اثر عوامل مختلف بر خشک کردن اسمزی مواد غذایی

راحله شکیبا[1*]، وحید محمدپور کاریزکی[2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی شیمی، دانشگاه مهندسی فناوری‌های نوین قوچان

۲- استادیار، گروه مهندسی شیمی، دانشگاه مهندسی فناوری‌های نوین قوچان، خراسان رضوی

چکیده

ایران از دیر باز به دلیل وضعیت خاص آب و هوایی یکی از تولیدکنندگان بزرگ و قدیمی خشکبار در دنیا بوده است. عملیات حذف رطوبت و آبگیری از مواد غذایی جزء فرآیندهای مهم در این صنعت محسوب می شود. بنابراین لازم است برای خشک کردن مواد غذایی گوناگون، اطلاعاتی در زمینه خصوصیات بافتی و مقدار رطوبت آنها در دسترس باشد؛ ضمن اینکه آگاهی کافی در مورد دستگاههای مورد استفاده نیز ضروری است. در آبگیری اسمزی به عنوان یکی از پیش تیمارهای فرآیند خشک کردن، کیفیت ماده غذایی دستخوش تغییر اندکی می شود به طوری که ویتامین، مواد معدنی، رنگ، عطر و طعم نمونه حفظ می گردد. لذا آبگیری اسمزی یکی از بهترین روش ها در افزایش عمر انبار داری میوه ها و سبزیجات است. علاوه بر این، با توجه به اینکه انرژی اندکی که در این روش مورد نیاز است، می توان از دمای پایین یا دمای محیط برای انجام فرآیند استفاده کرد. همچنین با به کار بردن روش‌های جدید و ترکیبی، می توان محصولاتی با کیفیت بهتر، مدت زمان آبگیری و مصرف انرژی کمتر تولید نمود. با توجه به اهمیت آبگیری اسمزی، در این مقاله مروری بر جدیدترین دستاوردها و پیشرفت ها در زمینه خشک کردن اسمزی صورت گرفته است.

کلمات کلیدی: آبگیری اسمزی، پیش تیمار، خشک کردن، جدیدترین دستاوردها

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

آخرین بخش خط تولید در بسیاری از صنایع شیمیایی و معدنی، کشاورزی، غذایی فرآیند خشک کردن می‌باشد. میزان رطوبت بالا در میوه‌ها، نقش مهمی در رشد میکروب‌ها، بد رنگی، پیدایش طعم نامناسب و کاهش ارزش تغذیه‌ای دارد و محصول را برای مصرف انسان نامطلوب می‌سازد. بنابراین، کاهش رطوبت یا خشک کردن از طریق انتقال هم زمان جرم و حرارت، به طور گسترده برای افزایش ماندگاری، تسهیل حمل و نقل، حفظ کیفیت و کاهش افت پس از برداشت محصولات کشاورزی و به منظور تولید میوه‌ها و سبزی‌های خشک شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. از هزاران سال پیش خشک کردن زیر نور آفتاب، نمک سودکردن و انجماد مورد استفاده بوده است [25]، در خشک کردن زیر نور آفتاب علاوه بر مصرف انرژی زیاد، به علت طولانی بودن فرآیند، عدم کنترل کافی و مناسب در مراحل مختلف خشک کردن، عدم وجود نور خورشید کافی و حرارت و سرعت یکنواخت اثرات نامطلوبی بر کیفیت محصول می گذارد [26] از این رو این روش‌های سنتی و بسیاری روش‌های دیگر که طی قرون اخیر ابداع شده و مورد استفاده قرار گرفته اند همواره در حال تغییر، اصلاح و تکامل هستند [27]. امروزه روش‌های نوینی نظیر استفاده از پرتوها، فشار بالا، اولتراسوند، میدان‌های الکتریکی پالسی، مقاومت الکتریکی و غیره با کاهش استفاده از مواد شیمیایی و نیز حفظ ترکیبات طبیعی و با ارزش در مواد غذایی نظیر ویتامین‌ها در مقایسه با روش های حرارتی، ابداع شده است [28]. فرآیند خشک کردن دارای دو مرحله است:

مرحله‌ی اول که در سطح مواد در حال خشک شدن و در یک سرعت ثابت اتفاق می‌افتد و شبیه تبخیر آب می باشد و مرحله‌ی دوم که با کاهش سرعت خشک شدن همراه است. کوشش بر این است تا آهنگ خشک کردن از طریق انتقال گرما و رطوبت به بیشترین مقدار ممکن رسانده شود. برای اولین با پونتینگ و همکارانش آبگیری جزئی میوه‌ها توسط محلول اسمزی را بررسی کردند [29]. خشک کردن اسمزی یکی از روش‌های نگهداری مواد غذایی است که می تواند خواص کیفی محصول را بهبود بخشد و همچنین به عنوان یک مرحله مستقل و یا پیش فرآیند سایر فرآیندها مانند خشک کردن توسط هوا، انجماد، سرخ کردن، مایکروویو، کنسرو کردن و ... بکار گرفته شود [14]. همچنین، به علت استفاده مجدد از محلول اسمزی (ضایعات فرآیند) که منبع طبیعی از رنگدانه‌ها، طعم‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها است، که با تغلیظ‌های متوالی محلول‌های اسمزی نظیر افزودن ماده خشک محلول و یا استفاده توأم از حرارت دهی و افزودن ماده خشک محلول در یک سیکل پیوسته، می توان تا حد زیادی از نظر اقتصادی صرفه جویی کرد [30]. به عنوان مثال در خشک کردن اسمزی گریپ‌فروت از محلول ساکارز ۵۵ درصد وزنی- وزنی در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد، با نسبت وزنی میوه به محلول ۱ به ۵، بعد از ۱۸۰ دقیقه، در ۸ مرحله تکرار استفاده شده است. نتایج حاکی از آن است که علاوه بر کاهش در مقدار اسیدیته میوه، فعالیت آبی و محتوای مواد جامد محلول بعد از هر سیکل خشک کردن اسمزی به ترتیب کاهش و افزایش یافته‌اند. همچنین مقدار ویسکوزیته محلول اسمزی به علت رقیق‌تر شدن محلول طی دفعات تکرار کم می‌شود و همچنین طی آبگیری به روش اسمزی هدایت الکتریکی افزایش یافته‌است [1].

آبگیری اسمزی

آبگیری اسمزی عبارت است از خارج کردن بخشی از رطوبت مواد غذایی از طریق تماس مستقیم با محلول های غلیظ قندی و نمکی که به ترتیب برای آبگیری میوه ها و سبزی ها بکار می روند [31]. در طی این فرآیند دو جریان اصلی وجود دارد که عبارتند از:

Archive of SID
www.SID.ir

الف- جریان خروج آب از داخل ماده غذایی به محلول اسمزی [32]

$$\text{درصد کاهش آب} = \frac{\text{وزن نمونه اولیه} - \text{وزن نمونه بعد از اسمز}}{\text{وزن نمونه اولیه}} \times 100 + \text{درصد جذب مواد}$$

ب- جریان نفوذ مواد حل شده در محلول اسمزی به ماده غذایی که در جهت خلاف جریان اول است [32].

$$\text{مواد جذب مواد جامد} = \frac{\text{وزن خشک شاهد} - \text{وزن نمونه خشک بعد از اسمز}}{\text{وزن نمونه اولیه}} \times 100$$

جریان سومی نیز مربوط به نفوذ مواد با وزن مولکولی پایین و محلول در آب مانند ساکاریدها و نمک های معدنی است. هر چند که این جریان خیلی ناچیز و قابل چشم پوشی است، ولی از نظر ارزش تغذیه‌ای محصول نهایی می‌تواند تأثیر مهمی داشته باشد [33]. انتقال آب و مواد حل شده در فرآیند را می‌توان به وسیله تعیین درصد کاهش آب (WL) و درصد جذب مواد (SG) به دست آورد. روش‌های ساده برای تعیین این پارامترها توسط محققان مختلف بررسی شده است [2]. پارامترهای ذکر شده به عواملی از جمله نوع محلول اسمزی [34]، به هم زدن [36]، شکل، اندازه و ضخامت نمونه ماده غذایی [38]، نسبت ماده غذایی به محلول اسمزی [37]، دمای محلول[35]، زمان تیمار[35] و... بستگی دارد که در ادامه به بررسی این عوامل می پردازیم.

مزایای آبگیری اسمزی:

امکان استفاده از دمای پایین برای خروج آب و کاهش آسیب حرارتی به بافت و رنگ محصول که باعث حذف عطر و طعم محصول می شود [39].

با استفاده از محلول شکر به عنوان محلول اسمزی، عطر و طعم محصول بهتر می شود.

محلول غلیظ شکر در آبگیری اسمزی از قهوه ای شدن آنزیمی جلوگیری می کند و طی انبارداری هم مانع قهوه ای شدن آنزیمی و پایداری نگ محصول می شود [3]. برای جلوگیری از قهوه ای شدن می توان از ترکیبات سولفید دار استفاده کرد که علاوه بر خوردگی تجهیزات و ایجاد طعم نامناسب، خطرات بهداشتی فراوانی نیز به همراه دارد [40].

حذف اسید و بالارفتن شیرینی تکه های میوه در نتیجه ورود محلول اسمزی به میوه [41].

کاهش تماس مواد غذایی با اکسیژن هوای محیط، که از چروکیدگی و و کاهش ارزش تغذیه‌ای محصول جلوگیری می‌کند [41].

مصرف انرژی بسیار کم و کاهش هزینه‌های عملیاتی [42] .

به علت جذب مواد جامد چگالی جامد افزایش می یابد که در به دست آوردن محصول با کیفیت در خشک کردن انجمادی بسار مناسب می باشد [43].

در صورت استفاده از نمک به عنوان عامل اسمزی، ظرفیت جذب آب بالاتر می رود [43].

کیفیت بافت محصول بهتر است [43].

عمر انبارداری محصول تا حد زیادی افزایش می یابد[43].

استفاده از تجهیزات ساده برای فرآیند [43].

Archive of SID
www.SID.ir

معایب آبگیری اسمزی

سطح اسیدیته برخی تولیدات را کاهش می دهد که می توان با اضافه کردن اسید میوه به محلول این مشکل را حل کرد[43] .

پوشش شکر در برخی از محصولات مطلوب نیست و باعث چسبناک شدن محصول می‌شود که با آبکشی سریع می‌توان آن را برطرف کرد [41].

دربرخی از محصولات ممکن است awافزایش یابد [43].

یک فرآیند زمان بر است [4,5,6].

یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های فرآیند آبگیری اسمزی، نفوذ مقدار زیاد ماده‌ی حل شونده‌ی اسمزی به داخل ماده‌ی غذایی است که سبب مقاومت ماده‌ی غذایی برای دفع آب در فرآیندهای بعدی خشک کردن می‌شود. یکی از راه‌های مهم در جلوگیری از جذب زیاد مواد حل‌شونده، به‌کارگیری پوشش بر روی ماده غذایی قبل از آبگیری اسمزی می‌باشد [44].

عوامل مؤثر بر فرآیند آبگیری اسمزی

درجه حرارت محلول اسمزی

مهمترین متغیر مؤثر بر سینتیک انتقال جرم طی آب گیری اسمزی درجه حرارت است [35]. درصد کاهش آب با افزایش درجه حرارت افزایش می‌یابد، در حالی‌که درصد جذب مواد کمتر تحت تأثیر درجه حرارت است [7]. طی تحقیقات فارکاس مشخص شد که شدت فرآیند اسمزی تحت تأثیر افزایش دما است [67]. اگرچه با افزایش دما سرعت آبگیری اسمزی افزایش می یابد، اما در دمای ۴۵ تا ۶۰ درجه افزایش سرعت محدود می شود و توصیه می‌شود که از دماهای کمتر از ۵۰ درجه استفاده شود، زیرا با افزایش دما سرعت فرآیندهای قهوه‌ای شدن و از بین رفتن رنگ، نرمی، پختگی و از هم گسیختن بافت ماده غذایی افزایش می‌یابد [68].

غلظت محلول اسمزی

از دست دادن آب تا سطح تعادل و افزایش سرعت خشک کردن هر دو با افزایش غلظت شربت اسمزی در ارتباط است، از این رو فعالیت آب در شربت با افزایش غلظت جسم حل شده در شربت کاهش می‌یابد. هنگامی که محلول اسمزی افزایش می‌یابد، لایه سدی از جسم حل شده غلیظ در سطح محصول شکل گرفته، که منجر به بالابردن اثر آبگیری و کاهش از دست رفتن مواد مغذی در طی فرآیند می‌شود[7] . به طور مثال خشک کردن اسمزی کدوتنبل با محلول نمکی با غلظت ۲۵-۵ درصد مورد بررسی قرار گرفته‌است، نسبت میوه به محلول ۱ به ۲۰ و درجه حرارت محلول اسمزی ۱۲ تا ۳۸ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شده‌است. نتایج نشان می‌دهند که میزان خروج رطوبت، جذب مواد جامد محلول و کاهش وزن تابعی از درجه حرارت، غلظت محلول اسمزی و زمان فرآیند می‌باشد. همچنین در غلظت بیشتر، انتقال آب و مواد جامد حل شونده به علت افزایش نیروی محرکه افزایش یافته‌است [8].

نوع محلول اسمزی

انتخاب نهایی عامل اسمزی به بسیاری از عوامل از قبیل هزینه جسم حل شده، سازگاری حسی با محصول نهایی، و جلوگیری کننده بیشتر از فساد توسط جسم حل شده بستگی دارد. املاح مختلف به تنهایی یا به صورت ترکیبی در محلول هیپرتونیک برای آبگیری اسمزی استفاده می‌شود. محلول‌های شکر و نمک به عنوان بهترین محلول‌های اسمزی گزارش شده‌اند که باعث حفظ عطر و طعم

Archive of SID
www.SID.ir

محصول می‌شوند [7]، زیرا مؤثر و سریع بوده و خود دارای طعمی مطلوب می‌باشد. اغلب از مونوساکاریدها و دی‌ساکاریدها که به راحتی در آب حل شده و پتانسیل اسمزی آب را کاهش می‌دهند، جهت تولید محلول اسمزی استفاده می‌گردد. از مهم‌ترین قندهای مورد استفاده برای تهیه محلول‌های اسمزی می‌توان به ساکاروز، مالتودکسترین‌ها، فروکتوز، گلوکز و شربت‌های ذرت با فروکتوز بالا و درجات دکستروز مختلف و نیز محلول‌های نمکی کلرید سدیم و کلرید کلسیم اشاره نمود [71]. استفاده از محلول‌های ساکارز (۸۵- ۲۰ درصد وزنی- وزنی) و ساکارز گرانولی (دانه‌ای)، به عنوان محلول‌های اسمزی با غلظت ۶۰ درصد وزنی- وزنی، بهترین نتیجه را از نظر ارتقاء صفات کمی و کیفی داشته است. همچنین استفاده از ساکارز دانه‌ای باعث کاهش جذب مواد جامد محلول گردیده است مانند خشک کردن اسمزی توت فرنگی [9]. خیابانی و همکارانش در آبگیری اسمزی هلو از محلول‌های گلوکز، ساکارز ، محلول‌های ترکیبی گلوکز و ساکارز، گلوکز و ساکارز و نمک طعام استفاده کردند. نتایج نشان می‌دهد که ساکارز به علت دارا بودن وزن مولکولی و اندازه ذرات کمتر نسبت به گلوکز، با ایجاد فشار بیشتر، باعث خروج آب بیشتری می شود [69].

تأثیر آبگیری اسمزی بر خواص کیفی مواد غذایی

تأثیر آبگیری اسمزی بر رنگ

رنگ یکی از ویژگی‌های مهم مواد غذایی به شمار می‌رود و ممکن است در طی خشک‌کردن و انبارداری بر اثر تغییرات شیمیایی تغییر یابد [77]. آبگیری اسمزی در دماهای پایین باعث بهبود پارامترهای رنگی شده و یا از تغییرات شدید رنگ محصولات جلوگیری می کند[11,12,13] .

تأثیر آبگیری اسمزی بر کیفیت بافت

آبگیری اسمزی قبل از خشک کردن اثر محافظتی بر روی ساختار ماده خشک شده دارد. به ویژه میوه‌ها و سبزی‌های خشک شده با فرآیند ترکیبی اسمز- هوای گرم دارای ساختاری نرم هستند [7]. میزان چروکیدگی بافت با آبگیری اسمزی رابطه مستقیم دارد [70]. در واقع افزایش جذب مواد جامد با نفوذ به فضاهای میان بافتی و پر کردن فضاها و مجاری خالی، از چروکیدیگی بافت جلوگیری می‌کند [70]. آبگیری اسمزی قبل از سرخ کردن عمیق مواد غذایی باعث کاهش جذب روغن و افزایش تردی در این محصولات می‌گردد [78]. همچنین کاربرد فرآیند اسمز در انجماد مواد غذایی باعث بهبود سفتی بافت و عملکرد بهتر مواد غذایی منجمد طی نگهداری طولانی مدت آن‌ها می‌گردد[11,13,14,15] .

تأثیر آبگیری اسمزی بر طعم

یکی از دلایل به کاربردن آبگیری اسمزی در صنایع غذایی، خروج برخی اسیدها و ورود قندها و نمک‌ها به ماده غذایی و ایجاد طعمی مناسب است. به دلیل انجام آبگیری اسمزی در دماهای پایین، صدمه حرارتی به عطر و طعم به حداقل رسیده و از دست رفتن طعم در میوه‌ها کاهش می‌یابد. البته خروج اسید و افزایش مواد قندی و نمکی در بعضی مواد غذایی مطلوب، نیست[13,16,17].

www.SID.ir

کاربردهای عمده آبگیری اسمزی در صنایع غذایی

از آبگیری اسمزی در خشک کردن بسیاری از میوه ها و سبزیجات استفاده می‌شود. هدف از استفاده از پیش تیمار اسمزی قبل از خشک کردن به منظور افزایش کارایی فرآیند خشک کردن و همچنین بررسی تأثیر شرایط عملیاتی مختلف بر روی میزان جذب مواد جامد، کاهش آب، چروکیدگی، آبگیری مجدد ، رنگ و ضریب نفوذ مؤثر می‌باشد.

آبگیری اسمزی و هوای خشک

سرینیواسان در پژوهشی نشان داد که محصولات خشک شده با هوای گرم فقط به مدت ۲ هفته طی انبارداری سالم می ماند، از این جهت از آبگیری اسمزی به عنوان پیش تیمار این فرآیند استفاده می شود [88]. آبگیری اسمزی به همراه هوای خشک باعث بهبود خواص کیفی و تغذیه ای موادغذایی می شود [89].

آبگیری اسمزی و انجماد

با استفاده از فرآیند ترکیبی آبگیری اسمزی و انجماد، رطوبت ماده غذایی تا حد مطلوب کاهش می یابد و سپس منجمد می شود. با کاهش رطوبت، مقدار آب منجمد شده و آسیب‌های ناشی از کریستال‌های یخ کاهش می‌یابد و از تغییر رنگ، نرم شدن، از بین رفتن طعم و مواد مغذی طی انجمادزدایی جلوگیری می کند [85]. مرادپور و همکارانش اثر فرآیند ترکیبی آبگیری اسمزی و انجماد را بر روی خربزه مورد بررسی قرار دادند و مشخص گردید که نمونه‌های آبگیری شده قبل از انجماد، کیفیت و بافت مطلوب‌تری دارند [86].

آبگیری اسمزی و سرخ کردن

آبگیری اسمزی قبل از سرخ کردن تا حدودی آب مواد را گرفته و باعث کاهش پروتئین‌های درشت ازدست‌رفته با آب در موادغذایی می‌شوند [91,92]. تأثیر فرآیند آبگیری اسمزی بر روی جذب روغن، فرآیند کاهش رطوبت و تغییر رنگ و به همان اندازه ساختار مواد غذایی سرخ‌شده در طی سرخ کردن و بعد از آن گزارش شده است. پیش‌تیمار اسمزی باعث کاهش رطوبت از دست رفته و روغن مصرف در طی سرخ کردن می‌شود [93,94].

آبگیری اسمزی و مایکروویو

خشک کردن اسمزی همراه با مایکروویو تکنیک جدیدی است که سرعت خشک کردن را افزایش می‌دهد. تحت میدان مایکروویو به علت ایجاد گرادیان غلظتی، نیرومحرکه لازم جهت حشک کردن فراهم می‌شود .گرمایش یکنواخت و سریع به علت نفوذ امواج مایکروویو به درون بافت ماده غذایی، از مزایای مایکروویو می‌باشد [87]. سکویی و همکارانش (۲۰۰۸) اثر عوامل متغیر در فرایند ترکیبی آبگیری اسمزی و مایکروویو بر روی زمان لازم برای خشک کردن کیوی را بررسی کردند. نتایج آزمایشات حاصل از شصت تیمار مختلف نشان می‌دهد که سه فاکتور ضخامت قطعات میوه، مدت زمان غوطه‌وری در محلول اسمزی و قدرت مایکروویو بیشترین اثر را بر روی زمان کل لازم برای خشک شدن برگه کیوی در این فرایند ترکیبی داشته‌اند. با افزایش قدرت مایکروویو که با خروج سریعتر آب همراه است زمان کل لازم برای خشک کردن برگه کیوی کاهش می‌یابد (24).

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه گیری

خشک کردن اسمزی پیش تیماری است که خواص تغذیه‌ای، حسی و کاربردی موادغذایی را بهبود می‌بخشد. با توجه به مزایا و کاربردهای متعدد خشک کردن اسمزی این روش قابل استفاده برای بسیاری از میوه‌ها و سبزی‌ها و دیگر نمونه‌های غذایی است. ضمن اینکه به طور مشترک نیز با فرآیندهای دیگر قابل اجراست. آبگیری اسمزی یک روش مطلوب و با صرفه اقتصادی به منظور آبگیری از موادغذایی می‌باشد. مزیت عمده این فرآیند حفظ کیفیت میوه از نظر رنگ، بو، طعم و غیره می باشد.

منابع

Peiro, R., Dias, V. M. C., Camacho, M. M & .Mart2nez-Navarrete, N. (2005). Micronutrient flow to the osmotic solution during grapefruit osmotic dehydration. Journal of Food Engineering,74, 299–307.

Sunjka, P. S. , Raghavan, G. S. V. , 2004, Assessment of pretreatment methods and osmotic dehydration for Cranberries. Department of Bioresource Engineering, 35-40.

Lazarides, HN. 2001. Reasons and possibilities tocontrol solids uptake during osmotic treatment of fruits and vegetables. pp. 33–42. In Fito, P, Chiralt, A, Barat, JM Spiess, WEL and Behsnilian D (eds.) , Osmotic dehydration and vacuum impregnation: Applications in food industries USA: Technomic Publ. Co

Ponting JD, Watters GG, Forrey RR, Jackson R, Stanley WL (1966) Osmotic dehydration of fruits. Food Technol 20: 125–128

Islam MN, Flink JM (1982) Dehydration of potato II. Osmotic concentration and its effect on air drying behavior. J Food Technol 17: 387–403

Jackson TH, Mohamed BB (1971) The shambat process: new development arising from the osmotic dehydration of fruits and vegetables. Sudan J Food Sci Technol 3: 18–22

Chang, M.J. Han, M.R. and Kim, M.H. 2003. Effects of salt addition in sugar based osmotic dehydration on mass transfer and browning reaction of green pumpkin, Journal of Agricultural Chemistry and Biotechnology, 46(3), 92–96.

محبی،م.، شهیدی،ف.، نوشاد،م.، احتیاطی،ا.، فتحی،م.، بررسی تأثیر پیش تیمار اسمز و فراصوت بر برخی ویژگی های کیفی موز خشک شده به روش هوای داغ، نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران جلد ۷، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۰ ، ص.۲۷۲- ۲۶۳

Ochoa-Martínez, C. I., H. S., Ramaswamy and A. A. Ayala-Aponte. 2007. ANN-based models for moisture diffusivity coefficient and moisture loss at equilibrium in osmotic dehydration process. Drying Technology. 25:5, 775 -783.

Lenart, A.1989.Osmotic dehydration of apples at high temperature in “Drying89”. A.S. Mujumdar (Editor). Hemisphere Pub.Co.

Nanjundaswamy, A. 1989. Trend in food science and technology. IBA. Pub., 160-163

مختاریان،م.، شفافی زنونیان،م.، آرمین،م.، کوشکی،ف.، پایش سینیتیک آبگیری اولتراسوند- اسمز کدوی سبز در شرایط مختلف فرآوری، مجله نوآوری در علوم و فناوری غذایی، سال چهارم، شماره چهارم، زمستان ۹۱.

Barbosa, G.V. and Fito, P. 2000. Osmotic dehydration of Food. Food Engineering. Chapman & Hall. I TP.

Andrade, S. A. C., Neto, B. B., Salgado, S. M. & Guerra, N. B. (2007). Influence of edible coatings in the reduction of solids uptake in osmotically dehydrated Jenipapos. Food Science and Technologioes, 27, 39-43.

Lerici, C. R., G. Pinnavaia., M. Dalla Rosa, and L. Bartolucci. (1985). Osmotic dehydration of fruit: Influence of Osmotic agent on drying behavior and product quality, J. Food Sci. 50: 1217-1226.

Lenart, A. and R. Dabrowska. (1999). Kinetics of osmotic dehydration of apples with pectin coatings. Drying Techn. 17(7 and 8): 1359-1373.

Lenart, A. (1996). Osmo-Convective drying of fruits and vegetables: technology application. Drying Techn.14(2): 391-413.

Archive of SID

www.SID.ir

Kaymak-Ertekin, F. & Sultanolu, M. (2000). Modeling of mass transfer during osmotic dehydration of apples, Journal of Food Engineering**,** 46 (4), 243-250.
Lenart, A. (2007). Osmo-convective Drying of Fruit and Vegetable: Technology and Application, Drying Technology, 14 (2), 391-413.
Ochoa-Martinez, C. I., Ramaswamy, H.S. & Ayala-Aponte, A. A. (2007). ANNBased Models for Moisture Diffusivity Coefficient and Moisture Loss at Equilibrium in Osmotic Dehydration Process, Drying Technology, 25 (5), 775-783.
Shukla, B. & Singh, S. (2007). Osmoconvective drying of cauliflower, mushroom and green pea, Journal of Food Engineering, 80 (2), 741-747.
Sing, B., Panesar, P. & Nanda, V. (2007). Rehydration Kinetics of Un-Osmosed and Pre-Osmosed Carrot Cubes, World Journal of Dairy & Food Sciences, 2 (1), 10-17.
Torreggiani, D., (1993), "Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing", Food Research International, 26(1), pp. 59-68.
Bongirwar, D.R. and A. Sreenivasan. ..Studies on osmotic dehydration of banana,.. Journal of Food Science and Technology. 14: 104-112, 1977.

Archive of SID

www.SID.ir