18th National Congress on Food Technology
Mashhad, I. R. Iran
15-16 Oct. 2008
هجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی
جمهوری اسلامی ایران
۲۵،۲۴ مهر ۱۳۸۷
مشهد مقدس

بررسی اثر تعدیل های شیمیایی ایجاد اتصال عرضی و استیله کردن بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی نشاسته یولاف

لیلا میرمقتدایی*، مهدی کدیور، محمد شاهدی**

گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

چکیده

خواص نشاسته را می توان با استفاده از برخی روش ها تعدیل نموده و بهبود بخشید. در این مقاله تأثیر دو روش ایجاد اتصال عرضی در دو سطح ۰/۰۵ و ۰/۱ ٪ و استیله کردن در دو سطح ۶ و ۸٪ برای اولین بار روی خصوصیات نشاسته یولاف بررسی شده است . در اثر ایجاد اتصال عرضی، قدرت تورم گرانول ($p<$۰/۰۰۱) کاهش و درصد آب‌اندازی ($p<$۰/۰۰۱) افزایش یافت، ولی این تعدیل اثر مشخصی روی دمای ژلاتینه شدن نداشت. استیله کردن باعث افزایش قدرت تورم گرانول($p<$۰/۰۰۱) شد، درحالی که دمای ژلاتینه شدن و درصد آب اندازی ($p<$۰/۰۰۱) را کاهش داد.

کلمات کلیدی: نشاسته، تعدیل شیمیایی، اتصال عرضی، استیله کردن

مقدمه

یولاف یک گیاه یک‌ساله از خانواده گندمیان و از جنس آونا (*Avena*) است که از نظر خصوصیات ظاهری تشابه زیادی با گندم و جو دارد. نشاسته حدود ۶۰ درصد از ماده خشک یولاف را تشکیل داده و غالباً در آندوسپرم وجود دارد [۲۱]. ژل حاصل از نشاسته یولاف بسیار چسبنده و براق است و پایداری آن تحت شرایط انبارداری بیش از ژل نشاسته گندم یا ذرت است. دمای ژلاتینه شدن در نشاسته یولاف بین ۵۷ تا ۶۲ درجه سانتیگراد متغیر است که به‌علت نسبت بالاتر مجموعه آمیلوز- چربی در ساختار آن است [۱۵]. مشتقات نشاسته تعدیل شده به‌صورت شیمیایی در مقایسه با روش‌های دیگر ارزش افزوده زیادی داشته و بافت و احساس دهانی متفاوتی می‌دهد. این مشتقات حاصل شکستن پیوندهای گلیکوزیدی (تعدیل اسیدی و تبدیل به دکسترین) و یا ایجاد گروه‌های عملکردی جدید (تشکیل گروه کربونیل در خلال اکسیداسیون) ویا جایگزینی گروه‌های هیدروکسیل (توسط روش های اتری کردن یا استری کردن) و یا ایجاد پیوند بین زنجیره‌های مولکولی توسط اتصالات عرضی هستند [۱۷]. با افزایش تعداد مشتقات نشاسته می توان از آن به‌عنوان افزودنی برای تغلیظ، پایدار کردن و بهبود خواص بافتی بسیاری از سیستم‌های غذایی استفاده نمود [۲۳].

ماده و روش

استخراج نشاسته طبق روش لیم و همکاران (۱۹۹۲) انجام شد [۱۱]. ایجاد اتصال عرضی روی نشاسته یولاف طبق روش کور و همکاران (۲۰۰۶) [۸] و استیله کردن نشاسته طبق روش سینگ سودی و سینگ (۲۰۰۵) انجام شد [۱۴]. رطوبت، خاکسترو میزان ازت نشاسته یولاف با استفاده از از روش های استاندارد AACC (۲۰۰۳) اندازه گیری گردید [۱]. برای اندازه گیری چربی

نشاسته یولاف از روش هوور و همکاران (۲۰۰۳) استفاده شدکه در این روش به از محلول کلروفرم- متانول به نسبت ۲ به ۱ استفاده شد[۴]. اندازه‌گیری میزان آمیلوز نشاسته یولاف طبق روش ویلیامز و همکاران (۱۹۷۰) انجام پذیرفت [۲۲]. تعیین درجه جایگزینی و درصد گروه استیل طبق روش سینگ سودی و سینگ (۲۰۰۵) انجام شد [۱۴]. برای اندازه‌گیری قدرت تورم از روش لیچ و همکاران (۱۹۵۹) با اندکی تغییرات استفاده گردید [۱۰]. بررسی خصوصیات حرارتی نشاسته یولاف با استفاده از دستگاه کالری سنجی تفاضلی-پیمایشی (DSC) طبق روش وانگ و وایت (۱۹۹۴) انجام گردید [۲۰] . برای مقایسه تصاویر میکروسکوپ الکترونی گرانول‌های نشاسته، از روش سینگ سودی و سینگ (۲۰۰۵) استفاده شد [۱۴]. تعیین درصد سینرسیس نشاسته یولاف با استفاده از روش جیوتی و همکاران (۲۰۰۶) انجام پذیرفت [۷]. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها ی بررسی خصوصیات نشاسته با استفاده از طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت.

نتیجه گیری و بحث

خصوصیات شیمیایی نشاسته یولاف

خصوصیات شیمیایی نشاسته شامل رطوبت، چربی، خاکستر، پروتئین اندازه‌گیری و میانگین داده‌ها در جدول ۱ آمده است.

میزان آمیلوز موجود در آرد نشاسته یولاف ۱۶ تا ۳۳/۶ درصد گزارش شده است [۲۰]. تستر و کارکالاس (۱۹۹۶) مقدار آمیلوز موجود در نشاسته یولاف را ۲۷/۵ تا ۲۹/۸ درصد گزارش کردند که در حدود مقدار به‌دست آمده در این تحقیق است [۱۶]. میزان آمیلوز موجود در یولاف در مقایسه با سایر غلات از برنج(۲۰٪) و سیب‌زمینی(۲۴/۵٪) بیشتر ولی از گندم، جو، سورگوم و ذرت کمتر است [۱۸]. میزان پروتئین موجود در نشاسته استخراج شده به روش قلیایی در حدود ۰/۲۵ درصد می‌باشد. ازت موجود در نشاسته استخراجی، باقیمانده پروتئین‌های ذخیره‌ای آندوسپرم، لیزوفسفولیپیدها و پروتئین‌های موجود در داخل گرانول نشاسته است [۴].

درجه جایگزینی و درصد گروه استیل

مقایسه میانگین داده‌ها، نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار بین درجه جایگزینی در دو نمونه استیله شده با استفاده از ۶ و ۸ درصد استیک انهیدرید می‌باشد (جدول ۲). مقایسه درصد جایگزینی و درجه آن (DS) در نشاسته‌های مختلف نشان‌دهنده تفاوت در درجه جایگزینی علیرغم یکسان بودن درصد استیک انهیدرید مصرفی است.

از عوامل مؤثر بر درجه استیله کردن، نحوه قرارگیری آمیلوز و آمیلوپکتین داخل گرانول [۲]، اندازه گرانول و سرعت افزودن واکنشگر [۱۴] است. کمتر بودن درجه استیله شدن نمونه‌های یولاف نسبت به سایر منابع نیز به این علت است که گرانول‌های نشاسته یولاف نسبت به گندم، ذرت و سیب‌زمینی کوچکتر بوده و در حد اندازه گرانول‌های برنج می‌باشند [۵].

قدرت تورم گرانول نشاسته

مقایسه قدرت تورم نشاسته طبیعی یولاف با سایر نشاسته طبیعی، نشان‌دهنده پایین‌تر بودن میزان آن نسبت به سایر موارد است که می‌تواند به علت مقدار چربی زیاد موجود در یولاف باشد، زیرا چربی جذب آب را در نواحی بدون شکل گرانول محدود می‌کند [۶]. بررسی میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که ایجاد اتصال عرضی موجب کاهش قدرت تورم گرانول شده و میزان این کاهش با افزایش سطح فسفوریل کلراید مصرفی، افزایش می‌یابد (نمودار ۱). نتیجه به‌دست آمده از ایجاد اتصال عرضی با نتایج حاصل از تحقیق کور و همکاران (۲۰۰۶) در نشاسته سیب زمینی مطابقت دارد. بر این اساس غلظت بالاتر فسفوریل کلراید به عنوان عامل ایجاد اتصال عرضی باعث ایجاد سطح سخت در اطراف گرانول شده، که به‌دنبال آن محدودیت در تورم گرانول دیده خواهد شد [۸ و ۱۲]. مقایسه میانگین داده‌ها نشان می دهد، استیله کردن موجب افزایش قدرت تورم گرانول‌ها شده و با افزایش درصد استیک انهیدرید مصرفی، قدرت تورم افزایش می‌یابد. سینگ سودی و سینگ(۲۰۰۵) در بررسی اثر استیله کردن روی ارقام مختلف برنج [۱۴] و سینگ و همکاران(۲۰۰۴) نیز در مقایسه اثر استیک انهیدرید روی خصوصیات نشاسته ذرت و سیب‌زمینی [۱۳]

نیز مشاهده کردند که استیله کردن موجب افزایش قدرت تورم می‌شود که می‌تواند به‌علت قرار گرفتن گروه‌های هیدروفیل روی زنجیره نشاسته باشد که موجب نگهداری آب و تشکیل پیوندهای هیدروژنی می‌شود. حضور گروه‌های استیل در نشاسته دسترسی نواحی بدون شکل را به آب تسهیل می‌کند [۱۴].

آنالیز حرارتی نمونه‌های نشاسته طبیعی و تعدیلی

تعدیل‌های ایجاد اتصال عرضی و استیله کردن موجب تغییر دمای ژلاتینه شدن و آنتالپی تغییر در نمونه‌های نشاسته تعدیلی نسبت به نمونه طبیعی می‌شود (جدول۳). سطح تعدیل در روش ایجاد اتصال عرضی باعث تغییر زیادی در دمای ژلاتینه شدن نمونه‌های نشاسته نمی شود در حالی‌که سطوح مختلف تعدیل در استیله کردن، موجب تغییر زیادی در دمای ژلاتینه شدن و آنتالپی تغییر نمونه‌ها می‌شود.

بررسی دمای ژلاتینه شدن نشان می‌دهد سطوح ۰/۰۵ و ۰/۱ درصد فسفوریل کلراید، دمای ژلاتینه شدن نمونه را نسبت به نمونه طبیعی تغییر زیادی نداده است و تنها سطح ۰/۱ درصد توانسته است افزایش ناچیزی در حد ۰/۴ درجه سانتیگراد ایجاد کند، مقایسه دمای پایان در این مطالعه نشان‌دهنده ایجاد تفاوت بیشتر به‌خصوص در سطح ۰/۱ درصد در مقایسه با نمونه طبیعی است. هم‌چنین انرژی لازم برای ژلاتینه شدن به میزان کمی افزایش یافته است (جدول۳) که به دلیل ایجاد اتصالات عرضی و افزایش مقاومت به ژلاتینه شدن است. وان هونگ و موریتا (۲۰۰۵) نیز مشاهده کردند که ایجاد اتصال عرضی توسط فسفوریل‌کلراید، دمای اولیه و دمای پیک ژلاتینه شدن را تغییر زیادی نمی‌دهد، در حالی‌که دمای پایان و آنتالپی نمونه دارای اتصال عرضی با افزایش سطح واکنشگر مصرفی افزایش می‌یابد [۱۹]. بررسی دمای ژلاتینه شدن در نمونه‌های طبیعی و تعدیل‌شده با استفاده از ۶ تا ۸ درصد استیک انهیدرید، نشان دهنده کاهش دمای ژلاتینه شدن و کاهش آنتالپی تغییر طی فرایند استیله کردن است. کاهش دمای ژلاتینه شدن پس از مشتق‌گیری نشاسته به‌دلیل تغییر ساختاری نشاسته و در نتیجه تضعیف نیروهای داخل گرانولی و بین گرانولی نشاسته است. [۹].

خصوصیات مورفولوژیکی

مشاهده گرانول‌های نشاسته توسط میکروسکوپ الکترونی نشان می‌دهد (شکل ۱) که گرانول‌ها به‌صورت چندوجهی و بدون نظم بوده و میانگین قطر آن‌ها ۳ تا ۱۰ میکرومتر می‌باشد که با مشاهدات سوا و وایت (۱۹۹۲) و هوور و واسانتان (۱۹۹۲) همخوانی دارد [۱۵ و ۴]. نشاسته یولاف هم از نظر شکل و هم ازنظر اندازه مشابه گرانول‌های نشاسته برنج بوده ولی ازگرانول‌های نشاسته ذرت و گندم و سیب زمینی [۵] به‌مراتب کوچک‌تر می‌باشد. تعدیل شیمیایی موجب آسیب رساندن به سطح گرانول‌ها می‌شود که سطح گرانول‌های بزرگ بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد ولی در گرانول‌های کوچک کم‌تر دیده می‌شود، به‌نظر می‌رسدعدم تغییر در سطح گرانول‌ها به همین دلیل باشد، زیرا گرانول‌های نشاسته یولاف در حدود گرانول‌های نشاسته برنج و کوچک‌تر از اکثر غلات دیگر می‌باشد. به‌طورکلی تأثیر استیله کردن روی ظاهر سطح بیش از ایجاد اتصال عرضی می‌باشد [۱۹].

تأثیر استیله کردن به‌صورت افزایش تجمع گرانول‌ها می‌باشد که در مورد گرانول‌های برنج [۲ و ۱۴]، ذرت و سیب‌زمینی نیز مشاهده شده است. این تجمع احتمالاً به‌علت حضور گروه‌های استیل و افزایش تشکیل پیوندهای هیدروژنی می‌باشد [۱۳]. این تأثیر تا حدودی در مورد گرانول‌های نشاسته یولاف نیز مشاهده شده است. کور و همکاران (۲۰۰۶) نیز در بررسی تأثیر ایجاداتصال عرضی روی خصوصیات گرانول‌های سیب‌زمینی، تغییری در خصوصیات ظاهری نشاسته تعدیل شده نسبت به نمونه طبیعی مشاهده نکردند [۸].

درصد آب اندازی

میزان سینرسیس یا آب اندازی ژل نشاسته به مرور زمان و با افزایش زمان نگهداری در ۴ درجه سانتیگراد افزایش می‌یابد(نمودار۲). علت افزایش سینرسیس در خلال نگهداری نشت زنجیره های آمیلوز و آمیلوپکتین و ایجاد و گسترش محل‌های اتصالی

است که مقادیری از نور را منعکس و یا پراکنده می‌سازند. تجمع و کریستاله شدن آمیلوز طی اولین ساعات نگهداری صورت می‌گیرد، در حالی‌که تجمع و کریستاله شدن آمیلوپکتین طی مراحل بعدی انجام می‌شود [۱۳و ۱۴]. منظم شدن مجدد زنجیره‌های آمیلوپکتین شاخه‌دار در خمیر ویا ژل نشاسته، فرایند آرامی است که طی چند روز ویا چند هفته اتفاق می‌افتد [۳]. نشاسته‌های دارای اتصال عرضی دارای خصوصیت آزاد سازی آب بیشتری نسبت به نمونه طبیعی هستند و افزایش سطح فسفوریل کلراید مصرفی میزان آب اندازی بیشتر می‌کند(نمودار ۲)، زیرا اتصال عرضی باعث ایجاد نظم ساختاری در خمیر نشاسته می‌شود که موجب افزایش تنزل کیفیت می‌شود.تنزل کیفیت در نشاسته به‌طور غیر مستقیم تحت اثر نحوه قرارگرفتن زنجیره‌های نشاسته است که میزان شکستن گرانول در خلال ژلاتینه شدن و واکنش‌های بین زنجیره‌های نشاسته را در خلال نگهداری ژل تحت اثر قرار می‌دهد [۷]. این نتیجه با داده‌های به‌دست آمده از بررسی کور و همکاران (۲۰۰۶) روی نشاسته سیب‌زمینی هماهنگ است [۸]. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود در نشاسته دارای اتصال عرضی ژل کاملی ایجاد نشده، به‌نحوی‌که ژل نشاسته در همان‌روز اول نگهداری پس از سانتریفیوژ میزان زیادی آب را به‌یک‌باره آزاد می‌سازد، هر چند که در روز های بعد آب کمی آزاد کرده،به نحوی‌که نمودار تقریباً ثابت می‌شود.همان‌طور که در نمودار ۲ مشاهده می شود، استیله کردن میزان آب اندازی ژل نشاسته را طی نگهداری به شدت کاهش داده و افزایش میزان استیله کردن کاهش بیشتری در میزان آب آزاد شده، ایجاد می‌کندکه به‌علت حضور گروه‌های استیل است که خصوصیت نگهداری آب را در ژل نگهداری شده در ۴ درجه سانتیگراد افزایش می‌دهد [۱۴].

نتیجه کلی

خصوصیات فیزیکوشیمیایی نشاسته یولاف دارای اتصال عرضی و استیله مورد بررسی قرار گرفت. ایجاد اتصال عرضی موجب کاهش قدرت تورم می شود در حالیکه سینرسیس را افزایش می دهد. دمای ژلاتینه شدن نشاسته دارای اتصال عرضی تغییر چندانی نیافت در حالی که استیله کردن موجب ایجاد کاهش آن شد. همچنین میزان آب اندازی نشاسته استیله کاهش یافت در حالی که قدرت تورم گرانول آن افزایش یافت. بنابراین سطح ایجاد اتصال عرضی عامل مهمی در ایجاد خصوصیات مورد نظر است. به علت به وجود آمدن خصوصیات ذکر شده در نشاسته یولاف استیله، استفاده از آن در گروه وسیعی از غذاها مانند کیک، مواد پرکننده پای ها، سوس، سوپ های فرایند شده، غذاهای منجمد، غذای کودک و غذاهای لب چره مطلوب می باشد.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی نشاسته یولاف

رطوبت (درصد)	خاکستر (درصد)	چربی (درصد)	پروتئین (درصد)	آمیلوز (درصد)
۸/۲۳±۰/۰۷	۰/۳۳±۰/۰۱	۰/۲۸±۰/۰۷	۰/۲۵±۰/۰۱	۲۸/۶۷±۰/۱۰

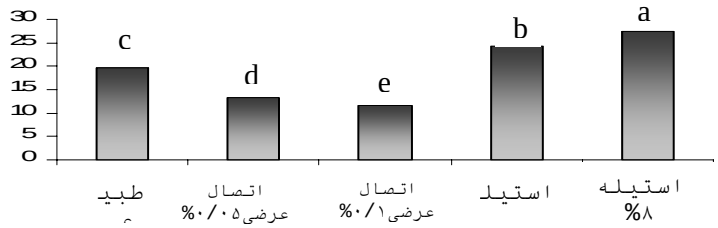
جدول۲- تأثیر درصد استیک انهیدرید مصرفی بر درصد استیل و میزان جایگزینی

میزان استیک انهیدرید	استیل(درصد)	درجه جایگزینی
۰ (طبیعی)	۰/۰۰	۰/۰۰
٪۶	۱/۵۴^{b}±۰/۱۷	۰/۰۶^{b}±۰/۰۰
٪۸	۲/۹۲^{a}±۰/۱۷	۰/۱۱^{a}±۰/۰۰

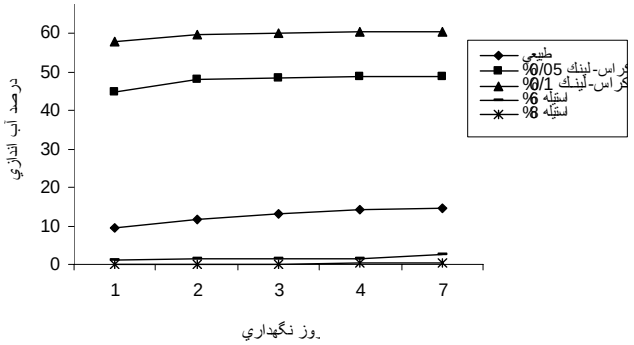
در هر ستون اختلاف میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک، در سطح احتمال ۵٪ و با استفاده از آزمون LSD معنی‌دار است.

جدول۳- تأثیر نوع و میزان تعدیل بر خصوصیات حرارتی نشاسته یولاف

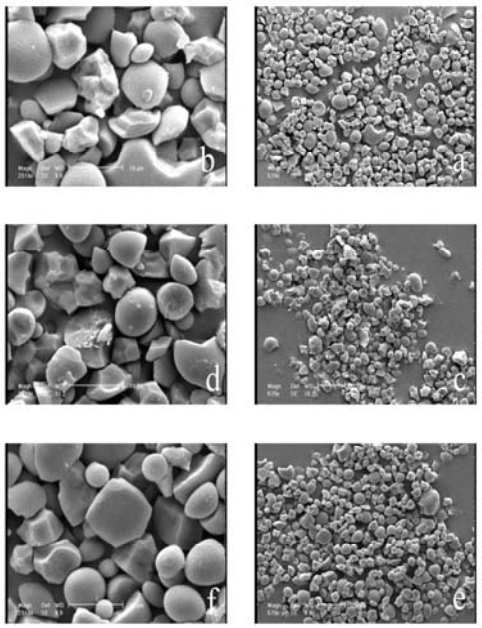
تیمار	T_0(°C)	Tp(°C)	T_c(°C)	T_c-T_0 (°C)	ΔH(J/g)
نشاسته طبیعی	۵۶/۶	۶۲/۷	۶۸/۴	۱۲/۹	۷/۱
دارای اتصال عرضی ۰/۰۵٪	۵۵/۸	۶۲/۶	۶۸/۶	۱۲/۸	۷/۴
دارای اتصال عرضی ۰/۱ ٪	۵۶/۴	۶۳/۱	۷۲/۹	۱۶/۵	۷/۹
استیله ۶٪	۵۲/۷	۵۹/۰	۶۴/۷	۱۲	۵/۴
استیله ۸٪	۴۶/۰	۵۳/۷	۶۰/۳	۱۳/۷	۴/۹



نمودار ۱- تأثیر ایجاد تعدیل شیمیایی بر قدرت تورم



نمودار ۲_ تعیین درصد آب اندازی نشاسته طی ۷ روز



شکل ۱- تصویر تهیه شده توسط SEM ، a و b) گرانول‌های نشاسته طبیعی یولاف c وd) گرانول‌های نشاسته یولاف دارای اتصال عرضی e و f) گرانول‌های نشاسته یولاف استیله به‌ترتیب با بزرگ‌نمایی‌های ۵۷۹x و ۲۳۱۹x

مراجع:

[1] American Association of Cereal Chemists. 2003. *Approved Methods of AACC*, The Association: St. Paul, MN.

[2] González, Z. and E. Perez. 2002. Effect of acetylation on some properties of rice starch. *Starch/ Stärk*. 54: 148-154.

[3] Gunaratne, A. and H. Corke. 2007. Functional properties of hydroxypropylated cross linked, and hydroxypropylated cross linked tuber and root starches. *Cereal Chem*. 84: 30-37.

[4] Hoover, H. and T. Vasanthan. 1992. Studies on isolation and characterization of starch from oat (*Avena nuda*) grains. *Carbohyd. Polym*.19: 285-297.

[5] Hosney, R. C. 1994. *Principles of Cereal Scince and Technology*, 2nd ed., American Association of Cereal Chemists, INC., USA.

[6] Hung, P. V. and N. Morita. 2005. Physicochemical properties of hydroxypropylated and cross linked starches from A- type and B- type wheat starch granules. *Carbohyd. Polym.* 59: 239-246.

[7] Jyothi, A. N., S. N. Moorthy and K. N. Rajasekharan. 2006. Effect of cross linking with epichlorohydrin on the properties of cassava (*Manihot esculenta Crantz*) starch. *Starch/ Stärk*. 58: 292-299.

[8] Kaur, L., J. Singh and N. Singh. 2006. Effect of cross linking on some properties of potato (*Solanum tuberosum L*.) starches. *J. Sci. Food Agric*. 86: 1945-1954.

[9] Lawal, O. S. 2004. Succynil and acetyl starch derivative of hybride maize: physicochemical and retrogradation properties monitored by differential scanning calorimetry. *Carbohyd. Res*. 339: 2673-2682.

[10] 56 Leach, H. W., L. D. McCowen and T. J. Schoch. 1959. Structure of the starch granule: swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Sci*. 36: 534-544.

[11] Lim, W. J., Y. T. Liang, P. A. Seib and C. S. Rao. 1992. Isolation of oat starch from oat flour. *Cereal Chem*. 69: 233-236.

[12] Singh, J., L. Kaur and O. J. McCarthy. 2007. Factors influencing the physicochemical morphological thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food application- a Review. *Food Hydrocolloid*. 21: 1-22.

[13] Singh, J., L. Kaur and O. J. McCarthy. 2007. Factors influencing the physicochemical morphological thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food application- a Review. *Food Hydrocolloid*. 21: 1-22.

[14] Singh Sodhi, N. and N. Singh. 2005. Characteristics of acetylated starches prepared using starches separated from different rice starch. *J. Food Eng.*70: 117-127.

[15] Sowa, S. M. H. and P. J. White. 1992. Characterization of starch isolated from oat groats with different amounts of lipid. *Cereal Chem*. 69: 521-527.

[16] Tester R. F. and J. Karkalas. 1996. Swelling and gelatinization of oat starches. *Carbohyd*. 73: 271-277.

[17] Tharanathan, R. N. 2005. Starch-value addition by modification. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr*. 45: 371-384.

[18] Toufeili, I., Y. Habbal, S. Shadarevian and Olabi, A. 1999. Substitution of wheat starch with non-wheat starches and cross-linked waxy barly starch affects sensory properties and staling of Arabic bread. *J. Sci. Food Agric*. 79: 1855-1860.

[19] Van Hung, P. and N. Morita. 2005. Effect of granule sizes on physicochemical properties of cross-linked and acetylated wheat starches. *Starch/ Stärk*. 57: 413-420.

[20] Wang, L. Z. and P. J. White. 1994. Structure and properties of amylose amylopectin and intermediate materials of oat starch. *Carbohyd*. 71: 263-268.

[21] Webster, F. H. 1986. *Oats:Chemistry and Technology*, American Association of Cereal ChemistsSt. Paul. MN.

[22] Williams, P. C., F. D. Kuzina and L. Hlynka. 1970. A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem.*47: 411-420.

[23] Wurzburg, O. B. and C. D. Szymanski. 1970. Modified starches for the food industry. *J. Agric. Food Chem*. 18: 997-1001.

Abstract

The properties of starch were modified by a variety of modification methods. In this study, for the first time effects of cross-linking in level of 0.05 and 0.1 % and acetylation in level of 6 and 8 %on physicochemical properties were evaluated. Cross-linking decreased swelling power of starch ($p<0.001$) whereas syneresis ($p<0.001$) increased, but it has not significant effect on gelatinization temperature. Acetylation increased swelling power ($p<0.001$), but gelatinization temperature and syneresis ($p<0.001$) diminished.

Key words: Starch; Chemical modification; Cross-linking; Acetylation.