

بررسی تغییرات ویژگی‌های فیزیکی-مکانیکی نقل گردویی طی زمان نگهداری: مطالعه نقش افزودنی‌ها

فاطمه آذری کیا^{۱*}

استادیار گروه فناوری صنایع غذایی، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۹۷/۰۴/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۰۹)

چکیده

نقل یکی از فراورده‌های سنتی قنادی بر پایه شکر است که امروزه با افزودن انواع ادویه و گل محمدی خشک شده نیز تولید می‌شود. این محصول علیرغم داشتن محبوبیت، مستعد از دست دادن رطوبت در زمان کوتاهی پس از خروج از بسته‌بندی است. لذا، هدف پژوهش حاضر مطالعه نقش حضور افزودنی‌های مختلف (دارچین، گل محمدی و زعفران) بر ویژگی‌های فیزیکی (درصد رطوبت، بافت، سطح، رنگ و فعالیت آبی) و چگونگی روند از دست دادن رطوبت طی نگهداری محصول بود. نتایج به دست آمده نشان دادند که بیشترین میزان از دست دادن رطوبت در ۳ روز اول پس از خروج از بسته‌بندی اتفاق افتاد. طبق آزمون‌های سنجش بافت مشخص شد که بیشترین و کمترین انرژی شکست به ترتیب به نقل دارای گل محمدی (۳۵/۴۸ N.mm) و نقل دارچینی (۹/۱ N.mm) تعلق داشت. پایش تاثیر گذشت زمان بر بافت نقل وانیلی نشان داد که میزان سفتی در اثر نگهداری به مدت ۱۴ روز به بیش از سه برابر افزایش یافت. به علاوه، میانگین فعالیت آبی انواع نقل کمتر از ۰/۵۶ بود. مقایسه میانگین اختلاف رنگ کل (ΔE^*) در روز صفر و ۲۱ برای انواع نقل حاکی از این است که بیشترین و کمترین تغییر رنگ طی نگهداری به ترتیب مربوط به نقل دارچینی و نقل وانیلی بود. براساس اطلاعات به دست آمده از پردازش تصویر، به منظور توصیف تغییرات رنگی در اثر گذشت زمان برای نقل‌های دارچینی و گل محمدی کانال‌های a^* و L^* و برای نقل‌های زعفرانی و وانیلی نیز کانال‌های b^* و L^* معیار مناسبی هستند.

کلید واژگان: نقل، از دست دادن رطوبت، فعالیت آبی، ویژگی‌های بافتی، پردازش تصویر

* مسئول مکاتبات: azarikia@ut.ac.ir

۱- مقدمه

نقل یکی از فراورده‌های سنتی قنادی در ایران به شمار می‌آید. انواع مختلف نقل در سراسر کشور طی عملیات درآژه‌زنی گردو، خلال بادام یا خشکبار با روکش شربت شکر قوام آمده به دست می‌آیند. یکی از معروف‌ترین نقل‌های ایران، نقل بیدمشک است که با انواع مغزها (بادام، گردو، بادام زمینی و ...) تولید می‌شود که در سال‌های اخیر این محصول تنوع بیشتری یافته و با طعم‌های مختلف (زعفرانی، وانیلی، دارچینی، گل محمدی، تخم گشنیز و ...) نیز عرضه می‌گردد [۱]. شکر سفید و خالص یا کله قند عمده‌ترین ترکیب به کار رفته در ساختار نقل بوده و در فرمولاسیون آن از آب آشامیدنی، مغز آجیل‌ها، اسید سیتریک، کرم تارتار و مواد معطر (هل، گلاب، عرق بیدمشک و ...) نیز استفاده می‌شود. در روش تولید سنتی نقل، ابتدا خلال بادام پوست کنده شده لابه لای گل‌های خوشبو بیدمشک (به نسبت ۱ به ۲) به مدت حداقل دو روز نگهداشته می‌شود؛ در حالی که، امروزه این مرحله حذف شده و به عنوان جایگزین از عرق بیدمشک در تهیه نقل استفاده می‌شود. برای تهیه این محصول، مغزها در دیگ درآژه‌زنی ریخته شده و شربت غلیظی از شکر سفید به تدریج به دیگ در حال چرخش اضافه می‌شود. شربت سطح نازکی روی مغزها تشکیل می‌دهد که عمل هوادهمی نیز به خشک شدن سطح تشکیل شده کمک می‌کند و این روند تا رسیدن پوشش قندی به اندازه دلخواه ادامه می‌یابد [۱ و ۲]. سپس، نقل‌های تشکیل شده روی سطح مسطحی پهن می‌شوند تا دمای محصول کاهش یابد و در نهایت، نقل‌ها در کیسه‌های پلاستیکی ریخته شده و پس از دوخت حرارتی در بسته‌بندی ثانویه مقوایی قرار می‌گیرند [۱]. طبق استاندارد تدوین شده برای این محصول، میزان مغز بادام و پوشش قند در نقل به ترتیب ۸-۱۲ و ۸۸-۹۲ درصد جرمی می‌باشد. همچنین، اشاره شده است که رطوبت نقل باید ۳ تا ۶ درصد جرمی محصول باشد. علاوه بر این موارد، در استاندارد ملی این محصول ذکر شده است که بافت نقل در موقع خوردن باید به اندازه کافی نرم باشد [۲]؛ در حالی که، مشکل عمده نقل این است که پس از خروج از بسته بندی، در مدت زمان

کوتاهی رطوبت خود را از دست داده و به علت سفت شدن قابلیت خوراکی خود را از دست می‌دهد. امروزه، پژوهش‌های گوناگونی در سراسر جهان به منظور تعیین و بهبود ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی نیز افزایش بازارپسندی محصولات سنتی و بومی هر کشور صورت گرفته است. به عنوان مثال، محققین کشور ترکیه تحقیقات متعددی در مورد تارها که نوعی غذای تخمیری سنتی بر پایه غلات است انجام داده‌اند [۳-۵]. در پژوهشی به منظور بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی برفی^۱، نوعی شیرینی سنتی هندی، از مارگارین‌های دارای نسبت‌های متفاوت روغن پالم و نارگیل (۸۰:۲۰ و ۶۰:۴۰) استفاده گردید. نتایج آزمایشات بافت حاکی از این بود که برفی‌های تولید شده با مارگارین‌های پیشنهادی نسبت به مارگارین تجاری دارای نیروی شکست کمتری بودند [۶]. محققین برزیلی تاثیر افزودن پالپ آسای^۲ (میوه بومی امریکای جنوبی) را بر ویژگی‌های بافتی و حسی نوعی آب‌نبات بررسی کردند. این محققین بیان کردند که جایگزینی شکر با ایزومالت به تولید بافت نرم و فعالیت آبی مناسبی در محصول منجر شد [۷]. در تحقیق دیگری، ترکیبات شیمیایی آشیانه پرنده خوراکی (از غذاهای آسیای شرقی) مورد بررسی قرار گرفته است. مطابق نتایج این پژوهش میزان چربی، خاکستر، کربوهیدرات و پروتئین به ترتیب ۱/۲۸ - ۰/۱۴، ۰/۱، ۲/۱، ۲۷/۲۶-۲۵/۶۲ و ۶۳-۶۲ درصد گزارش گردید [۸]. همچنین، محققین دیگری از نشاسته کاساوا برای تهیه نوعی پاستیل استفاده کردند. بر اساس نتایج مشخص شد که زمان آبکافت نشاسته روی سفتی پاستیل اثر معنی‌داری داشت [۹].

طبق بررسی‌های انجام شده، نه تنها تا کنون مطالعه‌ای در زمینه نقل انجام نشده است بلکه انجام تحقیقات در زمینه فرآورده‌های سنتی قنادی ایرانی کمتر مورد توجه قرار گرفته است و به جز سمنو که از دسرهای محبوب ایرانی است [۱۰-۱۲] و گزارشی در زمینه معرفی فرآورده‌های سنتی ایرانی مانند شله-زرد، فرنی، نان برنجی و ... [۱۳]، پژوهشی در رابطه با بررسی ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی محصولات بومی قنادی کشور

1. Burfi
2. Açai

برای انجام این آزمون، نقل‌های با قطر میانی 1 ± 1.7 میلی‌متر مورد ارزیابی قرار گرفتند و فشار اعمال شده به نمونه‌ها بر حسب نیوتن گزارش شد. همچنین، سرعت پیشروی صفحه متحرک ۲۵ میلی‌متر بر دقیقه و دقت دستگاه 0.05 نیوتن بود. به منظور بررسی تغییرات مساحت نقل‌ها در اثر گذشت زمان، عکسبرداری از نمونه‌ها از فاصله ثابت ۱۵ سانتی‌متری از بالای جعبه‌ای که با کاغذ مقوایی سفید رنگ پوشیده شده و نورپردازی با استفاده از لامپهای فلورسنت بود، با استفاده از دوربین دیجیتال نیکون مدل (D3400) صورت گرفت. سپس، تصاویر به رایانه منتقل شده و پردازش تصویر با استفاده از نرم افزار 2013A MATLAB انجام شد. به منظور بخش‌بندی و حذف جزئیات با توجه به عدم یکنواختی رنگ در برخی از نقل‌ها (نقل گل محمدی) از روش آستانه‌گذاری تطبیقی اتسو [۱۷] و یافتن لبه‌های تصویر از روش لاپلاس [۱۸] استفاده گردید. نهایتاً، ویژگی مساحت به روش شمارش تعداد پیکسل‌های یک در تصویر باینری که نماینده نقل‌های موجود در پس‌زمینه می‌باشند محاسبه شد. نمونه‌ای از فرآیند پردازش تصویر (بخش‌بندی و تعیین مرز) در شکل ۱ آورده شده است.

نهایتاً، بعد از بخش‌بندی، تصاویر در نرم‌افزار MATLAB از فضای رنگی RGB به Lab منتقل شده و میانگین کانال‌های رنگی L^* (روشنایی)، a^* (قرمزی تا سبزی) و b^* (زردی تا آبی) به عنوان شاخصی از تازگی نقل استخراج شدند [۱۹]. میزان تغییرات رنگ (ΔE^*) پس از گذشت زمان توسط رابطه ۱ محاسبه گردید [۲۰]:

$$\Delta E^* = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{0.5} \quad \text{رابطه ۱}$$

۲-۳- تجزیه و تحلیل آماری

برای ارزیابی آماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS (Ver. 22) استفاده شد. به منظور بررسی اختلاف موجود بین مقادیر میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) استفاده گردید. تمامی آزمون‌های این پژوهش در ۵ تکرار صورت گرفت.

گزارش نشده است. لذا اهداف پژوهش حاضر عبارت بودند از: (۱) پایش روند از دست دادن آب در محصول طی گذشت زمان و تاثیر آن بر فعالیت آبی، ویژگی‌های ظاهری (رنگ و مساحت) و بافت محصول، (۲) بررسی نقش حضور افزودنی‌ها (زعفران، دارچین و گل محمدی) در فرمولاسیون نقل بر میزان رطوبت محصول، بافت و روند از دست دادن رطوبت و (۳) ارائه راه حلی برای حفظ تازگی نقل طی نگهداری.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه نمونه

انواع مختلف نقل (وانیلی، زعفرانی، دارچینی و نقل دارای گل محمدی) از تولیدکننده‌ای در شهر ارومیه خریداری شد. لازم به ذکر است که از تولیدکننده درخواست شده بود که تمامی نمونه‌ها را با فرمول یکسان تهیه نماید تا نمونه‌های دارای افزودنی‌های مختلف قابل مقایسه باشند.

۲-۲- تعیین ویژگی‌های فیزیکی-مکانیکی نقل

برای اندازه‌گیری درصد رطوبت نمونه‌ها از روش AOAC استفاده شد [۱۴]. به منظور اندازه‌گیری فعالیت آبی، نقل‌ها همراه با مغز به صورت پودر در آمده و در محفظه مخصوص دستگاه اندازه‌گیری فعالیت آبی (شرکت Novasina مدل TH-500، کشور سوئیس) قرار گرفتند. این آزمون در دمای 24.7 ± 0.1 درجه سلسیوس صورت گرفت.

جهت بررسی بافت نقل‌ها، آزمون فشاری تک محور^۳ نوع مخرب استفاده شد، به این معنی که نیروی فشار تا حدی افزایش یافت که از شکسته شدن کامل نمونه و آسیب برگشت ناپذیر به آن اطمینان حاصل گردد [۱۵]. این آزمون، با استفاده از دستگاه بافت‌سنجی که توسط غایبی و همکاران در گروه فنی کشاورزی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران ساخته شده و با شماره ۵۴۹۹۹ به عنوان طرح ملی به ثبت رسیده است انجام شد [۱۶]. این دستگاه مجهز به حسگر وزن^۴ ۵۰۰ نیوتنی بود.

3. Uniaxial compression test
4. Load cell

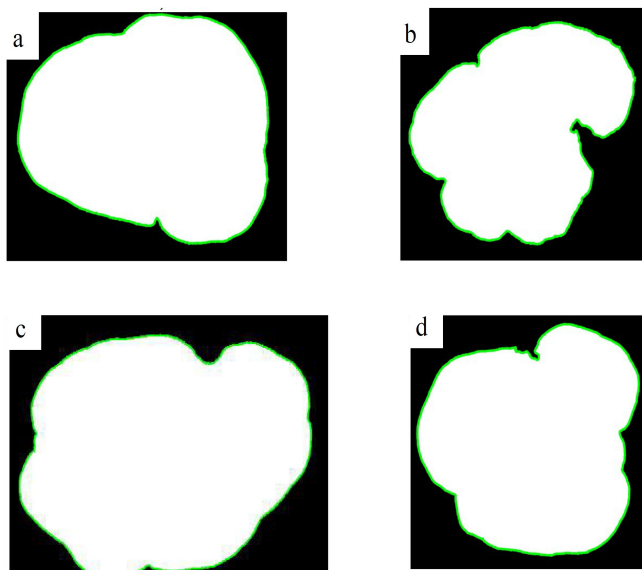


Fig 1 Image segmentation and boundary detection for different noughl types (a: vanilla b: cinnamon, c: saffron and d: damask rose)

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی روند از دست دادن آب

شکل ۲ چگونگی روند از دست دادن آب توسط نقل‌های مختلف را طی ۱۴ روز نگهداری در شرایط اتاق (دمای 21 ± 1 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 40 ± 3 درصد) نشان می‌دهد. روند کلی نمودارها نشان از کاهش رطوبت با گذشت زمان می‌باشد. همانطور که در شکل مشخص است نمودار کاهش رطوبت را می‌توان به ۴ ناحیه مجزا بر اساس نرخ کاهش رطوبت تقسیم‌بندی نمود. براساس روند کاهشی شیب نمودارهای به دست آمده، به نظر می‌رسد که از دست دادن رطوبت در ۳ روز اول پس از خروج از بسته‌بندی (ناحیه I) بیشتر بوده و نرخ کاهش رطوبت برای نقل‌های زعفرانی، دارچینی، وانیلی و گل‌محمدی در این ناحیه به ترتیب $1/43$ ، $1/34$ ، $1/3$ و $1/28$ بود. در نتیجه، در این ناحیه بیشترین و کمترین نرخ کاهش رطوبت به ترتیب مربوط به نقل زعفرانی و گل‌محمدی است. در پژوهشی که محققین روی نوعی شکلات سستی انجام دادند نیز مشخص گردید که در روزهای اولیه نگهداری بیشترین نرخ کاهش رطوبت اتفاق می‌افتد [۲۱]. پس از آن در ناحیه II، نرخ از دست دادن رطوبت کاهش چشمگیری یافت و مشاهده شد که نرخ کاهش رطوبت در نقل

زعفرانی بیشترین ($0/22$ -) و در نقل گل‌محمدی کمترین ($0/85$ -) مقدار بود. جالب اینکه در ناحیه III نرخ کاهش رطوبت در نقل زعفرانی به $0/87$ - کاهش یافت؛ در حالی که، در نقل وانیلی این نرخ تقریباً ثابت مانده و از $0/145$ - به $0/14$ - رسید. از طرف دیگر، این نرخ برای نمونه‌های دارچین و گل‌محمدی به ترتیب از $0/107$ - به $0/355$ - و $0/085$ - به $0/365$ - افزایش یافت. شیب منحنی‌ها در این ناحیه حاکی از کاهش میزان از دست دادن رطوبت طی گذشت زمان است. با توجه به اینکه بیشترین نرخ از دست دادن رطوبت در نواحی I و II مربوط به نمونه زعفرانی بوده است به نظر می‌رسد تا روز هفتم بخش اعظم رطوبت این نمونه خارج شده است. از این رو در ناحیه III این نمونه کمترین نرخ کاهش رطوبت را داشت. بر عکس این نمونه، نقل دارای گل‌محمدی در نواحی I و II کمترین نرخ کاهش رطوبت را نسبت به دیگر نمونه‌ها داشته و در نتیجه آب کمتری نسبت به این نمونه‌ها از دست می‌دهد. این مساله سبب افزایش ناگهانی نرخ کاهش رطوبت نسبت به سایر نمونه‌ها در ناحیه III شده است. همانگونه که در ناحیه IV مشاهده می‌شود، همچنان روند کاهشی وجود دارد ولی نرخ از دست دادن رطوبت نسبت به ناحیه III کاهش یافت ($0/12$ -) برای نقل‌های دارچینی،

می‌رسد که حضور فیبر در گلبرگ‌های گل محمدی از دست دادن آب را کاهش داده است.

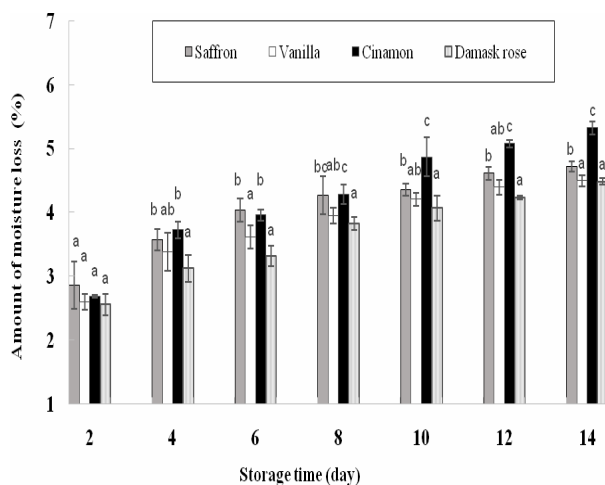


Fig 3 Amount of moisture loss in different types of noughls as a function of storage time ($T=21\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{RH}=40\pm 3\%$). Different letters on the columns show significant difference between nough types in each day ($p < 0.05$).

۲-۳- بررسی بافت نمونه‌ها

شکل ۴ نمودار نیرو-مسافت برای انواع نقل پس از خروج از بسته‌بندی رانشان می‌دهد. همانگونه که مشخص است در تمامی نمونه‌ها ابتدا نیرو در حال افزایش بوده و پس از رسیدن به نقطه شکست یا تسلیم بیولوژی^۵ یک افت ناگهانی در نیرو مشاهده گردید که نشان‌دهنده شکسته شدن نقل در برابر نیروی اعمال شده است. پس از نقطه تسلیم بیولوژی، نمودارها روند افزایشی نشان می‌دهند که علت افزایش نیرو برخورد فک اعمال کننده نیرو با گردو داخل نقل و متعاقباً برخورد با بافت فشرده نقل و گردو است. به علاوه، نوسانات مشاهده شده در نمودارها نیز ناشی از بافت غیریکنواخت نقل می‌باشد. لازم به ذکر است که نیروی متناظر با نقطه‌ای که در آن شکست ناگهانی در منحنی‌ها مشاهده شد به عنوان سفتی نمونه و سطح زیر نمودار از صفر تا نقطه شکست بیولوژی به عنوان انرژی شکست یا انرژی گسیختگی در نظر گرفته شد [۲۲].

برای نقل‌های گل محمدی، ۰/۰۷- برای نقل‌های زعفرانی و ۰/۱۰- برای نقل‌های وانیلی). ادامه داشتن روند کاهش طی ۱۴ روز نشان می‌دهد که طی این زمان تعادلی بین نقل و محیط اطراف آن ایجاد نشده است.

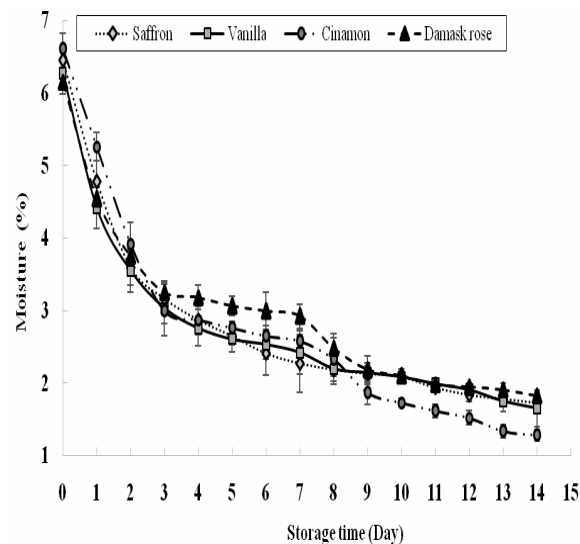


Fig 2 Influence of storage time on the moisture content of different types of noughls. Storage condition: $T=21\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $\text{RH}=40\pm 3\%$.

به منظور بررسی تاثیر وجود گل محمدی، دارچین و زعفران در فرمولاسیون نقل بر روند از دست دادن آب، حاصل تفاضل میزان رطوبت نمونه‌ها پس از خروج از بسته‌بندی (روز صفر) از میزان رطوبت نقل در روزهای ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ به صورت تابعی از زمان ترسیم گردید (شکل ۳). طبق نتایج، از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری در میزان از دست دادن رطوبت در روز دوم بین نمونه‌ها در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده نشد؛ در حالی‌که، از روز چهارم و پس از آن میزان از دست دادن رطوبت در نقل‌های دارای گل سرخ خشک به صورت معنی‌داری مقایسه با نمونه‌های دارای دارچین و زعفران افت داشت ($p < 0.05$). اگر چه میزان از دست دادن رطوبت در نمونه‌های گل محمدی و وانیلی معنی‌دار نبود ($p > 0.05$), اما نتایج نشان می‌دهد که نقل دارای گل محمدی همواره رطوبت کمتری نسبت به نقل وانیلی از دست داده است. لذا، به نظر

افزودن فیبر به کالباس مارتادلا به افزایش سختی و کاهش محتوی رطوبتی این محصول منتهی شده است [۲۳]. به علاوه، این احتمال وجود دارد که حضور گل محمدی در ماتریس این فراورده سبب برقراری پیوندهای قوی‌تر بین مولکول‌های سرد شدن شربت قندی شده باشد. مطابق آنچه در جدول ۱ آمده است، بیشترین انرژی شکست ($35/48 \text{ N.mm}$) در نمونه دارای گل محمدی و کمترین انرژی شکست ($9/1 \text{ N.mm}$) نیز به نمونه دارای دارچین تعلق داشت. مقایسه نتایج میانگین میزان انرژی شکست با نتایج حاصل از بررسی میانگین رطوبت نمونه‌ها در روز صفر نشان داد که نمونه دارای دارچین بیشترین میزان رطوبت ($6/11$ درصد) و نمونه دارای گل محمدی کمترین میزان رطوبت ($6/15$ درصد) را دارا بودند (شکل ۲). بدین ترتیب، هر چه نمونه نرم‌تر و دارای رطوبت بیشتری باشد انرژی کمتری برای شکستن آن لازم است. از آنجایی که نقل‌های وانیلی محبوبیت و بازارپسندی بیشتری نسبت به سایر طعم‌ها دارند، در ادامه این نقل‌ها برای بررسی تاثیر زمان بر ویژگی‌های فیزیکی-مکانیکی انتخاب شدند. شکل ۵ نمودار نیرو-مسافت را طی ۲۱ روز نگهداری برای نقل‌های وانیلی نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود پس از رسیدن به نقطه تسلیم بیولوژی روند صعودی مجدداً در میزان نیروی اعمال شده قابل‌رویت است که علت این روند، فشردگی بافت قندی و مقاومت آن در برابر فک اعمال‌کننده نیرو است.

Table 1 Hardness and breakage energy in different types of noughl at zero-day.

| | Vanilla | Saffron | Cinnamon | Damask rose |
|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Hardness (N) | 29.38 ± 5.36^a | 32.46 ± 7.21^a | 28.99 ± 6.90^a | 48.57 ± 5.67^b |
| Breakage energy (N.mm) | 12.45 ± 1.04^b | 15.35 ± 2.97^b | 9.1 ± 1.33^a | 35.48 ± 4.11^c |

مطابق جدول ۲، میانگین سفتی نقل وانیلی در روز صفر $29/38$ بود که در اثر نگهداری به مدت ۱۴ روز میزان سفتی به بیش از سه برابر ($102/86 \text{ N}$) افزایش یافت. در ضمن، اختلاف معنی‌داری میان سفتی نقل‌ها در روزهای مختلف در سطح احتمال $0/05$ مشاهده شد. علاوه بر این، نقل‌های تازه انرژی شکست کمتری داشتند؛ بدین صورت که، میانگین انرژی شکست در روز صفر، ۱، ۷، ۱۴ به صورت معنی‌داری افزایش داشت ($p < 0.05$). لذا، کمترین و بیشترین انرژی شکست به ترتیب $12/45 \text{ N.mm}$ (روز صفر) و $22/31$ (روز ۱۴) بود. مانی و همکاران [۲۴] نیز گزارش کردند که نمونه‌های دارای رطوبت بیشتر انرژی شکست کمتری دارند. مقایسه سفتی و انرژی شکست نقل در روز چهاردهم با

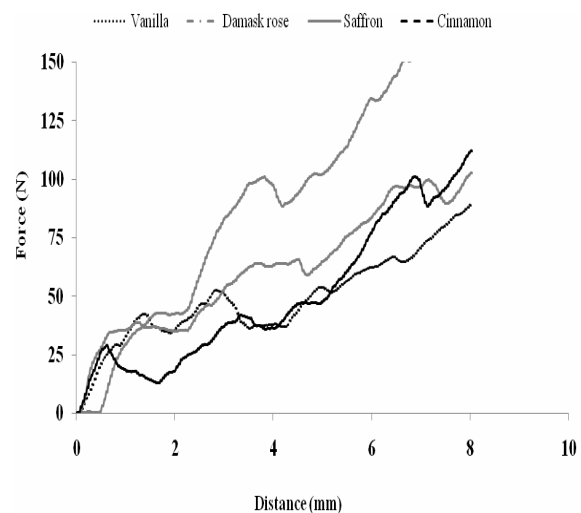


Fig 4 Force-distance curves for different types of noughls obtained in compression tests

میزان سختی هر یک از انواع نقل در جدول ۱ نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود نمونه دارای گل محمدی در مقایسه با سایر نمونه‌ها بیشترین میزان سفتی را پس از خروج از بسته‌بندی داشت. با توجه به اینکه از فرمول یکسانی برای تهیه همه نمونه‌ها استفاده شده بود، به نظر می‌رسد افزودن گلبرگ‌های خشک شده گل محمدی سبب جذب بخشی از آب موجود در فرمول توسط این گیاه خشک، تا زمان برقراری تعادل رطوبتی بین گلبرگ و بخش قندی نقل، شده است. احتمالاً همین امر سبب سفت‌تر شدن بافت نقل دارای گل محمدی گردید. پیش‌تر نیز گزارش شده است که

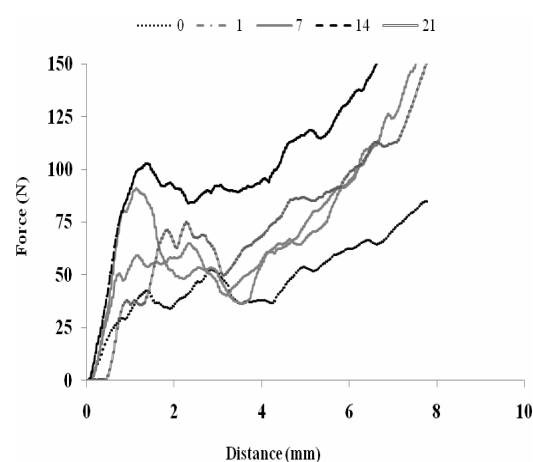


Fig 5 Force-distance curves for vanilla noughl at different storage times obtained in compression tests

بافت متخلخلی منجر شده که نیروی کمتری برای شکستن لازم داشتند. سایر پژوهشگران نیز اشاره کرده‌اند که ایجاد شکاف-های ریز در اثر از دست دادن آب می‌تواند بر ویژگی‌های رئولوژیکی فراورده‌های غذایی تاثیر داشته باشند [۲۱ و ۲۵].

نقل نگهداری شده به مدت بیست و یک روز روند متفاوتی نسبت به سایر روزها نشان داد. بدین معنی که، نگهداری نقل‌ها بیش از ۱۴ روز سبب کاهش سفتی و انرژي شکست گردید. به نظر می‌رسد ایجاد شکاف‌های ریز در اثر از دست دادن رطوبت در نقل‌هایی که مدت زمان زیادی نگهداری شده‌اند به تشکیل

Table 2 Hardness and breakage energy of vanilla noughl as a function of storage time

| | Storage time (day) | | | | |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | 0 | 1 | 7 | 14 | 21 |
| Hardness (N) | 29.38 ± 5.36 ^a | 50.57 ± 6.46 ^b | 90.25 ± 1.63 ^d | 102.86 ± 5.97 ^e | 71.17 ± 7.68 ^c |
| Breakage energy (N.mm) | 12.45 ± 1.04 ^a | 19.14 ± 2.97 ^b | 52.71 ± 2.13 ^c | 72.31 ± 4.11 ^e | 66.20 ± 5.23 ^d |

Different superscript letters in each row show significant difference ($p < 0.05$).

محصول شد، در حالی که، افزایش رطوبت به بیش از ۲ درصد تاثیر معنی‌داری در بافت آب‌نبات نداشت [۲۷].

۳-۳- بررسی تغییرات ظاهری نقل در اثر نگهداری

شکل ظاهری نقل‌های مختلف در روز صفر و پس از نگهداری به مدت ۲۱ روز در شکل ۶ آورده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود نگهداری نقل‌ها به مدت ۲۱ روز تاثیر قابل توجهی در ظاهر آنها نداشت. به منظور بررسی دقیق‌تر این تغییرات، آنالیز آماری بر روی پارامترهای مساحت و ویژگی-های رنگی نقل (L^* ، a^* و b^*) انجام پذیرفت.

نتایج تحقیق حاضر با مطالعات پیشین همخوانی داشت؛ در این راستا، گروهی از پژوهشگران تاثیر میزان رطوبت انجیر خشک را بر ویژگی بافتی این محصول بررسی کردند. براساس نتایج گزارش شده، سفتی و انرژي فشردگی محصول با افزایش میزان رطوبت کاهش یافت. به علاوه، رطوبت ۱۸/۴ درصد به عنوان میزان رطوبت بحرانی گزارش شد، به این مفهوم که بالاتر از آن تغییر میزان رطوبت روی ویژگی‌های بافتی محصول اثر معنی-داری نداشت [۲۶]. گروه دیگری از محققین گزارش کرده‌اند که افزایش رطوبت آب‌نبات‌ها تا ۲ درصد سبب کاهش سفتی

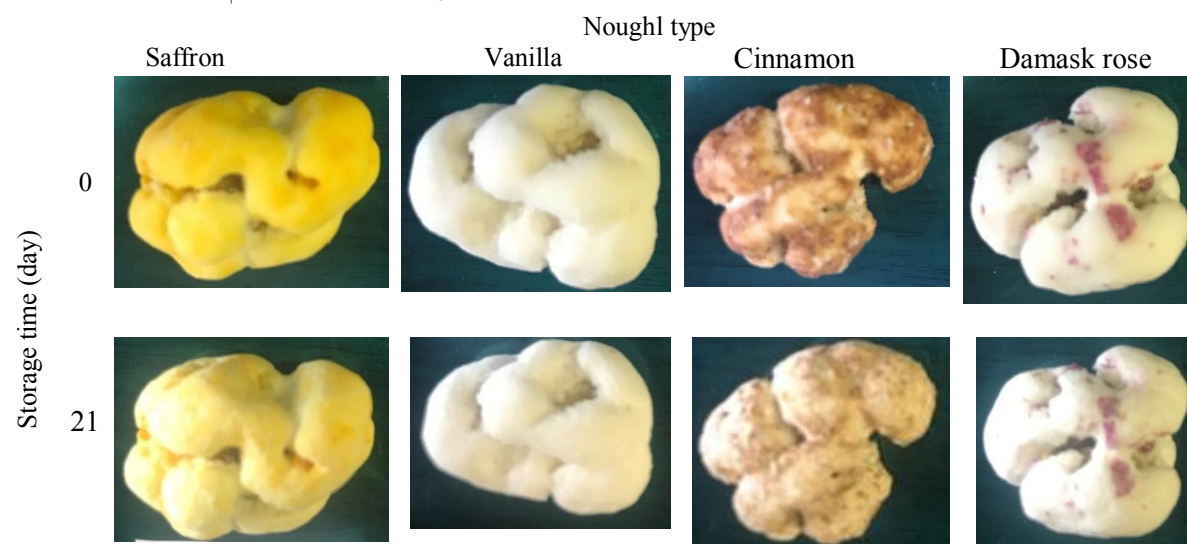


Fig 6 Appearance of different types of noughls a) at zero-day, and b) after storing for 21 days ($T=21 \pm 1$ °C, $RH=40 \pm 3\%$)

به دست آمده، حاصل تفاضل مساحت روز ۲۱ از روز صفر در نقل زعفرانی، وانیلی، دارچینی و گل محمدی به ترتیب ۰/۳۳، ۰/۳۶، ۰/۲۳ و ۰/۴۴- سانتی‌متر مربع بود. لذا به نظر می‌رسد که نگهداری نمونه‌های دارای زعفران و دارچین به کاهش مساحت منجر شده است. کاهش مساحت محصول در نتیجه از

جدول ۳ تغییرات مساحت و ویژگی‌های رنگی حاصل از پردازش تصویر نمونه‌ها در روزهای صفر و بیست و یکمرا نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود نگهداری نقل‌ها به مدت ۲۱ روز باعث به وجود آمدن اختلاف معنی‌داری در مساحت آن‌ها در مقایسه با روز صفر شده است. طبق داده‌های

همانگونه که پیش‌تر نیز بیان شد، احتمالاً ایجاد شکاف‌های خیلی ریز در اثر از دست دادن رطوبت در این نمونه‌ها به افزایش مساحت منجر شده است. سایر محققین نیز اشاره نموده‌اند که بین ایجاد شکاف‌های ریز در اثر از دست دادن آب و افزایش حجم نمونه غذایی ارتباط وجود دارد [۲۴ و ۲۵].

دست دادن آب پیش‌تر نیز گزارش شده است [۲۸]. از طرف دیگر، منفی بودن حاصل تفاضل میزان مساحت روز ۲۱ از روز صفر در نقل وانیلی و گل محمدی نشان‌دهنده این بود که در روز ۲۱ مساحت بیشتر شده است. بدین معنی که گذشت زمان سبب افزایش مساحت نقل وانیلی و گل محمدی شده است.

Table 3 Area and color coordinates of different kinds of noughls at 0 and 21 days after storage at $T=21\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{RH}=40\pm 3\%$

| | | Storing time (day) | Vanilla | Saffron | Cinnamon | Damask rose |
|-------------------------|----|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Area (cm ²) | | 0 | 7.51 ± 0.93 ^{b*} | 7.77 ± 1.53 ^{a*} | 7.26 ± 1.27 ^{a*} | 7.09 ± 1.40 ^{b*} |
| | | 21 | 7.88 ± 0.74 ^{a*} | 7.45 ± 1.50 ^{b*} | 7.03 ± 1.35 ^{b*} | 7.54 ± 1.47 ^{a*} |
| Color characteristic | L* | 0 | 97.00 ± 1.06 ^{b*} | 83.15 ± 0.3 ^{a*} | 53.07 ± 2.43 ^{a*} | 86.34 ± 1.71 ^{a*} |
| | | 21 | 91.2 ± 0.92 ^{a*} | 86.30 ± 1.12 ^{b*} | 67.07 ± 1.68 ^{b*} | 93.60 ± 2.53 ^{b*} |
| | a* | 0 | -3.40 ± 0.64 ^{b*} | -2.51 ± 0.22 ^{a*} | 77.90 ± 0.99 ^{b*} | 4.57 ± 0.17 ^{b*} |
| | | 21 | -1.90 ± 0.43 ^{a*} | -3.60 ± 0.56 ^{b*} | 13.65 ± 2.81 ^{a*} | 3.19 ± 0.43 ^{a*} |
| | b* | 0 | 8.50 ± 1.02 ^{a*} | 80.04 ± 1.83 ^{b*} | 29.32 ± 0.83 ^{a*} | 15.50 ± 0.27 ^{b*} |
| | | 21 | 13.50 ± 0.95 ^{b*} | 52.00 ± 2.15 ^{a*} | 30.49 ± 1.01 ^{a*} | 10.35 ± 0.43 ^{a*} |
| ΔE* | - | 7.80 ± 0.88 ^{a**} | 28.05 ± 0.73 ^{b**} | 65.76 ± 1.91 ^{c**} | 9.01 ± 0.33 ^{a**} | |

* Different superscript letters show significant difference in each sample between 0 and 21 days ($p < 0.05$).

** Different superscript letters in each row show significant difference ($p < 0.05$).

نمونه به طور معنی‌داری با گذشت زمان افزایش یافت که علت افزایش در روشنایی می‌تواند از کاهش رنگ زرد ناشی شده باشد. در مورد نمونه نقل وانیلی، کاهش L* با گذشت زمان مشاهده شد که بیانگر تیره شدن نقل است. از طرف دیگر، افزایش معنی‌دار b* در سطح احتمال ۵ درصد در این نمونه‌ها حاکی از افزایش زردی است که دلالت بر کهنگی، کاهش شفافیت و مات شدن محصول طی گذشت زمان دارد. در مورد نقل دارای گل محمدی میزان کانال L* از ۸۶/۳۴ به ۹۳/۶۰ افزایش و a* از ۴/۵۷ به ۳/۱۹ کاهش یافت. به نظر می‌رسد که دلیل افزایش روشنایی و کاهش قرمزی در این نمونه مربوط به اکسیداسیون کاروتنوئیدها در گلبرگ‌های گل محمدی می‌باشد [۳۱]. بنابراین، برای توصیف تغییرات رنگی طی گذشت زمان برای نقل‌های دارچینی و گل محمدی کانال‌های a* و L* و نیز برای نقل‌های زعفرانی و وانیلی کانال‌های b* و L* معیار مناسبی هستند.

میانگین اختلاف رنگ کل (ΔE*) در روز صفر و ۲۱ برای نقل وانیلی، گل محمدی، زعفرانی و دارچینی به ترتیب ۷/۸، ۹/۰۱، ۲۸/۰۵ و ۶۵/۷۶ بود. این مطلب نشان‌دهنده این است که بیشترین تفاوت در ظاهر نمونه‌ها با گذشت زمان در نقل دارچینی اتفاق افتاد؛ در حالی‌که، کمترین تغییر در رنگ محصول طی نگهداری متعلق به نقل وانیلی بود.

تغییرات فاکتورهای مربوط به رنگ (L*, a* و b*) در جدول ۳ آورده شده است. همانگونه که رویت می‌شود، روند تغییرات کانال‌های رنگی برای نقل‌های مختلف متفاوت بود. در پژوهشی [۲۹] که به منظور تعیین قهوه‌ای شدن آنزیمی در برش‌های سیب صورت گرفته مشخص گردید که کانال L* نسبت به دو کانال a* و b* زوال رنگ را بهتر نشان داده است. اما در تحقیق حاضر با توجه به اینکه نقل‌های مختلف رنگ‌های متفاوتی دارند تغییرات با استناد به یک کانال رنگی امکان‌پذیر نمی‌باشد. به عنوان مثال، در مورد نقل دارچینی مشاهده شد که a* با گذشت زمان به طور چشمگیری کاهش یافته و از ۷۷/۹۰ به ۱۳/۶۵ رسید که این تغییر حاکی از کاهش قرمزی نمونه است. افزایش معنی‌دار L* در این نمونه ناشی از زوال رنگ غالب دارچین بوده است و به این دلیل نمونه روشن‌تر جلوه می‌کند ($p < 0.05$). همچنین، در مورد نقل زعفرانی کاهش قابل توجهی در b* مشاهده شد، طوری که مقدار آن طی نگهداری به مدت ۲۱ روز از ۸۰/۵۴ به ۵۲ تنزل یافت که نشان از کاهش رنگ زرد نمونه‌ها به علت اکسیداسیون کروسین، پیکروکروسین و سافرانال بود. این ترکیبات مسئول رنگ، طعم و عطر مخصوص موجود در این ادویه بوده و به علت پیوندهای غیراشباع زیاد مستعد اکسیداسیون هستند [۳۰]. از طرف دیگر، مقدار L* در این

۳-۴- فعالیت آبی نقل‌ها

جذب آب از شربت قندی شده که این مسئله میزان آب موجود در بخش قندی را کاهش داده است. از طرف دیگر، قرارگیری تصادفی گلبرگ‌های گل محمدی بیرون زدن گلبرگ‌ها از سطح محصول سبب افزایش سطح مشترک نقل و هوا شده است. در نتیجه، به نظر می‌رسد که این نقل‌ها طی مرحله سرد شدن (فاصله زمانی بین تولید و بسته بندی) رطوبت بیشتری را در مقایسه با سایر نقل‌ها از دست داده‌اند.

جدول ۴ میزان فعالیت آبی نقل‌های مختلف (وانیلی، زعفرانی، دارچینی و گل محمدی) را پس از باز نمودن بسته‌بندی نشان می‌دهد. بر اساس مشاهدات، بین فعالیت آبی نقل دارای گل محمدی با سایر نمونه‌های نقل تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($p < 0.05$). همان‌گونه که پیش‌تر نیز اشاره شد، احتمالاً افزودن گل محمدی به صورت خشک به فرمولاسیون منجر به

Table 4 Water activity of different types of noughl at zero-day

| | Noughl type | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Vanilla | Saffron | Cinamon | Damask rose |
| Water activity (a_w) | 0.551±0.003 ^a | 0.548±0.008 ^a | 0.557±0.004 ^a | 0.529±0.010 ^b |

Different superscript letters in each column show significant difference ($p < 0.05$).

محمدی در روز صفر برابر ۶/۱۵ درصد بود که نسبت به میانگین رطوبت نقل‌های دارچینی (۶/۶۱ درصد)، زعفرانی (۶/۴۵ درصد) و وانیلی (۶/۲۸ درصد) کمترین مقدار رطوبت را داشت.

شکل ۷ نمونه‌ای از بیرون زدن گلبرگ‌های گل محمدی (دایره قرمز رنگ) در نقل‌ها را نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده از این بخش با میزان رطوبت نقل‌ها در روز صفر همخوانی دارد. مطابق نتایج بخش ۳-۱، میانگین رطوبت در نقل‌های دارای گل



Fig 7 Appearance of damask rose noughls which show the role of petals on increase of air-solid interface.

آبی پایین هستند برابر با ۰/۶۱ است [۳۳]. میزان تغییرات فعالیت آبی نقل وانیلی طی نگهداری در جدول ۵ آورده شده است. مطابق این جدول، میانگین فعالیت آبی در روز صفر برابر ۰/۵۵۱ بود که با گذشت زمان این مقدار به صورت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد کاهش یافت و به ۰/۳۴۱ در روز بیست و یکم رسید. این مسئله نشان دهنده این واقعیت است که با گذشت زمان مولکول‌های آب سطح نقل را ترک کرده و وارد اتمسفر احاطه کننده محصول شده‌اند. نتایج مشابهی توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است [۳۴].

دانستن محدوده فعالیت آبی برای پی بردن به اینکه امکان رشد چه میکروارگانیسم‌هایی در یک محصول غذایی وجود دارد، مفید است. طبق استاندارد ملی نقل [۲]، آزمون‌های میکروبی این محصول، به عنوان یک فرآورده قنادی بر پایه شکر، بایستی بر اساس استاندارد شماره ۲۳۲۹ انجام گیرد که طبق این استاندارد حداکثر میزان مجاز برای کپک 10^2 و برای مخمر نیز 10^2 کلونی در گرم می‌باشد [۳۲]. بر اساس مشاهدات (جدول ۴) میزان فعالیت آبی در انواع نقل کمتر از ۰/۵۶ است؛ لذا، از لحاظ علمی امکان رشد میکروارگانیسم‌ها در این محصول وجود ندارد، چرا که حداقل فعالیت آبی برای رشد قارچ‌های خشکی دوستانه مقاوم‌ترین میکروارگانیسم‌ها در برابر فعالیت

Table 5 Water activity of vanilla noughl as a function of time

| | Storage time (day) | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 0 | 1 | 7 | 14 | 21 |
| Water activity (a_w) | 0.551±0.003 ^a | 0.519±0.011 ^b | 0.493±0.005 ^c | 0.420±0.017 ^d | 0.341±0.021 ^e |

Different superscript letters in each column show significant difference ($p < 0.05$).

راهی برای حفظ تازگی و جلوگیری از دست دادن رطوبت در این دسته از محصولات می‌تواند گامی نوین در حفظ کیفیت این محصولات بومی طی زمان بوده و سبب افزایش بازارپسندی گردد.

۴- نتیجه گیری

محصولی مانند نقل جزء شیرینی‌های سنتی پرفرودار ایرانی است که مشابه خارجی ندارند و انجام مطالعاتی در راستای بررسی ویژگی‌های آن و پیشنهاد راه حل‌هایی جهت بهبود بسته‌بندی به منظور افزایش امکان صادرات این محصول ضروری به نظر می‌رسد. در این مطالعه برخی از ویژگی‌های فیزیکی-مکانیکی مانند میزان رطوبت، فعالیت آبی، بافت، رنگ و سطح انواع نقل (وانیلی، دارچینی، زعفرانی و دارای گل محمدی) طی گذشت نگهداری مورد پایش قرار گرفت. نتایج نشان داد که نرخ کاهش رطوبت نقل را می‌توان به چهار ناحیه تقسیم نمود کهسه روز اول (پس از خروج از بسته‌بندی) بیشترین سرعت از دست دادن آب را نسبت به سایر روزها داشتند. مقایسه میزان از دست دادن آب طی زمان در انواع نقل حاکی از آن بود که احتمالاً حضور فیبر در گلبگ‌های گل محمدی قادر به کاهش دست دادن آب است. در عین حال، حضور گلبگ‌های گل سبب شده است که نقل دارای گل محمدی بیشترین میزان سفتی را داشته باشد. به علاوه، براساس نتایج مشخص شد که گذشت زمان باعث افزایش سفتی و تغییر نامطلوبی در ظاهر نقل‌ها گردید که بیشترین تغییر ظاهری در مورد نقل دارچین‌مشاهده شد. هم‌چنین، کمترین و بیشترین انرژی شکست به نمونه دارای دارچین و نقل دارای گل محمدی تعلق داشت. اگرچه از دست دادن رطوبت در نقل‌های زعفرانی و دارچینی به کمتر شدن مساحت این محصولات منتهی گردید، ولی ایجاد شدن شکاف‌های خیلی ریز در نقل‌های وانیلی و گل محمدی منجر به افزایش مساحت آنها در اثر گذشت زمان شد.

۵- منابع

- [1] Maghsoudi, Sh. 2008. Confectionary industry. Iranian Agricultural Science Publishing. Tehran.
[2] Anonymous, 2003. National standard of almond noughl: properties and experiment

چنانچه یک فرآورده غذایی از بسته‌بندی خود خارج شود یا بسته‌بندی آن محافظت‌کنندگی خوبی در برابر نفوذپذیری بخار آب نداشته باشد، با گذشت زمان رطوبت از دست داده یا دریافت می‌نماید تا به تعادل برسد. رابطه ۲ ارتباط میان رطوبت نسبی محیط (RH) و فعالیت آبی (a_w) را نشان می‌دهد [۳۵ و ۳۶]. چنانچه مقدار کمی فعالیت آبی اولیه با میزان عددی رطوبت نسبی احاطه کننده ماده غذایی که بر ۱۰۰ تقسیم شده است برابر باشد، بین دو سامانه تعادل برقرار می‌شود. ولی، اگر میزان فعالیت آبی محصول بیشتر از رطوبت نسبی محیط باشد مولکول‌های آب به سطح ماده غذایی آمده، سطح را ترک کرده و وارد اتمسفر احاطه کننده آن می‌شوند. برعکس، چنانچه ماده غذایی فعالیت آبی کمتری نسبت به رطوبت نسبی محیط اطراف داشته باشد مولکول‌های آب از سیال احاطه کننده به ماده غذایی منتقل می‌گردند، مانند آنچه در جذب آب توسط میوه‌های خشک در محیط مرطوب رخ می‌دهد [۳۵]. لذا، با توجه به واقعیت‌های علمی بیان شده انتقال مولکول‌های آب از نقل به سمت محیط اطراف اتفاق افتاده است چرا که رطوبت نسبی محیط نگهداری نقل‌ها تقسیم بر ۱۰۰ (مطابق رابطه ۲) برابر با 0.03 ± 0.04 بود که این میزان کمتر از فعالیت آبی نمونه‌های نقل وانیلی (0.03 ± 0.05) پس از باز شدن بسته بندی بود.

$$\text{رابطه ۲} \quad RH = \frac{RH}{100} a_w$$

بنابراین، دانستن فعالیت آبی محصولات نه تنها مشخص می‌کند که امکان رشد یا عدم رشد کدام دسته از میکروارگانیسم‌ها در محصول وجود دارد، بلکه می‌تواند در تعیین محدوده رطوبت نسبی بهینه برای نگهداری ماده غذایی مفید باشد. لذا، طراحی ظروف بسته‌بندی که در آن رطوبت نسبی اتمسفر داخل ظرف نگهداری با فعالیت آبی (رطوبت نسبی تعادلی) مواد غذایی برابر باشد منجر به ایجاد شرایطی خواهد شد که طی زمان، ماده غذایی نه رطوبتی از دست دهد و نه رطوبتی جذب نماید [۳۷]. اگر چه این تعادل یک تعادل پویا است و در چنین حالتی تعداد مولکول‌هایی که سطح را ترک می‌کنند با تعداد مولکول‌هایی که به سطح متصل می‌شوند برابر است [۳۵].

در پایان باید اشاره کرد که اگر چه ممکن است افزودن ترکیبات جاذب الرطوبه به فرمولاسیون این محصول راهی برای حفظ رطوبت آن به نظر برسد، ولی افزودنی‌ها می‌توانند در بافت و طعم فرآورده تغییر ایجاد نمایند. بنابراین، یافتن

- [13] Gharibzahedi, S. M. T. 2018. Favorite and traditional rice flour-based puddings, breads and pastries in the North of Iran: A review. *Journal of Ethnic Foods*. In Press.
- [14] William H. 2002. *Official Methods of Analysis of AOAC*, 17th ed. Washington DC: Association of Analytical Chemists.
- [15] Bourne, M. 2002. *Food texture and viscosity: concept and measurement*. Academic Press, New York.
- [16] Ghaebi, S.M., Hassan-Beygi, S. R., and Kianmehr, M.H. 2008. Biological material test device: Iranian Patent Number 54999, Tehran, Iran.
- [17] Xu, X., Xu, S., Jin, L., and Song, E. 2011. Characteristic analysis of Otsu threshold and its applications. *Pattern recognition letters*, 32(7): 956–961.
- [18] Gonzalez, R.C., Woods, R.E. and Eddins, S.L. 2004. *Digital image processing using MATLAB*. Pearson Education India.
- [19] Cho, J. S., Lee, H. J., Park, J. H., Sung, J. H., Choi, J. Y., and Moon, K. D. 2016. Image analysis to evaluate the browning degree of banana (*Musa spp.*) peel. *Food chemistry*, 194, 1028–1033.
- [20] Chung, C., Rojanasasithara, T., Mutilangi, W. and McClements, D. J. 2015. Enhanced stability of anthocyanin-based color in model beverage systems through whey protein isolate complexation. *Food Research International*, 76: 761–768.
- [21] Dias, J., Coelho, P., Alvarenga, N. B., Duarte, R. V., and Saraiva, J. A. 2018. Evaluation of the impact of high pressure on the storage of filled traditional chocolates. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 45: 36–41.
- [22] Hassan-Beygi, S. R. (2009). Some physico-mechanical properties of apricot fruit, pit and kernel of ordubad variety. *Agricultural Engineering International: CIGR EJournal*; Manuscript 1459.
- [23] Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J. and Pérez-Álvarez, J.A., 2010. Effect of added citrus fibre and spice essential oils on quality characteristics and shelf-life of mortadella. *Meat Science*, 85(3): 568–576.
- [24] Mani, S., Tabil, L. G., and Sokhansanj, S. 2006. Effects of compressive force, particle size and moisture content on mechanical properties of biomass pellets from grasses. *Biomass and bioenergy*, 30(7): 648–654.
- methods. No. 1724. The Institute of Standards and Industrial Research of Iran.
- Demirci, A. S., Palabiyik, I., Ozalp, S., and Tirpanci sivri, G. 2018. Effect of using kefir in the formulation of traditional Tarhana. *Food Science and Technology*, In Press.
- [4] Simsek, S., Martinez, M. O., Daglioglu, O., Guner, K. G., and Gecgel, U. 2014. Physicochemical properties of starch from a cereal-based fermented food (Tarhana). *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 4(2): 1–14.
- [5] Daglioglu, O. 2000. Tarhana as a traditional Turkish fermented cereal food. Its recipe, production and composition. *Food/Nahrung*, 44(2): 85–88.
- [6] Tiwari, S., Chetana, R., Puttaraju, S., and Khatoon, S. 2014. Physico-chemical characteristics of burfi prepared by using medium chain triglyceride rich margarines. *Journal of food science and technology*, 51(1): 136–141.
- [7] da Silva, L. B., Queiroz, M. B., Fadini, A. L., da Fonseca, R. C., Germer, S. P., and Efraim, P. 2016. Chewy candy as a model system to study the influence of polyols and fruit pulp (açai) on texture and sensorial properties. *LWT-Food Science and Technology*, 65: 268–274.
- [8] Marcone, M. F. 2005. Characterization of the edible bird's nest the "Caviar of the East". *Food research international*, 38(10): 1125–1134.
- [9] Hao-ran, F. A. N., Xiong, L., and Sun, Q. J. 2013. Study on properties of acid hydrolysis cassava starch and its jelly candy. *Cereals & Oils*, 3: 9–17.
- [10] Shahabadi, S. Tavakolipour, H., Mortazavi S. A., and raoufi, N. 2016. Effect of carrageenan gum and partial replacement of butter with the sunflower oil on some physicochemical properties of samanu spread during storage. *Journal of Food Research*, 25(3): 391–405
- [11] Mirmajidi, A., and Abbasi, S. 2012. Effect of Wheat Cultivar and Wheat Flour Ratio on Physicochemical Properties of Samanoo. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 13(1):45–56.
- [12] Nemati, M., Razavieh, S. V., and Zandieh, E. 2006. Comparison between iron, copper, zinc and phytate contents of wheat malt extracts (samanoo) prepared from normal and fortified wheat. *Pharmaceutical Sciences*, 27: 27-32.

- [31] Rodriguez-Amaya, D. B. 1999. Changes in carotenoids during processing and storage of foods. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 49(3): 38–47.
- [32] Anonymous, 2007. *Microbiology of confectionary products and sweets: properties and experiment methods*. No. 2395. The Institute of Standards and Industrial Research of Iran.
- [33] Adams, M. R. and Moss, M. O. 2008. *Food Microbiology*, 3th edition. RSC Publishing, Cambridge, UK. (p: 20–52).
- [34] Miquelím, J., Alcantara, M., and Lannes, S. 2011. Stability of fruit bases and chocolate fillings. *Food Science and Technology*, 31(1): 270–276.
- [35] Figura, L. O. and Teixeira, A.A., 2007. *Food physics: physical properties-measurement and applications*. New York: Springer Science & Business Media. (p: 1–38).
- [36] Potter, N. N. and Hotchkiss, J. H. 1998. *Food Science*, 5th edition. New York: Springer Science & Business Media. (p: 200–244).
- [37] Sahin, S. and Sumnu, S. G. *Physical properties of Foods*. 2006. New York: Springer Science & Business Media. (p: 193–226).
- [25] Svanberg, L., Lorén, N., and Ahrné, L. 2012. Chocolate swelling during storage caused by fat or moisture migration. *Journal of Food Science*, 77(11): 328–334.
- [26] Ansari, S., Maftoon-Azad, N., Farahnaky, A., Hosseini, E., and Badii, F. 2014. Effect of moisture content on textural attributes of dried figs. *International Agrophysics*, 28(4), 403–412.
- [27] Figiel, A., and Tajner - Czopek, A. 2006. The effect of candy moisture content on texture. *Journal of Food service*, 17(4): 189–195.
- [28] Ochoa, M. R., Kessler, A. G., Pirone, B. N., Márquez, C. A., and De Michelis, A. 2007. Analysis of shrinkage phenomenon of whole sweet cherry fruits (*Prunus avium*) during convective dehydration with very simple models. *Journal of Food Engineering*, 79(2): 657–661.
- [29] Quevedo, R., Jaramillo, M., Díaz, O., Pedreschi, F., and Aguilera, J. M. 2009. Quantification of enzymatic browning in apple slices applying the fractal texture Fourier image. *Journal of Food Engineering*, 95(2): 285–290.
- [30] Esmaeeli, S. K. 2016. Nano-complex of gelatin-pectin as carrier of saffron extract. Ms Thesis, Tabriz University, Iran.

Investigation of changes in physico-mechanical properties of walnut nougħ during storage time: Studying of additives' effect

Azarikia, F. ^{1*}

1. Assistant professor, Department of Food Technology, College of Abouraihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran

(Received: 2018/06/24 Accepted: 2019/01/29)

Nougħl (sugar coated almond or walnut) is a traditional confectionary sugar-based product which is also produced by addition of spices and dried damask rose in recent years. In spite of its popularity, nougħl suffers from dehydration in a short time after being exited from the package. Thereupon, the aim of the present study was to investigate the additives' impact (cinnamon, damask rose and saffron) on physico-mechanical properties (moisture content, texture, surface area, color and a_w) of nougħls and also the trend of moisture loss during storage. The results indicated that the most moisture loss took place at the first 3 days after opening the package. Based on the rheological tests, the highest and the lowest breakage energy belonged to damask rose (35.48 N.mm) and cinnamon (9.1 N.mm) nougħls, respectively. Besides, it was found that storing for 14 days led to increase of vanilla nougħl firmness for more than three times. Moreover, mean value of water activity of nougħls was lower than 0.56. Comparison of mean value of the color total difference (ΔE^*) at 0 and 21st days declared that cinnamon and vanilla nougħls had the highest and the lowest color alteration, respectively. According to image processing analyses, suitable indicators to show color changes during time were a^* and L^* channels for cinnamon and damask rose nougħls and b^* and L^* channels for saffron and vanilla nougħls.

Keywords: Nougħl, Moisture loss, Water activity, Textural properties, Image processing

* Corresponding Author E-Mial Address: azarikia@ut.ac.ir