علـوم محیـطی سال چهارم، شماره دوم ، زمستـان ۱۳۸۵
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.4, No.2 , Winter 2007
۶۳-۷۲

بررسی امکان تهیه فیلم زیست سازگار از نشاسته نخود و تاثیر رطوبت نسبی و پلاستی سایزر بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آن

مجید جوانمرد*، علیرضا بصیری
گروه صنایع غذایی، پژوهشکده صنایع شیمیایی، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

چکیده

ویژگی‌های کششی، میزان تراوایی نسبت به بخار آب و اکسیژن و میزان حلالیت در آب در رطوبت‌های نسبی (RH) تحت بررسی در فیلم‌های خوراکی تهیه شده از نشاسته نخود، اندازه گیری و با فیلم‌های خوراکی مرسوم و مورد استفاده مقایسه گردید. افزودن گلیسرول به فیلم‌های نشاسته نخود که تورم و باد کردگی گرانول‌های حاوی آمیلوز و توزیع یکنواخت آنها در بین ژل‌های آمیلو پکتین رادر پی داشته، در رطوبت نسبی ۹۰ درصد، به طور معنی داری میزان کش‌آمدگی[1] فیلم را افزایش داد. با افزایش رطوبت نسبی از ۵۱ به ۹۰ درصد، قدرت کششی فیلم تولیدی کاهش و میزان کش‌آمدگی افزایش یافت. میزان تراوایی بخار آب در این فیلم ۱۳۰ تا ۱۵۰ g mm/m^2/d/kpa تعیین گردید. میزان تراوایی نسبت به اکسیژن در رطوبت نسبی کمتر از ۴۰ درصد بسیار پایین (کمتر از ۰/۵ cm^3 μm/m^2/d/kpa) بوده و میزان آن ۱/۲ تا ۱/۴ (cm^3 μm/m^2/d/kpa) در رطوبت نسبی ۴۵ درصد شد. حلالیت در آب فیلم تولیدی ۳۲ درصد بود. فیلم نسبت به اکسیژن تراوایی پائین و قابلیت کشش بالایی[2] داشت.

کلید واژه‌ها : فیلم نشاسته، فیلم خوراکی، گلیسرول، تراوایی اکسیژن، تراوایی بخار آب، ویژگی کششی.

Study of Effects of Plasticizer and Relative Humidity on the Physical and Mechanical Properties of Pea Starch Films

Majeed Javanmard*, Ali Reza Bassiri

Department of Food Industries, Institute of Chemical Technologies, Iranian Research Organization for Science and Technology (IROST).

Abstract

The tensile properties, water vapor permeability, oxygen permeability at different relative humidity (RH), and water solubility of edible film made of pea starch was measured and compared with the most commonly used edible films. The addition of glycerol into starch films made amylase-rich granules swollen and continuously dispersed between amylopectin-rich gels. Tensile strength of pea starch film decreased when RH increased from 51% to 90%. Water vapor permeability was 130 to 150 gr mm/m^2.d.kpa. Oxygen permeability of pea starch was very low (< 0.5 cm^3 μm/m^2.d.kpa) below 40% RH, and 1.2 to 1.4 at 45% RH. Water solubility of pea starch was 32.0.Overall pea starch film possess an excellent oxygen barrier property with extremely high stretchability.

Keywords: starch film; edible film; glycerol; pea starch; tensile properties; water vapor permeability; oxygen permeability

* Corresponding author. *E-mail Address:* javanmard@irost.ir

مقدمه

نیاز به تولید پلاستیک‌های قابل تجزیه در طبیعت روز به روز در حال افزایش می‌باشد. از ویژگی‌های مطلوب برای هر بسته بندی، بازیافت آسان آن و ایجاد کمترین خسارت به محیط زیست است. هر ساله بالغ بر میلیون‌ها تن ضایعات پلاستیکی از جمله کیسه‌ها، پاکت‌های پلاستیکی و مواد بسته بندی وارد محیط زیست گردیده و به علت عدم بازگشت به چرخه زیست محیطی، باعث ایجاد مشکلاتی برای محیط زیست می‌شوند. علاقه به انجام فعالیت تحقیقاتی و استفاده از فیلم‌های با منشا طبیعی (نشاسته، پروتئین و ...) به دلیل پتانسیل این مواد در جایگزینی پلیمرهای رایج در بسته بندی مواد غذایی و همچنین مقاومت آنها در برابر نفوذ گازها، رطوبت و مواد محلول از دهه قبل رایج گردید. تمایل به استفاده از بسته بندی‌های زیست سازگار[3] از جمله پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی[4]، به دلیل دارا بودن مواد طبیعی، قابلیت تجدید پذیری و عدم ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی، روز به روز در حال افزایش می‌باشد (Ahvenainen *et al*., 1997; Stading *et al*., 2001).

با توسعه صنایع غذایی، میزان ضایعات ناشی از فرآوری محصولات غذایی نیز افزایش یافته است. استفاده از این ضایعات هم از جهات اقتصادی و هم از نظر آلودگی‌های زیست محیطی، از دغدغه‌های صنایع غذایی و مراجع قانونی محیط زیست محسوب می‌گردد. استفاده از این ضایعات برای تهیه مواد اولیه مورد نیاز در بسته بندی‌های زیست سازگار منجر به حل مشکلات زیست محیطی و ارتقا ارزش افزوده ضایعات مذکور می‌شود. فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی از یک سو نوعی از مواد بسته بندی و از سوی دیگر جزیی از ترکیبات مواد غذایی، می‌باشند. به همین دلیل برای تامین نیازهای خاصی نظیر خواص ضد میکروبی، افزایش مدت زمان ماندگاری، ایجاد طعم، بو، رنگ و غیره در بسته بندی و مواد غذایی، باید دارای ویژگی‌های منحصر به فردی باشند. بسته بندی خوراکی باید فاقد طعم نامطبوع، عاری از هرگونه مواد سمی، سدی در برابر آب، گازها و مواد معطر بوده و دارای ویژگی های مکانیکی مطلوب برای حمل و نقل و دستکاری فراورده‌های غذایی نیز باشند (Krochta & DeMulder-Johnson, 1997) . این گونه بسته‌بندی‌ها می‌توانند حاوی اجزای کارکردی مواد غذایی نظیرآنتی اکسیدان‌ها، مواد ضد میکروبی طبیعی و رنگدانه‌ها بوده و جهت پایداری میکروبی و شیمیایی و بهبود شاخص کیفی و بهداشتی مواد غذایی بسته بندی شده مورد استفاده قرار گیرند (Natrajan & Sheldon, 2000 ; Krochta & DeMulder-Johnson, 1997) . فیلم‌های پروتئینی نظیر فیلم‌هایی که با پروتئین نخود، سویا و آب پنیر تهیه می‌شوند در سالیان اخیر مورد توجه قرار گرفته‌اند(Choi & Han, 2002; Choi & Han, 2001 ;Krochta, 2002). این فیلم‌ها مانع خوبی در برابر نفوذ گازها بوده و دارای ویژگی‌های مکانیکی و کیفیت تغذیه‌ای مطلوب می‌باشند. این خصوصیات باعث گردیده تا از این فیلم‌ها به عنوان مواد جایگزین در بسته بندی‌های مرسوم ومصنوعی استفاده شود. دستیابی به مواد اولیه ارزان قیمت برای بسته بندی از مزایای استفاده از این مواد محسوب می‌شود (Choi & Han, 2001 ;Mujica-Paz & Gontard, 1997; Gontard *et al*., 1996). نشاسته یکی از ترکیبات عمده غلات و بقولاتی نظیر برنج و نخود محسوب می‌گردد. اغلب نشاسته‌ها حاوی حدود ۲۵ درصد آمیلوز و ۷۵ درصد آمیلوپکتین می‌باشند (Be Miller *et al*., 1996) . نشاسته که به وفور در طبیعت یافت می‌شود، به دلیل قیمت پائین، قابلیت تجدید شوندگی و بازیافت زیستی، یکی از مواد خام جذاب و مورد علاقه برای استفاده در بسته بندی‌های خوراکی محسوب می‌گردد(Guilbert, 2000) . علاوه بر این حساسیت زا[5] نبوده و به دلیل دارا بودن ویژگی‌های مکانیکی و مقاومت در برابر نفوذ گازها، امکان به‌کارگیری و استفاده از آن در صنایع غذایی وجود دارد.

فیلم‌های تهیه شده از نشاسته ذرت با آمیلوز بالا نشان داد که این نشاسته دارای حلالیت پایین در آب، سدی عالی در برابر اکسیژن، درجه حرارت برگشت پذیری پایین[6] بوده و دارای پایداری بیشتری در ویژگی‌های خود در رطوبت‌های نسبی بالا در مقایسه با فیلم‌های تهیه شده با نشاسته‌های معمولی می‌باشند (Lloyd & Krist, 1962; Stading *et al.*, 2001). نشاسته با آمیلوز بالا به دلیل قدرت تشکیل ژل خوب و ساختار پلیمری خطی مارپیچ، یکی از مواد بسیار عالی و مفید برای تشکیل فیلم محسوب می‌گردد (Elliasson & Tatham, 2001; Juliano, 1985) در مقایسه با نشاسته ذرت با آمیلوز بالا، نشاسته برنج (با آمیلوز بالا) و نشاسته نخود به ترتیب حاوی ۳۰ و ۴۰ درصد آمیلوز بوده و دارای درجه حرارت ژلاتینه شدن پائین (کمتر از ۹۰ درجه سانتی‌گراد) می‌باشند. بنابراین با کمک تجهیزات معمول آب جوش می‌توان نشاسته ژلاتینه را از آنها تهیه نمود. فیلم‌هایی که بر پایه نشاسته تهیه می‌گردند نسبت به رطوبت نسبی محیط پیرامون حساس می‌باشند. به همین دلیل رطوبت نسبی محیط باعث تغییر ویژگی‌های مکانیکی و مقاومت نسبت به نفوذ گازها می‌گردد(Elliasson & Tatham, 2001). گلیسرول به عنوان یکی از مرسوم‌ترین انواع پلاستی سایزر در تهیه فیلم‌های خوراکی به‌کار می‌رود. گلیسرول یک عامل نگهدارنده آب مطلوب محسوب گردیده و نقش آن افزایش میزان آب در ترکیب فیلم‌های نشاسته‌ای می‌باشد. هدف از این بررسی، اولاً امکان تهیه فیلم‌های تجزیه پذیر و سازگار با محیط زیست از نشاسته نخود جهت استفاده در بسته بندی مواد غذایی به جای کاربرد مواد اولیه شیمیایی غیر قابل تجزیه و بازیافت و ثانیاً تعیین ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی فیلم تهیه شده از نشاسته نخود و ارزیابی تاثیر رطوبت نسبی و پلاستی سایزر بر روی این ویژگی‌ها می‌باشد.

مواد و روش کار

مواد

نشاسته نخود (۹۵ درصد محتوی نشاسته) از شرکت (Portage-la-Prairie,Man.,Canada) Parrheim foods تهیه گردید که حاوی تقریباً ۴۰ درصد آمیلوز بود. گلیسرول از شرکت سیگما (St.Louis, Mo., U.S.A.) خریداری و به عنوان پلاستی سایزر استفاده گردید.

تهیه فیلم

ابتدا محلول ۳ درصد، از نشاسته نخود تهیه گردید و سپس به نسبت ۱ به ۲ (وزن/ وزن) گلیسرول به نشاسته افزوده شد. به عنوان نمونه شاهد، از فیلم نشاسته نخود بدون افزودن گلیسرول استفاده گردید. محلول در حالی‌که حرارت می‌دید، دائماً به‌هم زده می‌شد و پس از جوشیدن به مدت ۱۵ دقیقه در حال جوش، جهت ژلاتینه شدن ذرات نشاسته قرارگرفت. محلول سپس تا دمای تقریباً ۶۰ درجه سانتی‌گراد خنک گردیده و مقدار ۱۲ گرم از آن برای تشکیل فیلم در داخل پتری دیش‌های پلی استیرن (قطر ۱۰ سانتی متر) وارد شد. پتری دیش‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط برای خشک شدن محلول قرار گرفتند. ضخامت فیلم‌های تهیه شده توسط میکرومتر (B.C.Ames Co.,Waltham, Mass., U.S.A) در ۵ نقطه تصادفی از فیلم‌های تهیه شده، پس از جداسازی از کف پتری دیش‌ها اندازه گیری گردید. سپس فیلم‌های تهیه شده برای آزمون‌های بعدی به مدت یک هفته درکیسه‌های پلاستیکی پلی اتیلن با دانسیته پائین در محیط آزمایشگاه نگهداری گردیدند.

آزمون‌های کششی

فیلم‌های نگهداری شده در کیسه‌های پلاستیکی به شکل نوارهایی به ابعاد ۸×۱ سانتی متر بریده شده و در دسیکاتور به مدت ۳ روز در رطوبت نسبی ۵۱ و ۹۰

درصد قرار گرفتند. مقاومت کششی[7] و میزان کش آمدگی با کمک دستگاه اندازه گیری بافت (Texture Analyzer, TA-XT2, Texture Technologies Corp., Scarsdale, N.Y., U.S.A.) تعیین گردید (American Society for Testing Methods, 1991).

(الف)

(ب)

شکل شماره ۱ – فیلم نشاسته نخود حاوی گلیسرول(الف) و بدون گلیسرول (ب)

تراوایی نسبت به بخار آب

بر اساس روش Choi و Han (2001) میزان تراوایی فیلم‌ها تعیین گردید. در این روش ابتدا ۱۰ میلی لیتر آب مقطر در داخل فنجان‌های کف صاف با دیواره‌های پهن پخش گردید. سپس فنجان‌ها با فیلم‌های تهیه شده پوشیده شده و با کمک حلقه‌های لاستیکی محکم گردیدند و در داخل دسیکاتور دارای رطوبت سنج دیجیتالی در رطوبت ثابت و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. تغییرات وزن به‌صورت دوره‌ای اندازه گیری شده و برای محاسبه میزان نهایی انتقال بخار آب و درصد رطوبت نسبی در بخش پایینی فیلم مورد آزمون استفاده گردید. میزان رطوبت نسبی زیر فیلم به‌وسیله میزان انتشار آزاد رطوبت در هوای داخل فنجان و فاصله سطح آب تا فیلم مورد آزمون به‌دست می‌آید. میزان تراوایی نسبت به بخار آب[8] از طریق معادله زیر به‌دست آمد:

۱) $WVP = WVTR \times Thickness / \Delta P_{1120}$

WVTR میزان انتقال بخار آب و ΔP_{1120} اختلاف فشار جزئی بخار آب در دو سوی فیلم می‌باشند.

تراوایی نسبت به اکسیژن

میزان انتقال اکسیژن (OTR)[9] با استفاده از دستگاه OX-TRAN (Mocon, Minneapolis, Minn,U.S.A.) ۲/۶۱ اندازه گیری گردید. اندازه گیری در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۳۰، ۳۵ و ۴۵ درصد در طول مدت آزمایش، انجام گرفت. میزان تراوایی نسبت به اکسیژن[10] (OP) از طریق معادله زیر تعیین گردید:

۲) $OP = OTR \times Thickness / \Delta P_{O2}$

ΔP_{O2} عبارت است از اختلاف فشار جزئی اکسیژن بین دو طرف فیلم، که در طول آزمون ۱ اتمسفر بود.

درصد مواد محلول فیلم

نمونه‌هایی از فیلم تهیه شده (۱×۱ سانتی‌متر) به مدت ۳ روز در دسیکاتور حاوی سولفات کلسیم آب گیری شده و سپس نمونه‌ها به دقت جهت دستیابی به وزن خشک اولیه (W_i) توزین گردیدند. نمونه‌های فیلم‌های خشک شده در داخل لوله‌های آزمایش حاوی ۵ میلی‌لیتر آب مقطر وارد گردیده و با کمک فویل آلومینیومی لوله‌ها پوشیده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق نگهداری شدند. گاهی اوقات نیز لوله‌ها به خوبی

تکان داده شدند. فیلم‌های داخل لوله‌ها سپس به مدت ۲۴ ساعت در ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردیده و برای تعیین وزن خشک نهایی(W_f) توزین گردیدند. درصد مواد محلول (SM٪) با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

۳) $\% SM = [(W_i - W_f)/W_i] \times 100$

نتایج و بحث

تشکیل فیلم

فیلم‌های تشکیل شده در پتری دیش‌ها به راحتی از کف آنها جدا گردیده و شفاف، محکم و به اندازه‌ای که به آسانی قابل دست ورزی[11] و جابجایی باشند، انعطاف پذیر بودند. فیلم‌های فاقد ماده نرم کننده، بسیار شکننده بودند(شکل شماره ۱).

میزان رطوبت فیلم

فیلم های حاوی پلاستی سایزر دارای رطوبت بیشتری نسبت به نمونه شاهد بودند. رطوبت نسبی محیط پیرامون بر روی رطوبت فیلم تاثیر داشته به گونه ای که فیلم‌های نگه داری شده در رطوبت نسبی ۹۰ درصد نسبت به آنهایی که در ۵۱ درصد نگهداری گردیدند، دارای میزان رطوبت بیشتری بودند (جدول شماره ۱).گلیسرول علاوه بر نرم کنندگی به عنوان یک ماده مناسب برای نگهداشتن آب و افزایش میزان آب در فیلم نشاسته نخود عمل می‌نماید، به‌طوریکه این ماده باعث نگهداری آب به میزان۱۵/۴ تا ۱۶/۵ درصد بیشتر در فیلم‌های حاوی پلاستی سایزر در مقایسه با فیلم‌های بدون حضور این مواد در رطوبت نسبی ۵۱ درصد می‌گردد.

آزمون تعیین کشش

مقاومت کششی و میزان کش آمدن فیلم نشاسته نخود همراه پلاستی سایزردر بخش الف جدول شماره-۱ آمده است.

با افزایش میزان رطوبت نسبی محیط از ۵۱ به ۹۰ درصد، قدرت کششی فیلم‌ها کاهش و میزان کش آمدگی آنها افزایش می‌یابد. در رطوبت نسبی ۵۱ درصد بدون حضور ماده پلاستی سایزر گلیسرول، فیلمی تولید نمی‌شود. در رطوبت نسبی ۹۰ درصد افزودن پلاستی سایزر باعث کاهش میزان کش آمدگی فیلم‌ها نسبت به فیلم‌های خالص و بدون افزودن پلاستی سایزر نشاسته نخود می‌گردد. همچنین در این شرایط افزودن پلاستی سایزر تاثیری بر میزان کشش این فیلم‌ها ندارد. افزودن پلاستی سایزر (گلیسرول) منجر به افزایش معنی‌دار در میزان کش آمدگی فیلم در رطوبت نسبی ۹۰ درصد گردید. میزان کش آمدگی و ممانعت از نفوذ اکسیژن فیلم نشاسته نخود در مقایسه با انواع فیلم‌های خوراکی رایج بیشتر می‌باشد (جدول شماره ۲).

Rindlav-Westling و دیگران (2001) دریافتند که با افزایش رطوبت نسبی از ۲۰ درصد به ۷۰ درصد در فیلم‌های حاصل از آمیلوز که با گلیسرول (۱به ۵/ ۲ نسبت پلیمر به گلیسرول) مخلوط گردیدند، تنش در خردشدگی کاهش و کشش[13] افزایش یافت. معیار های الاستیکی فیلم های آمیلوز و آمیلو پکتین با افزایش رطوبت نسبی از ۲۰ درصد به ۸۰ درصد کاهش می یابند (Lloyd & Krist, 1962). در نشاسته ذرت افزایش رطوبت نسبی از ۳۵ به ۶۵ درصد منجر به کاهش قدرت[14] فیلم تولیدی در حدود ۴۳ درصد می‌گردد (Choi & Han, 2002) . افزایش میزان ماده نرم کننده در فیلم های خوراکی اساسا منجر به افزایش میزان کش آمدگی و کاهش قدرت کشش می‌شود (Choi & Han, 2001) . مقدار زیاد غلظت آمیلوز در فیلم‌های نشاسته نخود منجر به پایداری بیشتر و متعاقب آن حساسیت کمتر در میزان کش آمدگی در اثر افزایش رطوبت نسبی می‌گردد.

جدول ۱- میزان رطوبت، مقاومت کشش و میزان کش آمدگی فیلم های نشاسته نخود در رطوبت نسبی ۵۱ و ۹۰ درصد

فیلم	رطوبت نسبی (٪)	رطوبت فیلم (٪)	مقاومت کششی (Mpa)	کش آمدگی (٪)	ضخامت (mm)
الف- با گلیسرول	۵۱	۲۷	۴/۲±۰/۴۴	۳۲۳/۷ ±۱۲/۰۰	۰/۰۷۲
	۹۰	۴۴	۲/۸±۰/۲۴	۴۲۰/۹ ±۹۳/۲۳	۰/۰۷۵
ب. بدون گلیسرول	۵۱	۱۱/۶	–	–	۰/۰۵۲
	۹۰	۲۸	۳/۰±۰/۳۱	۱۵۰ ±۸/۳	۰/۰۷۳

جدول شماره ۲- مقایسه ویژگی های فیلم های خوراکی

فیلم	قدرت کشش (MPa)	میزان کش آمدگی (٪)	WVP ($gr\ mm/m^2/d/KPa$)	OP ($cm^3\ \mu m/m^2/d/KPa$)
نشاسته برنج	۳/۲	۲۶۵/۶	۱۳۰/۹	۲ تا ۲/۲
نشاسته نخود	۴/۲	۳۲۳/۷	۱۵۰/۳	۱/۵ تا ۱/۸
متیل سلولز[a]	۲۰ تا ۲۵	۷۵ تا ۸۰	۲۷۰ تا ۴۵۰	۷/۲ تا ۱۰/۵
هیدروکسی				
متیل سلولز[a]	۸ تا ۱۰	۱۰۱ تا ۱۱۰	۲۵۰ تا ۳۲۰	۴/۸ تا ۵/۷
پروتئین آب پنیر[b]	۶/۹	۱۹۹	۱۱۹	۱
پروتئین سویا[b]	۵	۸۶	۹۱/۲	۶/۱
پروتئین نخود[b]	۷/۳	۳۱/۹	/۹۸	–
گلوتن گندم[b]	۲	۱۷۰	۱۰۸	۶/۷

[a] داده ها ی قدرت کشش، میزان کش آمدگی، WVP، OP (Park *et al.*, 1993)

[b] داده ها (Choi and Han, 2001; Krochta, 2002)

تراوایی نسبت به بخار آب

میزان تراوایی نسبت به بخار آب فیلم نشاسته نخود بالا بوده و میزان آن در حدود تقریبی ۱۵۰ g) ($mm/m^2/d/kpa$) تعیین شده است (جدول شماره ۲). طبیعت آب دوست ملکول‌های این نشاسته باعث جذب آسان آب توسط فیلم می‌گردد. ملکول‌های آب در فیلم‌های آمیلوزی آسان تر از فیلم‌های آمیلوپکتینی منتشر می‌گردند(Stading *et al.*, 2001) . بالا بودن نسبت آمیلوپکتین نشاسته نخود به‌کار رفته در این مطالعه (تقریبا ۶۰ درصد) سد ضعیفی را در فیلم‌های تهیه شده نسبت به آب ایجاد می‌نماید.

تراوایی نسبت به اکسیژن

نشاسته نخود حاوی پلاستی سایزر سد بسیار عالی نسبت به اکسیژن در رطوبت نسبی پائین ۳۵ درصد محسوب می‌گردد. افزایش رطوبت نسبی بالای ۴۰ درصد باعث زیاد شدن میزان تراوایی نسبت به اکسیژن تا میزان ۱/۲ تا ۱/۴ ($cm^3\mu m/m^2/d/kPa$) گردیده که تا این حد نیز از نظر ممانعت کنندگی در برابر اکسیژن مقدار بالایی محسوب می‌گردد.

Forssel و همکاران (2002) نشان دادند که فیلم‌های آمیلوزی حاوی گلیسرول (تا ۳۰ درصد) ، در رطوبت‌های نسبی زیر ۵۰ درصد دارای مقاومت مطلوبی نسبت به عبور اکسیژن بوده‌اند.

افزایش میزان رطوبت نسبی محیطی در هر دو نوع فیلم آمیلوز و آمیلوپکتین، منجر به افزایش تراوایی نسبت به اکسیژن می‌گردد. میزان تراوایی در این حالت در فیلم‌های آمیلوزی کمتر است. در رطوبت نسبی تا ۵۰ درصد ساختار شبکه‌ای فیلم‌های آمیلوزی بسیار پایدار می‌باشد. رطوبت نسبی بیش از ۵۰ درصد باعث افزایش تحرک مولکول‌های اکسیژن در ساختار شبکه پلیمری گردیده، در نتیجه تراوایی آنها از طریق ساختارهای سست‌تر انجام می‌گیرد (Juliano, 1985 & Webb-Jenkins, 2002). در رطوبت نسبی بالای ۵۰ درصد، شاید غلظت بالای آمیلوز در نشاسته نخود، باعث مقاوم شدن فیلم‌های تولیدی نسبت به اکسیژن می‌شود.

نتیجه گیری

ارزان بودن، در دسترس بودن، غیر حساسیت زایی، ویژگی‌های مکانیکی بسیار مطلوب و مقاومت در برابر اکسیژن و بخار آب باعث گردیده تا از فیلم نشاسته نخود برای نگهداری و افزایش مدت زمان ماندگاری مواد غذایی استفاده گردد. این فیلم‌های محکم و قوی که دارای خصوصیات فیزیکی خوبی هستند، از عبور اکسیژن و بخار آب ممانعت می‌کنند که این ممانعت با افزایش میزان رطوبت نسبی محیط کاهش می‌یابد. افزودن گلیسرول باعث افزایش حلالیت و رطوبت در فیلم‌های نشاسته می‌گردد. به‌طور کلی فیلم تهیه شده از نشاسته نخود نسبت به سایر انواع فیلم‌های خوراکی بالاترین درصد کش آمدگی و تطویل را دارا است. برای دستیابی به فیلم خوراکی مطلوب جهت بسته بندی مواد غذایی، تولید فیلم‌های ترکیبی حاوی نشاسته نخود با آمیلوز بالا و سایر پلیمرهای زیستی توصیه می‌گردد.

Notes

1- Elongation
2- Stretch
3- Biodegradable Packaging
4- Edible Films & Coatings
5- Nonallergic
6- Retrogradation
7- Tensile strength
8-Water Vapour Permeability
9- Oxygen Transmission Rate
10- Oxygen Permeability
11-Manipulation
12- Strain
13- Strength

تشکر

نویسندگان از آقای دکتر R. Holley ریاست محترم گروه صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه مانیتوبا به جهت حمایت‌های بی دریغ ایشان و خانم زینب اصغری جهت انجام ویراستاری متن حاضر تشکر می‌نمایند.

منابع

Ahvenainen R., P. Myllarinen and K. Poutanen (1997). Prospects of using biodegradable protective films for foods. *Eur Food Drink Rev.* 73, 75, 77-80.

American Society for Testing Methods (1991). Standard test methods for tensile properties of thin plastic sheeting. D882.313-321.

Be Miller, J.N. and R.L. Whistler (1996). *Carbohydrates.In: Fennema OR*, editor. Food Chemistry 3rd ed. New York: Marcel Dekker 157-223.

Choi, W.S. and J.H. Han (2001).Physical and mechanical properties of pea-protein-based edible films.*J. Food Sci.* 66:319-322.

Choi, W.S. and J.H. Han (2002). Film-forming mechanism and heat denaturation effects on the physical and chemical properties of pea-protein-isolate edible films. *J. Food Sci.* 67:1399-1406.

Elliasson A. and A. Tatham (2001).Cereal starches and proteins.In: Dendy DAV, Dobraszczyk BJ, editors.Cereals and cereals products: chemistry and technology. Gaithesburg, Md.: Aspen publisher.68-89.

Forssel, P., M. Lahtinen and P. Myllarinen (2002).Oxygen permeability of amylase and amylopectin films. *Carbohydrate polym.* 47:125-159.

Gontard, N., R. Thibaullt, B. Cuq and S. Guilbert (1996). Influence of relative humidity and film composition on oxygen and carbon dioxide permeability of edible films. *J.Agric Food Chem.* 44:1064-1069.

Guilbert, S. (2000). Edible films and coatings and biodegradable packaging. Packaging of milk products. Bull IDF 346:10-16.

Juliano, B.O. (1985).Criteria and tests for rice grain qualities.In: Juliano B.O., editor. Rice: chemistry and technology.StPaul, Minn.: The American Assn.of cereal Chemistry. 443-525.

Krochta, J.M. (2002). Protein as raw materials for films and coatings: definitions, current status, and opportunities.In: Gennadios A, editor.Protein-based films and coatings. Boca Raton, Fla.: CRC Press.1-41.

Krochta, J.M. and C. DeMulder-Johnson (1997). Edible and biodegradable polymer films: Challenges and opportunities. *Food Tecnol.* 51:61-74.

Lloyd, N. E. And L.C. Krist (1962). Some factors affecting the tensile strength of starch films. *Cereal Chem* 40: 154-61.

Mujica-Paz, H. And N. Gontard (1997). Oxygen and carbon dioxide permeability of wheat gluten film: effect of relative humidity and temperature. *J.Agric Food Chem* 45:4101-4105.

Natrajan, N. And B.W. Sheldon (2000). Inhibition of *salmonella* on poultry skin using protein and polysaccharide-based

films containing a nisin formulation. *J Food Prot* 63:1268-1272.

Park, H.J., C.L. Weller, P.J. Vergano and R.F. Testin (1993). Permeability and mechanical properties of cellolose-based films. *J. Food Sci.* 58:1361-4.

Stading, M., A. Rindlav- Westling and P. Gatenholm (2001). Humidity-induced structural transitions in amylase and amylopectin films. *Carbohydrate Polym* 45:209-217.

Webb-Jenkins, J. (2002). Biodegradable packaging for the green consumer. *Fruit Proc* 12:268-269.