Archive of SID

بررسی اثر آب‌گیری اسمزی با فشار کاهش یافته بر میزان خروج آب و نفوذ ماده جامد در قارچ دکمه‌ای

فاطمه رسولی قهرودی[a*]، علیرضا بصیری[b]، غلامحسن اسدی[c]، محمد بامنی مقدم[d]

[a] دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

[b] استادیار پژوهشکده صنایع شیمیایی، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

[c] استادیار گروه تخصصی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

[d] دانشیار گروه آمار، دانشگاه علامه طباطبایی

تاریخ دریافت مقاله:۱۳۸۷/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۴/۱

چکیده

مقدمه: در سال‌های اخیر، تحقیقات گسترده‌ای بر روی بهینه‌سازی فرآیند خشک‌کردن برش‌های قارچ خوراکی، با هدف دستیابی به ویژگی‌های کیفی و زمان ماند مناسب انجام پذیرفته است. در این راستا، به‌کارگیری آب‌گیری اسمزی به عنوان پیش‌تیمار به دلایلی مانند کاهش صدمات حرارتی، بهبود طعم محصول، کاهش زمان و افزایش راندمان فرآیند و هم‌چنین کاهش مصرف انرژی مورد توجه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق، آبگیری اسمزی تحت فشار کاهش یافته ناپیوسته در ترکیب با خشک‌کردن مایکروویو برش‌های قارچ خوراکی بررسی گردید. اثرات متغیرهای غلظت محلول اسمزی (۱۵-۵٪)، دمای محلول (۵۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد)، زمان تماس محصول با محلول اسمزی (۱۸۰- ۶۰ دقیقه) و فشار (۷۰۰-۵۰۰ میلی‌بار) بر روی میزان خروج آب و نفوذ ماده جامد در فرایند آب‌گیری اسمزی تحت فشار کاهش یافته بر روی برش‌های قارچ دکمه‌ای با روش رویه پاسخ مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: معادله رگرسیون خطی به‌دست آمده اثرات متغیرهای تحت بررسی را بر میزان خروج آب و نفوذ ماده جامد تایید نمود. متغیر فشار بیشترین تاثیر را بر میزان این پاسخ‌ها داشت به‌طوری‌که با احتمال ۹۹٪، این پاسخ‌ها متاثر از این متغیر می‌باشند. بهینه‌سازی این آزمایش با هدف بیشینه‌کردن میزان خروج آب و کمینه‌کردن نفوذ ماده جامد انجام گرفت.

نتیجه‌گیری: شرایط بهینه به‌دست آمده شامل دما (۴۶ درجه سانتی‌گراد)، غلظت محلول اسمزی (۷٪)، زمان تماس محصول با محلول اسمزی (۸۵ دقیقه) و فشار(۶۳۸/۶۹ میلی‌بار) می باشد.

واژه‌های کلیدی: *آب‌گیری اسمزی، بهینه‌سازی، روش رویه پاسخ، فشار کاهش یافته، قارچ دکمه‌ای*

نویسنده مسئول مکاتبات email: f_10106_55@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

آب‌گیری اسمزی عبارت است از خارج ساختن بخشی از رطوبت موجود در محصولات از طریق غوطه‌ورسازی نمونه‌ها در یک محلول غلیظ قندی، نمکی یا مخلوطی از هر دو. در طول این فرایند، دو جریان ناهمسوی اصلی به طور هم‌زمان رخ می‌دهند: خروج آب از محصول به درون محلول و نفوذ مواد (عامل و یا عوامل اسمزی) به درون ماده غذایی، که هر دو به دلیل شیب‌های فعالیت ماده حل شده و آب در سطح مشترک نمونه و محلول است. البته جریان سومی نیز وجود دارد که مربوط است به خروج مواد با وزن مولکولی پایین و محلول در آب به درون محلول که بسیار ناچیز و قابل اغماض است. به دلیل کند بودن انتقال جرم در آب‌گیری اسمزی از روش‌های مختلفی همچون کاهش فشار برای افزایش سرعت انتقال جرم استفاده می‌شود. کاهش فشار به دو صورت می‌تواند اعمال گردد: پیوسته و ناپیوسته. روش کاهش فشار به صورت ناپیوسته[1] بدین صورت است که در بافت متخلخل مواد غذایی فضای بین سلولی وجود دارد که در حالت عادی و فشار اتمسفری این فضاهای بین سلولی با فاز گازی یا مایع طبیعی اشغال شده‌اند. در هنگام کاهش فشار در آب‌گیری اسمزی، به‌دلیل افت فشار، گازهای موجود در فضاهای بین سلولی منبسط و از داخل منافذ بافت محصول خارج می‌شوند. هنگامی‌که فشار سیستم به فشار محیطی باز می‌گردد، گازهای باقیمانده در فضاهای بین سلولی منقبض می‌شوند و حجم کمی را اشغال می‌کنند. لذا محلول اسمزی به داخل فضاهای بین سلولی محصول جریان می‌یابد. به این مکانیسم انبساط و انقباض گاز موجود در فضاهای بین سلولی و جریان یافتن مایع اسمزی به داخل فضاهای بین سلولی، مکانیسم هیدرودینامیک[2] گفته می‌شود. حضور محلول اسمزی در فضاهای بین سلولی باعث افزایش سطح تماس غشاء سلولی و محلول اسمزی می‌شود و سرعت انتقال جرم را در فرآیند اسمزی افزایش می‌دهد. به تبادل گاز یا مایع طبیعی داخل فضاهای بین سلولی ماده غذایی با یک مایع خارجی، در نتیجه تغییر فشار از خلاء به اتمسفر اصطلاحاً تلقیح خلاء[3] می‌گویند (Fernandez & LeMaguer, 2004; Fito & Pastor1994; Fito *et al.*, 1994, Fito,1994).

سینتیک آب‌گیری اسمزی برش‌های نارگیل در دو حالت فشار اتمسفریک و کاهش یافته توسط روستوگی وراغاوارو (۱۹۹۶) بررسی گردید. نتایج حاصل از مدل ریاضی به‌دست آمده نشان داد که کاهش فشار باعث افزایش سرعت انتقال جرم در طول فرایند آب‌گیری اسمزی می‌گردد (Roastogi & Raghavarao, 1996). تحقیقات انجام گرفته توسط فیتو و همکاران (۲۰۰۱) نشان داد که استفاده از کاهش فشار در آب‌گیری اسمزی می‌تواند جهت غنی‌سازی میوه‌ها و سبزی‌ها با ترکیبات مورد نظر و توسعه غذاهای عمل‌گرا[4] مورد استفاده قرار گیرد (Fito *et al.*, 2001). تحقیقات انجام گرفته توسط گرس و همکاران (۲۰۰۲) بر روی آب‌گیری سبزی‌ها نشان داد که کاهش فشار نه تنها باعث افزایش سرعت انتقال جرم می‌گردد بلکه باعث بهبود ساختار و ویژگی‌های فیزیکی و حرارتی محصولات می‌شود (Gras *et al.*, 2002). آلوارزو همکاران (۱۹۹۵) وپروتون و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که نفوذ عوامل اسمزی در اثر کاهش فشار به لایه‌های زیرین بافت صورت می‌گیرد. دلیل این امر اینگونه مطرح شده است که در نمونه‌هایی که در شرایط فشار اتمسفر آب‌گیری شده‌اند نفوذ عامل اسمزی در سطح نمونه مقاومت در مقابل انتقال جرم را افزایش می‌دهد. همچنین جذب ماده جامد در سطح نمونه ممکن است در طی فرآیندهای تکمیلی دچار کریستالیزاسیون شود (Alvarez *et al.*, 1995 ; Prothon *et al.*, 2001). مالتینی و همکاران (۱۹۹۳) به بررسی به‌کارگیری پیش فرایند آب‌گیری اسمزی با فشار کاهش‌یافته در فرایند خشک‌کردن در هوای داغ پرداختند. نتایج حاصل نشان دادند که به‌کارگیری چنین پیش فرایندی باعث تولید محصولاتی با بافتی نرم‌تر از محصولات خشک‌شده با هوای داغ با فعالیت آبی پایین‌تر را فراهم می‌نماید. نفوذ بیشتر عامل اسمزی به درون نمونه‌ها باعث بهبود سختی بافت می‌گردد(Maltini *et al.*, 1993). توریجیانی وبرتولو (۲۰۰۱) نشان دادند که استفاده از کاهش فشار در آب‌گیری اسمزی موجب افزایش پایداری رنگدانه‌ها در طی مراحل تکمیلی خشک‌کردن و همچنین افزایش انبارمانی محصول می‌شود (Torreggiani & Bertolo,2001). صوتی خیابانی

1- Pulsed Vacuum Osmotic Dehydration
2- Hydrodynamic Mechanism
3- Vacuum Impregnation
4- Functional Food

www.SID.ir

Archive of SID

و همکاران (۱۳۸۱) به بررسی تاثیر شرایط فرآیند اسمز بر میزان آب‌گیری در برگه هلو پرداختند. در این پژوهش از محلول‌های ساکارز و شربت گلوکز با غلظت‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصد و محلول‌های ترکیبی (۴۰ درصد ساکارز و ۲۰ درصد شربت گلوکز)، (۲۰ درصد ساکارز ، ۴۰ درصد شربت گلوکز) و (۴۰ درصد ساکارز، ۲۰ درصد شربت گلوکز و ۳۰ درصد نمک طعام)بر اساس طرح آماری بلوک‌های کاملا تصادفی انجام گرفت. نتایج نشان دادند که محلول‌های ساکارز با غلظت ۵۰ و ۶۰ درصد، شربت گلوکز با غلظت ۶۰ درصد و محلول ترکیبی (ساکارز ۴۰ درصد، شربت گلوکز ۲۰ درصد و نمک طعام ۳۰ درصد) آب‌گیری بیشتری داشتند. همچنین عوامل مختلف مانند نوع و غلظت محلول اسمزی، ضخامت برگه هلو و همزدن بر فرآیند اسمز از نظر آب‌گیری تفاوت معنی‌داری داشتند (صوتی خیابانی و همکاران، ۱۳۸۱). امام جمعه و علاء الدینی (۱۳۸۴) به بررسی بهبود شاخص‌های کیفی کیوی خشک‌شده و فرمولاسیون آن با استفاده از پیش‌فرآیند اسمز پرداختند. در این پژوهش اثرات عوامل موثر بر فرآیند مانند غلظت محلول اسمزی (ساکارز ۳۰،۴۰ و ۵۰ درصد)، حضور ماده بافری و دما (۲۰،۴۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد)مورد مطالعه قرار گرفت. سپس نمونه‌های اسمز شده و اسمز نشده هر دو به مدت بیش از ۲ ساعت تحت فرآیند خشک‌کردن تکمیلی (تحت اتمسفر و خلاء) در دمای ۵۰-۴۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. نتایج نشان دادند که به‌کارگیری پیش‌فرآیند اسمزی می‌تواند ویژگی‌های ظاهری و ارگانولپتیکی محصول را بهبود بخشد (امام جمعه و همکاران، ۱۳۸۴).

قارچ‌ها محصولاتی فسادپذیر هستند و ماندگاری آن‌ها به‌صورت تازه تنها ۲۴ ساعت در شرایط محیطی می‌باشد و بلافاصله پس از برداشت تغییرات بسیاری در آنان روی می‌دهند، به همین دلیل برای افزایش ماندگاری غالبا این محصول فرآیند می‌گردد. روش‌های مختلفی هم‌چون کنسروکردن، خشک‌کردن و تهیه ترشی، برای افزایش ماندگاری قارچ به‌کارگرفته می‌شوند. خشک‌کردن از نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌ترین روش در مقایسه با سایر روش‌ها می‌باشد (Chiralt *et al*., 1999; Shukla & Singh, 2007).

هدف از این پژوهش بررسی اثر آب‌گیری اسمزی با فشار کاهش یافته بر میزان خروج آب و نفوذ ماده جامد در قارچ دکمه‌ای می‌باشد.

مواد و روش‌ها

قارچ دکمه‌ای مورد استفاده در آزمایش‌ها به صورت روزانه خریداری گردید. نمونه‌ها تا شروع آزمایش‌ها در داخل یخچال حداکثر برای ۲۴ ساعت در دمای C° ۵-۴ نگهداری شدند. قبل از انجام آزمایش‌ها مقدار مورد نیاز از نمونه از داخل یخچال خارج شده و در دمای اتاق قرار داده شدند. رطوبت اولیه نمونه‌ها با قرار دادن آن‌ها در داخل آون اتمسفریک اندازه‌گیری گردید. برای شروع آزمایش‌ها ابتدا نمونه‌ها با آب آشامیدنی شسته شده و بعد از جدا کردن ساقه‌های آن به ضخامت ۳ میلیمتر برش خوردند. قسمت‌های میانی قارچ که از نظر ظاهری یکسان بودند انتخاب گردیدند. در آماده‌سازی محلول‌های اسمزی از کلرید سدیم و آب‌آشامیدنی استفاده گردید. برای آماده‌سازی محلول اسمزی، میزان مورد نیاز کلرید سدیم را طبق جدول طرح آزمایش‌ها (جدول ۱) وزن نموده و در داخل ۲۰۰۰ میلی‌لیترآب حل گردید. به میزان ۱٪ محلول اسمزی از اسید سیتریک با درجه خوراکی در تمامی محلول‌ها استفاده شد (برای کاهش واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی). محلول اسمزی مورد نظر در داخل جار بی‌هوازی ریخته شد و روی هیتر دارای همزن مغناطیس قرار داده شد. دمای هیتر طبق جدول طرح آزمایش‌ها تنظیم گردید. دور همزن ۱۰۰ دور در دقیقه در تمامی آزمایش‌ها ثابت در نظر گرفته شد. سپس با در نظر گرفتن نسبت نمونه به محلول (۱ به ۵ وزنی- حجمی) و توزین نمونه‌ها، آن‌ها را در داخل جار ریخته و درب آن بسته شد و شیر خلاء باز شد و به مدت ۱۰ دقیقه نمونه تحت فشار ذکر شده در جدول آزمایش‌ها قرار گرفت . پس از آن فشار محیط مجددا جایگزین گردید. بعد از طی زمان لازم ذکر شده در جدول طرح آزمایش‌ها، نمونه‌ها را از داخل محلول خارج کرده و برای خارج نمودن مواد اسمزی از سطح نمونه، با آب شست و شو داده و با کاغذ صافی خشک گردید. وزن نمونه‌ها یادداشت شد و رطوبت نهایی آن‌ها نیز توسط آون اندازه‌گیری گردید. میزان خروج آب و نفوذ ماده جامد نیز طبق معادله ۱ و ۲ اندازه‌گیری گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

- آزمون‌های شیمیایی

رطوبت برش‌های قارچ مطابق با روش (AOAC, 1995) با قرار دادن در آون اتمسفریک در دمای ۱۰۰ °C تا رسیدن به وزن ثابت محاسبه گردید (صوتی خیابانی و همکاران، ۱۳۸۱).

خروج آب و نفوذ مواد جامد دو عاملی هستند که برای بررسی کفایت فرآیند اسمزی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Cao, 2006). WL و SG با توجه به فرمول‌های زیر بررسی شدند:

معادله ۱
$$WL = \frac{w_i \times x_i - w_f \times x_f}{w_i} \times 100$$

معادله ۲
$$SG = \frac{[w_f \times (1 - x_f) - w_i \times (1 - x_i)]}{w_i} \times 100$$

که در آن w_i = وزن اولیه نمونه‌ها (g) ، x_i= رطوبت اولیه نمونه‌ها ، w_f = وزن نمونه‌ها در پایان آب‌گیری (g)، x_f = رطوبت نمونه‌ها در پایان آب‌گیری هستند.

- طراحی و تجزیه و تحلیل آزمایش‌ها

اثرات متغیرهای دما و غلظت محلول اسمزی، زمان تماس محصول با محلول و فشار محیط بر روی پاسخ‌های خروج آب و نفوذ ماده جامد با روش آماری رویه پاسخ و تولید داده‌ها از طریق طرح مرکب مرکزی[1] در ۴ تکرار مورد بررسی قرار گرفت. بعد از مشخص شدن محدوده متغیرهای مورد بررسی و وارد کردن آن‌ها به نرم‌افزار دیزاین اکسپرت[2] نقشه آزمایش‌ها به‌دست آمد . طرح کلی آزمایش‌ها شامل ۲۱ آزمون (اجرا) بود که با ۵ نقطه مرکزی تکرار گردید. در ادامه تک‌تک آزمایش‌ها در شرایط پیشنهادشده در نقشه آزمایش‌ها انجام پذیرفت و میانگین نتایج حاصل از آزمون‌ها به عنوان پاسخ در نظر گرفته شد و سپس تحلیل گردید تا در مرحله بعد این نتایج برای به‌دست آوردن شرایط بهینه، تجزیه و تحلیل گردند.

یافته‌ها

نتایج حاصل از تحلیل داده‌های تولیدی در جدول ۱ نشان داده شده است. این نتایج با توجه به معادله ۳ برای آزمایش‌ها بررسی گردیده است. اثرات ضرایب رگرسیون R^2 و انحراف معیار برای پاسخ‌ها در جدول ۴ نشان داده شده است. با توجه به R^2 به‌دست آمده ۰/۸۷ برای خروج آب و ۰/۹۱ برای نفوذ ماده جامد نشان دهنده کفایت مدل پیشنهادی برای هر دو پاسخ می‌باشد.

معادله ۳
$$y = c_0 + c_1 x_1 + \ldots + c_k x_k + \varepsilon$$

بحث

- تحلیل اثر متغیرها بر میزان خروج آب

نتایج حاصل از جدول ۲ نشان می‌دهد که مدل به‌دست آمده از خروج آب با متغیرهای مورد بررسی در سطح α=۰/۰۱ معنی‌دار است. در نمودار ۱ اثرهای متقابل متغیرهای مورد بررسی در تحقیق بر میزان خروج آب مورد بررسی قرار گرفته است. هر عامل اثر خطی معنی‌داری بر میزان خروج آب دارد به‌طوری‌که با افزایش دما و کاهش فشار میزان خروج آب به حداکثر مقدار خود می‌رسد. میزان فشار بیشترین تاثیر را بر میزان خروج آب می‌گذارد به‌طوریکه با احتمال ۹۹٪ این پارامتر تحت تاثیر این متغیر قرار می‌گیرد بدین ترتیب که با کاهش فشار در آب‌گیری اسمزی میزان خروج آب به حداکثر می‌رسد (نمودار۳). این پدیده به دلیل مکانیسم هیدرودینامیک می باشد (Fernandez & LeMaguer, 2004 ; Fito, 1994 ; Fito *et al*, 1994 ; Fito & Pastor, 1994). با توجه به تحلیل واریانس انجام گرفته مدل خطی میزان خروج آب با متغیرهای مورد بررسی معنی‌دار است و با توجه به R^2 و انحراف معیار به‌دست آمده، مدل پیش‌بینی شده کفایت و صحت آزمایش‌ها را تایید می‌کند.

معادله۴ بهترین معادله برای تعیین میزان خروج آب با در نظر گرفتن متغیرهای فرایند است:

معادله ۴

WL =۰/۶۲× دما -۰/۰۶۸× غلظت نمک -۰/۰۴۸× زمان -٤/٦٥× فشار

- تحلیل اثرمتغیرها برروی نفوذ ماده جامد

نتایج حاصل از جدول ۳ نشان می‌دهد که مدل به‌دست آمده از میزان نفوذ ماده جامد با متغیرهای مورد بررسی در سطح α=۰/۰۱ معنی‌دار است. در نمودار۲ اثرهای متقابل متغیرها بر میزان نفوذ ماده جامد مورد بررسی قرار گرفته است . تمامی متغیرها

1– Central Composite Design

2– Design Expert

www.SID.ir

Archive of SID

اثر معنی‌داری بر میزان نفوذ ماده جامد دارند. به‌طوری که با افزایش دما، غلظت نمک و زمان تماس و نیز کاهش فشار میزان نفوذ ماده جامد افزایش خواهد یافت. نمودار ۳ نشان می‌دهد که با کاهش فشار در طول آب‌گیری اسمز میزان نفوذ ماده جامد افزایش خواهد یافت. این پدیده به دلیل مکانیسم هیدرودینامیک می باشد (Fernandez & LeMaguer, 2004; Fito & Fito, 1994; Fito *et al.*, 1994 ; Pastor, 1994). با توجه به تحلیل واریانس انجام گرفته مدل خطی میزان نفوذ ماده جامد با متغیرهای مورد بررسی معنی‌دار است و با توجه به R^2 و انحراف معیار به‌دست آمده، مدل پیش‌بینی شده کفایت و صحت آزمایش‌ها را تایید می‌کند.

معادله ۵ بهترین معادله برای تعیین میزان نفوذ ماده جامد با در نظر گرفتن متغیرهای فرآیند است:

جدول ۱- طرح آزمایش‌های عوامل قابل کنترل و نتایج حاصل از انجام آزمون‌ها

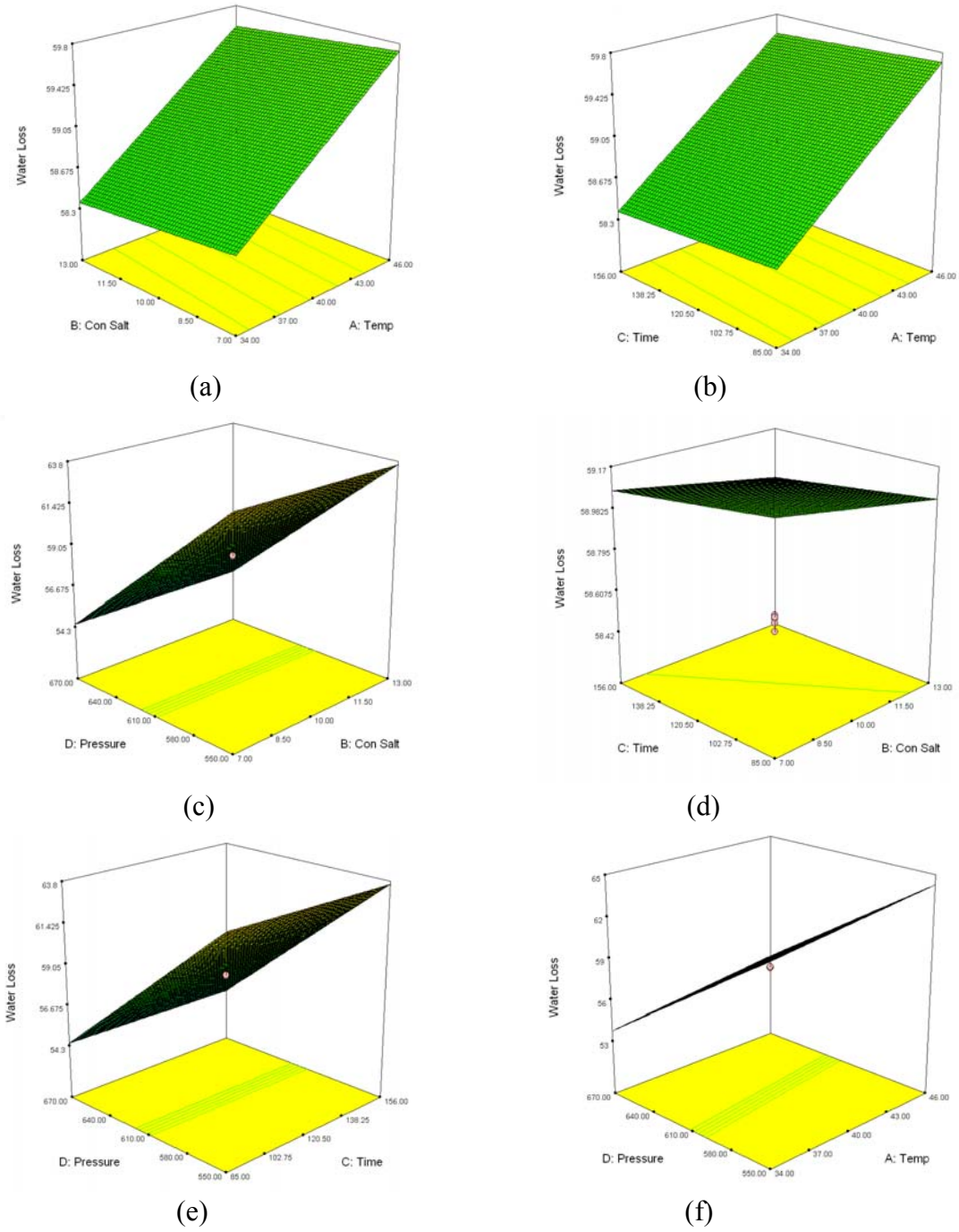
شماره آزمون (اجرا)	متغیرها				پاسخ ها	
	دما (^oC)	غلظت نمک (%)	زمان (min)	فشار (mbar)	خروج آب (%)	نفوذ ماده جامد (%)
۱	۴۶	۱۳	۱۵۶	۵۵۰	۶۴/۷۱	۵/۴۷
۲	۴۰	۱۰	۱۲۰/۵۰	۶۱۰	۵۸/۴۶	۴/۸۵
۳	۴۰	۱۰	۱۲۰/۵۰	۶۱۰	۵۸/۵۰	۴/۸۷
۴	۴۰	۱۰	۱۲۰/۵۰	۶۱۰	۵۸/۴۹	۴/۸۶
۵	۴۰	۱۵/۰۵	۱۲۰/۵۰	۶۱۰	۵۸/۵۷	۴/۹۳
۶	۴۰	۱۰	۱۲۰/۵۰	۶۱۰	۵۸/۴۲	۴/۸۴
۷	۳۴	۷	۱۵۶	۵۵۰	۶۲/۸۰	۵/۳۱
۸	۴۶	۷	۸۵	۶۷۰	۵۷/۶۵	۴/۴۲
۹	۲۹/۹۱	۱۰	۱۲۰/۵۰	۶۱۰	۵۸/۱۱	۴/۶۷
۱۰	۴۰	۱۰	۱۸۰/۲۰	۶۱۰	۵۸/۴۸	۴/۱۸
۱۱	۵۰/۰۹	۱۰	۱۲۰/۵۰	۶۱۰	۵۸/۵۳	۴/۹۰
۱۲	۴۰	۴/۹۵	۱۲۰/۵۰	۶۱۰	۵۸/۳۷	۴/ ۷۷
۱۳	۴۶	۱۳	۸۵	۵۵۰	۶۴/۵۲	۵/۴۲
۱۴	۴۰	۱۰	۱۲۰/۵۰	۵۰۹/۰۹	۶۸/۱۱	۵/۹۰
۱۵	۴۰	۱۰	۶۰/۸۰	۶۱۰	۵۸/۴۶	۴/۸۵
۱۶	۳۴	۷	۸۵	۵۵۰	۶۳/۷۵	۵/۳۳
۱۷	۳۴	۱۳	۱۵۶	۶۷۰	۵۵/۶۷	۴/۳۷
۱۸	۴۶	۷	۱۵۶	۶۷۰	۵۷/۷۹	۴/۴۵
۱۹	۴۰	۱۰	۱۲۰/۵۰	۶۱۰	۵۸/۴۸	۴/۸۶
۲۰	۳۴	۱۳	۸۵	۶۷۰	۵۵/۲۱	۴/۳۳
۲۱	۴۰	۱۰	۱۲۰/۵۰	۷۱۰/۹۱	۴۷/۵۲	۳/۲۲

جدول ۲- تحلیل واریانس مدل خطی برای پاسخ ۱(WL)

منبع تغییرپذیری	مجموع مربعات	درجات آزادی	میانگین مربعات	F.	P<F
مدل	۳۰۰/۳۲	۴	۷۵/۰۸	۲۸/۲۹	<۰/۰۰۰۱
دما	۵/۲۷	۱	۵/۲۷	۱/۹۸	۰/۱۷۸۰
غلظت نمک	۰/۰۶۲	۱	۰/۰۶۲	۰/۰۲۴	۰/۸۸۰۰
زمان	۰/۰۳۲	۱	۰/۰۳۲	۰/۰۱۲	۰/۹۱۳۸
فشار	۲۹۴/۹۶	۱	۲۹۴/۹۶	۱۱۱/۱۲	<۰/۰۰۰۱
باقی مانده	۴۲/۴۷	۱۶	۲/۶۵		
عدم برازش	۴۲/۴۷	۱۲	۳/۵۴	۳۵۳/۸۳	
خطای محض	۴/۰۰۰E-۰۰۳	۴	۱/۰۰۰E-۰۰۳		
کل	۳۴۲/۷۹	۲۰			

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۱- منحنی‌های اثر(a) غلظت نمک و دما، (b) دما و زمان، (c) فشار و غلظت نمک، (d) زمان و غلظت نمک، (e) فشار و زمان، (f) فشار و دما بر میزان خروج آب

معادله ۵

$$SG=+۰/۰۵۹\times \text{دما}+۰/۰۲۵\times \text{غلظت نمک}+۰/۰۱۱\times \text{زمان}-۰/۶۲\times \text{فشار}$$

- بهینه‌سازی

بهینه‌سازی با هدف افزایش خروج آب از نمونه و کاهش نفوذ ماده جامد انجام می‌گردد (جدول ۵).

شرایط بهینه با توجه به تجزیه و تحلیل داده‌ها و با استفاده از روابط آماری به صورت زیر تعیین گردید: دما $46\ ^{\circ}C$، غلظت نمک ۷٪ ، زمان تماس ۸۵ دقیقه و فشار ۶۳۸/۶۹ میلی‌بار .

نتایج حاصل از مدل پیشنهادی توسط نرم‌افزار و حاصل از انجام آزمایش در جدول ۶ مقایسه گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳- تحلیل واریانس مدل خطی برای پاسخ ۲(SG)

منبع تغییرپذیری	مجموع مربعات	درجات آزادی	میانگین مربعات	F.	P<F
مدل	۵/۳۱	۴	۱/۳۳	۴۳/۱۶	<۰/۰۰۰۱
دما	۰/۰۴۸	۱	۰/۰۴۸	۱/۵۵	۰/۲۳۱۰
غلظت نمک	۸/۳۲۹E-۰۰۳	۱	۸/۳۲۹E-۰۰۳	۰/۲۹	۰/۵۹۷۵
زمان	۱/۸۵۶E-۰۰۳	۱	۱/۸۵۶E-۰۰۳	۰/۰۵۴	۰/۸۱۹۳
فشار	۵/۲۵	۱	۵/۲۵	۱۷۰/۰۳	<۰/۰۰۰۱
باقی مانده	۰/۴۹	۱۶	۰/۰۳۱		
عدم برازش	۰/۴۹	۱۲	۰/۰۴۱	۳۱۵/۰۴	
خطای محض	۵/۰۰۲E-۰۰۴	۴	۱/۰۰۳E-۰۰۴		
کل	۵/۸۰	۲۰			

جدول٤- تعیین ضرایب رگرسیون بر ای پاسخ‌ها

ضرایب رگرسیون	WL	SG
انحراف معیار	۲/۷۶	۳/۶۳
R^2	۰/۸۷	۰/۹۱

جدول ۵- شرایط بهینه تعیین‌شده برای متغیرها و پاسخ‌ها

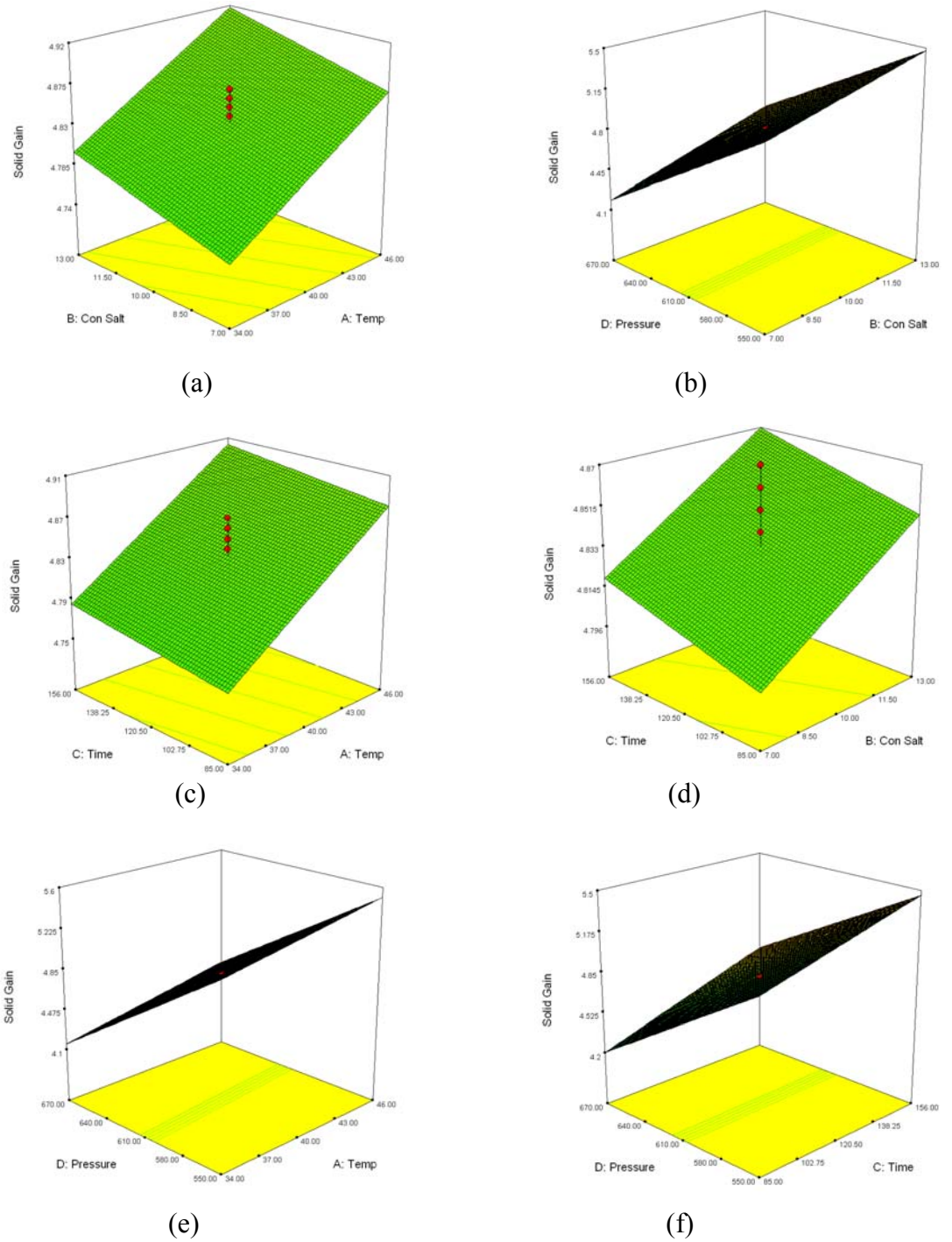
متغیرها/پاسخ‌ها	هدف	حد پایین	حد بالا
دما (°C)	داخل محدوده	۳۴	۴۶
غلظت نمک (٪)	داخل محدوده	۷	۱۳
زمان (min)	داخل محدوده	۸۵	۱۵۶
فشار (mbar)	داخل محدوده	۵۵۰	۶۷۰
خروج آب (٪)	ماکزیمم	۴۷/۵۲	۶۸/۱۱
نفوذ ماده جامد (٪)	مینیمم	۳/۲۲	۵/۹۰

جدول ٦- مقایسه نتایج حاصل از شرایط بهینه و آزمایش انجام شده در آن شرایط

شاخص‌های کیفی	نتایج	
	حاصل از روش رویه پاسخ	حاصل از آزمایش
خروج آب (٪)	۵۷/۵۶	۵۷/۲۱
نفوذ ماده جامد (٪)	۴/۵۶	۵/۲۰

www.SID.ir

Archive of SID



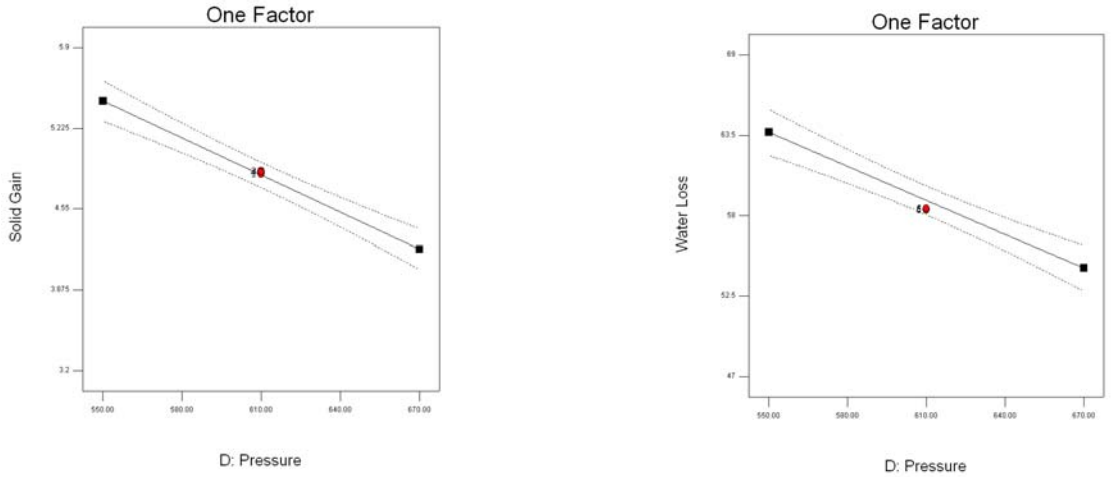
نمودار۲- منحنی‌های اثر(a) غلظت نمک و دما، (b) فشار و غلظت نمک، (c) زمان و دما، (d) زمان و غلظت نمک، (e) فشار و دما، (f) فشار و زمان بر میزان نفوذ ماده جامد

نتیجه‌گیری

کاهش فشار به‌طور ناپیوسته در طی فرایند آب‌گیری اسمزی می‌تواند باعث افزایش سرعت انتقال جرم (خروج آب از ماده غذایی و نفوذ ماده جامد به داخل آن) در مواد غذایی با ساختار متخلخل گردد. آب‌گیری اسمزی برش‌های قارچ دکمه‌ای با استفاده از روش آماری رویه پاسخ با ۴ فاکتور و در ۳ سطح بهینه‌سازی گردید. بهینه‌سازی با هدف بیشینه‌کردن میزان خروج آب و کمینه‌کردن میزان نفوذ ماده جامد انجام گردید. طبق آزمایش انجام‌شده در شرایط بهینه میزان خروج آب ۵۷/۲۱٪ = WL و میزان نفوذ ماده جامد ۵/۲۰٪ = SG به‌دست آمد.

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار۳- منحنی‌های اثر فشار بر میزان خروج آب و نفوذ ماده جامد

منابع

امام جمعه، ز. و علاءالدینی، ب. (۱۳۸۴). بهبود شاخص‌های کیفی کیوی خشک‌شده و فرمولاسیون آن با استفاده از پیش‌فرآیند اسمز. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۶، شماره ۶ ، صفحه ۱۴۲۷-۱۴۲۱.

صوتی خیابانی، م.، سحری، م. ع. و امام جمعه، ز. (۱۳۸۱). بررسی تاثیر شرایط فرآیند اسمز بر میزان آب‌گیری در برگه هلو. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد۳۴، شماره ۲، صفحه ۲۸۱-۲۷۳.

Alvarez, C. A., Aquerre, R., Gomez, R., Vidales, A., Alzamora, S. M. & Gerscheson, L. N. (1995). Air dehydration of strawberries: Effects of blanching and osmotic pretreatment on the kinetics of moisture transport. Journal of Food Engineering, 25, 167-178.

AOAC. Oficial Method of Analysis. (1995). Association of Official Analytical Chemists. Washington DC. 16 th Ed.

Chiralt, A., Fito, P., Andres, A., Barat, J. M., Martinez-Monzo, J. & Martinez-Navarrete, N. (1999). Vacuum impregnation: a tool in minimally processing of foods. In. F. A. R. Oliveira, J. C. Oliveira. Processing of Foods. CRC Press. pp.341-356.

Cao, H., Zhang, M., Mujumdar, A. S., Wei-hua, D. & Jin-cai, S. (2006). Optimization of osmotic dehydration of kiwifruit. Journal of Drying Technology, 24, 89-94.

Fernandez, C. M. O. & LeMaguer, M. (2004). Development of methods to classify mass transfer behavior of plant tissues during osmotic dehydration. Transactions of Institute of Chemical Engineering Part C-Food and Bioproducts Processing, 82 (C1), 49-53.

Fito, P. (1994). Modelling of vacuum osmotic dehydration of food. Journal of Food Engineering, 22, 313-328

Fito, P., Andres, A., Pastor, R. & Chiralt, A. (1994). Modelling of vacuum osmotic dehydration of food InP.Singh, & F. Oliveira (Eds).Process optimization & minimal processing of foods. CRC Press. pp.107-121.

Fito, P. & Pastor, R. (1994). Non-diffusional mechanisms occurring during vacuum osmotic dehydration. Journal of Food Engineering, 21, 513-519.

Fito, P., Chiralt, A., Barat, J. M., Andres, A., Matinez-Manzo, J. & Martinez-Navarrete, N. (2001). Vacuum impregnation for development of new dehydrated products. Journal of Food Engineering, 99, 297-302.

Gras, M., Vidal-Brotons, D., Betoret, N., Chiralt, A. & Fito, P. (2002). The response of some vegetables to vacuum impregnation. Journal of Innovation Food Science & Emerging Technologies, 3, 263-268.

Maltini, E., Torreggiani, D., Rondo Brovetto, B. & Bertolo, G. (1993). Functional properties of reduced moisture fruits as ingredients in food systems. Food Research International, 26, 413-419.

Prothon, F., Ahrne, L. M., Funebo, T., Kidman, S., Langton, M. & Sjoholm, L. (2001). Effect of combined osmotic & microwave dehydration of apple on texture, microstructure & rehydration characteristics. Lebensmittel-Wissenschaft und Technology, 34, 95-101.

Roastogi, N. K. & Raghavarao, S. K. M. S. (1996). Kinetics of osmotic dehydration under vacuum. Lebensmittel-Wissenschaft und Technology, 29, 669-672.

www.SID.ir

Archive of SID

Shukla B. D. & Singh, S. P. (2007). Osmo-convective drying of cauliflower, mushroom & greenpea. Journal of Food Engineering, 80, 741-747.

Torreggiani, D. & Bertolo, G. (2001). Osmotic pretreatments in fruit processing: Chemical, physical & structural effects. Journal of Food Engineering, 49, 247-253.

www.SID.ir

Archive of SID

The Effect of Reduced Pressure- Osmotic Dehydration on Water Loss and Solid Gain of Button Mushroom

F. Rasouli Ghahroudi [a*], A. Bassiri [b], Gh. H. Asadi [c], M. Bamenimoghadam [d]

[a] M. Sc. Student of Food Science & Technology, Science & Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[b] Assistant Professor of the Department of Chemical Industries, Iranian Research Organization of Science & Technology (IROST), Iran.

[c] Assistant Professor of the Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[d] Associate Professor of the Department of Statistics, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

Received: 10 February 2009 Accepted: 22 June 2009

Abstract

Introduction: During the last few years, a large number of research projects have been conducted on optimization of drying process of mushroom slices to obtain high quality product with extended shelf life. One of the most useful pretreatments for drying is osmotic dehydration. The main advantage of this process is its influence on the principal drying method, shortening of the drying process, resulting in lower energy requirements. Considering that heat is not applied in this stage, osmotic dehydration offers higher retention of initial food characteristics, such as colour, aroma, nutritional constituents, and flavor compounds. The combination of pulsed vacuum osmotic dehydration (PVOD) and microwave drying of mushroom slices has been studied.

Materials and Methods: The effects of some variables such as temperature (30-50˚C), osmotic solution (brine 5-15%), contact time (60-180 min), vacuum pressure (500-700mbar) on water loss and solid gain in osmotic dehydration of sliced button mushroom were studied. The osmotic dehydration carried out on the reduced pressure and optimization of dehydration process was done by response surface methodology with central composite design.

Results: The analysis of variance showed that a linear model predicted well the experimental data. The applied pressure had the main effect on water loss and solid gain. Optimization conditions were based on the higher water loss and lower solid gain.

Conclusion: Optimal conditions were 46˚C for osmotic temperature, 7% for salt concentration, 85 min for osmotic time and 638.69 mbar for pressure system.

Keywords: *Optimization, Osmotic Dehydration, Pulsed Vacuum Osmotic Dehydration, Reduced Pressure, Response Surface.*

*Corresponding Author: f_10106_55@yahoo.com

www.SID.ir