

تأثیر ویژگیهای فرآیند اسمزی بر خصوصیات کیفی برگه‌های سیب زرد لبنانی

احمد کلباسی^۱ و حامد فاطمیان^۲

۱- ۲- دانشیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه علوم صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش مقاله ۷۹/۹/۲۳

خلاصه

در این پژوهش تأثیر مهمترین ویژگیهای فرآیند آبگیری اسمزی از قبیل میزان ماده فعال کننده، غلظت، دما و نوع محلول اسمزی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و ارگانوئیک برگه‌های سیب گلدن دلشس مورد بررسی قرار گرفته و نتایج زیر به دست آمد: ۱- با زیاد شدن دمای محلول اسمزی (تا میزان معینی) مقادیر چروکیدگی، دانسیته نوری (میزان قهوه‌ای شدن) و سختی بافت در محصول تولیدی به ترتیب افزایش، کاهش و افزایش یافت. ۲- با افزودن تعداد نمک طعام (به عنوان ماده فعال کننده) در محلول اسمزی مقادیر چروکیدگی، دانسیته نوری و ظرفیت جذب آب در فرآورده‌های نهایی به ترتیب افزایش، کاهش و افزایش یافت. ۳- با ازدیاد غلظت مواد قندی در محلول اسمزی، مقادیر ظرفیت جذب آب و سختی بافت در محصول پایانی فرآیند به ترتیب افزایش و کاهش یافت. ۴- در شرایط یکسان ظرفیت جذب آب در برگه‌های سیب آبگیری شده با محلول گلوکز به طور معنی‌داری بیشتر از محصول مشابه آبگیری شده با محلول ساکارز بود. ۵- هیچیک از ویژگیهای فرآیند آبگیری اسمزی اثر معنی‌داری در کاهش ویتامین C موجود در سیب اولیه از خود نشان ندادند. ۶- با تعیین میزان مقاومت محصول در مقابل نیروهای برشی، امکان ارزیابی کیفی محصول نهایی در بیشتر از ۹۰٪ از موارد بوجود آمد. ۷- در تمامی موارد میزان مقبولیت و پذیرش ارگانولپتیک محصول نهایی فرآیند آبگیری اسمزی با سه ویژگی مهم قابلیت جذب آب، درصد ساکارز و میزان مقاومت در مقابل نیروهای برشی قابل توصیف بود.

واژه‌های کلیدی: فرآیند آبگیری اسمزی سیب زرد لبنانی، چروکیدگی، دانسیته نوری، سختی بافت و ظرفیت جذب آب.

مقدمه

نهایی به شدت افزایش یافته و میزان دانسیته نوری یا میزان قهوه‌ای شدن کاهش می‌یابد. ثانیاً با افزایش کلرور سدیم و غلظت محلول اسمزی (برخلاف دما)، ظرفیت و قابلیت جذب آب در نمونه‌های سیب اسمز شده افزایش می‌یابد. ثالثاً، ظرفیت و قابلیت جذب آب نمونه‌های محصول اسمز شده در محلولهای گلوکزی تحت شرایط یکسان، در مقایسه با همین نمونه‌ها در محلولهای ساکارز به میزان قابل توجهی بیشتر است. همچنین مشخص شد که افزایش درجه حرارت و غلظت محلول اسمزی برخلاف کلرور سدیم منجر به کاهش قابل ملاحظه‌ای در سختی بافت محصول

در این پژوهش اثر شرایط مختلف انجام فرآیند اسمزی جهت آبگیری یا خشک کردن میوه‌ها از قبیل میزان ماده فعال کننده، غلظت، دما و نوع ماده قندی محلول در مایع اسمزی بر مهمترین ویژگیهای نهایی به خصوص ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی، تغذیه‌ای و ارگانولپتیک سیب رقم گلدن دلشس همراه با نمونه شاهد مورد مطالعه قرار گرفت. بررسیهای انجام شده نشان داد که اولاً، با افزایش دما و میزان کلرور سدیم (به عنوان ماده فعال کننده محلول اسمزی)، میزان چروکیدگی بافت محصول

نظیر میزان چروکیدگی، سختی‌بافت، قهوه‌ای شدن، قابلیت جذب آب و مقدار افت ویتامین C در طی انجام فرآیند و نیز ویژگیهای ارگانولپتیک آن به همراه نمونه شاهد بود.

مواد و روشها

این مطالعه بر روی سیبهای رقم گلدن دلشس جهت بررسی اثر دماهای مختلف (40°C ، 45°C و 50°C) و محلولهای اسمزی ساکارز، و گلوکز با غلظتهای ۵۰٪ و ۷۰٪ حاوی مقادیر مختلف کلرور سدیم (صفر، نیم و یک درصد) بر ویژگیهای کیفی سیبهای حلقه‌ای شکل آبدار شده با این روش انجام گردید. جهت سنجش ویژگیهای مختلف در محصول نهایی و نمونه شاهد که در تولید آنها از جریان هوای گرم استفاده شد آزمایشهایی به شرح ذیل انجام پذیرفت:

۱- چروکیدگی بافت

مطابق شکل ۱ ابعاد ظاهری قطعات حلقه‌ای شکل نمونه‌ها با استفاده از میکرومتر و خط کش یک دهم میلیمتری در ابتدا و انتهای فرآیند آبدارگری با روش اسمزی اندازه‌گیری و با استفاده از رابطه زیر میزان چروکیدگی بافت محاسبه گردید (۷):

$$SH = \frac{V_i - V_f}{V_i} \times 100 \quad (\text{معادله ۱})$$

که در آن:

SH = میزان چروکیدگی بافت در انتهای مرحله اسمزی (درصد)
 V_f = حجم نهایی یا حجم قطعات حلقه‌ای شکل میوه سیب در انتهای فرآیند اسمزی (cm^3)

V_i = حجم اولیه قطعات حلقه‌ای شکل در ابتدای فرآیند (cm^3)
 با توجه به شکل ۱ و براساس موازین ریاضی حجم هر قطعه حلقه‌ای شکل میوه سیب از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$V = \pi L(d_2o - d_2i) / 4$$

که در آن:

d_0 و d_i به ترتیب قطرهای خارجی و داخلی و L ضخامت حلقه میوه می‌باشد

۲- سختی یا مقاومت بافت

با استفاده از دستگاه سنجش ویژگیهای رئولوژیکی مواد غذایی میزان مقاومت بافت هر نمونه از محصول نهایی در مقابل نیروی برشی وارده بر واحد سطح نمونه با ضخامت مشخص اندازه‌گیری و بر مبنای موازین ریاضی و بعنوان معیاری از سختی محصول بر اساس رابطه ذیل تعیین گردید (۲۰).

نهایی می‌شود. به علاوه مشخص گردید، که هیچیک از عوامل مؤثر بر فرآیند آبدارگری اسمزی از سبب بر میزان ویتامین C در محصول نهایی اثر معنی‌داری ندارد. نتایج حاصل از آزمونهای چشائی، نشان داد که اولاً، با تعیین میزان مقاومت بافت محصول در مقابل نیروی برشی می‌توان در بیش از ۹۰٪ موارد کیفیت بافتی محصول را ارزیابی نمود. ثانیاً، مقبولیت و پذیرش ارگانولپتیک محصول نهایی در تمامی موارد بوسیله سه ویژگی اصلی قابلیت جذب آب، درصد ساکارز و میزان مقاومت محصول نهایی قابل توصیف بود.

با توجه به اهمیت خاص صادرات غیر نفتی، بخصوص خشکبار میوه، تلاش در جهت رشد و شکوفایی اقتصاد کشور از طریق افزایش بازارهای جهانی برای این محصول ضروری است. این امر به لحاظ افزایش درآمدهای ارزی و نیز به دلیل حمایت از تولید کنندگان داخلی بسیار حایز اهمیت است. بدون شک دستیابی به این مهم از طریق تحقیق و بکارگیری روشهای جدید و مناسب جهت افزایش کیفیت محصول تولیدی، تا رسیدن به استانداردهای جهانی امکان‌پذیر است. در حقیقت صادرات خشکبار میوه به توانایی تولید و عرضه آنها با کیفیت ممتاز و میزان مطابقت ویژگیهای محصول نهایی با استانداردهای مورد درخواست خریداران داخلی و خارجی بستگی دارد.

از آنجا که استفاده از نور آفتاب یا بهره‌گیری از هوای گرم جهت آبدارگری از میوه‌ها و سبزیها صرف نظر از مصرف انرژی بسیار زیاد (۱۳ و ۲۳) اثرات مخربی بر ویژگیهای مطلوب ماده اولیه دارد، لذا با کاربرد فرآیند اسمزی در خشک کردن مواد غذایی امکان دستیابی به ویژگیهای مطلوب کیفی نظیر رنگ و طعم نزدیک‌تر به حالت طبیعی میوه، سختی و چروکیدگی هر چه کمتر، بافت نرم‌تر و مناسبتر، انحلال هر چه سریعتر محصول در دهان و بطور کلی ویژگیهای ارگانولپتیک بهتر در فرآورده‌هایی بخوبی وجود دارد. از مزایای دیگر این روش امکان حذف کامل افزودنیهای غیر مجاز نظیر ترکیبات گوگردی در فرآیند خشک کردن میوه‌ها و سبزیها است (۶، ۸ و ۱۷).

هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثر مجموعه عوامل تعیین کننده شرایط فرآیند نظیر درجه حرارت، میزان کلرور سدیم، نوع و غلظت محلول اسمزی در آبدارگری اسمزی سبب رقم گلدن دلشس بعنوان میوه مدل بر پاره‌ای از ویژگیهای کیفی محصول نهایی

آب مقطر غوطه‌ور گردید. پس از ۶ ساعت هر نمونه از محلول خارج و بعد از آبجک شدن، دقیقاً توزین و نسبت جذب آب آن (RR) بر اساس رابطه زیر تعیین گردید (۱۶ و ۱۹).

$$RR = W_r/W_d \quad (\text{معادله ۴})$$

که در آن:

RR = میزان قابلیت جذب آب یا نسبت مقدار آب جذب شده

در محصول به مقدار وزن اولیه آن

W_r = وزن نمونه محصول نهایی پس از جذب آب

W_d = وزن نمونه محصول نهایی قبل از جذب آب

۵- افت ویتامین C در حین فرآیند

به منظور بررسی اثرات منفی فرآیندهای اسمزی و خشک

کردن تکمیلی بر کیفیت تغذیه‌ای نمونه‌های محصول نهایی، ابتدا

میزان ویتامین C در مراحل مختلف این دو فرآیند با بهره‌گیری

از روش ۲ و ۶ دی کلروفنل ایندوفنل اندازه‌گیری شد. سپس با

کاربرد روابط ریاضی ذیل میزان افت این ویتامین در طی فرآینده

مذکور تعیین گردید (۳):

$$VCL(os) = \frac{VC(i) - VC(os)}{VC(i)} \times 100 \quad (\text{معادله ۵})$$

$$VCL(ad) = \frac{VC(os) - VC(ad)}{VC(os)} \times 100 \quad (\text{معادله ۶})$$

که در آنها:

$VCL^{(os)}$ = درصد افت ویتامین C در طی فرآیند آبیگری اسمزی

$VCL^{(ad)}$ = درصد افت ویتامین C در فرآیند آبیگری تکمیلی

یا خشک کردن تکمیلی با استفاده از جریان هوای گرم

$VC(os)$ = محتوای ویتامین C نمونه‌ها پس از آبیگری اسمزی

(mg/100g)

$VC(ad)$ = محتوای ویتامین C نمونه‌ها پس از خشک شدن

تکمیلی (mg/100g)

$VC^{(i)}$ = محتوای ویتامین C نمونه‌های اولیه (mg/100g)

۶- ارزیابی ویژگیهای حسی

جهت ارزیابی ویژگیهای ارگانولپتیک محصول نهایی در

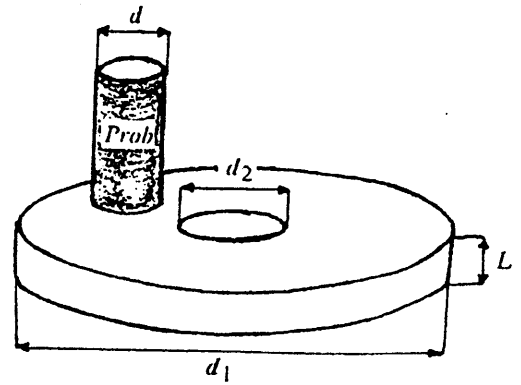
مقایسه با نمونه شاهد از نظرات گروه کارشناسان چشایی استفاده

گردید و به منظور پیش بینی وضعیت عوامل تعیین کننده کیفیت

میزان همبستگی بین برخی فاکتورهای حسی ارزیابی شده در

مدل نهایی وضعیت بافت و رنگ با ویژگیهای اندازه‌گیری شده با

روشهای فیزیکی، شیمیایی (مانند سنجش میزان مقاومت بافت



شکل ۱- ابعاد ظاهری نمونه (سیب) حلقه مانند (Apple ring)

$$SS = F/\pi.d.L \quad (\text{معادله ۳})$$

که در آن:

SS = مقاومت بافت در مقابل نیروی برشی (بر حسب N/m^2)

F = نیروی افقی وارده بر نمونه محصول آزمایشی (بر حسب N)

d = قطر سطح مورد اثر نیرو معادل یا قطر پروب دستگاه

(شکل ۱) که در شرایط انجام آزمایش معادل یک صدم متر بوده

است.

L = ضخامت نمونه در نقطه وارد آمدن نیرو (m)

۳- قهوه‌ای شدن یا تولید رنگدانه‌های قهوه‌ای در

محصول از طریق سنجش جذب نوری

به منظور سنجش میزان مواد رنگی یا رنگیزه‌های قهوه‌ای

تشکیل شده در طی انجام فرآیند آبیگری اسمزی و خشک کردن

تکمیلی محصول از روش پیشنهادی عبدالحق استفاده شد (۱).

در این روش نخست هشت گرم از نمونه همگن شده محصول

نهایی، آسیاب و به یک بالن ۲۵۰ میلی‌لیتری منتقل و مقدار ۱۰۰

میلی‌لیتر محلول اتانول ۵۰ درصد حجمی به آن اضافه و برای

مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق نگهداری گردید. آنگاه محصول

حاصل با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۲ پالایش و میزان

جذب نور و به بیانی دیگر میزان دانسیته نوری آن که معرف

میزان رنگیزه‌های تولید شده در جریان واکنشهای قهوه‌ای شدن

بود، با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۴۴۰

نانومتر اندازه‌گیری شد.

۴- قابلیت جذب آب در محصول نهایی

برای تعیین ظرفیت جذب آب در محصول نهایی، وزن

مشخصی از هر نمونه در بشرهای محتوی حدود ۱۰ برابر وزنی آن

در مقابل نیروی برشی و دانسیته نوری محصول) محاسبه و در این راستا مدل‌های مناسبی بدست آمد. همچنین جهت مطالعه تأثیر نسبی پارامترهای بررسی شده بر میزان مقبولیت محصول نهایی از طریق رگرسیون‌های چند متغیره مدل بهینه مقبولیت محصول نهایی تعیین گردید.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) بین فاکتورهای اعمال شده و اثرات متقابل آنها با برخی از متغیرهای اندازه‌گیری شده، اختلاف‌های معنی‌داری مشاهده گردید. به منظور روشن‌تر شدن مطلب، اثر هر کدام از ویژگی‌های انجام فرآیند بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی محصول نهایی به طور جداگانه و به شرح زیر بحث می‌شود.

۱- اثر درجه حرارت

همانطور که از شکل ۲ استنباط می‌شود با افزایش درجه حرارت میزان چروکیدگی بافتی نمونه‌های اسمزی شده زیاد می‌گردد، بطوری که با ازدیاد دما از 40°C تا 50°C میزان چروکیدگی نمونه‌های محصول در هر کدام از محلول‌های ساکارزی و گلوکز حدود ۲۰ درصد افزایش یافته است. این بررسیها نشان داد که درجه حرارت به میزان قابل ملاحظه‌ای بر دانسیته نوری، قابلیت جذب آب و سختی بافت نمونه‌های سیب اسمز شده مؤثر است. به عبارت روشن‌تر مقدار دانسیته نوری و میزان قهوه‌ای شدن نمونه‌های اسمزی شده (۱۷) در محلول‌های ساکارز و گلوکز و در دمای 50°C بطور متوسط و به ترتیب ۲۵ و ۴۲ درصد نسبت به دمای 40°C کاهش نشان می‌دهد (شکل ۳)، این در حالی است که با افزایش دما قابلیت جذب آب و سختی بافت محصول نهایی حاصل از فرآیند اسمزی به ترتیب کاهشی معادل ۸ و ۴۰ درصد برای محلول‌های ساکارزی و ۷ و ۲۰ درصد برای محلول‌های گلوکزی داشته است (شکل‌های ۴ و ۵).

۲- اثر نوع و غلظت محلول اسمزی

برخلاف دما با افزایش غلظت محلول‌های اسمزی در میزان چروکیدگی بافتی نمونه‌های اسمزی شده کاهش مشاهده شد (شکل ۶). بعنوان مثال میزان چروکیدگی نمونه‌های اسمزی شده در محلول‌های ساکارزی با ۷۰ درصد غلظت در حدود ۶٪ کمتر از نمونه‌های مشابه در محلول‌های ساکارزی با ۵۰٪ غلظت بوده است.

در این تحقیق نشان داده شد که با افزایش محلول‌های اسمزی قابلیت جذب آب محصول نهایی افزایش می‌یابد (شکل ۷) و این در حالیست که در هر یک از محلول‌های اسمزی افزایش غلظت بر کم شدن سختی بافت اثر مطلوب داشته است (شکل ۸). نکته قابل توجه در این مورد تمایز نسبتاً شدید بین محلول‌های ساکارز و گلوکز در تأثیرگذاری‌شان بر سختی بافت محصول نهایی است. آزمایش‌های انجام شده نشان داد که بافت نمونه‌های اسمزی در محلول‌های ساکارزی ۴۷٪ نرمتر از نمونه‌های مشابه در محلول‌های گلوکزی می‌باشد و این تفاوت در شکل ۸ به وضوح مشاهده می‌گردد.

۳- اثر نمک کلرور سدیم

یافته‌های این آزمایش گویای آن است که با افزایش غلظت کلرور سدیم از صفر تا یک درصد، میزان چروکیدگی بافت نمونه‌های اسمزی در محلول‌های ساکارز و گلوکز بترتیب ۱۵/۶ و ۹/۲ درصد افزایش یافته (شکل ۹)، در حالی که بر میزان جذب نوری یا دانسیته نوری نمونه‌های مذکور اثر معکوس داشته است (شکل ۱۰). همچنین مشخص گردید که افزایش غلظت کلرور سدیم بر قابلیت جذب آب و سختی بافت نمونه‌های اسمزی شده اثری فزاینده دارد (شکل‌های ۱۱ و ۱۲).

۴- اثر فاکتورهای اعمال شده بر میزان ویتامین C محصول نهایی

بررسی‌های آماری نشان داد که هیچیک از پارامترهای اعمال شده در فرآیند اسمزی بر تغییرات ویتامین C نمونه‌های محصول اثر معنی‌داری نداشته است. ($P > 0.05$)

۵- مقایسه متغیرهای اندازه‌گیری شده در نمونه‌های اسمزی و شاهد:

همانطور که در نمودار ۵ نیز مشاهده گردید، میزان چروکیدگی در نمونه‌های اسمزی شده ۱۶ تا ۲۰ درصد کمتر از نمونه‌های شاهد و دانسیته نوری یا به نوعی میزان قهوه‌ای شدن آنها ۵۴ تا ۵۹ درصد کمتر از دانسیته نوری نمونه‌های معمولی یا شاهد بوده است (شکل ۱۳). از طرف دیگر، قابلیت جذب آب نمونه‌های اسمزی شده در محلول‌های دارای غلظت یکسان از ساکارز و گلوکز بترتیب ۱۱ و ۲۸/۵ درصد کمتر از نمونه‌های شاهد بوده است (شکل ۷). از طرف دیگر، همانطور که در شکل ۸ مشاهده می‌گردد سختی بافت نمونه‌های اسمزی شده در محلول‌های ساکارزی حدود ۴۷ تا ۵۲ درصد کمتر از سختی بافت

$$R^2 = 0.997$$

$$P = 0.035$$

که در آن Sue درصد غلظت ساکارز در محصول نهایی می باشد.

به طور کلی میزان چروکیدگی بافت با شدت فرآیند آبیگری اسمزی از میوه رابطه‌ای مستقیم دارد. علاوه بر این بافت سیب محتوی مقادیر قابل توجهی حباب هوا در فضاها و حوزہ‌های بین سلولی است که هر قدر شدت خروج حبابها از درون بافت بیشتر باشد میزان چروکیدگی محصول بیشتر خواهد شد (۹). بدون شک افزایش درجه حرارت و غلظت نمک کلرور سدیم در فرآیند اسمزی از یک طرف سبب افزایش شدت فرآیند آبیگری از میوه می‌شوند (۵، ۸، ۱۴) و از طرف دیگر غلظت مواد کمکی در درون بافت محصول افزایش یافته (۵، ۶) و این خود منجر به افزایش مقاومت بافت محصول در مقابل چروکیدگی می‌گردد. به عبارت دیگر، مواد جامد محلولی که به فضای میان بافتی نفوذ می‌کنند با پر کردن فضاها و مجاری خالی، از ایجاد چروکیدگی در میوه تا حدود زیادی جلوگیری می‌نمایند. کاهش ۱۶ تا ۲۰ درصد چروکیدگی در بافت نمونه‌های اسمزی شده سبب در مقایسه با نمونه‌های شاهد می‌تواند دلیلی بر این ادعا باشد. همچنین مشخص شده که درجه حرارت، نوع و غلظت محلول اسمزی و میزان مواد کمکی نظیر نمک کلرور سدیم بردانسته نوری نمونه‌های اسمزی شده محصول به عنوان معیاری از میزان قهوه‌ای شدن آنها (۲۱) به نحو قابل توجهی اثر می‌گذارد. با وجود اینکه در خلال فرآیند اسمزی، نمونه‌های محصول در زیر سطح مایع و ظاهراً به دور از اکسیژن قرار گرفته بودند، لیکن ممکن بود عوامل متعددی نظیر سرعت هم زدن محلول، نوع هم زندهایی مکانیکی (که هر دو در ایجاد چاهک و نفوذ هوا به درون محلول تأثیر دارند) بر شدت خروج حبابهای هوا از درون بافت سیب و تجمع آنها در اطراف نمونه تأثیر به سزایی گذاشته و به دلیل تأمین اکسیژن مورد نیاز، واکنشهای قهوه‌ای شدن آذیمی تسریع گردد، به ویژه آنکه در شرایط عملیاتی این پروژه عوامل دیگری نظیر pH و درجه حرارت‌های لازم برای انجام واکنشهای مذکور مهیا بوده است. هر چند مجموعه عوامل مذکور می‌توانست انجام واکنشهای قهوه‌ای شدن محصول را شدت بخشد، لیکن با انجام دقت‌های لازم در خصوص انتخاب نوع هم‌زن، سرعت هم‌زن و ممانعت از تشکیل چاهک، زمینه جهت جلوگیری از انجام واکنشهای

نمونه‌های شاهد و به عبارتی نرمتر از نمونه‌های شاهد بوده‌است، در حالیکه بین سختی بافت نمونه‌های اسمزی شده در محلول گلوکز و شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. ($P > 0.05$)

۶- ارزیابی‌های ارگانولپتیک

جهت مطالعه تأثیر نسبی پارامترهای مورد بررسی در آزمون ارگانولپتیک بر میزان مقبولیت محصول نهایی از رگرسیونهای چند متغیره استفاده و مدل بهینه مقبولیت به صورت ذیل تعیین گردید AC:

$$0.163 + 1.132TX + 0.741CO + 1.216FO + 0.034AP \quad (Y \text{ معادله})$$

$$R^2 = 0.984$$

$$P = 0.004$$

که در آن:

AC = میزان مقبولیت محصول نهایی، TX = کیفیت بافتی،

CO = کیفیت ظاهری رنگ، AP = وضعیت ظاهری و FO = عطر و طعم محصول نهایی می‌باشد.

همچنین همبستگی بین برخی فاکتورهای حسی ارزیابی شده از طریق آزمون ارگانولپتیک با ویژگیهای غیر حسی تعیین و بصورت مدل‌های بهینه پیشنهاد شد. به عنوان مثال، رابطه ریاضی بین ارزشهای کیفی بافت محصول (TX) [حاصل از طریق آزمونهای حسی] با مقادیر مقاومت بافت محصول در مقابل نیروهای برشی (SS) [به عنوان یک ویژگی غیر حسی و معیاری از سختی بافت] بصورت معادله ذیل حاصل شد:

$$TX = 97.644 - 21.287SS \quad (\text{معادله } ۸)$$

$$R^2 = 0.902$$

$$P = 0.003$$

همچنین بر اساس نتایج حاصل از آزمونهای Subjective و

Objective مدل مناسب برای بیان همبستگی بین میزان مطلوب رنگ (CO) [به عنوان یک فاکتور حسی] با میزان دانسیته نوری (OD) و همچنین pH نمونه‌های اسمزی شده [به عنوان فاکتورهای غیر حسی و کمی] بصورت ذیل تعیین گردید:

$$CO = 106.422 - 421.91OD - 11.56PH \quad (\text{معادله } ۹)$$

$$R^2 = 0.918$$

$$P = 0.023$$

در همین راستا مناسبترین مدل جهت تخمین و پیش‌بینی میزان مقبولیت محصول نهایی براساس ویژگیهای غیر حسی بصورت زیر مشخص شد:

$$AC = 316.155 - 57.159RR - 1.702Suc - 24.608SS$$

(معادله ۱۰)

جدول ۱- تجزیه واریانس متغیرهای ارزیابی شده

VCL ^(od)	VCL ^(os)	RR	OD	SS	SH	درجه آزادی	منابع تغییرات
ns	ns	**	**	**	**	۱	(A) نوع محلول اسمزی
*	ns	**	**	**	**	۱	(B) غلظت محلول اسمزی
ns	ns	**	Ns	*	ns	۱	A×B
ns	ns	**	**	*	**	۲	(C) درصد نمک کلرور سدیم
ns	ns	**	Ns	**	*	۲	A×C
ns	ns	**	ns	*	ns	۲	B×C
ns	ns	ns	ns	Ns	ns	۲	B×A×C
ns	ns	**	**	**	**	۲	D درجه حرارت
**	ns	ns	Ns	**	ns	۲	A×D
*	ns	**	*	Ns	ns	۲	B×D
ns	ns	ns	ns	Ns	ns	۲	A×B×D
ns	ns	ns	ns	Ns	ns	۴	C×D
ns	ns	**	ns	Ns	ns	۴	A×C×D
ns	ns	*	ns	Ns	ns	۴	B×C×D
ns	ns	ns	ns	Ns	ns	۴	A×B×C×D
						۷۲	خطا
۸/۰۳	۹/۱۳	۱/۳۲	۷/۱۶	۴/۴۵	۴/۷۹		(%) C.V

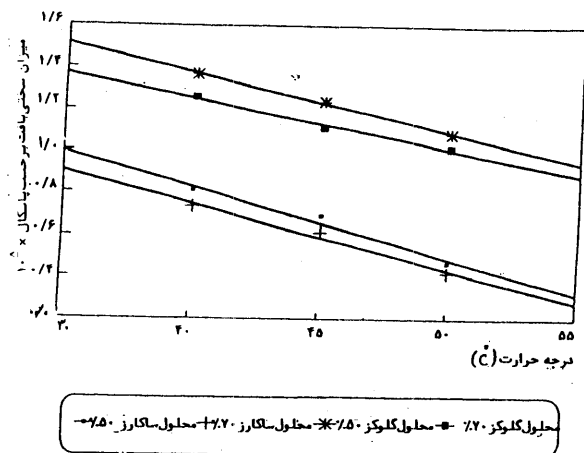
ns: معنی دار نمی باشد.

* و ** به ترتیب معنی دار در سطوح ۵٪ و ۱٪.

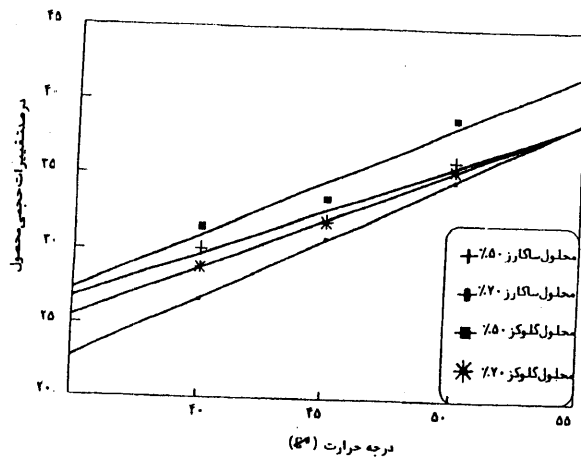
امر خود در محدود کردن واکنشهای قهوه‌ای شدن آنزیمی مؤثر است. علاوه بر این، وجود شرایط نامناسب در فرآیند اسمزی و همچنین استفاده طولانی مدت از جریان هوای گرم در تولید محصول مورد نظر منجر به تشدید واکنشهای قهوه‌ای شدن آنزیمی و غیرآنزیمی می‌شود (۱۹). از آنجا که نمونه شاهد مدت زمان بیشتری در معرض هوای گرم قرار می‌گیرد، لذا دانسیته نوری بالاتری در مقایسه با نمونه‌های اسمزی دارد (شکل ۱۳). همچنین مشخص گردید که درجه حرارت بر میزان قابلیت جذب آب نمونه‌های اسمزی شده اثری منفی دارد. در حقیقت به دلیل اثرات مخرب افزایش درجه حرارت بر ویژگیهای فیزیکوشیمیایی محصول (۲) و تشدید پدیده‌هایی نظیر چروکیدگی و از بین رفتن مجاری موئین در درون بافت، موجب نقصان ظرفیت جذب آب نمونه‌های محصول آبدار شده می‌گردد (۱۷). نتایج حاصل از این تحقیق با گزارش‌های لئارت و همکارانش کاملاً هماهنگی دارد (۱۵ و ۱۶). برخلاف اثر درجه حرارت افزودن درصد نمک کلرور

قهوه‌ای شدن آنزیمی فراهم گردید. البته در کنار واکنشهای قهوه‌ای شدن آنزیمی واکنشهای مایار را نیز می‌توان در تولید رنگیزه‌های قهوه‌ای شدن مؤثر دانست، چرا که با افزایش pH نمونه‌ها به دلیل خروج اسیدهای خوراکی از درون بافت میوه به محلول اسمزی (۲۲) شرایط جهت انجام این واکنشها مناسب‌تر می‌گردد.

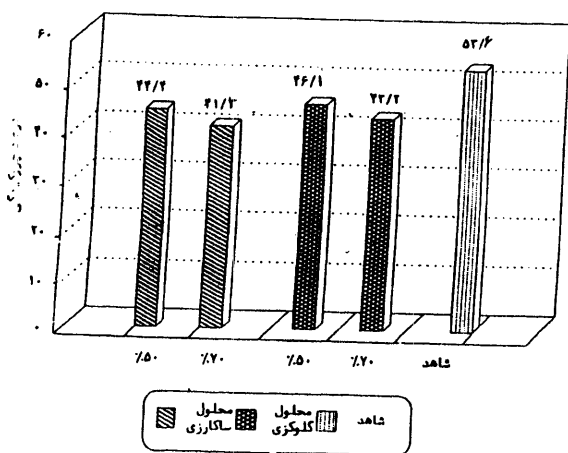
از مجموع بررسیهای بعمل آمده چنین استنباط گردید که عواملی نظیر درجه حرارت، نمک کلرور سدیم و غلظت محلول اسمزی که به نحو چشمگیری بر شدت فرایند مؤثرند (۸ و ۱۱) بر میزان قهوه‌ای شدن نمونه‌ها نیز اثری مهم و قابل ملاحظه دارند. در حقیقت با افزایش میزان دما، غلظت محلول اسمزی و نمک کلرور سدیم نه تنها سبب تسریع فرآیند اسمز و کاهش زمان اقامت نمونه در محلول می‌گردد، بلکه باعث کم شدن زمان تماس مایع اسمزی و کاهش میزان حلالیت اکسیژن در محلول می‌شود. میزان حلالیت اکسیژن در محلول را کاهش می‌دهد (۱۸) که این



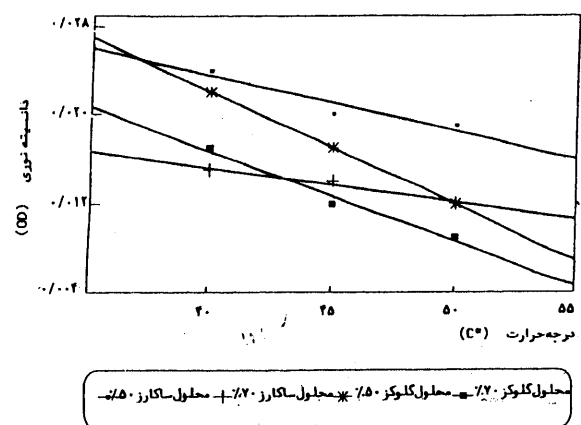
شکل ۱- اثر افزایش درجه حرارت و غلظت‌های گوناگون محلول‌های مختلف اسمزی بر میزان خشکی محصول نهایی



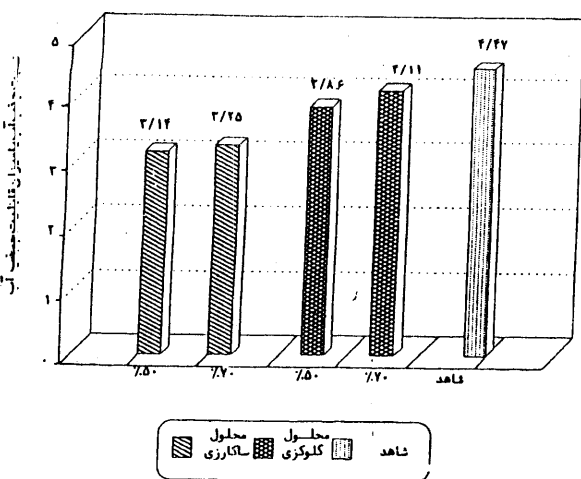
شکل ۲- اثر افزایش درجه حرارت و غلظت‌های گوناگون محلول‌های مختلف اسمزی بر میزان چروکیدگی محصول نهایی



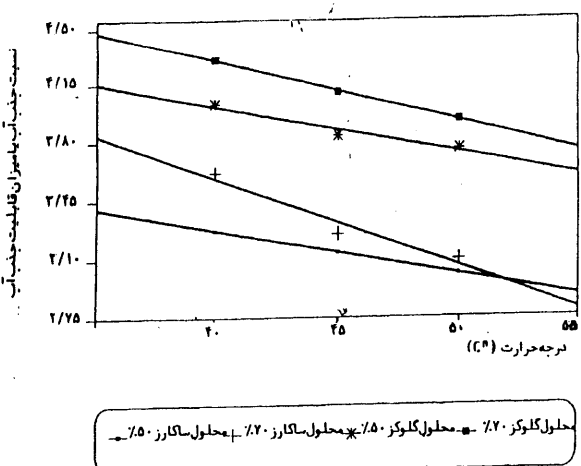
شکل ۳- اثر افزایش درجه حرارت و غلظت‌های گوناگون محلول‌های مختلف اسمزی بر میزان چروکیدگی محصول نهایی



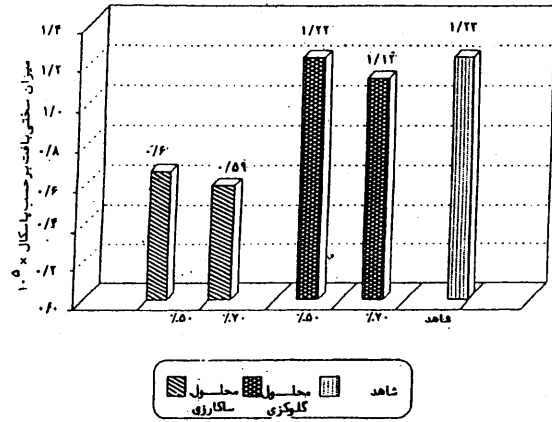
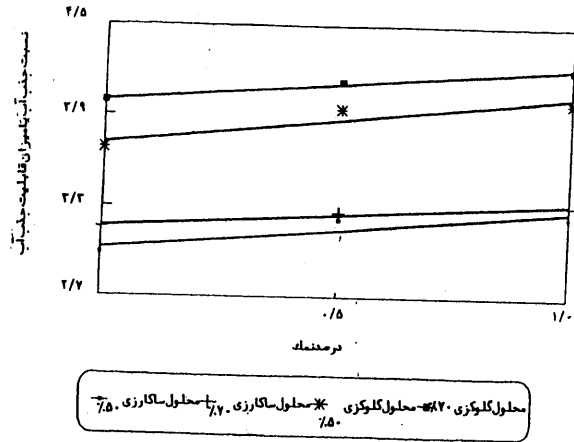
شکل ۴- اثر افزایش درجه حرارت و غلظت‌های گوناگون محلول‌های مختلف اسمزی بر میزان چوب‌های شدن محصول نهایی



شکل ۵- اثر افزایش درجه حرارت و غلظت‌های گوناگون محلول‌های مختلف اسمزی، ساکارزی و گلوکزی، همراه با نمونه شاهد بر میزان قابلیت جذب آب محصول نهایی

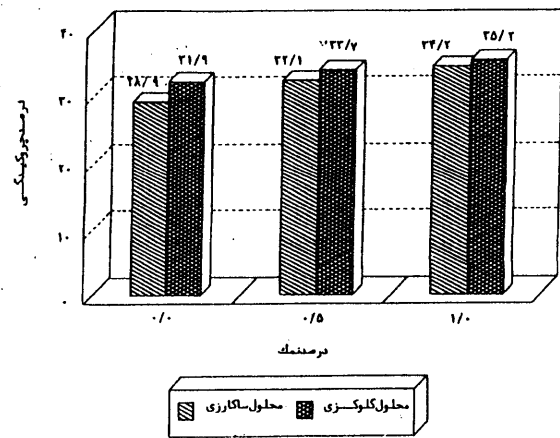
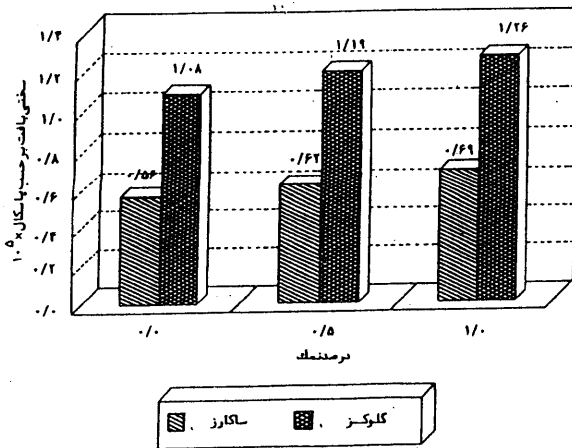


شکل ۶- اثر افزایش درجه حرارت و غلظت‌های گوناگون محلول‌های مختلف اسمزی بر میزان قابلیت جذب آب محصول نهایی



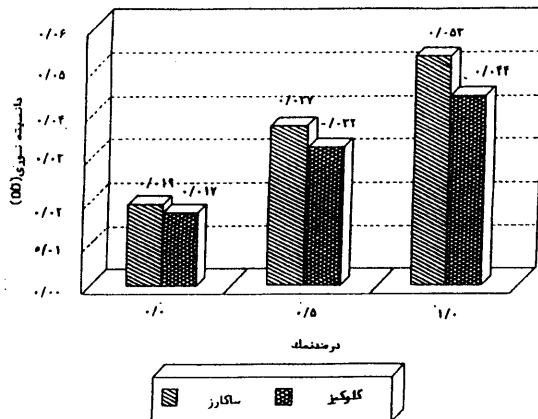
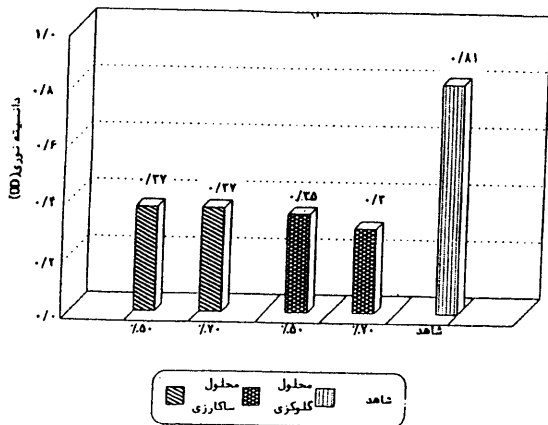
شکل ۸- اثر غلظت‌های گوناگون محلول‌های اسمزی ساکارزی و گلوکزی همراه با نمونه شاهد بر میزان سختی بافت محصول نهایی

شکل ۹- اثر افزایش درصد نمک در محلول‌های اسمزی گلوکزی و ساکارزی در شرایط یکسان بر میزان چروکیدگی محصول نهایی



شکل ۱۱- اثر افزایش درصد نمک در محلول‌های اسمزی گلوکزی و ساکارزی در شرایط یکسان بر میزان سختی بافت محصول نهایی

شکل ۱۲- اثر افزایش درصد نمک در محلول‌های اسمزی گلوکزی و ساکارزی در شرایط یکسان بر میزان چروکیدگی محصول نهایی



شکل ۱۳- اثر غلظت‌های گوناگون محلول‌های اسمزی، ساکارزی و گلوکزی همراه با نمونه شاهد بر میزان جذب نور شدن محصول نهایی

شکل ۱۴- اثر افزایش درصد نمک در محلول‌های اسمزی گلوکزی و ساکارزی در شرایط یکسان بر میزان جذب نور یا میزان قهوه‌ای شدن محصول نهایی

موازات افزایش غلظت محلولهای اسمزی تا حدی می تواند مؤید این نظریه باشد. البته با افزایش میزان مواد کمکی نظیر نمک کلرور سدیم در محلولهای اسمزی، میزان سختی بافت نمونه های اسمزی شده افزایش می یابد (شکل ۲).

نتایج حاصل از آزمون های چشایی نشان داد که اولاً مجموع چهار ویژگی حسی ارزیابی شده شامل: بافت، رنگ، (عطر و طعم) و وضعیت ظاهری محصول نهایی می تواند در بیش از ۹۸٪ موارد، میزان پذیرش و مقبولیت آن فرآورده را تعیین نماید. ($P < 0.01$) ثانیاً، در بیش از ۹۰ درصد موارد می توان میزان مقاومت بافت در مقابل نیروی برشی را که یک ویژگی غیر حسی و کمی است ارزیابی نمود (معادله ۸). به علاوه بیش از ۹۰ درصد از تغییرات مربوط به مطلوبیت رنگ محصول نهایی بوسیله دو فاکتور کمی یعنی دانسیته نوری و pH نمونه اسمزی شده توجه می شود (معادله ۹). نتیجه آخر اینکه مقبولیت و پذیرش حسی محصول نهایی تقریباً در تمامی موارد بوسیله سه فاکتور غیر حسی یعنی قابلیت جذب آب، محتوای قند ساکارز، و میزان مقاومت بافت محصول نهایی در مقابل نیروی برشی قابل توصیف است ($P < 0.01$) و معادله ۱۰ مؤید این مطلب می باشد.

سدیم و غلظت مواد قندی در محلول اسمزی بر قابلیت جذب آب نمونه های اسمزی اثری افزایشی دارند (نمودارهای ۶ و ۱۵). نمونه با عوامل مؤثر به ویژه اکسیژن درواکنشهای قهوه ای شدن می شوند. از طرف دیگر افزایش دما و نمک کلرور سدیم در همچنین ظرفیت جذب آب در نمونه های اسمزی شده با محلولهای گلوکز در مقایسه با نمونه هایی که در محلول ساکارز فرایند اسمزی را پشت سر گذاشته اند بیشتر است (شکل ۷). دلیل این امر می تواند به ماهیت فیزیکی شیمیایی مولکولهای مواد جامد محلول (گلوکز و ساکارز) وابسته باشد، چرا که قدرت جذب آب در مولکولهای گلوکز به مراتب بیشتر از مولکولهای ساکارز است (۱۰).

بررسیهای بعدی نشان داد که با افزایش درجه حرارت، بافت نمونه های اسمزی شده نرم تر می شود، چرا که درجه حرارت های بالا سبب شکستن و تجزیه برخی ترکیبات مؤثر در استحکام بافت می گردد (۲). علاوه بر این به نظر می رسد که افزایش درجه حرارت منجر به افزایش نفوذ مواد جامد محلول اسمزی به درون بافت محصول گردیده (۵ و ۱۲) و بر سختی بافت نمونه های اسمزی اثری معکوس می گذارد. کاهش در سختی بافت نمونه ها به

REFERENCES

1. Abdelhaq, E.H. 1987. Air drying characteristics of apricots. *J. Food Sci.* (50):342-345.
2. Ananteswaran, R.C. & M.R. Mclellan. 1985. Thermal degradation of texture in apples. *J. Food Sci.* (50): 1136-38.
3. AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. 17th edition. W. Horwis, Editor Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
4. Arsdel, W.B.V. & M.J. Copley. 1963. Food dehydration. Vol. 1. AVI Pub. Co.
5. Biswal, R.N. & K. Bozorgmehr. 1992. Mass transfer in mixed solute osmotic dehydration of apple rings. *Transactions of the ASAE.* (35): 257-262.
6. Bolin, H.R. 1983. Effects of osmotic agents and concentration on fruit quality. *J. Food Sci.* (48): 202-205.
7. Fakas, D.F. & M.E. Lazar. 1969. Osmotic dehydration rate of apple pieces: Effects of temperature and syrup concentration on rates of dehydration. *Food Technol.* (23): 90-93.
8. Hough, G. & J. Chrief. 1993. A simple model for osmotic dehydration of apples. *Lebensm - wiss. U. Technol.* (26): 151-156.
9. Junk, W.R. & H.M. Pancoast. 1973. Handbook of sugars, for processors, chemists and technologists. Chemical Pub. Co.
10. Kaymak, F. & T. Cakaoz. 1994. Osmotic dehydration of peas and its effects on drying. In "Development in Food Engineering". Proc. of the 6th. Cong. on Engineering and Foods. T. Yano, Editor Chapman and Hall pub. Co.
11. Lazarides, H.N. & E. Kastanidis. 1994. Mass transfer kinetics during osmotic preconcentration aiming at minimal solid uptake. *J. Food Engineering* 42(4):110-119.

12. Lenart, A. & P.P. Lewicki. 1988. Energy consumption during osmotic and convective drying of plant tissue. *Acta Alimentaria polonica* (1): 65-72.
13. Lenart, A. 1989. Osmotic dehydration of apples at high temperature in "Drying 89". A.S. Mujumdar (Editor). Hemisphere Pub. Co.
14. Lenart, A. 1991. Effect of Saccharose on water sorption and rehydration of dried carrot. In "Drying 91". A.S. Mujumdar (Editor). Hemisphere Pub. Co.
15. Lenart, A. & B. Lwaniuk. 1994. Diffusivity of water and solubles during rehydration of osmo-convection driven plant tissue. In "Development in food Engineering". Proc. of 6th int. Cong. on Engineering and Foods. T. Yano, Editor Chapman and Hall Pub. Co.
16. Lericci, C.R. & D. Mastro. Cola. 1988. Osmotic concentration in food processing in "preconcentration and drying of food materials". S. Bruin (Editor) Elsevier Sci. Pub. Co.
17. Masterton, W.L. & E. Slowinski. 1977. Chemical principles. W.B. Saunders Pub. Co.
18. Mazza, G. 1982. Moisture sorption isotherm of potato slices. *Food Tech. J.*(17): 47-51.
19. Mohsenin, N.N. 1986. Physical Properties of Plant and animal materials Gordon and Breach Sci. Pub. Co.
20. Nary, F.S. & E. Brekke. 1992. Color studies on processed dried fruits. *Food Tech. J.* (25): 95-98.
21. Raout-Wack, A.L. 1994. Recent advances in the osmotic dehydration of food. *Trends in food Sci. Technol.* (5): 255-260.
22. Sapakie, S.F. & T.A. Renshaw. 1984. Economics of drying and concentration of food. In "Engineering and food. Vol. 2". B.M. McKenna (Editor). Elsevier Sci. Pub. Co.

Effects of Osmotic Dehydration Properties on Quality Criteria of Sliced Golden Delicious Apple

A. KALBASI¹ AND H. FATEMIAN²

1&2- Associate Professor and Former Graduate Student of Food Science & Technology Department, Faculty of Agriculture, Tehran University, Karaj, Iran.

Accepted. Dec.13, 2000

SUMMARY

This research investigated the effects of osmotic dehydration properties such as active agent, concentration, temperature and kind of sugar solution on the physical, chemical and organoleptic quality of Sliced Golden Delicious Apples:

- 1- By increasing temperature in osmotic solution, the amounts of shrinkage, optical density (browning) and firmness of final product were respectively increased, decreased and increased.
- 2- By increasing salt content (as an active agent) of the osmotic solution, the amounts of shrinkage, optical density, water holding capacity and firmness of sliced apples were respectively increased, decreased and increased.
- 3- By increasing sugar concentration of the osmotic solution, the water holding capacity and firmness of finished product were respectively increased and decreased.
- 4- In equal conditions, the water holding capacity of sliced apples dehydrated with glucose solution was significantly higher than that with sucrose solution.
- 5- None of the osmotic dehydration properties studied reduced the vitamin C content of fresh apple.
- 6- In more than 90% of cases, firmness of fresh apple in response to the required shear forces, allowed evaluation of final product quality.
- 7- In all cases, the market acceptability of the final product was expressed by the parameters of water holding capacity, sucrose % and the amount of resistance against shear forces.

Key words: Osmotic dehydration, Golden delicious apple, Shrinkage, Optical density, Water holding capacity, Firmness of texture.