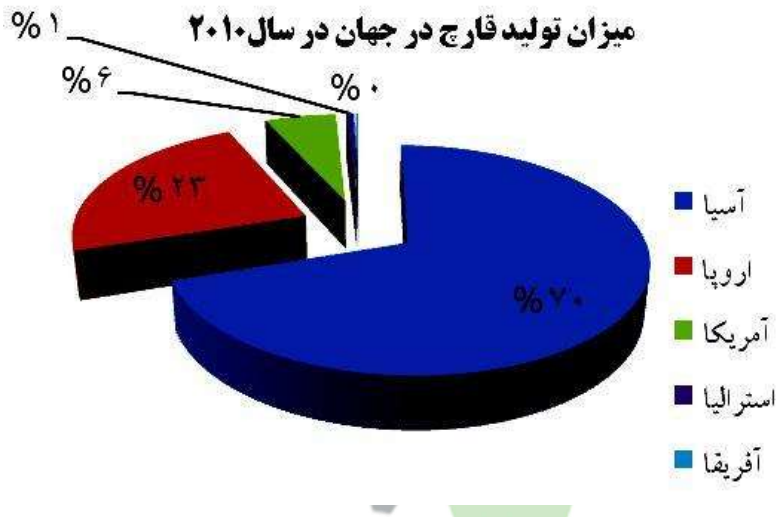
چکیده

قارچ خوراکی از جمله محصولات مهم کشاورزی است و از میان انواع مختلف آن، قارچ دکمه‌ای (*Agaricus Bisporus*) بیشترین تولید و مصرف را در سطح جهان به خود اختصاص داده است. قارچ دارای ارزش غذائی قابل توجهی است ولی به دلیل رطوبت زیاد نیاز به توجه ویژه‌ای برای افزایش زمان انبارمانی و نگهداری دارد. خشک کردن یکی از مهمترین روشهای نگهداری محصولات با رطوبت بالا است، لیکن با مصرف انرژی زیاد همراه است. برای کاهش انرژی مصرفیاز پیش تیمارهای مختلفی استفاده می شود. در این تحقیق ازپیش تیمارهای اسمزی (کلرید سدیم با غلظت ۱۰٪ نسبت وزنی)، شیمیائی (متا بی سولفیت پتاسیم با غلظت۰/۵٪ نسبت وزنی)، حمام فراصوت (بافرکانس ۲۸±۰/۵ KHZ) و مایکروویو (با توان ۳۶۰ وات) استفاده شد. پیش تیمار اسمزی، شیمیائی و فراصوت به ترتیب به مدت ۲ ساعت، ۳۰دقیقه و ۳۰ دقیقه در دمای محیط و مایکروویو به مدت ۴ دقیقه اعمال شد. سپس تأثیر آنها بر مدت زمان خشک کردن و انرژی مصرفی بررسی شد. آنالیز داده ها به کمک نرم افزارMSTATC وSPSS۱۸ و مقایسه میانگین ها به کمک آزمون دانکن انجام گردید. برای اندازه گیری انرژی مصرفی از کنتور (بادقتkwh۰/۰۱)استفاده شد که در حین انجام عملیات پیش تیماردهی و خشک کردن به دستگاه ها وصل شد. نتایج نشان داد که پیش‌تیمارهای مختلف اثر بسیار معنی داری برمدت زمان خشک کردن و انرژی مصرفی دارند. پس از مقایسه میانگین ها، بیشترین وکمترین مدت زمان خشک کردن و انرژی مصرفی در آون هوا داغبه ترتیب در نمونه های تحت پیش تیماراسمزی و مایکروویو مشاهده شد وبه جز پیش تیمار اسمزی، سایر پیش تیمارها در کاهش مدت زمان خشک کردن و انرژی مصرفی مؤثر بودند.

واژه های کلیدی: انرژی مصرفی، پیش تیمار خشک کردن، قارچ دکمه ای، مدت زمان خشک کردن

مقدمه

قارچ دکمه ای (*Agaricus Bisporus*) یکی از پر مصرف ترین انواع قارچ خوراکی است کهحدود ۴۰٪تولیدجهانیرا به خود اختصاص داده است(Giri and Prasad، ۲۰۰۷). قارچ خوراکی یکی از منابع غذایی پر پروتئین و کم کالری است و از املاح و مواد معدنی از جمله آهن، کلسیم، پتاسیم، فسفر سرشار و اندکی مس و ویتامین های خانواده گروه B، ویتامین CوDدارد. قارچ۳۲/۷٪پروتئین،۲/۴٪چربی و۴۷/۷٪کربوهیدرات نیز دارد (Kotwaliwal and etal،۲۰۰۷). بر اساس آمار سازمان خواروبار جهانی[1]در سال ۲۰۱۰حدود ۷/۵میلیون تن قارچ خوراکی درجهان تولید شده که ازاین میزان حدود ۵ میلیون تن مربوط به قاره آسیابوده است. کشورچین با تولید حدود ۴/۹ میلیون تن قارچ در رتبه نخست و کشورهای آمریکا، ایتالیا و هلند در رده های بعدی قراردارند (شکل۱).طبق این آمار ایران با تولید ۲۷۵۰۰تن، شانزدهمین تولید کنندۀ جهان از نظرمقدار تولید قارچ خوراکی بوده که نسبت به سال قبل حدود ۱۰۰۰ تن افزایش در تولید داشته است.



شکل۱. سهم کشورهای تولیدکننده قارچ در جهان

قارچ علاوه بر مصرف خوراکی، در درمان بسیاری از بیماری ها مؤثر است. تحقیقات اخیر بر اهمیت ترکیبات قارچ درجلوگیری از بروز انواع سرطان ها، ازجمله سرطان پروستات در مردان دلالت دارد (Adams and etal، ۲۰۰۸).قارچ محصول بسیار حساس بوده و با رطوبتی حدود ۹۰٪ برپایه تر به سرعت فاسد می شود(گیری و پراساد، ۲۰۰۷). به همین دلیل بایدبه سرعت مصرف یافرآوری شود. یکی از روش های متداول و مناسب برای حفظ و نگهداری خشک کردن است (Kolshereshta and etal، ۲۰۰۹)که درمقایسه بادیگرروش های نگهداری روش ارزانتری است ونگهداری قارچ خشک شده درمحفظه های غیرقابل نفوذبه هوا تایکسال امکان پذیر است (Waled and etal، ۲۰۰۶). با این وجودروش های مختلف خشک کردن بر مدت زمان

[1] Fao

خشک کردن و انرژی مصرفی اثرات متفاوتی دارند. خشک کردن هوا داغ، مایکروویو، مکشی، انجمادی، بسترسیال و ترکیب آن ها با یکدیگر نیز مورد نظر محققان مختلف بوده است. خشک کردن به روش هوای داغ، متداول ترین روش خشک کردن است و معمولاً بخش عمده م وه‌ها و سبزیجات با این روش خشک می شوند، اما مدت زمان خشک شدن در این روش طولانی تر از سایر روش ها می باشد (گیری و پراساد، ۲۰۰۷). در پژوهش های انجام شده به منظور کاهش مدت زمان خشک کردن، استفاده از پیش تیمارهای مختلف به همراه روش های خشک کردن پیش گفته شده، نیز از نظر محققان دور نمانده است. به عنوان مثال، تحقیقات انجام شده در مورد خشک کردن ترکیبی هوای داغ و مایکروویو با استفاده از پیش تیمار اسمزی کلرید سدیم نشان داد که با استفاده از این پیش تیمار، قارچ ها همگن تر خشک شده و خلل وفرج آن ها بهبود یافته و زمان خشک شدن کاهش می یابد(Mujumdar،۲۰۰۶). نتایج تحقیقات دیگری در مورد بررسی عوامل متغیر در فرآیند ترکیبی آبگیری اسمزی به همراه مایکروویو بر روی زمان لازم برای خشک کردن کیوی نشان داد که مدت زمان غوطه وری در محلول اسمزی و قدرت مایکروویو بیشترین اثر را برروی زمان کل لازم برای خشک شدن برگه کیوی دراین فرایند ترکیبی داشته اند(سکوئی و علیزاده، ۱۳۸۷). همچنین به منظور مقایسه اثر پیش تیمار فراصوت درخشک کردن به روش انجمادی و هوای داغ قارچ دکمه ای، مشخص شد که استفاده از پیش تیمارفراصوت مدت زمان خشک کردن را در هر دو روش کاهش داده و در روش خشک کردن انجمادی ضمن کاهش مدت زمان خشک کردن، بهترین ویژگی های جذب آب در نمونه های خشک شده حاصل شد (Jambrak، ۲۰۰۷). زیچی و همکاران[۱] (۲۰۱۱) نشان دادند که روش ترکیبی مکشی- هدایتی مدت زمان کل خشک کردن قارچ را کاهش داده و دمای ۵۵°C را به عنوان بهترین دما برای حفظ کیفیت محصول و ویژگی های ظاهری آن بیان کردند. نتایج تحقیقات کولشرشتا و همکاران (۲۰۰۹) نیز نشان داد که از بین دماهای ۵۰، ۶۰ و۷۰ °C ، دمای ۵۰ °C دمای مناسب برای خشک کردن محصول قارچ از نظر روشنی در رنگ نمونه های خشک شده، کاهش چروکیدگی و باز جذب خوب آب است. نتایج تحقیقات گیری و پراساد (۲۰۰۷) نشان داد که روش خشک کردن ترکیبی مکشی– مایکروویو نسبت به روش هواداغ، ضمن افزایش کیفیت در نمونه های خشک شده، زمان خشک کردن را به میزان ۷۰ ٪ تا۹۰٪ کاهش می دهد. نتایج تحقیقات شمائی و امام تحقیقات شمائی و امام (۱۳۸۹) در مورد تأثیر پیش تیمارهای آنزیم بری باآب داغ،بخارآب وغوطه وری درمحلول متابی سولفیت پتاسیم درترکیب باسه روش خشک کردن هوای داغ،تحت خلاءوروش ترکیبی مایکروویو همراه با هوای داغ بر روند خشک کردن نشان داد که استفاده از روش خشک کردن با مایکروویو، ضمن کاهش مدت زمان خشک کردن، بیشترین سرعت بازجذب آب را در بین نمونه ها دارد.

خشک کردن محصولات، یک فرآیند با مصرف انرژی بالا است که به طور مثال حدود۶۰٪ انرژی مورد نیاز برای تولید غلات را تشکیل می دهد. این مقدار از انرژی در مقابل انرژی مصرفی در قسمت های مختلف کشاورزی از جمله خاک ورزی (کاشت و داشت (۱۲٪)، برداشت (۶٪) و حمل ونقل(۶٪) قابل ملاحظه است. بنابراین انتخاب روش مناسب خشک کردن و

[۱] Zecchi and etal

استفاده درست از آن، در کاهش مصرف انرژی بسیار مؤثراست (متولی و همکاران [۱]، ۲۰۱۱). تحقیقات کمی در این مورد انجام شده است. متولی و همکاران (۲۰۱۱) انرژی مصرفی و انرژی ویژه خشک کردن قارچ را در روش های مختلف از جمله هوا داغ، مایکروویو، مادون قرمز، مکشی و ترکیب هوا داغ و مادون قرمز محاسبه کردند و نشان دادند که خشک کن مکشی بیشترین انرژی و خشک کردن با مایکروویو، کمترین انرژی را در طی فرآیند خشک کردن مصرف می کند. درتحقیق دیگری نیز مشخص شد که استفاده از امواج فراصوت به عنوان پیش تیمار به کاهش مدت زمان و انرژی مصرفی فرآیند خشک کردن نیزکمک می کند (پورسعیدی، ۱۳۹۰).

در این پژوهش به منظور کاهش زمان کل خشک کردن و صرفه جویی در مصرف انرژی، در کنار حفظ و افزایش کیفیت محصول خشک شده، از پیش تیمارهای شیمیایی و فیزیکی قبل از خشک کردن به روش هوای داغ ورقه های قارچ دکمه ای استفاده شد.

مواد و روش انجام کار

این پژوهش در مرکز تحقیقات خرما و میوه های گرمسیری کشور واقع در ۵کیلومتری جاده اهواز –آبادان انجام شد.

قارچ دکمه ای (*Agaricus Bisporus*)، تولیدی کارخانه قارچ دزفول (جلگه دز)، از بازار اهواز خریداری شد. قارچ های خریداری شده بلافاصله در یخچال با دمای ۶°C نگهداری شدند. قبل از شروع آزمایش، به منظور هم دمائی با محیط ابتدا قارچ ها از یخچال در آورده و در دمای محیط (۲۷°C) قرار گرفتند. سپس نمونه ها بر اساس اندازه ظاهری دسته بندی و اندازه های متوسط انتخاب گردید. به منظور حذف بقایای کمپوست و آلودگی های سطحی، ابتدا نمونه ها با آب مقطر شسته و بلافاصله با کاغذ صافی سطح آن ها خشک گردید و به وسیله دستگاه برش به ضخامت ۳ میلی متر برش داده شدند. محتوای رطوبتی نمونه ها از طریق گرم کردن در آون با دمای ۲°C±۱۳۰ تا رسیدن به وزن ثابت اندازه گیری شد (AOAC، ۱۹۹۰). به منظور حذف واکنش های قهوه ای شدن آنزیمی، عملیات بلانچینگ به مدت ۲ دقیقه بر روی تمام نمونه ها قبل از اعمال پیش تیمارهای اصلی، انجام شد. برای انجام عملیات بلانچینگ از دستگاه بنماری (مدلDINEN۶۰۵۲۹-۱P۲۰ساخت شرکت ممرت آلمان) استفاده شد. پس از آن نمونه ها به سرعت با آب سرد مقطر خنک شدند و رطوبت سطحی آن ها به کمک کاغذ صافی گرفته شد. سپس نمونه های آنزیم بری شده وارد مرحله پیش تیماردهی شدند. برای اعمال پیش تیمار مایکروویو از یک دستگاه مایکروویو خانگی(مارک LG، مدلLF-۵۹۰۵SCRساخت کشور کرهبا فرکانس۲۴۵۰MHZ و ماکزیممتوان حرارتی ۹۰۰ وات) که قابلیت تنظیم در توان های ۹۰، ۱۸۰، ۳۶۰، ۶۰۰ و ۹۰۰واترا داشت، استفاده شد. به منظور انتخاب بهترین سطح توان و زمان اعمال پیش تیمار مایکروویو، آزمون های مقدماتی انجام شد . بر اساس آزمون های مقدماتی، بالاترین سطح توان مایکروویو که بیشترین خروج آب و در عین حال کمترین اثر سوء بر ایجاد لکه های زرد و سوختگی در نمونه می شد، انتخاب

[۱] Motevali and etal

گردید. بعد از انجام آزمون های مقدماتی، توان ۳۶۰ وات به مدت ۴ دقیقه انتخاب شد. در نتیجه نمونه های آنزیم بری شده بر روی سبد های پلاستیکی مخصوص مایکروویو چیده و در داخل آن قرارداده شدند. برای یکنواخت نمودن اثر امواج مایکروویو بر روی تمام نمونه از دو عدد سبد استفاده شد که به شکل متقارن بر روی سینی چرخان در داخل مایکروویو قرار می گرفتند و هر ۲ دقیقه به طور کامل جا به جا و چرخانده می شدند. با شروع کار این دستگاه به طور همزمان انرژی مصرفی توسط کنتور(مدل KOVO، ساخت کشور چک اسلاواکی با حداکثر جریان ورودی ۵ آمپر و ولتاژ ۲۲۰ ولت وبا دقت ۰/۰۱KWh) اندازه گیری شد. برای اعمال پیش تیماراسمزی، کلرید سدیم(ساخت شرکت مرک آلمان) با غلظت ۱۰٪ وزنی به مدت ۲ ساعت در دمای محیط و برای هم زدن آن از دستگاه هم زن مغناطیسی (مدلVelp Scientificساخت کشور ایتالیا) با دور (rpm)۴۰۰ استفاده شد. به منظور اندازه گیری انرژی مصرفی هم زن، از آمپرمتر برای تعیین جریان و از ولت متر برای تعیین ولتاژ آن استفاده شد و از حاصلضرب آنها در مدت زمان اعمال پیش تیمار، انرژی مصرفی دستگاه که رقم ناچیزی بود بر حسب کیلو وات ساعت بدست آمد. متا بی سولفیت پتاسیم به دلیل تأثیر مطلوب و مثبت آن بر ساختار و کیفیت قارچ به عنوان پیش تیمارشیمیائی انتخاب شد. پس از انجام آزمون مقدماتی پیشتیمارشیمیائی، استفاده از محلول با غلظت ۰/۵٪ وزنیو به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط انتخاب شد. برای اعمال پیش تیمار فراصوت، از یک عدد دستگاه حمام فراصوت(مدل پارسونیک ۷۵۰۰ اس ساخت شرکت پارسونیک ایران، با توان صوتی ۱۰۰ وات و توان حرارتی۳۰۰ وات ونوسانات(KHZ)۰/۵±۲۸) استفاده شد که با دمای ۳۰°C و به مدت ۳۰ دقیقه بر روی نمونه های بلانچ شده اعمال شد. با شروع کار این پیش تیمار به طور همزمان انرژی مصرفی توسط کنتور اندازه گیری شد.نمونه های پیش تیمار شده، برای خشک شدن در آون هوا داغ (مدل OMT-۱۵۰lit، ساخت شرکت SANYO) قرار گرفتند و با دمای ۵۵ °C خشک شدند. نمونه ها هر ۱ ساعت یکبار از آون خارج و توسط ترازوی دیجیتال (مدلAND GULF FZE) با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شدند و عملیات خشک کردن تا رسیدن به محتوای رطوبتی ۸٪- ۶٪ بر پایه خشک ادامه داشت. همزمان با شروع عملیات خشک کردن، انرژی مصرفی آن توسط کنتور اندازه گیری شد. آزمایش ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار (پیش تیمار اسمزی، شیمیائی، مایکروویو ، فراصوت و نمونه شاهد) اجرا شد و نتایج به کمک نرم افزار MSTATCو SPSS۱۸تحلیل شد. میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن مقایسه شدند. از نرم افزار اکسل نیز برای رسم نمودارها استفاده گردید. شکل ۲ دستگاه های بکاربرده شده در این تحقیق را نشان می دهد.

شکل۲.دستگاه های استفاده شده در تحقیق

نتایج و بحث

اثر پیش تیمارها بر مدت زمان خشک کردن

نتایج تجزیه واریانس اثر پیش تیمارها بر مدت زمان خشک کردن در آون هوا داغ نشان داد که نوع پیش تیماراثر بسیار معنی داری(در سطح احتمال ۱٪)بر انرژی مصرفی و مدت زمان خشک کردن در آون هوا داغ دارد. بنابراین مقایسه میانگین بین پیش تیمارهای مختلف به کمک آزمون دانکن در همین سطح انجام گردید. نتایج در جدول ۱آورده شده است. بیشترین و کمترین مدت زمان خشک کردن به ترتیب در استفاده از پیش تیمار اسمزی و مایکروویو مشاهده شد. نتایج نشان می دهد که به جزء پیش تیمار اسمزی، ک

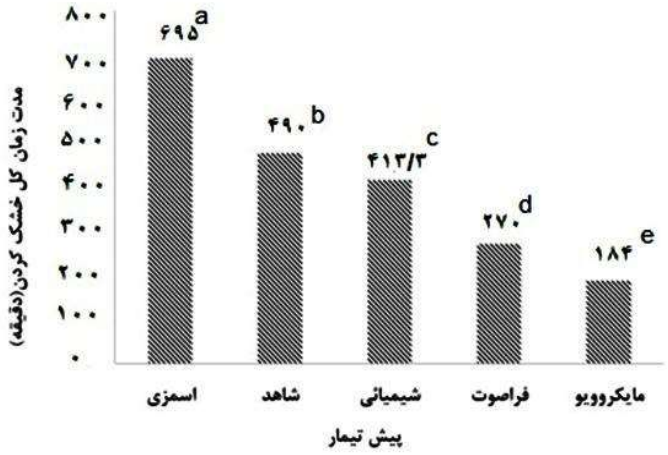
بدون پیش تیمار مؤثر می باشند.

واریانس اثر تیمارها و پیش تیمارها بر مدت زمان کل خشک کردن محاسبه شد و نتایج نشان داد که اختلاف بسیار معنی داری(در سطح احتمال ۱٪) بین پیش تیمارهای مختلف وجود دارد. مدت زمان کل خشک کردن از مجموع مدت زمان پیش تیماردهی و زمان خشک کردن نمونه در آون حاصل می شود. بنابراین مقایسه میانگین بین پیش تیمارها به کمک آزمون دانکن انجام شد و نتایج درشکل۳ آورده شده است.

جدول ۱.اثرپیش تیمارها بر مدت زمان خشک کردن در آون هوا داغ

پیش تیمارها	مقایسه میانگین (سطح احتمال۱٪)
اسمزی	۵۷۵/۰ a
شاهد	۴۹۰/۰ b
شیمیائی	۳۸۳/۳ c
فراصوت	۲۳۸/۳ d
مایکروویو	۱۸۰/۰ e

– حروف غیرمشترک اختلاف معناداری دارند.



شکل ۳.مدت زمان کل خشک کردن نمونه های با پیش تیمارهای مختلف به روش هوا ی داغ

در طول انجام آزمایش با پیش تیمار اسمزی مشاهده شد که در زمان های اولیه خروج آب از نمونه با سرعت بیشتر مراحل انتهایی روند خشک ش

درون بافت نمونه دانست. تحقیقات موجوم دار(۲۰۰۶) نشان داده بود که برای افزایش اثر پیش تیمار اسمزی در کاهش مدت زمان خشک کردن، می توان ابتدا شروع عملیات خشک کردن را با دمای۵۰°C – ۴۰ آغاز و هردو ساعت یکبار دما راتا رسیدن به دمای ۷۰°C– ۶۰ به میزان۲°C افزایش داد ، سپس به مدت یک ساعت در همین دما مراحل انتهائی خشک کردن را ادامه داد . بنابراین کاهش اثر پیش تیمار اسمزی در مدت زمان کل خشک کردن را می توان به علت در نظر گرفتن دمای ثابت در طول عملیات خشک کردن دانست. از طرفی بعد از اعمال پیش تیمار اسمزی به مدت ۲ ساعت به همراه بلانچ، مشخص شد که وزن نمونه ها حدود ۴۰٪ و محتوای رطوبتی بر پایه خشک حدود ۵۰٪ قبل از اعمال تیمار خشک کردن هوای داغ کاهش می یابد که مؤید مطالب مذکور است. همچنین نتایج تحقیقات قبلی نیز صحت مطالب ذکر شده را تأئید می کند (سکوئی و علیزاده، ۱۳۸۷). کمترین مدت زمان خشک کردن در استفاده از پیش تیمار مایکروویو مشاهده شد که یکی از دلایل این امر، احتمالاً به دلیل نفوذ امواج مایکروویو به درون بافت ماده غذائی دانست که موجب ایجاد گرما در درون محصول شده، در نتیجه مدت زمان خشک کردن کاهش می یابد. نتایج این تحقیقات با نتایج حاصل از پژوهش زیرجانی و توکلی پور(۱۳۸۹) هم خوانی دارد.

بنابراین به عنوان یک نتیجه کلی می توان بیان کرد که بیشترین وکمترین مدت زمان کل خشک کردن نسبت به نمونه شاهد به ترتیب در پیش تیمار اسمزی (حدود۴۱٪–) و مایکروویو (حدود ۶۲٪)حاصل شد و سایر پیش تیمارها از جمله پیش تیمار

فراصوت (حدود ۴۵٪) و شیمیائی(حدود ۱۵٪) در کاهش مدت زمان کل خشک کردن مؤثرمی باشند. شکل گیری کانال های میکروسکوپی به علت اغتشاش در لایه های مرزی منجر به خروج سریع تر رطوبت درنتیجه کاهش مدت زمان کل خشک کردن در اثر اعمال پیش تیمار فراصوت می شود (پورسعیدی، ۱۳۹۱). در جدول ۲ میزان کاهش مدت زمان خشک کردن در آون و کل (برحسب درصد) در اثر اعمال پیش تیمارهادر خشک کردن به روش هوای داغ آورده شده است.

جدول ۲. میزان کاهش مدت زمان خشک کردن در آون و کل (٪) در اثر اعمال پیش تیمارها درروش خشک کردن هواداغ

نام پیش تیمارها	زمان پیش تیماردهی (دقیقه)	زمان خشک شدن در آون (دقیقه)	کاهش مدت زمان خشک کردن در آون (٪)	کاهش مدت زمان کل خشک کردن (٪)
شاهد	–	۴۹۰± ۱۱/۳۲	–	–
اسمزی	۱۲۰	۵۷۵±۵/۶۶	-۱۷/۳۷±۱/۵۶	-۴۱/۸۶±۲/۱۲
شیمیائی	۳۰	۳۸۳/۳۳±۱۷/۲۹	۲۱/۷۹±۱/۷۷	۱۵/۶۶±۱/۶۴
فراصوت	۳۰	۲۳۸/۳۳±۱۱/۷۸	۵۱/۳۷±۱/۳۵	۴۵/۲۵±۱/۲۳
مایکروویو	۴	۱۸۰±۲۰/۴۰	۶۳/۳۰±۳/۳۲	۶۲/۴۹±۳/۳۱

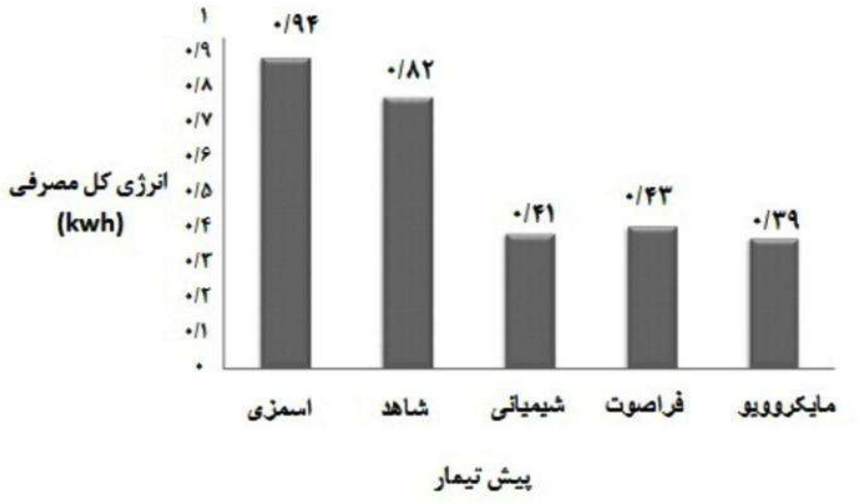
اثر پیش تیمارها بر انرژی مصرفی فرآیند خشک کردن

آنالیز واریانس اثر پیش تیمارها در خشک کردن به روش هوای داغ بر انرژی مصرفی آون بررسی شد و اختلاف بسیار معنی داری بین پیش تیمارهای مختلف مشاهده شد. بنابراین مقایسه میانگین در بین آن ها به کمک آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ انجام گردید (جدول ۳).

جدول۳.مقایسه میانگین بین پیش تیمارهای مختلف در روش هوای داغ بر انرژی مصرفی فرایند خشک کردن در آون

پیش تیمارها	مقایسه میانگین (سطح احتمال۱٪)
اسمزی	۰/۹۳۰۰ a
شاهد	۰/۸۲۰۰ b
شیمیائی	۰/۴۰۶۷ c
فراصوت	۰/۳۹۰۰ c
مایکروویو	۰/۳۲۳۳ c

در این روش خشک کردن، بیشترین انرژی مصرفی در آون هوای داغ با استفاده از پیش تیمار اسمزی بدست آمد. همچنین نتایج نشان داد که در استفاده از پیش تیمارهای شیمیایی، فراصوت و مایکروویو از نظر مصرف انرژی اختلاف معناداری وجود ندارد و هر سه آن ها انرژی کمتری نسبت به نمونه شاهد مصرف می کنند. شکل ۴ اثر پیش تیمارهای مختلف بر انرژی کل مصرفی در روش هوای داغ رانشان می دهد. انرژی کل مصرفی از مجموع انرژی مصرفی در مرحله پیش تیماردهی و انرژی مصرفی آون حاصل می شود.



شکل٤.اثر پیش تیمارهای مختلف بر انرژی کل مصرفی در روش هواداغ

جدول٤.میزان کاهش انرژی مصرفی در آون و کل (٪) در اثر اعمال پیش تیمارها به روش خشک کردن هوا داغ

نام پیش تیمار	انرژی مصرفی پیش تیماردهی (kwh)	انرژی مصرفی در آون (kwh)	کاهش انرژی مصرفی در آون (٪)	کاهش انرژی کل مصرفی (٪)
شاهد	–	۰/۸۲±۰/۰۳	–	–
اسمزی	۰/۰۱	۰/۹۳±۰/۰۱	-۱۳/۴۹±۳/۳۲	-۱۴/۷۱±۳/۳۷
شیمیائی	–	۰/۴۱±۰/۰۳	۵۰/۴۵±۲/۲۱	۵۰/۴۵±۲/۲۱
فراصوت	۰/۰۴	۰/۳۹±۰/۰۱	۵۲/۴۳±۰/۵۹	۴۷/۵۴±۰/۷۹
مایکروویو	۰/۰۷	۰/۳۲±۰/۰۲	۶۰/۵۸±۰/۵۸	۵۲/۰۳±۰/۴۰

میزان کاهش انرژی مصرفی در آون و کل بر حسب درصد، در اثر اعمال پیش تیمارها به روش خشک کردن هوای داغ در جدول ۴ بیان شده است. افزایش در مدت زمان خشک کردن منجر به افزایش مصرف انرژی می شود به طوری که در این تحقیق بیشترین مدت زمان کل خشک کردن در بین پیش تیمارهای مختلف و به دنبال آن بیشترین انرژی کل مصرفی را پیش تیمار اسمزی نسبت به نمونه شاهد به خود

کردن و انرژی کل مصرفی نسبت به نمونه شاهد مؤثر می باشند. در بین پیش تیمارهای مختلف، پیش تیمار شیمیائی (حدود۵۰٪) و فراصوت(حدود۴۷٪) در کاهش انرژی کل مصرفی مؤثر بوده اند. پیش تیمار مایکروویو با کاهش حدود ۶۲٪ در مدت زمان کل خشک شدن و حدود۶۰٪ در انرژی مصرفی آون و۵۲٪ در انرژی کل مصرفی نسبت به نمونه شاهد، بیشترین تأثیر را بر روی شاخص های کمی در بین روش های مختلف خشک کردن دارد که با نتایج تحقیقات گیری و پراساد(۲۰۰۷) هم خوانی دارد. درصورت عدم استفاده از دستگاه های مایکروویو و فراصوت به دلیل هزینه بر بودن آن ها، می توان با کاربرد پیش تیمارشیمیائی، به میزان ۱۵٪ در مدت زمان کل خشک کردن و حدود۵۰٪ در انرژی کل مصرفی، صرفه جوئی کرد.

منابع

۱- ابراهیم رضاگاه، م.،کاشانینژاد، م.، میرزایی،ح. وخمیری، م. ۱۳۸۸. تأثیر دما، غلظت محلول اسمزی و نسبت وزنی برسینتیک خشک کردن اسمزی قارچ دکمه ای(*Agaricus Bisporus*). مجله علوم کشاورزی ومنابع طبیعی. جلد شانزدهم، ویژه نامه ۱- الف. ص ۱۰-۱.

۲- پورسعیدی، ش.، بهرامی، ه. وذکی دیزجی، ح. ۱۳۹۰. بکارگیری امواج فراصوت به عنوان پیش تیمار در خشک کردن گوجه فرنگی. پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیزاسیون، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲- حاجی زاده، ر. و وثوقی، م. ۱۳۷۴. بررسی روش نگهداری قارچ خوراکی دکمه ای به صورت اسلایس وپودر. پایان نامه کارشناسی ارشد صنایع غذائی، دانشگاه تربیت مدرس تهران.

۳- سحری، م. ۱۳۸۱. شیمی واکنش های قهوه ای شدن(در مواد غذائی). انتشارات اندیشه. چاپ اول. ص۸۰-۲۵.

۴- سکوئی، ر. و علیزاده، م. ۱۳۸۷. بررسیاثرعواملمتغیردرفرایندترکیبیآبگیریاسمزیومایکروویوبررویزمانلازمبرایخشک کردنکیوی . هجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذائی مشهد. ص ۵-۱.

۵- شمائی، س. و امام جمعه، ز. ۱۳۸۹. اثر پیش تیمار وروشهای مختلف خشک کردن بر روند خشک شدن، بافت، رنگ ، مقدار و سرعت بازجذب آب ورقه های قارچ دکمه ای. نشریه پژوهشهای علوم وصنایع غذائی، ۶. ص۲۰۰-۱۹۳.

۶- عبادی، ز.، محمدی گل تپه، ا. و بصیری، ع. ۱۳۸۳. عوامل موثر برکیفیت نهائی قارچ دکمه ای خشک شده در ایران. نشریه پژوهش وسازندگی، ۶۳. ص ۱۸-۱۲.

۷- Giri, S., and S, Prasad. ۲۰۰۷. Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms. Journal of food engineering ۷۸:۵۱۲-۵۲۱.

۸- Kotwaliwale, N., P, Bakane., and A, Verma. ۲۰۰۷. Changes in textural and optical properties of oyster mushroom during hot air drying. Journal of Food Engineering ۷۸:۱۲۰۷-۱۲۱۱.

۹- Adams, L.S., S, Chen., S, Phung., X, Wu., and L, Ki. ۲۰۰۸. White button mushroom (Agaricus bisporus) exhibits antiproliferative and proapoptotic properties and inhibits prostate tumor growth in athymic mice. Nutrition and cancer ٦۰:۷٤٤-۷٥٦.

۱۰- Kulshreshtha, M., A, Singh., and D, Vipul. ۲۰۰۹. Effect of drying conditions on mushroom quality. J. Eng. Sci. Technol ٤:۹۰-۹۸.

۱۱- Walde, S., V, Velu., T, Jyothirmayi., and R, Math. ۲۰۰٦. Effects of pretreatments and drying methods on dehydration of mushroom. Journal of food engineering ۷٤:۱۰۸-۱۱٥.

۱۲- Mujumdar, A.S. ۲۰۰٦. Handbook of industrial drying: CRC Press.

۱۳- Jambrak, A.R., T.J, Mason., L, Paniwnyk., and V, Lelas. ۲۰۰۷. Accelerated drying of button mushrooms, Brussels sprouts and cauliflower by applying power ultrasound and its rehydration properties. Journal of Food Engineering ۸۱:۸۸-۹۷.

۱٤- Zecchi, B., L, Clavijo., J, Martínez Garreiro., and P, Gerla. ۲۰۱۱. Modeling and minimizing process time of combined convective and vacuum drying of mushrooms and parsley. Journal of Food Engineering ۱۰٤:٤۹-٥٥.

Evaluation of energy consumption in the hot air drying process of button mushrooms

Mahboobeh Hosseini[۱*], Yaghoob Mansoori[۲], Ahmad Mostaan[۳], Ahmad Rajaee[٤]

[۱]- Student of Agricultural Mechanization, ShahidChamran University of Ahvaz. (Iran, Khoozestan, Abadan.Email: m.hosseini۳۹۳@gmail.com)

[۲]-Assistant professor in Department of Agricultural Machinery and Mechanization, Agricultural Faculty, ShahidChamran University, Ahvaz, Iran.

[۳]- Researching professor in Institute Center of Researches Tropical Fruits & Date in Country, Iran.
[٤]- Assistant professor in Department of Food Technology, Agricultural Faculty, Shahrood University, Iran.

Abstract

Edible mushroomsare one of the most important agricultural products. They have different types. Button mushrooms (*Agaricus Bisporus*) have allocated the most produced and consumed variety of mushrooms in the world. Mushrooms have high moisture. Therefore they need special notice for increasing shelf life.Drying is one of the most important ways to keep products with high humidity safely, butitconsumes a lot of energy.

In this study different pretreatments were used, in order to decrease energy consumption, including osmotic (with ۱۰٪NaCl۷solution for۲ hours),chemical (۰/۵٪ potassium metabisulfite solution for ۳۰ minutes), ultrasound (۲۸±۰/۵(KHZ) for ۳۰ minutes), and microwave (۳٦۰ watt for ٤ minutes).The pretreatedsamples then dried by hot air in oven at ۵۰℃. Data analysis wasperformedusing MSTATC and SPSS۱۸ softwares. Duncan test was used to compare means.

Results showed that the different pretreatments had verysignificant impact (at ۱٪) on drying time and energy consumption. the most andthe least drying time and energy consumption in hot air oven were observedat samples under osmotic pretreatment and microwaverespectively. Except forthe osmotic pretreatment, other pre-treatments decreased drying time and energy consumption.

Keywords: Button mushrooms, drying, drying time, energy consumption, pre-treatment