



اهمیت انتقال شیشه ای (گذارشیشه ای) در خشک کردن مواد غذایی

فاطمه آقاجانی ترشکوه^{۱*}، محمدامین میری^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه زابل، زابل ایران

۲- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه زابل، زابل ایران

چکیده

حالت فیزیکی و خواص فیزیکوشیمیایی مواد غذایی بر روی رفتارشان در طی فرآوری، نگهداری، توزیع، و مصرف اثر دارد. پدیده انتقال شیشه ای یک تغییر حالت فیزیکی و از مهمترین پارامترهای موثر در پایداری و نگهداری مواد غذایی است. انتقال شیشه ای در تشخیص تقلبات غذایی و همچنین فرآوری مواد غذایی و نفوذ پذیری بسته های پلیمری نیز کاربرد زیادی دارد. در مواد غذایی آمورف و جزئی آمورف که در طی پروسه های مختلف مانند پختن، تغلیظ کردن، خشک کردن غلطکی، خشک کردن انجمادی، خشک کردن پاششی تشکیل می شود دیده می شود. از این نوع مواد غذایی می توان به شیرینی جات، آب نبات ها، چیپس ها و ورقه های میوه جات و سبزیجات، شیر خشک پس چرخ شده حاوی بیش از ۵۰٪ لاکتوز، غذاهای خشک شده و غذاهای منجمد اشاره نمود. وقتی که مواد غذایی در دمای انتقال شیشه ای T_g نگهداری می شوند، میزان واکنش های شیمیایی و همچنین پروسه های فیزیکی در آنها تقریباً صفر است. مدت ماندگاری مواد غذایی با افزودن T_g افزایش پیدا می کند که میتواند به دلیل خارج کردن آب از ماده غذایی از طریق خشک کردن و یا تثبیت آب بوسیله انجماد یا افزودن پلی ساکاریدها باشد.

کلمات کلیدی: حالت فیزیکی، دمای انتقال شیشه ای، نگهداری مواد غذایی

مقدمه

پایداری مواد غذایی در طول ذخیره سازی عامل مهمی است که باید مورد توجه صنایع غذایی قرار گیرد. هنگام خرید یک محصول غذایی، مصرف کنندگان انتظار دارند که کیفیت آن همچنین خواص حسی، تغذیه ای و میکروبیولوژیکی آن تا زمان مصرف حفظ شود. حفظ فاکتورهای کیفیت غذا ارتباط نزدیکی با گذار شیشه ای دارد. گذار شیشه ای یک انتقال فاز معمولی برای مواد آمورف یا نیمه آمورف است، که در آن کل یابخشی از سیستم در حالت جامد به حالت مایع قرار می گیرد، این یک تبدیل برگشت پذیر می باشد. مواد در حالت آمورف پایداری ترند (۳). معمولاً در تعیین Tg دو گروه از تغییرات فیزیکی را شاهد هستیم (۱). تغییرات رئولوژیکی که شامل تغییر در ویسکوزیته و مدول یانگ می باشد. (۲) تغییر در ویژگی های ترمودینامیک از جمله آنتالپی، حجم، ظرفیت گرمایی و ضریب انبساط می باشند. پدیده انتقال شیشه ای در ماندگاری و نگهداری مواد غذایی، فرآوری مواد غذایی، شناسایی تقلب در مواد غذایی، نفوذ پذیری بسته بندی های پلیمری و مهاجرت مونومرها و مواد افزودنی از پلیمر به مواد غذایی حائز اهمیت می باشد. در این مقاله به بررسی اهمیت انتقال شیشه ای بر خشک کردن مواد غذایی می پردازیم (خرازی و حسین پرور، ۱۳۹۰).

عوامل موثر بر Tg

ساختار شیمیایی مواد: پلیمرها با ساختارهای فیزیکی و شیمیایی متفاوت Tg متفاوتی دارند. برای مثال فروکتوز و گلوکز با وزن مولکولی مشابه ولی ساختار شیمیایی متفاوت Tg متفاوتی دارند (خرازی و حسین پرور، ۱۳۹۰).

رطوبت: رطوبت یکی از عوامل کلیدی برای تاثیر گذاری بر پدیده گذار شیشه ای در غذاست. زیرا آب به عنوان نرم کننده برای بسیاری از سیستم ها عمل می کند که می تواند تحرک مولکولی را به طور قابل توجهی تغییر دهد. علاوه بر این آب با تغییر دمای تبلور و مدت زمان انتقال، نقش مهمی در تبلور مواد غذایی دارد. گذار شیشه ای در نتیجه افزایش محتوای آب یا فعالیت آبی حتی در دمای ثابت رخ می دهد، زیرا Tg با افزایش محتوای آب کاهش می یابد. هنگامی که Tg در نتیجه جذب آب کمتر از دمای اتاق می شود، شیشه به حالت لاستیکی تبدیل می شود (ناصری و میری، ۱۴۰۲).

تاریخچه حرارتی: این که مواد تحت چه فرآیندهایی قرار گرفته باشند بر میزان اندازه گیری شده موثر می باشد. به طوری که مواد با ساختار شیمیایی و وزن مولکولی یکسان ولی تاریخچه حرارتی متفاوت، Tg متفاوتی را نشان می دهند (خرازی و حسین پرور، ۱۳۹۰).

سرعت حرارت دادن طی DSC: Liu و همکاران عنوان کرده اند که با افزایش سرعت حرارت دادن Tg افزایش می یابد (خرازی و حسین پرور، ۱۳۹۰).

وزن مولکولی: دمای گذار شیشه ای به شدت به وزن مولکولی ماده بستگی دارد. با افزایش وزن مولکولی افزایش می یابد، به عنوان مثال دی ساکارید ها مقادیر بالاتری در مقایسه با هگزوزها و پنتوزها دارند. از سوی دیگر، ترکیبات با وزن مولکولی کم منجر به کاهش می شوند. ترکیبات با وزن مولکولی پایین معمولاً یک نرم کننده می باشند زیرا حجم آزاد را افزایش می دهند و به مولکول های بزرگتر اجازه می دهند تا تحرک انتقالی خود را در دمای پایین تر به دست آورند. این منجر به کاهش کلی می شود (ناصری و میری، ۱۴۰۲).

پلاستیسیایزرها: با افزودن پلاستیسیایزرها Tg پلیمرها به شدت کاهش می یابد. پلاستیسیایزرها معمولاً به مواد غذایی افزوده می شوند شامل: گلیسرول، سوربیتول، قندهایی با وزن مولکولی پایین مثل گلوکز و فروکتوز می باشند. نقش پلاستیسیایزرها در کاهش Tg بستگی به

غلظت و وزن مولکولی آنها دارد. به این صورت که هرچه وزن مولکولی کمتر و غلظت بیشتر باشد، بیشتر می توانند Tg را کاهش دهند (خرازی وحسین پرور، ۱۳۹۰).

تاثیر دمای گذارشیشه ای بر روی خشک کردن مواد غذایی

خشک کردن

خشک کردن یک روش موثر برای نگهداری مواد غذایی است که با کاهش میزان آب و سطح فعالیت آبی به میکروارگانیسم ها اجازه رشد نمی دهد. میزان واکنش ها به وسیله خشک کردن کاهش می یابد. اما تغییرات نامطلوب به دلیل واکنش های آنزیمی ممکن است باعث تغییر کیفیت شوند (پریزن و شفافی زنوریان، ۱۳۹۰). خشک کردن با اسپری رایج ترین روش خشک کردن شیر و فرآورده های شیری است. این فرآیند شامل حذف سریع رطوبت است که منجر به تشکیل لاکتوز آمورف می شود. مشخصات خشک کردن و دمای گذارشیشه ای شیر و فرآورده های شیر بسته به ترکیبات آنها متفاوت است (ناصری و میری، ۱۴۰۲). بسیاری از غذاها مانند سیب زمینی، موز و پاپایا در محدوده شرایط عملیاتی که برای خشک کردن استفاده می شود، تحت گذار شیشه ای قرار می گیرند (Fongin et al, 2019. Nguyen et, 2020).

شرستا و همکاران (۲۰۰۷) اثر غلظت پروتئین را بر Tg شیر خشک های بدون چربی خشک شده با اسپری بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که پودر ها که در رطوبت های مختلف جذب می شوند، تغییر مشخصی در مقادیر Tg نشان نمی دهد، که نشان دهنده اثر غالب لاکتوز بر روی Tg پودر های شیر بدون چربی است. ماده اصلی پودر شیر خشک لاکتوز است که Tg نسبتا بالایی دارد و بین ۹۷ تا ۱۱۶ درجه سانتی گراد است (Abbas et al, 2010).

Angela et al (۱۹۹۳) اشاره کردند که کیفیت مواد غذایی خشک شده با نگهداری آنها نزدیک دمای انتقال شیشه ای بهبود می یابد و از تغییر کیفیت و ساختار آنها جلوگیری می شود (Angela et al, 1993).

نتایج DSC نشان داد که کاربرد اولتراسوند در طول خشک کردن تحرک آب را بهبود می بخشد و Tg را کاهش می دهد

خشک کردن پاششی

در مرحله اول خشک کردن پاششی ابتدا ماده غذایی اتمیزه می شود. معمولا محلول غلیظ به قطرات کوچک اتمیزه می شوند. سپس هنگامی که آب تبخیر شد، غلظت ماده حل شده در قطره افزایش می یابد. اگر ویسکوزیته محلول زیر حد بحرانی باشد، سطح محصول ممکن پلاستیکی شود. در عمل ویسکوزیته در ۱۰-۲۰ درجه سانتی گراد بالاتر از Tg بحرانی بوده و در نتیجه دمای سطح محصول طی خشک کردن نباید به ۱۰-۲۰ درجه سانتی گراد بالای Tg برسد (خرازی وحسین پرور، ۱۳۹۰).

خشک کردن انجمادی

طی خشک کردن انجمادی، ابتدا ماده غذایی منجمد شده و سپس آب منجمد شده تصعید میشود. اگر دمای محصول غذایی متخلخل دهیدراته شده بالای Tg باشد، ویسکوزیته بخش جامد کفاف حفظ ساختار را نداده و عمل Collapse یا shrinkage اتفاق می افتد.

بنابراین برای حفظ حجم اصلی و تخلخل محصول، دمای نگهداری محصول نباید بالاتر از Tg باشد. پس سرعت Collapse محصول، زمانی که ویسکوزیته محصول خشک بالای Tg برسد، افزایش می یابد. Collapse باعث ناهموار شدن سطح محصول و از دست رفتن آروما شده و محصول در نهایت خصوصیات جذب آب ضعیفی را نشان میدهد. مواد غذایی مایع مختلف طی خشک کردن انجمادی دمای Collapse متفاوتی دارند که بستگی به ساختار آنها دارد. مواد غذایی با قند بالا دمای Collapse کمتری دارند.

Tsourousflis و همکاران عنوان کردند که دمای Collapse با افزودن مواد با وزن مولکولی بالا افزایش می یابد و افزایش دمای Collapse به طور مستقیم به افزایش Tg بستگی دارد (خرازی و حسین پرور، ۱۳۹۰).

خشک کردن با هوای داغ

معمولا این روش برای خشک کردن مواد غذایی جامد به کار می رود. محصولات مانند برگه میوه جات و سبزیجات و محصولات چسبناک حتی در رطوبت بسیار پایین هم مرطوب به نظر می آیند که دلیل آن پلاستیسایزری مولکول های قند با وزن مولکولی کم می باشد که Tg را کاهش می دهند. Karathanos و همکاران عنوان کرده اند محصولات چسبناک به خوبی در سیستم های بستر سیال، سیال نمی شوند و در صورتی که دمای هوای خشک کردن بالاتر از Tg باشد محصول ممکن است طی خشک شدن نرم باشد ولی به محض سرد شدن به دلیل کاهش دمای محصول به کمتر از Tg محصول سخت میشود (خرازی و حسین پرور، ۱۳۹۰).

نتیجه گیری

پدیده انتقال شیشه ای در تولید و فرآوری و نگهداری مواد غذایی، تشخیص تقلبات غذایی نقش زیادی دارد. خشک کردن یک روش موثر برای نگهداری مواد غذایی است. کیفیت مواد غذایی خشک شده با نگهداری آنها نزدیک دمای انتقال شیشه ای بهبود پیدا میکند. مدت ماندگاری مواد غذایی با افزودن Tg افزایش پیدا می کند

منابع

- (۱) پرین، ط. شفافیت زنجیر، م. ۱۳۹۰. کاربرد دمای انتقال شیشه ای در صنایع غذایی. اولین سمینار ملی امنیت غذایی.
- (۲) حقیقت خرازی، س. حسین پرور، س. ۱۳۹۰. نقش دمای انتقال شیشه ای در پایداری و حفظ کیفیت مواد غذایی. بیستمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی.
- (۳) ناصری، ع. میری، م. ۱۴۰۲. دمای گذار شیشه ای (Tg). دوازدهمین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار.
- ۴- Abbas, K., Lasekan, O., & Khalil, S. K. (2010). The significance of glass transition temperature in processing of selected fried food products: A review. Modern Applied Science, 4(5), 3.
- ۵- Anglea, S. A., Wang, J., & Karel, M. Q. Quality change of eggplant due to drying regime. Presented at Annu. Meet (۱۹۹۳) . .
- ۶- Fongin, S., Granados, A. E. A., Harnkarnsujarit, N., Hagura, Y., & Kawai, K. (2019). Effects of maltodextrin and pulp on the water sorption, glass transition, and caking properties of freeze-dried mango powder. Journal of Food Engineering, 247, 95-103.
- ۷- Nguyen, T. K., Khalloufi, S., Mondor, M., & Ratti, C. (2020). Moisture profile analysis of food models undergoing glass transition during air-drying. Journal of Food Engineering, 281, 109995.