Arch of SID

تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد ۱۸/ شماره ٦٦/ بهار و تابستان ۱۳۹۸/ ص ۱۵٤-۱٤۳

بررسی تأثیر پیش‌تیمار اسمز با کمک فراصوت برنفوذ ترکیبات فنلی در ژل آلوئه‌ورا و کیفیت محصول خشک شده

الهام آذرپژوه[۱*]، پروین شرایعی[۱] و فرزاد غیبی[۱]

۱- استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت:۱۳۹۷/۸/۹؛ تایخ پذیرش:۱۳۹۸/۳/۱۳

چکیده

در این پژوهش، تأثیر پیش‌تیمارهای ترکیبی اسمز- فراصوت بر نفوذ ترکیبات فنلی استخراج شده از پسماند انگور در ژل آلوئه‌ورا بررسی و ویژگی‌های کیفی نمونه‌های خشک شدهٔ آلوئه‌ورا با جریان هوای داغ ارزیابی شد. بدین منظور، ژل آلوئه‌ورا با آگار شکل‌دهی شد و با تهیهٔ برش‌هایی استوانه‌ای (۲۰ در ۲۰ میلی‌متر)، تأثیر روش‌های مختلف (آبگیری اسمزی، فراصوت قبل از اسمز و فراصوت همزمان با اسمز) بر میزان از دست دادن آب، جذب مواد جامد، شاخص آبگیری و کاهش وزن نمونهٔ ژل آلوئه‌ورا اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها با خشک‌کن کابینی با دمای ثابت ٦۰ درجهٔ سلسیوس، و سرعت هوای ۱/۵ متر بر ثانیه خشک شدند. نتایج بررسی‌ها نشان داد، اِعمال فراصوت تأثیر معنی‌داری بر خواص فیزیکوشیمیایی آلوئه‌ورا دارد. پیش‌تیمار فراصوت همزمان با اسمز، نسبت به سایر تیمارها، باعث افزایش میزان از دست‌دادن آب و میزان جذب مواد شد. علاوه بر این، در نمونهٔ خشک شدهٔ ژل آلوئه‌ورا که تحت پیش‌تیمار فراصوت همزمان با اسمز قرار گرفته بود، میزان ترکیبات مؤثر ناشی از نفوذ ترکیبات آنتوسیانینی پسماند انگور در ژل آلوئه‌ورا بیشتر و رنگ محصول نهایی خشک شدهٔ آن روشن‌تر بود و به قرمزی تمایل پیدا کرد. نتایج ارزیابی حسی نمونه‌ها نشان داد که پیش‌تیمار فوق باعث می‌شود تا رنگ، بافت و شکل ظاهری در نمونهٔ آلوئه‌ورای خشک شده بهتر حفظ شود.

واژه‌های کلیدی

پسماند انگور، خشک‌کن کابینی، فرآوری غیر حرارتی

مقدمه

امروزه غذاهای فراسودمند یا غذاهای عمل‌گرا راهکاری در حفظ سلامت تغذیه‌ای هستند و تولید آنها روزبه‌روز افزایش می‌یابد. فناوری غذاهای فراسودمند از دههٔ ۸۰ میلادی در ژاپن مطرح شده و پس از آن در سایر کشورها گسترش یافته است. هدف اساسی از تولید و ترویج مصرف غذاهای فراسودمند، پیشگیری از بیماری‌ها و کنترل آنهاست، به‌ویژه بیماری‌های مزمن مرتبط با تغذیه از جمله دیابت، بیماری‌های قلبی عروقی، و انواع سرطان‌ها که با روند هشداردهنده و رو به گسترش خود هزینه‌هایی سنگین بر کشورها وارد می‌سازند (Ferreira *et al*., 2015).

آلوئه‌ورا یکی از گیاهان دارویی و منبع مواد غذایی فراسودمند است و نقشی مهم در پیشگیری و درمان بسیاری از بیماری‌ها دارد. آلوئه‌ورا

*نگارنده مسئول: Email: azarpazhooh@gmail.com

http://doi: 10.22092/fooder.2019.123959.1180

www.SID.ir

Archive of SID

گیاهی است چند ساله و با گیاهانی مانند سیر، پیاز و مارچوبه، که دارای خصوصیات دارویی نیز هستند در خانوادهٔ لیلیاسه[1] رده‌بندی شده‌است (Lawless & Allen, 2000). ژل آلوئه‌ورا بی‌رنگ است و در قسمت‌های درونی برگ‌های تازه قرار دارد و شامل بیش از ۹۸ درصد آب و پلی‌ساکاریدهایی مانند پکتین، سلولز و همی‌سلولز است (Bozzi *et al.*, 2007). پلی‌ساکاریدهای مختلف در آلوئه‌ورا سبب جذب آب زیادی می‌شوند، و در نتیجه بر قوام و گرانروی محصول مؤثرند و به‌دلیل اثرهای مفید و متعددی که دارند از آنها در صنایع دارویی، آرایشی و تولید محصولات غذایی استفاده می‌شود (Rodriguez *et al.*, 2010).

برای غنی‌سازی میان‌وعده‌های غذایی از روش‌های مختلف می‌توان استفاده کرد که یکی از روش‌های نوین استفاده از نفوذ ترکیبات عملگرا[2] با استفاده از فرآیند اسمزی است که یک تکنولوژی قابل دسترس برای غنی‌سازی برخی از میوه‌ها و سبزی‌هاست که می‌تواند محصولاتی فراسودمند تولید و فرصت‌های تجاری جدید ایجاد کند. در خلال این فرآیند، ترکیباتی مانند ترکیبات فنلی، مواد معدنی، آنتی‌اکسیدان‌ها، ویتامین‌ها، آنزیم پکتین متیل استراز، پروبیوتیک‌ها و فلاوونوئیدها قابلیت نفوذ در مادهٔ غذایی را دارند (Bellary & Rastogi, 2014).

از آنجایی‌که استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی نگرانی‌هایی به‌دنبال دارد، در سال‌های اخیر به ضایعات محصولات کشاورزی، به‌دلیل داشتن ترکیبات آنتی‌آکسیدانی طبیعی، توجه زیادی شده و تقاضا برای استفاده از این ترکیبات رو به افزایش است (Galanakis, 2013).

پسماند انگور یکی از فرآورده‌های فرعی کارخانه‌های صنایع تبدیلی کشاورزی است که در حدود ۱۳/۵ تا ۱۴/۵ درصد انگور تولیدی و شامل آب، پروتئین، چربی، کربوهیدرات، ویتامین، مواد آلی معدنی و ترکیبات فنلی شامل تانین، اسیدفنلیک و آنتوسیانین‌هاست (Sabetghadam & Tavakolipour, 2015). ترکیبات فعال استخراج شده از پسماند انگور می‌توانند به‌عنوان افزودنی طبیعی کاربردهای زیادی در صنایع خوراکی، دارویی و بهداشتی داشته باشند. فراصوت یکی از تکنولوژی‌هایی است که به‌منظور کوتاه کردن مدت زمان فرآیند و افزایش کیفیت و سلامت محصولات غذایی توسعه یافته است. استفاده از فراصوت به بهبود انتقال جرم، افزایش دورهٔ نگهداری مواد غذایی، کمک به تیمارهای حرارتی و ایجاد تغییر در بافت مواد غذایی می‌انجامد.

کاربرد پیش‌تیمار اسمز با استفاده از امواج فراصوت قبل از فرآیند خشک‌کردن باعث افزایش ضریب نفوذ رطوبت و کاهش مدت زمان فرآیند خشک کردن می‌شود. امواج فراصوت در اثر پدیدهٔ کاویتاسیون باعث ایجاد انقباض و انبساط‌های سریع و مکرر در سطح محصول می‌شود و در نتیجه بافت محصول مانند اسفنج عمل می‌کند. اثر اسفنجی باعث خروج آب از ماتریس جامد می‌شود. فراصوت همچنین میکروکانال‌هایی در محل تماس ایجاد می‌کند و باعث تسهیل در انتقال جرم طی خشک‌کردن با هوای داغ می‌شود.

در زمینهٔ استفاده از پیش‌تیمار فراصوت قبل از خشک کردن با هوای داغ تاکنون نتایج پژوهش‌های متعددی منتشر شده که ازجمله می‌توان به تحقیقات دربارهٔ موز (Fernandes & Rodriges, 2007)

1- Liliaceae

2- Functional foods

www.SID.ir

Archive of SID

پاپایـــا (Fernandes *et al.*, 2008a)، آنانـــاس (Fernandes *et al.*, 2008b) و هـویج (Carcel *et al.*, 2011) اشـاره کـرد. بـه‌طـور کلـی ضـریب نفـوذ مـؤثر آب در میوه پـس از بـه‌کـار بـردن فراصـوت افـزایش مـی‌یابـد که باعث کاهش مـدت زمـان خشـک‌کـردن بـا هـوای داغ مـــی‌شـــود (Fernandes & Rodrigues, 2007). در پژوهشـی دیگـر اعـلام شـد کـه آبگیـری اسـمزی در ترکیـب بـا انـرژی فراصـوت سـبب کـاهش مـدت زمـان فرآینـد و افـزایش ضـریب نفـوذ مـؤثر آب موجـود در تـوت‌فرنگـی مـی‌شـود. بـا مقایسـهٔ ایـن روش بـا روش آبگیـری اسـمزی مشـاهده شـد کـه آبگیـری اسـمزی بـه تنهـایی سـبب افـزایش مـدت زمـان فرآینـد مـی‌شـود. همچنـین گفتـه شـده کـه اثـر ترکیبـی تشـکیل میکروکانال‌ها به‌واسطهٔ فرآینـد فراصـوت بـا شـدت بـالا و اختلاف فشار اسـمزی بـه‌طـور عمـده عامـل ایـن کـاهش مـدت زمـان فرآینـد آبگیـری اسـت (Garcia-Noguera *et al.*, 2010).

روزک و همکـاران (Rozek *et al.*, 2010) تیمـار اسـمزی را روشـی مناسـب بـرای نفـوذ مـواد فنلـی انگـور معرفـی مـی‌کننـد. ایـن محققـان از ژل آگـار- آگـار به‌عنوان مدل مـادهٔ غـذایی و از آب انگـور قرمـز بـه‌عنـوان منبـع فنلـی اسـتفاده کردنـد. در شـرایطی بـا بیشـترین نفـوذ ترکیبـات فنلـی، میـزان فنـل و ترکیبـات آنتـی‌اکسـیدانی در ژل بسـیار نزدیـک بـه‌میـزان گـزارش شـده بـرای میـوه‌هـا و سـبزی‌هـای غنـی از فنـل بـود. بـلاری و رسـتوگی (Bellary & Rastogi., 2014) نفـوذ ترکیبـات کورکومینوئیـد بـه قطعـات نارگیـل را در محلـول اسـمزی در غلظـت‌هـای صـفر، ۱۲/۵، ۲۵ و ۵۰ درصـد بـا اِعمـال فراصـوت پالسـی در حمـام فراصـوت و بـدون آن بررسـی و مشـاهده کردنـد کـه بیشـترین نفـوذ کورکومینوئیـد در کمتـرین غلظـت محلـول اسـمزی، یعنـی صـفر درصـد، رخ داده اسـت. ایـن محققـان همچنـین مـی‌گوینـد بـه‌کـار بـردن فراصـوت بـه افـزایش انتقال رطوبت، مواد جامد و کورکومینوید می‌انجامد.

بـر اسـاس اطلاعـات موجـود، در موضـوع نفـوذ ترکیبـات فنلـی طـی فرآینـد اسـمز در ژل آلوئـه‌ورا تا کنون تحقیقـی نشـده یـا اگـر شـده اسـت نتـایج آن در دسـترس نیسـت. هـدف از ایـن پـژوهش بررسـی و مقایسـهٔ فرآینـدهای آبگیـری اسـمزی، فراصـوت قبـل از اسـمز و فراصـوت همزمـان بـا اسـمز بـر میـزان نفـوذ ترکیبـات فنلـی اسـتخراج شـده از پسـماند انگـور بـر خصوصـیات آنتـی‌اکسـیدانی، ویژگـی‌هـای بافـت و مولفه‌های رنگی در ژل آلوئه‌ورا است.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

بـرگ گیـاه آلوئـه‌ورا (*Aloe vera* Miller) از گلخانـه آلوئـه پـردیس واقـع در مشـهد، پسـماند انگـور (آرگـول) از شـرکت فـرآورده‌هـای غـذایی آسـتان قـدس رضـوی، آگـار از شـرکت سـیگما و شـکر از بـازار محلـی تهیـه شـد. سـایر مـواد شـیمیایی مـورد نیـاز بـا درجـهٔ تجزیـه‌ای از شـرکت‌هـای سـیگما و مـرک خریـداری شدند.

روش تهیه ژل آلوئه‌ورا با آگار

بـرگ کامـل گیـاه آلوئـه‌ورا بـا دقـت بـا آب و مـادهٔ شـوینده تمیـز و هرگونـه مـادهٔ خـارجی از روی آن زدوده شد. پوست رویـی و زیـرین بـرگ‌هـا بـا دقـت جـدا و ژل حاصـل بـا دسـتگاه خـردکـن کـاملاً خـرد و یکنواخـت شـد. محلـول پـودر آگـار حاصـل از مخلـوط کردن ۴ گرم آگـار بـا ۶۰ میلـی‌لیتـر آب مقطـر در دمـای ۸۵ درجـهٔ سلسـیوس بـا ژل آلوئـه‌ورای خـرد شـده مخلـوط و بـه‌مـدت ۲ سـاعت بـه‌منظـور بسـتن ژل، در یخچال بـا دمـای ۴ درجـهٔ سلسـیوس قـرار داده شـد. ژل بسـته شـده در یخچـال بـا قالـب اسـتوانه‌ای بـه ابعـاد

www.SID.ir

Archive of SID

۲۰×۲۰ میلی‌متر برش داده شد و رطوبت سطحی برش‌های تهیه شده با کاغذ جاذب رطوبت گرفته و وزن آنها مشخص گردید (Hamedi *et al.*, 2018).

روش تهیهٔ ترکیبات فنلی از پسماند انگور

عصارهٔ ۱۰۰ گرم نمونه با استفاده از ۴۰۰ میلی لیتر حلال آب استخراج شد. محلول در خلأ صاف و با تبخیرکنندهٔ دوار تحت خلأ (مدل Laborota 4000 efficient، ساخت آلمان) در دمای ۴۵ درجهٔ سلسیوس تا حد آبگیری کامل تغلیظ گردید (Hamedi *et al.*, 2018).

پیش‌تیمار آبگیری اسمزی

محلول اسمزی حاوی عصارهٔ پسماند انگور با غلظت‌های ۲۰ درصد (وزنی/ وزنی) تهیه و غلظت مواد جامد محلول در آن تا رسیدن به درجهٔ بریکس ۵۰ درصد با اضافه کردن ساکارز تنظیم شد. برش‌های آلوئه‌ورا پس از وزن شدن، در محلول اسمزی غوطه‌ور شدند. نسبت نمونه به محلول اسمزی در کل آزمایش‌ها ۱ به ۴ و دمای حمام بخار ۵۰ درجهٔ سلسیوس در نظر گرفته شد. بعد از طی شدن زمان اسمز (۶۰ دقیقه) نمونه‌ها از محلول اسمزی خارج و با کاغذ صافی خشک و بار دیگر وزن شدند (Hamedi *et al.*, 2018).

پیش‌تیمار فراصوت

برای بررسی تأثیر به‌کارگیری فراصوت، از دستگاه فراصوت (مدل UP400S، ساخت شرکت هلشر آلمان با پروب میله‌ای با قطر ۲۰ میلی‌متر از جنس تیتانیم با فرکانس ۲۰ KHz و شدت ۱۰۰ درصد) دمای محیط ۵۰ درجهٔ سلسیوس استفاده شد. در این تحقیق نمونه‌ها به دو روش (فراصوت قبل از اسمز، فراصوت همزمان با اسمز) پیش‌تیمار شدند (Fernandes & Rodrigues, 2008).

فراصوت قبل از اسمز

نمونه‌ها قبل از فرآیند اسمز در محلول قندی ایزوتونیک (معادل بریکس ژل آلوئه‌ورا) در دمای ۵۰ درجهٔ سلسیوس با استفاده از سیستم پروب به‌مدت ۱۵ دقیقه صوت‌دهی شدند و پس از حذف رطوبت سطحی و وزن شدن، به مدت ۴۵ دقیقه در محلول اسمزی (۵۰ درصد قند و ۲۰ درصدعصارهٔ استخراج شدهٔ فنلی پسماند انگور) غوطه‌ور شدند.

فراصوت همزمان با اسمز

برش‌های آلوئه‌ورا داخل بشر حاوی محلول اسمزی (۵۰ درصد ساکارز + ۲۰ درصد آرگول) غوطه‌ور و در حمام فراصوت (دمای ۵۰ درجهٔ سلسیوس) به‌مدت ۶۰ دقیقه (۱۵ دقیقه پالس، ۱ دقیقه استراحت) با استفاده از سیستم پروب به‌صورت همزمان صوت‌دهی شدند.

خشک‌کردن با هوای داغ

پس از سپری شدن زمان غوطه‌وری در محلول اسمزی، نمونه‌ها از محلول اسمزی خارج و پس از حذف رطوبت سطحی با کاغذهای جاذب رطوبت، به خشک‌کن سینی‌دار منتقل شدند که در مقیاس آزمایشگاهی با دمای ۶۰ درجهٔ سلسیوس و سرعت هوای ۱/۵متر بر ثانیه، طراحی شده بود. حدود نیم ساعت قبل از شروع فرآیند خشک‌کردن، دستگاه خشک‌کن روشن و دمای آن متناسب با دمای مورد نیاز تنظیم شد تا دمای هوای داخل خشک‌کن به حالت پایدار برسد. برش‌های ژل آلوئه‌ورا (هر یک ۳۰ گرم) روی سینی خشک‌کن به‌طور یکنواخت قرار داده شدند و تا رسیدن به رطوبت ثابت خشک شدند (Azarpazhooh & Ramaswamy, 2009).

www.SID.ir

Archive of SID

آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

تعیین میزان رطوبت

برش‌های ژل‌های اسمز شدهٔ آلوئه‌ورا پس از خروج از محلول اسمزی با آب مقطر شسته شدند و رطوبت سطحی آنها با دستمال جاذب رطوبت گرفته شد. نمونه‌ها با ترازو وزن شدند و درصد رطوبت آنها بر اساس استاندارد AOAC با استفاده از آون در دمای ۱۰۵درجهٔ سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت تعیین گردید (Anon, 2016).

اندازه‌گیری میزان آبگیری، افزایش مادهٔ جامد جذب شده، کاهش وزن و شاخص آبگیری

میزان آبگیری، افزایش مادهٔ جامد جذب شده و میزان کاهش وزن نمونه‌ها و شاخص آبگیری نمونه‌ها در حین فرآیند اسمزی با استفاده از رابطه‌های ۱ تا ۴ محاسبه گردید (Azarpazhooh & Ramaswamy, 2009).

$$\%ML = 100\,\frac{(M_0 x_0 - M_t x_t)}{M_0} \qquad (۱)$$

$$\%SG = 100\,\frac{(M_0 s_0 - M_t s_t)}{M_0} \qquad (۲)$$

$$\%WR = 100\,\frac{(M_0 - M_t)}{M_0} \qquad (۳)$$

$$\%DEI = \frac{ML}{SG} \qquad (۴)$$

که در آنها،

ML= میزان آبزدایی؛ SG= افزایش مادهٔ جامد جذب شده؛ WR= میزان کاهش وزن نمونه‌ها؛ DEI= شاخص آبگیری، M_0= وزن نمونهٔ تازه (گرم)؛ M_t= وزن نمونهٔ اسمزی شده (گرم)؛ S_0= وزن مادهٔ خشک نمونهٔ تازه؛ S= وزن مادهٔ خشک نمونهٔ اسمزی شده.

تعیین ترکیبات فنلی کل

میزان ترکیبات فنلی کل بر اساس روش فولین سیوکالچو تعیین شد. ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره (مخلوط ۱۰۰ میلی‌گرم عصارهٔ خشک شدهٔ پسماند انگور با ۲۰۰ میکرولیتر متانول) با ۲/۵ میلی‌لیتر معرف فولین سیوکالچو مخلوط و به‌مدت ۳ دقیقه در حالت سکون قرار داده شد تا واکنش صورت گیرد. پنج میلی‌لیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد به آن اضافه و بعد از یک دقیقه با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. نمونه به‌مدت ۲۴ ساعت در مکانی تاریک نگهداری و سپس جذب آن در طول موج ۷۶۵ نانومتر در برابر شاهد قرائت شد. میزان ترکیبات فنلی کل موجود در نمونه از روی منحنی استاندارد تعیین شد. منحنی استاندارد با رسم داده‌های جذب اسید گالیک در طول موج ۷۶۵ نانومتر در غلظت‌های ۱۰۰ تا ۹۵۰ پی‌پی‌ام به‌دست آمد. نتایج بر اساس میلی‌گرم اسید گالیک بر گرم نمونه با استفاده از معادلهٔ برازش داده شده بر منحنی استاندارد گزارش گردید (Huang & Ling, 2011).

اندازه‌گیری قدرت احیاکنندگی آهن ۳ ظرفیتی (FRAP)

ابتدا محلولی شامل ۱۰۰ میلی‌گرم نمونه در ۲ میلی‌لیتر متانول تهیه و ۳۰ میکرولیتر آن با ۹۰۰ میکرولیتر محلول FRAP و ۹۰ میکرولیتر آب مقطر در لولهٔ آزمایش مخلوط شد. لولهٔ آزمایش بعد از ورتکس در بن‌ماری قرار داده شد و پس از رسیدن دمای آن به ۳۷ درجهٔ سلسیوس، مقدار جذب در مقابل شاهد و در طول موج ۵۹۵ نانومتر خوانده شد. مقدار آهن II با استفاده از معادلهٔ برازش داده شده بر منحنی استاندارد (مقدار جذب محلول‌های استاندارد سولفات آهن II با غلظت‌های ۲۰۰ تا

www.SID.ir

Archive of SID

۲۰۰۰ میکرومول در لیتر در طول موج ۵۹۵ نانومتر) به‌دست آمد (Benzie & Strain, 1996).

تعیین قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH

ابتدا محلول ۰/۰۰۶ درصد رادیکال آزاد DPPH در متانول تهیه شد. به لوله‌های آزمایش دارای یک میلی‌لیتر محلول متانولی نمونه با غلظت‌های مختلف (بسته به قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد)، یک میلی‌لیتر از محلول فوق اضافه شد. لوله‌های آزمایش بعد از هم‌زدن به مدت یک ساعت، در جای تاریک نگهداری شدند و جذب آنها در طول موج ۵۱۲ نانومتر در برابر شاهد قرائت شد. درصد مهارکنندگی رادیکال آزاد طبق رابطهٔ ۵ محاسبه شد.

$$A\% = \frac{A_c - A_s}{A_c} \times 100 \qquad (۵)$$

که در آن،

$A\%$= درصد مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH، AC= جذب شاهد و AS= جذب نمونه. پس از رسم نمودار درصد مهارکنندگی رادیکال آزاد در برابر غلظت نمونه، منحنی مناسب روی داده‌ها برازش داده شد (Ersus & Yurdagel, 2007).

اندازه‌گیری مؤلفه‌های رنگی

رنگ برش‌های آلوئه‌ورا در مرحلهٔ پس از اسمز و پس از خشک‌کردن، با تعیین سه مولفهٔ L^*، a^* و b^* نمونه‌ها با استفاده از اسکنر مسطح مدل (HP Scanjet, 3010) و توسط برنامه HP Scanning آنالیز شد (Fengxia & Zhanming, 2001). تصویرها با وضوح ۳۰۰ dpi در فرمت JPEG ذخیره و مختصات رنگی آنها در فضای رنگی Lab با نرم‌افزار Image j (Version 1.40g) استخراج شد.

بررسی بافت

برای بررسی کیفیت بافت نمونه‌ها، از آزمون پروفایل بافت (TPA) و دستگاه بافت‌سنج QTS مدل CNSFarnell ساخت انگلستان و مجهز به نرم‌افزار کامپیوتری استفاده شد. بدین‌منظور از پروب استوانه‌ای به قطر ۵۰ میلی‌متر، سرعت پیش تست و سرعت تست آزمون ۶۰ میلی‌متر بر ثانیه استفاده شد که نمونه را تا رسیدن به تغییر شکل ۷۵ درصدی فشرده می‌کند انجام شد. ویژگی‌های سختی، فنریت و قابلیت جویدن نیز ارزیابی شد (Huang *et al.*, 2007).

ارزیابی حسی

بر اساس میزان پذیرش رنگ، طعم، بافت (سفتی و تردی)، بو، مزه، و پذیرش کلی، ارزیابی حسی محصول نهایی دنبال شد. ۱۰ ارزیاب آموزش دیده در این ارزیابی شرکت داشتند. این آزمون در مقیاس هدونیک ۵ نقطه اجرا شد. امتیاز ۱ برای نمونه خیلی بد و امتیاز ۵ برای نمونهٔ خیلی خوب در نظر گرفته شد.

طرح آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای بررسی اثر فراصوت و آبگیری اسمزی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ژل آلوئه‌ورا، داده‌ها با نرم‌افزار SPSS 18 V و با استفاده از طرح آماری کاملاً تصادفی آنالیز شد.

تیمارهای مورد بررسی شامل آبگیری اسمزی، فراصوت قبل از اسمز و فراصوت همزمان با اسمز بودند. هر یک از نمونه‌ها در ۳ تکرار تهیه و آزمون‌های مربوط در قالب آزمون چند دامنه‌ای دانکن اجرا شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری ($P< ۰/۰۵$) مقایسه شدند. برای رسم نمودارها از نرم‌افزاراکسل استفاده شد.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

بررسی تأثیر پیش‌تیمارهای ترکیبی بر ویژگی‌های مختلف ژل

نتایج آزمون‌های اندازه‌گیری میزان از دست دادن آب، جذب مواد، شاخص آبگیری، و کاهش وزن نمونه ژل آلوئه‌ورا را قبل از پیش‌تیمارهای ترکیبی در جدول ۱ نشان داده شده است. این نتایج حاکی از آن است که میزان از دست دادن آب و میزان جذب مواد با کمک فرآیند فراصوت، نسبت به تیمار بدون فراصوت، افزایش یافته‌است. شاخص آبگیری تفاوت آماری معنی‌داری دارد. کاهش وزن در تیمار فراصوت همزمان با اسمز بیشترین میزان را دارد. استفاده از تیمار فراصوت همزمان با اسمز باعث افزایش آبگیری و جذب مواد شده است. دلیل این امر ایجاد منفذ و حباب در خلال فرآیند فراصوت‌دهی بر اثر پدیدهٔ کاویتاسیون است که باعث سرعت بخشیدن به خروج آب و جذب مواد جامد موجود در محلول اسمزی می‌شوند و نیز می‌توان آن را به مقاومت کمتر در برابر انتقال جرم نسبت داد. این روند سبب تسهیل انتقال آب از نمونه و درنتیجه افزایش از دست‌دادن آب می‌شود (Fernandes & Rodrigues, 2008).

جدول ۱- مقایسهٔ اثر پیش‌تیمارهای اسمز و فراصوت در مدت یک ساعت بر درصدهای آبگیری، جذب مواد، شاخص آبگیری و کاهش وزن ژل آلوئه‌ورا

	آبگیری (درصد)	جذب مواد (درصد)	شاخص آبگیری (درصد)	کاهش وزن (درصد)
آبگیری اسمزی	۴۲/۷۶^{b}±۰/۷۸	۳/۹۷^{b}±۰/۰۹	۱۲/۸۸^{a}±۰/۱۱	۳۸/۷۹^{a}±۰/۳۲
فراصوت قبل از اسمز	۴۴/۰۴^{b}±۰/۳۴	۵/۸۵^{a}±۰/۰۵	۷/۶۵^{b}±۰/۱۸	۳۸/۱۹^{b}±۰/۷۵
فراصوت همزمان با اسمز	۵۲/۹۴^{a}±۰/۵۶	۵/۶۵^{a}±۰/۲۳	۹/۵۹^{ab}±۰/۳۲	۴۷/۲۸^{a}±۰/۰۷

اعداد (± انحراف استاندارد)، میانگین ۳ تکرار است.

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

ترکیبات مؤثر ژل آلوئه‌ورا پس از خشک شدن

نتایج جدول۲ نشان می‌دهد فرآیند صوت‌دهی باعث افزایش ترکیبات مؤثر و ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی در ژل آلوئه‌ورا شده‌است. منافذ و حباب‌هایی که در طول فرآیند فراصوت‌دهی بر اثر پدیده کاویتاسیون در بافت نمونه ایجاد می‌شوند، سبب سرعت بخشیدن به خروج آب و جذب مواد جامد موجود در محلول اسمزی می‌شوند. همچنین با استفاده از امواج فراصوت پدیده‌هایی مانند کاویتاسیون و اثر اسفنجی به ایجاد و گسترش میکروکانال‌هایی در ساختار سلولی نمونه و نیز به حذف گازهای درونی ماده غذایی می‌انجامد. این روند سبب تسهیل انتقال آب از نمونه و درنتیجه افزایش از دست دادن آب می‌شود. این نتایج با نتایج تحقیقات Rodriguez *et al.*, 2010) و (Hamedi *et al.*, 2018 همخوانی دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- مقایسهٔ اثر پیش‌تیمارهای اسمزی در مدت یک ساعت بر میزان ترکیبات مؤثر ژل آلوئه‌ورا

پیش‌تیمار	پلی‌فنل کل (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	قدرت احیاکنندگی آهن III (میکرومول آهن II بر لیتر)	قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد (درصد)	مقدار آنتوسیانین (سیانیدین-۳- گلیکوزید، میلی‌گرم بر کیلوگرم)
آبگیری اسمزی	۲۱/۴۳^{a}±۰/۳۳	۷/۵۰^{b}±۰/۲۱	۱۵/۲۵^{c}±۰/۲۷	۷۵/۲۳^{b}±۰/۴۳
فراصوت قبل از اسمز	۲۸/۷۵^{b}±۰/۲۸	۱۴/۷۸^{a}±۰/۱۱	۱۹/۸۶^{b}±۰/۴۳	۶۸/۳۳^{c} ±۰/۶۸
فراصوت همزمان با اسمز	۳۱/۱۴^{a}±۰/۱۵	۱۳/۴۷^{a}±۰/۰۹	۲۳/۱۷^{a}±۰/۱۷	۸۷/۸۹^{a} ±۰/۵۶

اعداد (± انحراف استاندارد)، میانگین ۳ تکرار است.

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

مؤلفه‌های رنگی و ساختار بافت در ژل آلوئه‌ورا پس از خشک شدن

بررسی مقایسهٔ میانگین نتایج آزمون نمونه‌های خشک شدهٔ اسمزی و فراصوت در جدول ۳ نشان می‌دهد که فرآیند فراصوت بر مؤلفه‌های رنگی و ساختار بافت تأثیر معنی‌داری دارد. در اثر فرآیند فراصوت، مولفهٔ L^* و a^* افزایش و b^* کاهش یافت، به‌عبارت دیگر، رنگ نمونه‌ها روشن‌تر شد و به قرمزی و به رنگ آبی تمایل پیدا کردند. گرایش ژل‌ها به رنگ قرمز به دلیل وجود آرگول در محلول اسمزی است که طی فرآیند اسمز، جذب نمونه‌های ژل شده است. اما گرایش رنگ ژل‌ها به رنگ آبی می‌تواند در اثر جذب ساکارز محلول باشد. در حالت کلی مولفه‌های رنگی L^* و a^* به تغییرات رنگی یا تیرگی ناشی از واکنش‌های قهوه‌ای شدن مرتبط هستند، به‌طوری‌که با افزایش واکنش‌های قهوه‌ای شدن مقدار L^* و a^* افزایش می‌یابد (Rodriguez *et al.*, 2010). همچنین، مشاهده می‌شود که با اعمال فراصوت، میزان سفتی بافت و قابلیت جویدن کاهش پیدا کرده که دلیل آن احتمالاً کاویتاسیون بر افزایش میزان جذب مواد جامد است (Chong *et al.*, 2008).

جدول ۳- مقایسهٔ اثر پیش‌تیمارهای اسمزی با شاهد در مدت یک ساعت بر مؤلفه‌های رنگی و ساختاربافت ژل آلوئه‌ورای خشک

ویژگی / تیمار	مؤلفه‌های رنگی L^* (میزان روشنایی)	مؤلفه‌های رنگی a^* (میزان قرمزی- سبزی)	مؤلفه‌های رنگی b^* (میزان آبی -زردی)	سفتی (N)	قابلیت جویدن (N)
بدون فراصوت (شاهد)	۳۰/۷۴^{b}± ۰/۳۳	۷/۹۱ ^{b}±۰/۰۹	-۳/۰۸^{b}± ۰/۰۱	۰/۳۸^{a}± ۰/۱۲	۱/۴۷^{a}± ۰/۰۹
فراصوت قبل از اسمز	۳۱/۱۱^{a}± ۰/۲۴	۹/۸۱^{a}± ۰/۰۴	-۴/۰۹^{a}± ۰/۰۵	۰/۲۸^{b}± ۰/۰۵	۱/۲۳^{b} ± ۰/۰۵
فراصوت همزمان با اسمز	۳۱/۲۵^{a}± ۰/۱۱	۷/۷۳^{a}± ۰/۰۸	-۳/۰۵^{b}± ۰/۰۷	۰/۱۸^{c} ±۰/۱۲	۱/۰۱^{c}± ۰/۰۱

اعداد (± انحراف استاندارد)، میانگین ۳ تکرار است.

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

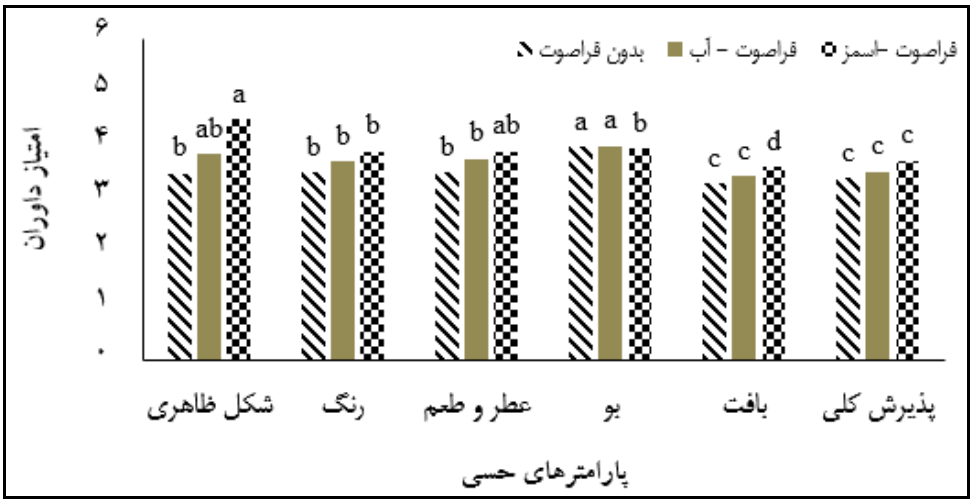
ارزیابی حسی ژل آلوئه‌ورا پس از خشک شدن

نتایج به‌دست آمده از ارزیابی حسی نمونه‌ها (شکل ۱) نشان می‌دهد که نمونهٔ شاهد (بدون فراصوت) از لحاظ ظاهر، رنگ، عطر ، طعم و پذیرش کلی تفاوت معنی‌داری با نمونه‌های پیش‌تیمار فراصوت قبل از اسمز و فراصوت همزمان با اسمز دارند ($P<$ ۰/۰۵). استفاده از فرآیند فراصوت باعث حفظ بهتر رنگ، بافت و شکل ظاهری شده است. شکر موجود در محلول اسمزی به‌میزان قابل توجهی بافت را محافظت کرده و حداقل آسیب و گسیختگی

www.SID.ir

Archive of SID

ماکرومولکول‌های سلولی و ترکیدگی دیوارهٔ سلولی را باعث شده است. همچنین، به‌دلیل اجرا شدن آزمایش در محیطی به دور از اکسیژن و حرارت، واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی کاهش یافته که باعث حفظ مواد عطر و طعمی و رنگ در محصول و درنتیجه افزایش قابلیت پذیرش آنها از نظر مصرف کننده شده‌است (Shahi *et al.*, 2016).



شکل ۱- تأثیر پیش‌تیمار فراصوت بر ارزیابی حسی ژل آلوئه‌ورای خشک

نتیجه‌گیری

فرآیند اسمز روشی امکان‌پذیر برای غنی‌سازی مواد غذایی با ترکیبات فراسودمند به‌شمار می‌رود. استفاده از امواج فراصوت می‌تواند به شکلی چشمگیر به غنی‌سازی کمک کند.

نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد میزان از دست دادن آب و میزان جذب مواد با کمک فرآیند فراصوت افزایش می‌یابد. پیش‌تیمار فراصوت همزمان با اسمز، بیشترین میزان جذب مجدد آب، کاهش وزن را دارد. نتایج آزمون نمونه‌های خشک شده اسمزی و فراصوت نشان می‌دهد که فرآیند فراصوت بر مولفه‌های رنگی و ساختار بافت، تأثیر معنی‌داری دارد.

در اثر فرآیند فراصوت، رنگ نمونه‌ها روشن‌تر و به قرمزی و به رنگ آبی متمایل می‌شود. با اِعمال فراصوت، میزان سفتی بافت و قابلیت جویدن کاهش می‌یابد.

نتایج به‌دست آمده از ارزیابی حسی نمونه‌ها نشان می‌دهدکه فرآیند فراصوت همزمان با اسمز باعث حفظ بهتر رنگ، بافت و شکل ظاهری نمونه‌ها می‌شود و بیشترین میزان از دست دادن آب و جذب مواد جامد را به‌همراه دارد.

قدردانی

این مقاله از نتایج پروژه تحقیقاتی مصوب به شماره ۵۳۲۶۹ اجرا شده در بخش فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات، آموزش و منابع طبیعی خراسان رضوی تهیه شده است. بدین‌وسیله از حامیان مالی آن قدردانی می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

Anon. AOAC. 2016. Official Methods of Analysis (20th Ed.). Association of Official Analytical Chemists. Washington. DC.

Azarpazhooh, E. and Ramaswamy, H. S. 2009. Evaluation of diffusion and Azuara models for mass transfer kinetics during microwave-osmotic dehydration of apples under continuous flow medium-spray conditions. Drying Technology, 28 (1): 57-67.

Bellary, A. N. and Rastogi, N. K. 2014. Ways and means for the infusion of bioactive constituents in solid foods. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 56(7): 1126-1145.

Benzie, I. F. F. and Strain, J. J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: the FRAP assay. Analytical Biochemistry. 239: 70-76.

Bozzi, A., Perrin, C., Austin, S. and Vera, A. 2007. Quality and authenticity of commercial aloe vera gel powders. Food Chemistry. 103, 22-30.

Carcel, J. A., Garcia- Perez, J. V., Riera, E. and Mulet, A. 2011. Improvement of convective drying of carrot by applying power ultrasound – influence of mass load density. Drying Technology. 29(2): 174- 182.

Chong, C. H., Law, C. L., Cloke, M., Hii, C. L., Abdullah, L. C. and Daud, W. R. W. 2008. Drying kinetics and product quality of dried Chempedak. Journal of Food Engineering, 88(4): 522-527.

Ersus, S. and Yurdagel, U. 2007. Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* L.) by spray drier. Food Engineering. 80, 805-812.

Fengxia, S. and Zhanming, Z. H. 2001. Determination of oil color by image analysis. Journal of the American Oil Chemists' Society. 78, 749-752.

Fernandes, F. A. N. and Rodrigues, S. 2007. Ultrasound as pre-treatment for drying of fruits: Dehydration of banana. Journal of Food Engineering. 82(2): 261- 267.

Fernandes, F. A. and Rodrigues, S. 2008. Application of ultrasound and ultrasound-assisted osmotic dehydration in drying of fruits. Drying Technology. 26(12): 1509-1516.

Fernandes, F. A. N., Oliveira, F. I. P. and Rodrigues, S. 2008a. Use of ultrasound for dehydration of papayas. Food and Bioprocess Technology. 1(4): 339-345.

Fernandes, F. A. N., Linhares, F. E. and Rodrigues, S. 2008b. Ultrasound as pre-treatment for drying of pineapple. Ultrasonics Sonochemistry. 15(6): 1049-1054.

Ferrando, M., Rozek, A., Achaerandio, I. and Guell, C. 2011. Grape phenolic infusion into solid foods: studies on mass transfer and antioxidant capacity. Procedia Food Science. 1: 1494-1501.

Ferreira, M. S., Santos, M. C., Moro, T. M. Basto, G. J., Andrade R. M. and Gonçalves, É. C. 2015. Formulation and characterization of functional foods based on fruit and vegetable residue flour. Journal of Food Science and Technology. 52(2): 822-830.

Galanakis, C. M. 2013. Emerging technologies for the production of nutraceuticals from agricultural by-products: a viewpoint of opportunities and challenges. Food and Bioproducts Processing. 91(4): 575-579.

Garcia-Noguera, J., Oliveira, F. I. O., Galláo, M. I., Weller, C. L., Rodrigues, S. and Fernandes, F. A. N. 2010. Ultrasound-assisted osmotic dehydration of strawberries: Effect of pretreatment time and ultrasonic frequency. Drying Technology. 28(2): 294-303.

Hamedi, F., Mohebbi, M., Shahidi, F. and Azarpazhooh, E. 2018. Ultrasound-assisted osmotic treatment of model food impregnated with pomegranate peel phenolic compounds: Mass

www.SID.ir

Archive of SID

transfer, texture, and phenolic evaluations. Food and Bioprocess Technology. 11(5): 1061–1074.

Huang, J. and Ling, Y. 2011. Microencapsulation of anthocyanins from fruits of berberis kaschgarica rupr. Food Science. 32(16): 16-21.

Huang, M., Kennedy, J. F., Li, B., Xu, X. and Xie, B. J. 2007. Characters of rice starch gel modified by gellan, carrageenan, and glucomannan: A texture profile analysis study. Carbohydrate Polymers. 69(3): 411-418.

Karacabey, E. and Mazza, G. 2010. Optimisation of antioxidant activity of grape cane extracts using response surface methodology. Food Chemistry.3 119(1): 343-348.

Lawless, J. and Allen, J. 2000. Aloe vera: Natyral wander Care. 1st Ed. Thorsons. Harpercollins, Hammersmith, London, W68JB. Pp. 5-12.

Rodriguez, E. R., Martin, J. D. and Romero, C. D. 2010. Aloe vera as a functional ingredient in foods. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 50(4): 305-326.

Rózek, A., García-Pérez, J. V., López, F., Güell, C. and Ferrando, M. 2010. Infusion of grape phenolics into fruits and vegetables by osmotic treatment: Phenolic stabililty during air drying. Journal of Food Engineering. 99(2): 142-150.

Sabetghadam, M. and Tavakolipour, H. 2015. Osmo-coating and ultrasonic dehydration as pre-treatment for hot air-drying of flavored apple. Engineering in Agriculture, Environment and Food. 8(4): 318-327.

Shahi, M. M. N., Sabetghadam, M. and Athari, M. 2016. The effect of osmotic and ultrasound pre-treatment on some physicochemical features of avocado. International Journal of Pharmaceutical Research and Allied Sciences. 5(4): 121-131.

www.SID.ir

Archive of SID

Food Engineering Research/Vol.18/No.66/Spring & Summer 2019/P: 143-154

Evaluation of the Effects of Osmosis Pretreatment Assisted by Ultrasound on the Impregnation of Phenolic Compounds into *Aloe vera* Gel and Dry Product Quality

E. Azarpazhooh*, P. Sharayeei and F. Gheybi

*Corresponding Author: Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khorasan-e Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extention Organization, Mashhad, Iran. Email: azarpazhooh@gmail.com
Received: 31 October 2018, Accepted: 3 June 2019

Abstract

In this study, the effects of combined osmosis and ultrasonic pre-treatment on the infusion of phenolic compounds extracted from grape residue into *Aloe vera* gel was evaluated, and the qualitative characteristics of dried *Aloe vera* samples were evaluated with hot air flow. For this purpose, the *Aloe vera* gel was prepared with agar and cut in the cylinder form (20 x 20 mm). The effects of different methods (osmotic dehydration, ultrasound prior and ultrasound assisted osmotic dehydration) on water loss, adsorption of solids, dehydration index and weight loss were measured. The samples were dried with a cabinet- dryer with a constant temperature of 60 °C and air speed of 1.5 m / s. The results showed that ultrasonic application had a significant effect on the physico-chemical properties of *Aloe vera* gel. The ultrasound assisted osmotic dehydration increased the amount of water loss and solids gain, comparing with other methods. The dried *Aloe vera* gel pre-treated with ultrasound assisted osmotic dehydration, had higher anthocyanin compounds and its color was lighter and reddened. The results of the sensory evaluation of the samples showed that this pretreatment improved the color, texture and appearance of the product.

Keywords*:* *Aloe vera*, osmosis, grape residues, dehydration, ultrasonic

www.SID.ir