نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱، ص. ۲۱۸-۲۰۹

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 8, No. 2, Summer 2012, p. 209-218

# بررسی اثر پوشش خوراکی بر پایه کربوکسی متیل سلولز - اسید اسکوربیک و آبگیری اسمزی در خشک‌کردن کدو سبز

اعظم سراجی[۱]- بابک قنبرزاده[۲*]- محمود صوتی[۳]- سارا موحد[۴]

تاریخ دریافت: ۹۰/۵/۹
تاریخ پذیرش: ۹۱/۱/۲۷

## چکیده

در این مطالعه، اثر استفاده از پوشش‌خوراکی و آبگیری اسمزی، به عنوان پیش تیماری قبل از فرآیند خشک‌کردن کدو سبز، مورد بررسی قرار گرفت. کدوها بعد از حلقه شدن، با محلول ۱ درصد کربوکسی متیل سلولز (CMC) و ۰/۱ درصد اسید اسکوربیک پوشش داده شده و سپس تحت فرآیند آبگیری اسمزی قرار گرفتند (نسبت نمونه به محلول ۱ به ۱۰ بود). محلول اسمزی شامل ساکارز با غلظت ۴۵ درصد، نمک با غلظت ۲۵ درصد و اسید سیتریک با غلظت ۱ درصد (w/w) به عنوان بهترین محلول اسمزی انتخاب شد. سپس نمونه‌های اسمز شده تحت خشک‌کردن تکمیلی توسط آون (دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۳ ساعت) قرار گرفتند. تأثیر پوشش دادن برمیزان آب از دست داده (WL) و جذب مواد جامد محلول (SG)، مدت زمان غوطه‌وری بهینه، میزان جذب نمک، ساکارز و اسید سیتریک، رنگ و مقبولیت حسی نمونه‌ها ارزیابی شدند. نتایج نشان دادند که پوشش بر پایه CMC باعث کاهش میزان مواد جامد محلول جذب شده بدون اثر کاهش دهنده بر میزان آبگیری گردید که به نوبه خود زمان خشک شدن نهایی توسط آون را کاهش داد. هم‌چنین نمونه‌های پوشش داده شده و آبگیری شده روش اسمز در مقایسه با نمونه‌های شاهد (تیمار نشده) از لحاظ رنگ و مقبولیت حسی کیفیت بالاتری داشتند.

**واژه‌های کلیدی:** کدو سبز، پوشش خوراکی، خشک‌کردن اسمزی، کربوکسی متیل سلولز

## مقدمه

مصرف زیاد سبزی‌ها و میوه‌ها در سرتاسر جهان، باعث ابداع روش‌های گوناگون برای فراوری و نگهداری آن‌ها شده است. یکی از عمومی‌ترین این روش‌ها، فرآیند خشک‌کردن است که باعث تسهیل حمل و نقل (به دلیل حجم کمتر ماده غذایی)، افزایش قابلیت نگهداری و کاهش واکنش‌های شیمیایی و میکروبی (به دلیل کاهش فعالیت آبی محصول) می‌گردد. در سال‌های اخیر، تلاش‌های گسترده‌ای در جایگزین نمودن روش‌های نوین با روش‌های متداول خشک‌کردن، که موجب بروز اثرات نامطلوب در فراورده نهایی (مانند کاهش کیفیت رنگ و بافت، ازدست دادن عطر و طعم، کاهش دانسیته و از دست دادن مواد مغذی) می‌شوند، صورت گرفته است.

همچنین امروزه تقاضای بازار برای سبزی‌ها و میوه‌های فرآیند شده‌ای که شبیه نوع تازه آن‌ها بوده و حرارت کم یا متوسطی را طی فرآیند متحمل شده باشند، رو به افزایش است. از جمله مهم‌ترین این روش‌ها فرآیند آبگیری اسمزی است (Singh *et al.*, 1999؛ صوتی و همکاران، ۱۳۸۲). آبگیری اسمزی، فرآیندی برای حذف قسمتی از آب مواد غذایی گیاهی و حیوانی با غوطه‌ور کردن آن در یک محلول غلیظ یا هیپرتونیک است و نیروی محرکه لازم برای انتشار آب از بافت ماده غذایی به محلول اسمزی، اختلاف بین فشار اسمزی محلول هیپرتونیک و بافت ماده غذایی است و می‌تواند به عنوان یک مرحله مستقل و یا در ترکیب با سایر فرآیندها مانند خشک‌کردن توسط هوا، انجماد، سرخ کردن، مایکروویو، کنسرو کردن و... بکارگرفته شود (امام جمعه و همکاران، ۱۳۸۷؛ Jokic *et al.*, 2007). همچنین، به علت استفاده مجدد از محلول‌های اسمزی (ضایعات فرآیند) که منبع طبیعی از رنگدانه‌ها ، طعم‌ها و آنتی اکسیدان‌ها به حساب می‌آیند، انجام این فرآیند از لحاظ اقتصادی می‌تواند مقرون به صرفه باشد (معینی و همکاران،۱۳۸۳). طی آبگیری

۱و ۴- دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین
۲و ۳- دانشیار و استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
(*- نویسنده مسئول: Email: Ghanbarzadeh@tabrizu.ac.ir)

اسمزی سه نوع پدیده انتقال جرم رخ می‌دهد:

الف- انتشار آب از داخل فراورده به داخل محلول اسمزی (مهم‌ترین جریان)؛

ب- انتشار ماده حل شده از محلول اسمزی به داخل بافت ماده غذایی در خلاف جهت انتشار آب؛

ج- انتقال مواد با وزن مولکولی کم (قابل حل در آب) مانند ساکاریدها، اسیدهای آلی، ویتامین‌ها و نمک‌های معدنی از ماده غذایی به محلول اسمزی. این جریان از لحاظ کمی چندان قابل توجه نیست (Sunjka and Raghavan, 2004). بررسی‌های انجام شده بر روی انواع مختلف محلول‌های اسمزی و مقایسه آن‌ها نشان می‌دهد که ترکیبی از محلول‌های اسمزی حاوی عوامل اسمز نظیر کلرید سدیم و ساکارز یا گلوکز (محلول سه گانه) آب بیشتری در مقایسه با محلول دو گانه (مثلاً فقط آب + نمک طعام یا آب + گلوکز و ...) به خارج بافت انتقال می‌دهند. نتایج نشان می‌دهد که وزن مولکولی کم ماده حل شده اسمزی (مانند گلوکز) در مقایسه با ماده حل شده با وزن مولکولی بالا (مانند ساکارز) در غلظت‌های یکسان محلول اسمزی، باعث می‌شود که ماده غذایی آب بیشتری از دست بدهد (WL)[1] . البته تأثیر وزن مولکولی برای هر فرآورده متفاوت است.

همچنین با کاهش وزن مولکولی عامل اسمزی در محلول‌های دوگانه، میزان جذب مواد جامد محلول (SG )[2]. افزایش می‌یابد (Lazarides *et al.,* 2007; Sunjka and Raghavan, 2004).

پوشش‌دهی[3] ماده غذایی توسط لایه‌های نازکی از مواد خوراکی قبل از فرآیند آبگیری اسمزی، بدون داشتن تأثیر منفی بر میزان خروج آب، مانع از نفوذ مواد جامد محلول به بافت ماده غذایی می‌گردد (حداد خداپرست و همکاران،۱۳۸۷؛ Khin *et al.,* 2007). پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی می‌توانند از طریق غوطه‌وری، پاشیدن ( اسپری کردن) و غلطاندن بر روی سطح ماده غذایی قرار گرفته و ماده غذایی را در برابر انتقال گازها، بخار آب، مواد جامد محلول و ضربات مکانیکی محافظت کنند. پوشش‌های خوراکی به عنوان سدی از نفوذ اکسیژن و تأثیرات منفی آن جلوگیری کرده و ظاهر محصول را بهبود می‌بخشند و باعث درخشان شدن آن می‌شوند (Baldwin, 2006). انواع پوشش‌های خوراکی مهم عبارتند از: پوشش‌های پروتئینی، کربوهیدراتی، لیپیدی و پوشش‌های مرکب. از مواد پلی ساکاریدی مورد استفاده در تولید پوشش می‌توان به نشاسته ذرت و سیب زمینی، آمیلوپکتین، پکتین، مالتو دکسترین، سدیم آلژینات، متیل سلولز و کربوکسی متیل سلولز اشاره کرد. کربوکسی متیل سلولز (CMC)[4] یکی از مشتقات مهم سلولز است و به تنهایی قادر است فیلم‌های انعطاف پذیر و مستحکمی را تشکیل دهد (قنبرزاده و همکاران، ۱۳۸۸). کربوکسی متیل سلولز (CMC) از جمله مواد هیدروکلوئیدی و مشتقات اتری سلولز می باشد که به دلیل داشتن خواص متعدد دارای کاربرد وسیعی در فرمولاسیون، فرآوری و تولید مواد غذایی مختلف است کربوکسی متیل سلولز مولکولی خطی، آنیونی، سنتتیک، بی بو و بی مزه بوده و بسته به درجه خلوص، رنگ آن از سفید تا رنگ کرم می باشد (سواد کوهی، ۱۳۸۷ و فاطمی، ۱۳۷۸). در میان تمام پلی ساکاریدها کربوکسی متیل سلولز بیشتر از همه در دسترس بوده و بسیار ارزان تر از سایر پوشش‌های خوراکی می‌باشد و پوشش دادن با آن از نظر اقتصادی باصرفه‌تر است. ازجمله خواص مهم پلیمرهای کربوکسی متیل سلولز، آسانی حمل و نقل، عدم تأثیر بر pH سوسپانسیون‌ها و ظرفیت تشکیل توده‌های بزرگ می‌باشد.

اسید اسکوربیک نیز به عنوان یک آنتی اکسیدان، عامل کاهش دهنده pH و جبران‌کننده ویتامین C از دست رفته در طی فرآیند، به محلول پوشش دهنده می‌تواند افزوده شود.

کونوپاکا و همکاران (۲۰۰۹)، تأثیر عوامل مختلف اسمزی بر روی ویژگی‌های حسی، آلبالو، کشمش سیاه و سیب را بررسی کردند. آن‌ها دریافتند برخی از عوامل اسمزی مانند شکر و قند اینورت باعث بهبود بافت فراورده می‌شود. لومبارد و همکاران (۲۰۰۸)، آبگیری اسمزی آناناس را به عنوان پیش فرآیند برای خشک‌کردن، مطالعه کردند. نتایج نشان داد که آبگیری اسمزی برای تیمار محصولات تازه، قبل از خشک‌کردن نهایی، باعث بهبود حسی، عملکردی و تغذیه‌ای می‌شود. همچنین ماندگاری محصولات نهایی و پایداری رنگدانه ها افزایش می‌یابد. کاراسیا و همکاران (۲۰۱۰) تاثیر پوشش چیتوزان را بر روی انتقال جرم در فرآیند اسمزی پاپایا را بررسی کردند. آن‌ها نشان دادندکه پوشش چیتوزان فرآیند آبگیری اسمزی را بهبود بخشید و باعث افزایش میزان آبگیری و کاهش جذب مواد جامد شد.

کدو سبز (*Cucurbit*) از نظر علم گیاه‌شناسی یک میوه تابستانی است که به عنوان منبع غنی از ویتامین‌های C، K، تیامین، ریبوفلاوین و مواد معدنی مانند منیزیم، پتاسیم، فسفر و مواد فیبری شناخته شده و دارای ارزش تغذیه‌ای فراوانی است. هم‌چنین مطالعات نشان می‌دهد که حاوی ترکیبات ضد پیری (آنتی اکسیدان‌ها) بسیار خوبی است، به‌طوری‌که آنتی اکسیدان‌های موجود در آن به میزان زیادی موجب تقویت حافظه و کاهش مشکلات وابسته به سن، می‌گردند (مهرین، ۱۳۷۹).

با توجه به این که بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای ما، در مورد خشک کردن اسمزی کدو سبز تحقیقی صورت نگرفته و همچنین

1 -Water Loss
2 -Solid gain
3- Coating
4- Carboxymethyl Cellulose

استفاده از کربوکسی متیل سلولز همراه با اسید اسکوربیک یک ایده جدید بوده و به دلیل ارزان بودن و قابلیت پوشش دهندگی بالا به آسانی می‌توان از آن به عنوان پوشش برای مواد غذایی استفاده کرد، در این مطالعه، اثرات پوشش‌دهی بر کارایی فرآیند اسمز و تأثیر پوشش و پیش فرآیند اسمزی قبل از فرآیند خشک‌کردن کدو سبز بر ویژگی‌های ظاهری (رنگ، بافت، عطر و طعم) محصول نهایی و همچنین مدت زمان نهایی خشک کردن مورد بررسی قرار گرفته است.

## مواد و روش‌ها

### آماده‌سازی محلول‌ها و نمونه‌ها

جهت انجام آزمایش‌ها در این تحقیق از کدو سبز رقم دزفول استفاده شد. در ابتدا آماده‌سازی کدو سبز شامل مراحل شستشو، پوست‌گیری و برش (به صورت حلقوی توسط رنده) صورت گرفت قطر نمونه‌ها ۲۵ میلی‌متر و ضخامت آن‌ها ۳ میلی‌متر انتخاب شد، سپس نمونه‌ها با آب مقطر شسته شده و توسط کاغذ صافی خشک گردیدند. نمونه‌های آماده شده پس از توزین، به داخل بشر حاوی محلول ۱ درصد کربوکسی متیل سلولز و ۰/۱ درصد اسید اسکوربیک منتقل گردید (به مدت یک دقیقه). سپس به منظور اجرای فرآیند آبگیری در محلول‌های اسمزی به مدت ۳ ساعت قرار گرفتند (نسبت محلول اسمزی به نمونه در تمامی آزمایشات ۱۰ به ۱ انتخاب شد). برای انجام فرآیند اسمز از بین غلظت‌های مختلف محلول اسمزی (جدول ۱) غلظت بهینه استفاده شد. در فرآیند اسمز میزان SG کم و WLزیاد مطلوب است، لذا میزان WL و SG محاسبه و مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته و اپتیمم غلظت جهت تهیه نمونه‌های اسمزی برای انجام آزمایش‌های مختلف تعیین گردید. غلظت ۴۵ درصد ساکارز، ۲۵درصد نمک و ۱ درصد اسید سیتریک (وزنی/وزنی) به عنوان غلظت بهینه انتخاب شد. رطوبت سطحی نمونه‌ها بعد از خارج شدن از محلول اسمزی توسط کاغذ صافی گرفته شده و سپس توزین شدند و جهت خشک شدن نهایی در آون (Shimaz co) با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت قرار گرفتند.

**جدول ۱- ترکیب محلول‌های مختلف اسمزی (وزنی-وزنی)**

| نوع ماده | ساکارز (٪) | نمک (٪) | اسید سیتریک (٪) |
|---|---|---|---|
| غلظت | ۳۰ | ۵ | ۱ |
| | ۴۵ | ۱۵ | ۳/۵ |
| | ۶۰ | ۲۵ | ۶ |

### آزمایش‌های کیفی و کمّی

**- تعیین میزان افت آب و جذب مواد جامد**

با استفاده از داده‌های به‌دست آمده از توزین نمونه‌ها در طول فرآیند، وزن خشک نهایی به‌دست آمده از آون و فرمول‌های (۱) و (۲) میزان آب از دست داده (WL) و میزان ماده جامد محلول جذب شده (SG) محاسبه گردید (سلیمانی و همکاران، ۱۳۸۷؛ صوتی و همکاران، ۱۳۸۲). رطوبت اولیه کدو سبز ۹۳ درصد و رطوبت نهایی بعد از فرآیند ۱۰ درصد بود.

$$WL = \frac{\text{وزن نمونه بعد از اسمز} - \text{وزن اولیه نمونه}}{\text{وزن اولیه نمونه}} \times ۱۰۰$$

رابطه ۱

$$SG = \frac{\text{وزن خشک نمونه شاهد} - \text{وزن خشک نمونه بعد از اسمز}}{\text{وزن اولیه نمونه}} \times ۱۰۰$$

رابطه ۲

**- اندازه‌گیری مدت زمان غوطه‌وری**

در زمان‌های غوطه‌وری متفاوت در محلول اسمزی (۱۵، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۲۴۰ دقیقه) میزان آبگیری و جذب مواد جامد محلول نمونه‌های پوشش دار و بدون پوشش اسمز شده برای تعیین زمان بهینه غوطه‌وری اندازه‌گیری شد (نسبت محلول به نمونه ۱۰ به ۱).

**- اندازه‌گیری میزان جذب نمک و ساکارز**

برای اندازه‌گیری نمک از روش تیتراسیون موهر[1] استفاده شد، به این ترتیب که درصد نمک نمونه‌های مورد نظر با استفاده از نیترات نقره ۰/۱ نرمال و معرف کرومات پتاسیم مورد ارزیابی قرار گرفت. به منظور اندازه‌گیری اسیدیته از سود ۰/۱ نرمال جهت تیتراسیون و معرف فنول فتالئن استفاده گردید، محاسبه درصد نمک، اسیدیته و ساکارز نیز با توجه به روابط (۳)، (۴) و (۵) انجام شد (خسروشاهی، ۱۳۷۶).

$$\text{درصد نمک} = \frac{\text{حجم نیترات نقره مصرفی}}{\text{وزن نمونه}} \times ۰/۵۸۵$$

رابطه ۳

$$\text{اسیدیته} = \frac{\text{حجم سود ۰/۱ نرمال مصرفی}}{\text{وزن نمونه}} \times ۰/۶۴$$

رابطه ۴

1- Mohr

رابطه ۵ (میزان نمک + میزان اسید) – SG = ساکارز

**– مقایسه مدت زمان خشک شدن نمونه‌ها**

مدت زمان خشک شدن نهایی نمونه‌های اسمز شده پوشش‌دار و بدون پوشش و نمونه‌های اسمز نشده مورد بررسی قرار گرفت. وزن اولیه نمونه‌های مورد استفاده در این آزمایش یکسان در نظر گرفته شد و به‌طور هم زمان برای خشک کردن نهایی در آون قرار گرفتند و هر نیم ساعت یک‌بار وضعیت خشک شدن نمونه‌ها بررسی می‌شد.

**– ارزیابی حسی**

آزمایش تک چشایی[1] با روش امتیازبندی هدونیک[2] پنج نقطه ای (سلیمانی و همکاران، ۱۳۸۷ ؛ خسروشاهی، ۱۳۷۶) صورت پذیرفت. تعداد ارزیاب ها ۱۰ نفر و صفات مورد بررسی عبارت بودند از: ظاهر، رنگ، بافت (سفتی و تردی)، آروما، طعم (ترشی و شیرینی) و مقبولیت کلی. از ارزیاب ها خواسته شد به نمونه‌ها صفات لذت بخشی (هدونیک)، از بسیار ناخوشایند تا بسیار خوشایند بدهند، سپس این صفت‌ها به داده‌های کمّی از یک تا پنج تبدیل شدند.

**– اندازه‌گیری خواص رنگی**

با استفاده از دستگاه رنگ سنج (ساخته شده درآزمایشگاه گروه ماشین‌های کشاورزی) رنگ نمونه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. اختلاف میزان رنگ بین نمونه‌های خشک شده و تیمار نشده با استفاده از پارامترهای رنگ سنج بر حسب روشنایی[3] (L)، قرمزی – سبزی (a) و زردی – آبی (b) و رابطه زیر محاسبه گردید. نمونه شاهد به عنوان مبنای آزمایش قرار گرفت (Dadli *et al.*, 2007).

$$\Delta E = \sqrt{\left[(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2\right]} \qquad \text{رابطه ۶}$$

## تجزیه و تحلیل آماری

تمام آزمون‌ها در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار انجام شد. به منظور آنالیز واریانس داده‌ها از آزمون میانگین دانکن و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده گردید و کلیه نمودارها توسط نرم‌افزار Excel 2007 رسم گردید. برای بهینه‌سازی ترکیب محلول اسمزی از نرم‌افزار SAS-9.1 استفاده شد.

## نتایج و بحث

**تعیین بهترین زمان غوطه‌وری در فرآیند اسمز (برای نمونه‌های پوشش دار)**

همان‌طورکه قبلا اشاره شد در فرآیند اسمز میزان WL زیاد و SG کم مطلوب است و با توجه به اینکه مطلوبترین شرایط (ازنظر زمان فرآیند) نقطه ای است که در آن بالاترین میزان WL و کمترین میزان SG به‌دست آید، لذا مدت زمان غوطه‌وری نمونه‌ها ارزیابی و منحنی آن رسم شد.

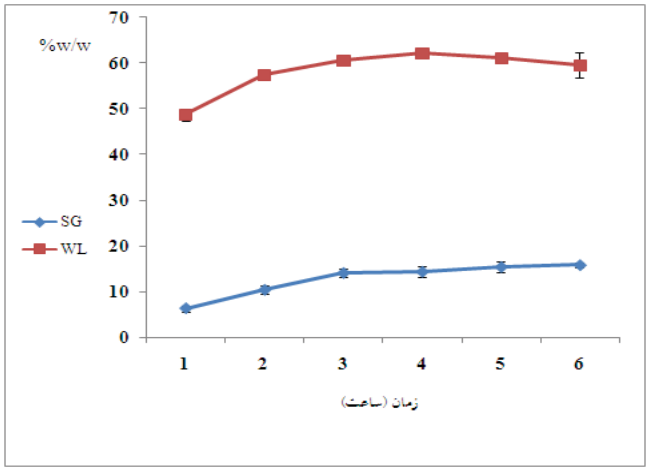
مدت زمان غوطه‌وری نمونه‌ها ارزیابی، و منحنی آن رسم شد. شکل ۱ نشان می‌دهد که تا سه ساعت از شروع آزمایش به‌طور پیوسته WL و SG با گذشت زمان افزایش یافته و به ترتیب به ۶۰/۵ و ۱۴/۱۱ درصد می‌رسد. بعد از این زمان WL و SG به‌طور جزیی افزایش می یابد (در چهار ساعت WL و SG به ترتیب ۶۲/۰۱ و ۱۴/۳۸ درصد می‌رسد که این افزایش جزیی با توجه به افزایش مدت زمان آزمایش به یک ساعت مورد قبول نبود). با توجه به اینکه افزایش میزان جذب مواد جامد (SG) طی ساعت سوم غوطه‌وری نسبت به میزان آبگیری (WL)، زیاد بود؛ بنابراین مدت زمان بهینه که بر اساس حداکثر WL و حداقل SG باید در نظر گرفته شود؛ ۲ ساعت انتخاب شد که میزان WL و SG به ترتیب ۵۷/۳۰ و ۱۰/۳۸ درصد به‌دست آمد (سلیمانی و همکاران، ۱۳۸۷؛ Lazarides 2007). به خاطر اینکه فرآیند آبگیری اسمزی دارای یک مرحله سرعت صعودی و یک مرحله سرعت ثابت است، پس می‌توان با تعیین زمان رسیدن به مرحله سرعت ثابت و توقف فرآیند در این مرحله از اتلاف زمان جلوگیری کرد. این امر باعث کاهش زمان تولید و اقتصادی شدن فرآیند می‌شود (صوتی و همکاران، ۱۳۸۲؛ سلیمانی و همکاران، ۱۳۸۷؛ Lazarides *et al.*, 1996).

Jokic و همکاران (۲۰۰۷)، روی آبگیری اسمزی چغندرقند در محلول‌های آبی قند و کلرید سدیم مطالعه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که مدت زمان غوطه‌وری بر روی از دست دادن آب و جذب مواد جامد تأثیر زیادی دارد، پوشش‌های خوراکی دیگر مانند چیتوزان بر روی انتقال جرم در طی فرآیند اسمز تاثیر مثبت گذاشته و باعث افزایش WL و کاهش SG می‌شود (Carcia *et al.*, 2010).

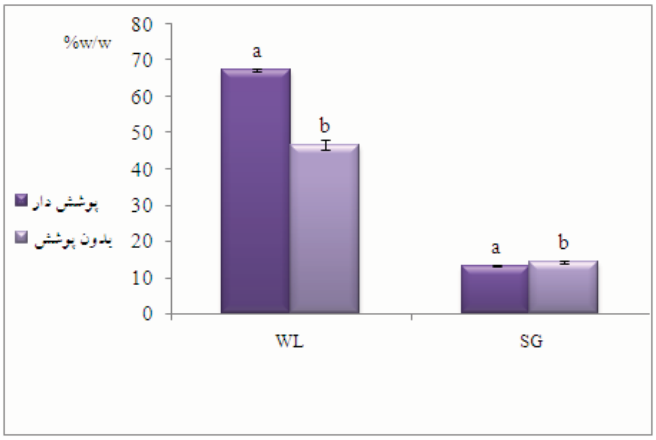
**میزان افت آب و جذب مواد جامد محلول**

نتایج حاصله از آزمایش‌ها نشان داد که بین نمونه‌های پوشش‌دار و بدون پوشش اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد در میزان آبگیری (WL) و در سطح ۵ درصد در میزان جذب مواد جامد محلول (SG) وجود دارد، که در شکل ۲ نشان داده شده است.

1- Single Stimulus
2- Hedonic
3- Lightness




**شکل ۱- تعیین بهترین زمان غوطه‌وری در فرآیند اسمز**



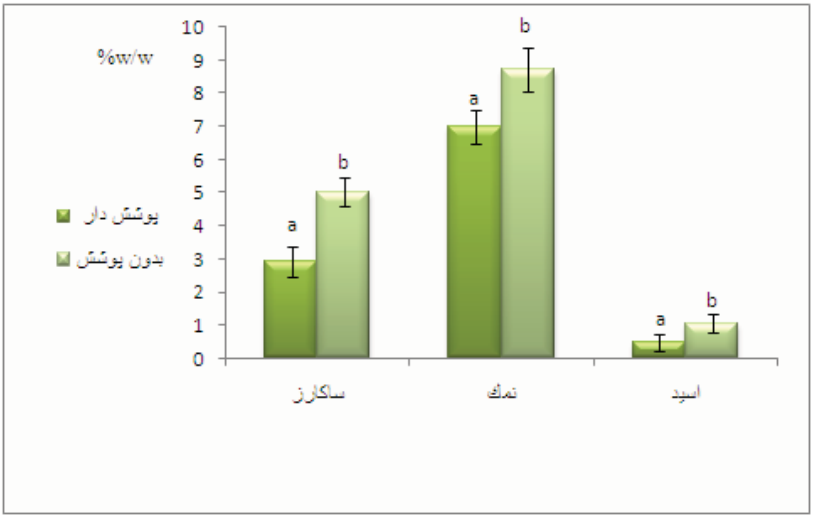

**شکل۲- مقایسه میزان آبگیری و جذب مواد جامد محلول در نمونه‌های پوشش‌دار و بدون پوشش**

مقایسه WL و SG در نمونه‌های پوشش‌دار و بدون پوشش نشان می‌دهد که در شرایط یکسان، میزان جذب مواد جامد محلول (SG) در نمونه‌های پوشش‌دار کمتر از نمونه‌های بدون پوشش است و میزان از دست دادن آب (WL) در نمونه‌های پوشش‌دار بیشتر از نمونه‌های بدون پوشش است، این نشان می‌دهد که پوشش‌دهی مواد قبل از آبگیری اسمزی مانع از نفوذ مواد جامد محلول به بافت ماده غذایی، بدون تأثیر منفی بر میزان خروج آب، می‌گردد (حداد خداپرست و همکاران، ۱۳۸۷؛ Lazarides *et al.*, 2007; Lenart, 1996).

Lazarides و همکاران (۲۰۰۷)، برای پوشش دادن سیب زمینی‌ها از آلژینات سدیم استفاده کردند. پوشش دادن بدون تأثیر منفی بر میزان انتقال آب، جذب مواد جامد را کاهش داد چون دیواره سلولی میوه‌ها دارای قابلیت انتخابی است. بنابراین با استفاده از غشاهایی با قابلیت انتخابی فرآیند اسمز را می‌توان کنترل کرد. همچنین Lenart (۱۹۹۶)، با مقایسه اثر سه پوشش پکتین با متوکسیل پایین، نشاسته سیب‌زمینی و مخلوط پکتین – نشاسته روی نسبت میزان آبگیری به میزان جذب مواد جامد دریافتند که تنها نشاسته سیب‌زمینی سبب افزایش مقدار نسبت میزان آبگیری به میزان جذب مواد جامد در نمونه‌های پوشش داده شده در مقایسه با این نسبت در توت فرنگی‌های بدون پوشش شده است.

### میزان جذب ساکارز، نمک و اسید

میزان جذب ساکارز، نمک و اسید سیتریک نمونه‌ها بررسی شد. شکل ۳ میزان جذب مواد در نمونه‌های پوشش دار و بدون پوشش را نشان می‌دهد.




**شکل ۳- میزان جذب ساکارز، نمک و اسید سیتریک در نمونه‌های پوشش دار و بدون پوشش**

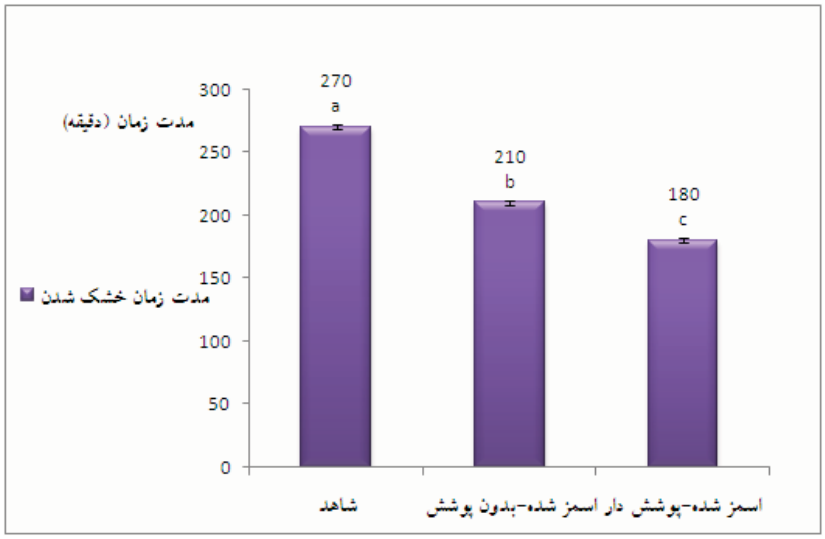
میزان جذب ساکارز، نمک و اسید سیتریک در نمونه‌های پوشش‌دار نسبت به نمونه‌های بدون پوشش کمتر بود و تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین نمونه‌ها مشاهده گردید. دلیل این امر وجود پوشش در نمونه‌های پوشش‌دار است. پوشش انتقال جرم را در طی فرآیند کنترل کرده و جذب مواد جامد محلول را کاهش می‌دهد. به‌طورکلی پوشش دادن مواد قبل از فرآیند آبگیری اسمزی، بدون داشتن تأثیر منفی بر میزان خروج آب، مانع از نفوذ مواد جامد محلول به بافت ماده‌غذایی می‌گردد (حداد خداپرست و همکاران، ۱۳۸۷). در همه نمونه‌ها، میزان جذب نمک بیشتر از میزان جذب ساکارز و اسید سیتریک است؛ احتمالاً به این دلیل که در ابتدای فرآیند، سرعت نفوذ نمک به داخل بافت محصول به دلیل اندازه مولکولی کم، بیشتر است. پس از مدتی ساکارز و اسید سیتریک هم وارد بافت شده و این پدیده مانع نفوذ نمک می‌شود و تقریباً میزان نمک جذب شده بعد از حدود ۲-۱ ساعت ثابت می‌شود (سلیمانی و همکاران، ۱۳۸۷). با به‌کار بردن محلول‌هایی که به طور مثال دارای ساکارز و نمک می باشند، ساکارز به صورت لایه‌ای نازک در زیر سطح بافت فشرده شده و به عنوان مانعی در برابر انتقال جرم عمل می‌کند. اما نفوذ نمک در داخل بافت نمونه اسمز شده به دلیل وزن مولکولی پایین به صورت عمیق‌تری اتفاق می‌افتد، بنابراین حضور نمک مانع تشکیل لایه متراکم ماده قندی در سطح نمونه می‌شود و منجر به آبگیری و جذب مواد جامد محلول می‌گردد (Lazarides, 1999؛ Lazarides *et al.*, 2007؛ سلیمانی و همکاران، ۱۳۸۷؛ حداد خداپرست و همکاران، ۱۳۸۷؛ توکلی پور و همکاران، ۱۳۸۷).

### مقایسه مدت زمان خشک شدن نمونه‌ها

همان‌طور که شکل ۴ نشان می‌دهد بین نمونه‌های شاهد، بدون پوشش و پوشش دار تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد. مدت زمان خشک شدن نهایی نمونه‌هایی که تحت فرآیند آبگیری اسمزی قرار گرفته بودند، کمتر از نمونه‌های شاهد (بدون فرآیند اسمز) بود. مدت زمان خشک شدن نمونه‌های شاهد با شرایط یکسان (از نظر وزن اولیه و اندازه) تا رسیدن به مقدار ثابت رطوبت، ۲۷۰ دقیقه و برای نمونه‌های اسمز شده ۲۱۰ دقیقه گزارش گردید. پیش فرآیند اسمزی با خارج کردن مقدار زیادی آب از داخل بافت محصول، باعث کاهش مدت زمان خشک شدن نهایی می‌شود و در نتیجه کیفیت محصول بیشتر حفظ شده و از لحاظ اقتصادی هم به دلیل کاهش میزان مصرف انرژی، مقرون به صرفه است. هم‌چنین مدت زمان خشک شدن نمونه‌های پوشش‌دار اسمز شده (۱۸۰ دقیقه)، کمتر از نمونه‌های بدون پوشش بود. در نمونه‌های پوشش‌دار، پوشش باعث خروج بیشتر آب محصول در طول فرآیند اسمز شده و در نتیجه با کاهش رطوبت نمونه، مدت زمان خشک شدن در آون نیز کاهش می‌یابد. (صوتی و همکاران، ۱۳۸۲؛ معینی و همکاران، ۱۳۸۳؛ سلیمانی و همکاران، ۱۳۸۷؛ اسکویی و همکاران، ۱۳۸۷؛ Lazarides *et al.*, 2008; Pani, 2008).

### ارزیابی حسی

نتایج به‌دست آمده از ارزیابی حسی نمونه‌ها نشان داد که نمونه‌های شاهد (تیمار نشده) از لحاظ ظاهر، آروما، بافت، رنگ، طعم و مقبولیت کلی، تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد در آزمون دانکن با نمونه‌های اسمزی پوشش‌دار و بدون پوشش (شکل ۵) دارند.




**شکل ٤- مقایسه مدت زمان خشک شدن نمونه‌ها در آون**

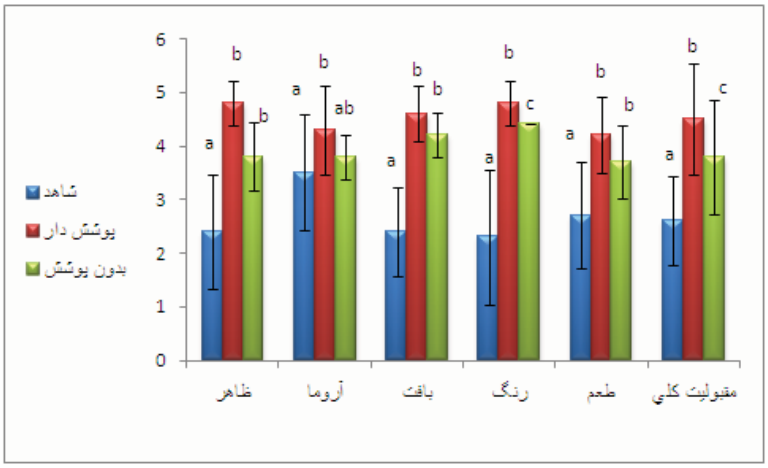
نمونه‌های پوشش‌دار و بدون پوشش نیز فقط از نظر رنگ و مقبولیت کلی باهم تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشتند. برای تهیه نمونه‌ها برای ارزیابی حسی از محلول اسمزی بهینه استفاده شد. فرآیند اسمز باعث حفظ بهتر رنگ، بافت و شکل ظاهری می‌شود. ماده قندی و نمک در فرآیند اسمزی به میزان قابل توجهی بافت را محافظت کرده و حداقل صدمه و گسیختگی ماکرومولکول‌های سلولی و ترکیدگی دیواره سلولی را باعث شده و ظاهری مشابه با بافت تازه به مواد غذایی می‌دهند. هم‌چنین به دلیل انجام گرفتن آزمایش در محیطی به دور از اکسیژن و حرارت، واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی و افت ویتامین C کاهش یافته که باعث حفظ مواد عطر و طعمی و رنگ در محصول و در نتیجه افزایش قابلیت پذیرش آن‌ها از نظر مصرف کننده، می‌گردد. تأثیر مثبت ساکارز در نگهداری مواد عطری اثبات شده است (Lenart and Grodecka, 1989؛ Lenart, 1996؛ سلیمانی و همکاران، ۱۳۸۷). دیواره‌های سلولی به شکل کامل باقی‌مانده و ضخامت آن‌ها مشابه ضخامت نمونه تازه است. فرآیند آبگیری به روش اسمزی منجر به کاهش میزان چروکیدگی محصول نهایی نسبت به نمونه‌هایی که به طور مستقیم در معرض هوای گرم خشک شدند، می‌گردد (توکلی پور و همکاران، ۱۳۸۷؛ صوتی و همکاران، ۱۳۸۲؛ حداد خداپرست و همکاران، ۱۳۸۷؛ Krokida, 2000؛ Jayaraman *et al.*, 1990). ظاهراً ساکارز و نمک قدرت ساختمانی و مکانیکی مهمی جهت تحمل شوک در طی خشک کردن با هوای گرم را دارا هستند (Jayaraman *et al.*, 1990). استفاده از پوشش نیز علاوه بر کنترل فرآیند اسمز باعث کاهش افت مواد مغذی و حفظ خصوصیات ارگانولپتیکی به نحو مطلوب می‌شود (Packer, 1997). برخی از عوامل اسمزی مثل گالاکتوسوربیتول و سوربیتول باعث ایجاد سفتی بافت شده در حالی که ساکارز، قند اینورت و آبمیوه بدون اسید موجب بهبود بافت میوه می‌شود (Konopacka *et al.*, 2009) از آبگیری اسمزی به دلیل کاهش چروکیدگی و به حداقل رساندن میزان صدمه به بافت سلولی درطی مراحل فرآیند، کاهش اتلاف عطر و طعم و تخریب بافت ماده غذایی، بهبود حفظ رنگ[1] و حفظ مواد مغذی و نیز به دلیل سادگی و قابل کنترل بودن، به عنوان پیش تیمار فرآیند خشک‌کردن استفاده می‌شود (صوتی و همکاران ۱۳۸۲؛ سلیمانی و همکاران، ۱۳۸۷).

### سنجش رنگ با استفاده ازرنگ سنج

علاوه بر ارزیابی حسی، اندازه‌گیری رنگ نمونه‌ها توسط دستگاه رنگ سنج صورت پذیرفت. تفاوت معنی‌داری میان نمونه شاهد و فرآیند شده از لحاظ میزان رنگ مشاهده شده که در شکل های ۶، ۷ و۸ نشان داده شده است. پارامترهای رنگ سنج بر حسب روشنایی[2] (L)، قرمزی – سبزی (a) و زردی – آبی (b) بیان می‌شود. مقادیر پارامترهای رنگی L, a, b و اختلاف رنگ (ΔE) نمونه‌ها محاسبه شد.

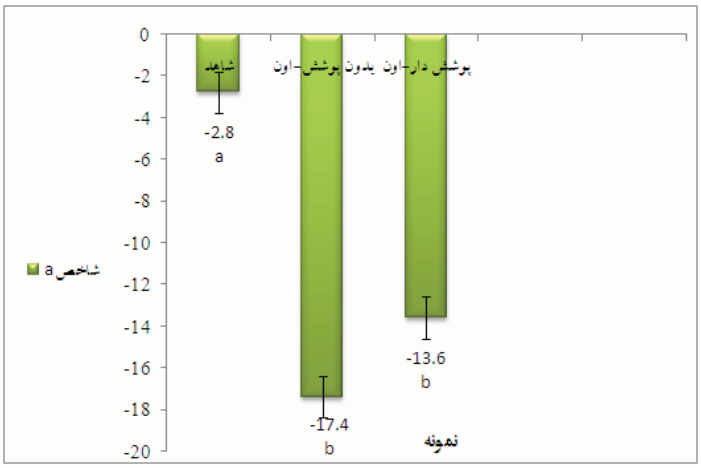
نتایج نشان داد که بین نمونه‌های شاهد و اسمز شده در مورد شاخص L، در سطح ۵ درصد و در مورد شاخص a، در سطح ۱ درصد تفاوت معنی داری وجود دارد. ولی در رابطه با شاخص b تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید.

1- Improved retention of color
2- Lightness




شکل ۵- ارزیابی حسی نمونه‌های پوشش‌دار و بدون پوشش

شکل ٦- بررسی شاخص L در نمونه‌های حاصل از دستگاه رنگ سنج




شکل ۷- بررسی شاخص a نمونه‌های حاصل از دستگاه رنگ سنج

**شکل۸- بررسی شاخص b نمونه‌های حاصل از دستگاه رنگ سنج**

شاخص L نمونه‌های اسمز شده نسبت به نمونه شاهد افزایش یافته ولی شاخص a کاهش پیدا کرد. اختلاف رنگ (ΔE) نمونه‌های پوشش‌دار کمتر از نمونه‌های بدون پوشش بود. در طی فرآیند خشک‌کردن با هوای گرم، در نمونه‌های اسمز شده تغییرات رنگ کمتری نسبت به نمونه‌های اسمز نشده، مشاهده گردید. مشاهده شد که تفاوت معنی داری بین نمونه ها وجود ندارد. دلیل حفظ رنگ نمونه‌های اسمز شده، قرار گرفتن نمونه‌ها و قطعه‌های نمونه در زیر محلول اسمزی و ظاهراً به دور از اکسیژن است. این کمبود اکسیژن باعث کندی واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی می‌شود. تغییرات رنگ و میزان قهوه‌ای شدن نمونه‌های پوشش‌دار نسبت به نمونه‌های بدون پوشش کمتراست. با افزایش غلظت محلول اسمزی میزان قهوه‌ای شدن محصول نهایی پوشش‌دار و بدون پوشش کاهش یافت. Jayaraman و همکاران (۱۹۹۰) نشان دادند که ماده قندی و نمک در فرآیند اسمز، به میزان زیادی بافت را محافظت کرده و از واکنش‌های قهوه‌ای شدن جلوگیری می‌کند. همچنین فرآیند اسمز به دلیل حفظ رنگ نمونه‌ها، نیاز به استفاده از ترکیبات گوگردی برای جلوگیری از ایجاد تغییر رنگ را کاهش می‌دهد (Krokida *et al.*, 2000؛ Jayaraman *et al.*, 1990).

## نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که نمونه‌های کدو سبز پوشش داده شده از لحاظ خصوصیات ارگانولپتیکی (ظاهر، بافت، عطر و طعم، رنگ و مقبولیت کلی) مورد قبول ارزیاب‌ها بودند، هم‌چنین میزان جذب مواد جامد محلول (SG)، میزان جذب نمک، ساکارز و اسید سیتریک و مدت زمان خشک شدن نهایی در نمونه‌های پوشش‌دار اسمز شده در کمترین مقدار، و میزان از دست دادن آب (WL)، در بیشترین مقدارنسبت به نمونه‌های بدون پوشش اسمز شده و نمونه‌های تیمار نشده (اسمز نشده)، قرار داشت. تغییرات رنگ برای نمونه‌های پوشش‌دار اسمز شده نسبت به سایر نمونه‌ها در طول فرآیند خشک‌کردن کمتر بود. در نهایت می‌توان نتیجه‌گیری نمود که پوشش‌دهی نمونه‌ها توسط محلول ۱ درصد کربوکسی متیل سلولز و ۰/۱ درصد اسید آسکوربیک و در ادامه استفاده از فرآیند اسمز، با توجه به کاهش مدت زمان خشک شدن و ایجاد محصولی با ظاهر و کیفیت مناسب، می‌توانند پیش تیمارهای مناسبی برای افزایش کیفیت کدو سبز خشک شده به حساب آیند.

## منابع

اسکویی، ر. و علیزاده، م.، ۱۳۸۷، بررسی اثر عوامل متغیر در فرآیند ترکیبی آبگیری اسمزی و ماکرویو بر روی زمان لازم برای خشک‌کردن کیوی، هجدهمین کنگره علوم و صنایع غذایی، ۵-۱.

امام جمعه، ز.، طهماسبی، م.، پیروزی فرد، خ. و عسکری ،غ.،۱۳۸۷، بررسی تأثیر پیش فرآیند اسمزی بر ویژگی‌های بافتی و ریز ساختاری گوجه فرنگی خشک شده با هوا، مجله مهندسی بیوسیستم ایران، ۳۹، ۱، ۱۳۹-۱۳۳.

توکلی پور، ح.، جلایی، ف.، فاطمیان، ح. و فتح آبادی، آ.،۱۳۸۷، مطالعه اثر پوشش‌های خوراکی بر خواص کیفی و فیزیکو شیمیایی سیب های خشک شده به روش اسمز، هجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی، ۷-۱.

حداد خداپرست، م.، جلایی، ف. و فرقانی، م.، ۱۳۸۷، بررسی امکان استفاده از پکتین، کربوکسی متیل سلولز و نشاسته در فرآیند خشک کردن اسمزی سیب و تعیین برخی از عوامل موثر، هجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی، ۷-۱.

خسروشاهی، ا.،۱۳۷۶، شیمی تجزیه مواد غذایی (ترجمه)، انتشارات دانشگاه ارومیه، ۱.

سلیمانی، ج.، امام جمعه، ز. و قاسم زاده، ح.، ۱۳۸۷، پیش تیمار هویج خشک شده با هوای گرم بوسیله آبگیری اسمزی، مجله پژوهش و سازندگی، ۷۸، ۱۰۹ -۱۰۱.

صوتی خیابانی، م.، سحری، م. و امام جمعه، ز.، ۱۳۸۲، بهینه سازی فرآیند تولید برگه هلو با استفاده از اسمز، مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۴، ۲، ۲۹۱-۲۸۳.

قنبرزاده، ب.، الماسی، ه. و زاهدی، ی.، ۱۳۸۸، بیوپلیمرهای زیست تخریب پذیر و خوراکی در بسته بندی مواد غذایی و خوراکی، انتشارات دانشگاه امیر کبیر.

معینی، س. و جواهری، م.، ۱۳۸۳، بررسی کاربرد روش اسمز در خشک کردن ماهی کلیکا، مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۵، ۴، ۹۰۹-۹۰۱.

مهرین، م.، ۱۳۷۹، خواص میوه‌ها و سبزی‌های خوراکی، انتشارات خشایار، ۱، ۱۵۹.

Baldwin, E. A., 2006, Use of edible coating to preserve pecans at room temperature. Journal of Hortscience 41(1), 188-192.

García, M., Díaz, R., Martínez, Y., Casariego, A.,2010. Effects of chitosan coating on mass transfer during osmotic dehydration of papaya, Food Research International 43, 1656–1660

Jayaraman, K. S., Dasgupta, D. K., Babu Rao, N., 1990, Effect of pretreatment with salt and sucrose on the quality and stability of dehydrated cauliflower. International Journal of Food science and Technology, 25, 47-60.

Jokic, A., Gyura, J., Levic, L., Zavargo, Z., 2007, Osmotic dehydration of sugar beet in combined aqueous solutions of sucrose and sodium chloride, Journal of Food Engineering 78 , 47–51

Khin, M. M., Zhou, W., Perera, C.,2006. A study of the mass transfer in osmotic dehydration of coated potato cubes, Journal of Food Engineering 77, 84–95.

Konopacka, D., Jesionkowska, K.,Klewicki, R., Bonazzi, C. 2009. The effect of different osmotic agents on the sensory perception of osmo - treated dried fruit, Journal of Horticultural Science & Biotechnolog ISAFRUIT Special Issue, 80-84.

Krokida, M. K., Kiranoudis, C. T., Maroulis, Z. B., Marinos – kouris, D., 2000, Effect of pretreatment on color of dehydrated products. Drying Technology, 18(6), 1238-1250.

Lazarides, H. N. and Mavroudis, N. F., 1996, Kinetics of osmotic dehydration of a highly shrinking vegetable tissue in a salt – free medium. Journal of Food Engineering, 30, 61-74.

Lazarides, H. N., Mitrakas, G.E., Matsos, K.I., 2007, Edible coating and counter- current product/solution contacting: A novel approach to monitoring solids uptake during osmotic dehydration of a model food system. Journal of Food Engineering, 82, 171-177.

Lazarides, H. N., 1999. Advances in osmotic dehydration in processing foods. CRS Press, New York.

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

Lenart, A. and Grodecka, E., 1989. Influence of the kind of osmotic substance on the kinetics of convection drying of apples and carrots. Journal of Food Technology, 18, 27-35.

Lombard, G.E., Oliveira, J.C., Fito, P., Andres, A. 2008. Osmotic dehydration of pineapple as a pre-treatment for further drying, Journal of Food Engineering 85 277-284

Pani, P., Leva, A. A., Riva, M., Maestrelli, A., Torreggiani, D. 2008. Influence of osmotic pre-treatment on structure-property relations of air-dehydrated tomato slices, Journal of Food Engineering, 86, 105-112.

Singh, S., Shivhare, U. S., Ahmed, J., Raghavan, G. S. V., 1999, Osmotic concentration kinetics and quality of carrot preserve. Food Research International, 32, 509-514.

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