# اصلاح شیمیایی نشاسته ذرت و بررسی عملکرد آن به عنوان یک جایگزین چربی

پیمان مهستی [a]، صدیقه امیری [b*]، محسن رادی [b]، مهرداد نیاکوثری [c]

[a] دانشیار دانشکده علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

[b] دانشجوی دکتری، عضو باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یاسوج

[c] استادیار بخش علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۱/۲۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۴/۱۴



## چکیده

**مقدمه:** در سال‌های اخیر با توجه به افزایش شیوع بیماری‌های قلبی و مشکلات ناشی از مصرف غذاهای پرچرب، تولیدکنندگان مواد غذایی همواره سعی در کاستن میزان چربی محصولات خود داشته‌اند. خامه یکی از محصولاتی است که با محتوای چربی زیاد پتانسیل زیادی را برای تحقیق در این راستا دارد. هدف کلی این پژوهش بررسی امکان استفاده از نشاسته ذرت به عنوان جانشین چربی در خامه جهت پیشگیری از بیماری‌های قلبی، چاقی و غیره است.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه نشاسته اصلاح شده ذرت به دو شکل ATS (Acid Treated Starch) و ATCLS Treated (Acid Cross-Linked Starch) و به میزان ۵ ، ۱۰ و ۱۵ درصد جایگزین چربی خامه ۳۰٪ گردید و سپس ارزش کالری زایی محصولات تولیدی در قیاس با نمونه کنترل (نمونه خامه صبحانه ۳۰٪)، خواص حسی و در نهایت خواص بافتی خامه‌های کم چرب مورد ارزیابی قرار گرفت.

**یافته‌ها:** کاهش ۵ ، ۱۰ و ۱۵ درصد در محتوای چربی، میزان انرژی نمونه‌های خامه را به ترتیب به میزان ۷/۲۵٪ ، ۱۴/۵۰ و ۲۱/۶۸٪ کاهش داد. ارزیابی‌های حسی نشان داد که افزودن نشاسته اصلاح شده در سطح جایگزینی ۵٪ آسیب جزئی به طعم خامه در مقایسه با نمونه کنترل وارد می‌کند. افزودن نشاسته ذرت در سطح ۵٪ هیچ گونه تأثیر منفی بر حالت خامه‌ای بافت خامه نداشت، اما در سطح ۱۰٪ و ۱۵٪ حالت خامه‌ای بافت خامه به شدت کاهش یافت. نتایج حاصل از آزمون بافت سنجی نشان داد که نمونه‌های ATSC بافت سفت‌تری را نسبت به نمونه‌های ATCLSC ایجاد کردند، به طوری که نمونه (۱۵٪) ATSC سفت‌ترین بافت را ایجاد کرد.

**نتیجه‌گیری:** افزودن نشاسته اصلاح شده در سطح جایگزینی ۵٪ به دلیل حفظ حالت خامه‌ای و دارا بودن بافت و طعمی قابل قبول برای تهیه خامه کم چرب می‌تواند مفید باشد.

***واژه‌های کلیدی:*** *اتصالات عرضی، اصلاح نشاسته، جایگزین چربی، خامه کم چرب، نشاسته ذرت*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: sedighehamiri@gmail.com



ifrn.srbiau.ac.ir

## مقدمه

تغییر الگوی زندگی به سمت زندگی ماشینی سبب افزایش بروز بیماری‌های غیر واگیردار از جمله بیماری های قلبی، چاقی و سرطان شده است، به طوری که این بیماری‌ها علل عمده مرگ و میر در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه به ویژه در سال های فعال زندگی به شمار می روند. در اکثر کشورهای آسیایی نیز هم زمان با پیشرفت های اقتصادی، افزایشی سریع در بروز بیماری‌های قلبی و چاقی به وجود آمده است و کشورهای مدیترانه شرقی از جمله ایران از این قاعده مستثنی نبوده و افزایش شیوع بیماری های قلبی و عروقی را در سال های اخیر تجربه نموده‌اند. به طور کلی مصرف مقادیر بیش از حد چربی‌های گیاهی و حیوانی منجر به بروز مشکلاتی در سلامتی انسان می شود (فروزانی، ۱۳۸۱). امروزه مشخص شده است که یک رژیم پر کالری با فعالیت بدنی ناکافی باعث افزایش وزن یا چاقی می گردد که می تواند عامل بروز بیماری های مختلف از جمله دیابت، افزایش فشار خون، بیماری‌های قلبی و حتی سرطان باشد. ارتباط آشکار رژیم غذایی و سلامتی، اهمیت مصرف غذای سالم رانشان می دهد (فروزانی، ۱۳۸۱). از بین ترکیبات موجود در رژیم غذایی ، چربی به ویژه چربی‌های اشباع و کلسترول در افزایش خطر ابتلا به چاقی، بیماری های قلبی، برخی از انواع سرطان ها موثر بوده و مطالعات اپیدمیولوژیک متعددی بیانگر ارتباط بین مصرف چربی های اشباع و کلسترول خون بالا و افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های کرونرو قلبی است. اخیراً مطالعاتی در جهت تولید محصولات رژیمی کم چربی به ویژه محصولات لبنی رژیمی صورت گرفته است. ازجمله فرآورده هایی که جهت حذف و یا کم کردن چربی مورد بررسی قرار گرفته خامه است. از آن جایی که چربی یکی از ترکیبات مهم و موثر در بافت خامه است افراد چاق به خصوص بیماران قلبی در مصرف آن دچار مشکل هستند. تولید خامه کم چرب به شرط حفظ خصوصیات مورد پسند مصرف کننده علاوه بر جنبه‌های بهداشتی بازار خوبی را برای تولیدکنندگان فراهم خواهد کرد. لیکن کاهش چربی اثرات منفی بر خواص کیفی خامه کم کالری دارد، لذا تولید خامه‌های کم کالری مستلزم کاهش یا حذف چربی بدون ایجاد تغییر قابل ملاحظه و محسوس در خصوصیات مورد انتظار مصرف‌کننده خواهد بود. این عمل با حذف چربی و جایگزین کردن آن توسط ترکیبات مناسب صورت می گیرد. بر این اساس تاکنون تحقیقاتی در جهت شناسایی و بهبود ترکیبات جانشین چربی در محصولات مختلف صورت گرفته است. Koca و همکاران (۲۰۰۴) خصوصیات حسی- بافتی پنیر "کشار" تازه کم چرب تهیه شده از دو پروتئین تجارتی (بر پایه آب پنیر) و کربوهیدرات (اینولین) را به عنوان جایگزین های چربی در یک دوره ۹۰ روزه نگهداری بررسی کردند. نتایج آزمایشات نشان داد که در ۳۰ روز اول نگهداری تفاوت معنی داری بین حجم رطوبت پنیر ساخته شده به وسیله‌ی جایگزین‌های چربی با پنیر کم چرب وجود داشت. استفاده از جایگزین های چربی همچنین باعث کاهش خواص سختی، پخش شدن و چسبندگی پنیر شد اما به هر حال این تغییرات در ۶۰ روز بعد خیلی کم تر بود (Koca & Metin, 2004). Prindiville و همکاران (۲۰۰۰) توانستند بستنی شکلاتی کم چرب (۲/۵ درصد) و بدون چربی را با استفاده از جایگزین چربی بر پایه‌ی آب پنیر تولید کنند. این محققین محصولات تولیدی خود را در دمای ۳۰- سانتی‌گراد نگهداری کردند. و سپس خواص بافتی و دمای ذوب آن ها را به وسیله‌ی روش های فیزیکی و خواص حسی را به وسیله‌ی گروه پنلیست‌ها در ۰ ، ۶ و ۱۲ هفته مورد بررسی قرار دادند. آنالیز آماری نتایج نشان داد که پذیرش حسی بستنی تازه تغییری پیدا نکرد، اما از آن‌جا که مقاومت بافتی بستنی‌های کم چرب در طول زمان نسبت به بستنی‌های پر چرب کاهش می‌یافت پذیرش عمومی آن‌ها نیز در طول زمان کم می شد (Prindiville *et al.*, 2000). هدف کلی این طرح بررسی امکان استفاده از نشاسته ذرت به عنوان جانشین چربی در خامه و بررسی خواص رئولوژیکی و حسی خامه و تولید خامه رژیمی با فرمولاسیون مطلوب برای پیشگیری از بیماری‌های قلبی، چاقی و غیره است.

jfn.srbiau.ac.ir

## مواد و روش‌ها

**- مواد لازم**

نوع تجاری نشاسته ذرت از کارخانه فارس گلوکزین واقع در منطقه مرودشت در ۷۰ کیلومتری شیراز خریداری شد. فسفریل کلراید ($POCl_3$) از شرکت سیگما (St. Louis, MO) خریداری شد.

**- اصلاح نشاسته ذرت**

Acid Treated Cross-Linked Starch (ATCLS): به منظور تهیه این نوع نشاسته ابتدا نشاسته ذرت در اسید هیدروکلریک یک مولار حل گردید، به این صورت که به ازاء هر۵۰ گرم نشاسته ۶۷cc اسید استفاده شد و بعد از هم زدن نشاسته به مدت دو ساعت در دمای اتاق قرار داده شد. سپس مقدار یک گرم سولفات سدیم به آن اضافه شد و با سود یک مولار pH آن به ۱۱ رسید و بلافاصله ۰/۰۱٪ $POCl_3$ (تحت شرایط کنترل شده و زیر هود) به محلول نشاسته اضافه گردید. سوسپانسیون به مدت یک ساعت در دمای اتاق گذاشته شد و سپس با استفاده از اسید هیدروکلریک یک مولار pH آن به ۵/۵ رسید و سپس نشاسته خشک گردید. جهت آبگیری نشاسته از پمپ خلاء و قیف بوخنر استفاده شد. بعد از آبگیری، نشاسته در آونی که دمای آن روی ۴۰°C تنظیم شد به مدت ۶ ساعت قرار گرفت تا کاملاً خشک گردید (Woo & Seib, 2002).

Acid Treated Starch (ATS): برای انجام این نوع اصلاح، نشاسته به مدت دو ساعت در اسید هیدروکلریک یک مولار خیسانده شد و سپس خشک گردید.

**- تهیه خامه**

یک نمونه خامه ۳۰ ٪ از کارخانه "لبندیس" تهیه گردید. همچنین شیر پس چرخی با میزان چربی صفر درصد از کارخانه مذکور خریداری شد. ۱۰۰۰ گرم از خامه ۳۰ ٪ به عنوان نمونه کنترل تحت فرآیند پاستوریزاسیون قرار گرفت. برای پاستوریزه کردن دمای خامه مورد نظر در حمام آب گرم به ۹۰ درجه سانتی‌گراد رسید و به مدت ۲۰ دقیقه در آن دما پاستوریزه گردید. بعد از پاستوریزاسیون، دمای خامه به ۷۰°C–۶۰ رسید و در آن دما خامه در ظروف ۳۰ گرمی به صورت Hot filling بسته‌بندی گردید. سپس نمونه‌ها به سردخانه ۴°C منتقل گردید. برای تهیه خامه‌های کم چرب، نسبت‌های محاسبه شده‌ای از شیر پس چرخ، نشاسته اصلاح شده (ATCLS و ATS) و خامه ۳۰٪ چربی با همدیگر مخلوط شدند به گونه‌ای که محتوای چربی محصولات نهایی ۱۵، ۲۰ و ۲۵٪ باشد. مخلوط‌های حاصل هموژنیزه شده و سپس به روش فوق پاستوریزه و بسته‌بندی گردیدند. ضمن پاستوریزاسیون، مخلوط ها به طور مداوم هم زده می‌شدند.

هر کدام از نمونه‌ها یک بار با ATCLS و یک بار با ATS تهیه شدند. نمونه‌های خامه به مدت ۱۰ روز در سردخانه قرار داده شدند و آزمایشات شیمیایی و حسی در این مدت بر روی نمونه‌ها انجام گرفت.

**- آنالیز شیمیایی**

میزان پروتئین، چربی و محتوای ماده خشک نمونه‌های خامه به ترتیب با روش میکروکلدال، ژربر و خشک کردن بر طبق روش AOAC اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری محتوای ماده خشک میزان ۳ گرم نمونه در آون ۱۱۰°C به مدت ۳ ساعت قرار داده شد و سپس محتوای ماده خشک نمونه‌ها طبق روش AOAC اندازه‌گیری شد. اسیدیته نمونه‌های خامه نیز به ازای هر سه روز یک‌بار طبق روش استاندارد AOAC از طریق تیتراسیون خامه با سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به نقطه پایانی صورتی رنگ در حضور معرف فتالئین اندازه گیری شد (AOAC, 1995).

محتوای انرژی کل (بر حسب کالری) با استفاده از روش آتواتر محاسبه گردید. برای محاسبه از روش زیر استفاده گردید(Cengiz & Gokoglu, 2005).

$$K= [ (Fp \times P)+ (F_1 \times L)+(Fc \times C)]$$

که در آن K کالری، F ضریب هر ترکیب (۴/۲۷ Fp برای پروتئین، ۹/۰۲ F1 برای چربی، ۱۰/۴ Fc برای کربوهیدرات)، P محتوای پروتئین (g/100g) C محتوای کربوهیدرات (g/100g) و L محتوای چربی (g/100g) می‌باشد.



ifn.srbiau.ac.ir

**- آزمون بافت سنجی**

میزان سفتی بافت نمونه خامه پرچرب و نمونه های کم چرب به وسیله دستگاه Texture Analyzer (مدل ۴۳۱، model 431, Precision Scientific Co., Chicago) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری بافت نمونه‌های خامه، از پروب استوانه‌ای شکل با قطر ۵ میلی متر و سرعت ۰/۲ میلی متر در ثانیه با عمق نفوذ ۳ میلی متر استفاده گردید. بار به کار رفته ( به شکل گرم) برای نفوذ در نمونه به عنوان معیاری از سفتی بافت گزارش گردید.

**- پایداری انجماد-رفع انجماد ( Freeze-thaw stability)**

برای اندازه گیری پایداری انجماد-رفع انجماد نمونه ها، وزن مشخصی از تیمارهای مختلف خامه در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد (دمای اتاق) قرار گرفتند تا دمای آن ها با دمای اتاق به حالت تعادل برسد. سپس نمونه‌ها برای مدت ۳۰ دقیقه در rpm ۱۰۰ سانتریفیوژ شدند. فاز آبی جدا شده خارج گردید و خامه‌ها (فاز جامد) برای مدت زمان ۱۰ ساعت در دمای ۱۵- درجه سانتی‌گراد فریز گردیدند. بعد از ۱۰ ساعت نمونه‌های خامه برای مدت زمان ۱ ساعت در حمام آب ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا از حالت انجماد خارج شوند. سپس نمونه ها در rpm ۱۰۰ برای مدت ۳۰ دقیقه سانتریفیوژ گردیدند. در نهایت با استفاده از فرمول زیر پایداری انجماد-رفع انجماد تیمارهای مختلف خامه اندازه‌گیری شد.

**۱۰۰× (وزن خامه/ وزن فاز جدا شده) = درصد فاز جدا شده**

این کار در ۵ سیکل تکرار شد (Ma *et al.*, 2006).

**- آزمون‌های حسی**

رنگ، طعم، بافت، حالت خامه‌ای و پذیرش کلی نمونه های خامه توسط یک گروه ۱۲ نفره مورد ارزیابی قرار گرفت. از ارزیاب ها خواسته شد که نمونه‌های خامه تازه و ۱۰ روزه را مورد ارزیابی قرار دهند. از آزمون هدونیک برای ارزیابی طعم از شماره ۱ (بسیار بد) تا ۱۰ (بسیار عالی)، بافت (۱ خیلی نرم) تا ۷ (خیلی سفت)، ۱ (ضعیف) تا ۵ (عالی) برای رنگ، ۱(حالت خامه‌ای ندارد) تا ۷ (کاملاً حالت خامه‌ای دارد) برای حالت خامه‌ای و ۱(ضعیف) تا ۱۰۰ (عالی) برای پذیرش کلی استفاده گردید. از ارزیاب‌ها خواسته شد که در صورت وجود هر گونه عیبی، آن را گزارش کنند.

**- تعیین الگوی پراش اشعه ایکس و محاسبه درصد کریستالیزاسیون نشاسته**

دستگاه پراش سنج اشعه ایکس، این اشعه را با زاویه مشخصی به نمونه تابانیده و سپس اشعه‌های بازتاب شده با همان زاویه تابش را اندازه گیری می نماید. زمانی که نمونه تحت یک محدوده زاویه‌ای مشخص مورد تابش اشعه ایکس قرار گیرد، یک الگو از میزان بازتاب این اشعه در زوایای مختلف به دست می آید که این الگو در مورد مواد مختلف و در زوایای تابش مختلف می تواند بیانگر حقایقی از طبیعت ماده مورد نظر باشد. الگوهای بازتاب و پیک های به دست آمده در زوایای خاص می‌توانند در مورد مواد مختلف منحصر به فرد باشند و از همین خاصیت می‌توان برای شناسایی برخی از مواد و یا تغییرات به وجود آمده در ساختار کریستالی یک ماده استفاده نمود (Zobel, 1988). در این راستا هر نمونه درون محفظه مخصوص دستگاه قرار گرفته و به طور یکنواخت پخش شد. سپس توسط دستگاه پراش سنج اشعه ایکس تحت زاویه ۳۰-۱۰ درجه و فاصله زاویه‌ای ۰/۰۵ درجه و زمان تابش ۱ ثانیه تحت تابش اشعه ایکس قرار گرفت.

**- آنالیز آماری**

همه آزمایشات در سه تکرار انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آنالیز واریانس (ANOVA) و آزمون دانکن در سطح ۵٪ انجام گرفت.

**- علامت‌های اختصاری**

ATS (Acid Treated Starch), ATSC (Acid Treated Starch Cream), ATCLS (Acid Treated Cross-Linked Starch), ATCLSC (Acid Treated Cross-Linked Starch Cream), FFC (Full Fat Cream)

## یافته‌ها

**- محتوای انرژی**

با کاهش میزان چربی، محتوای انرژی نمونه‌های خامه به طور معنی داری کاهش یافت ($p< 0.05$). کاهش ۵، ۱۰ و ۱۵٪ در میزان چربی، محتوای



ift.srbiau.ac.ir

انرژی نمونه‌های خامه را به ترتیب به میزان ۷/۲۵ ، ۱۴/۵۰ و ۲۱/۶۸٪ کاهش داد. درصد تقریبی ترکیبات مختلف ساختاری و محتوای انرژی تیمارهای مختلف خامه در جدول ۱ نشان داده شده است.

مقادیر اسیدیته نمونه‌های خامه پرچرب و کم چرب در نمودار ۱ نشان داده شده است. اسیدیته تمام نمونه‌های خامه در طول مدت زمان نگهداری افزایش یافت ($p<0.05$). تفاوت آماری معنی داری بین اسیدیته نمونه کنترل (FFC) و نمونه‌های خامه کم چرب در طول مدت زمان نگهداری مشاهده نشد ($p<0.05$).

**- پایداری انجماد-رفع انجماد**

همان طوری که در نمودار ۲ نشان داده شده است افزودن نشاسته و غلظت آن بر پایداری انجماد-رفع اانجماد به طور معنی داری تأثیر می گذارد ($p<0.05$). نمونه FFC بیشترین میزان ناپایداری در مقابل انجماد-رفع انجماد در مقایسه با سایر نمونه‌ها را نشان داد. میزان آب انداختگی نمونه‌های حاوی نشاسته بسیار کم و غیرقابل توجه بود.

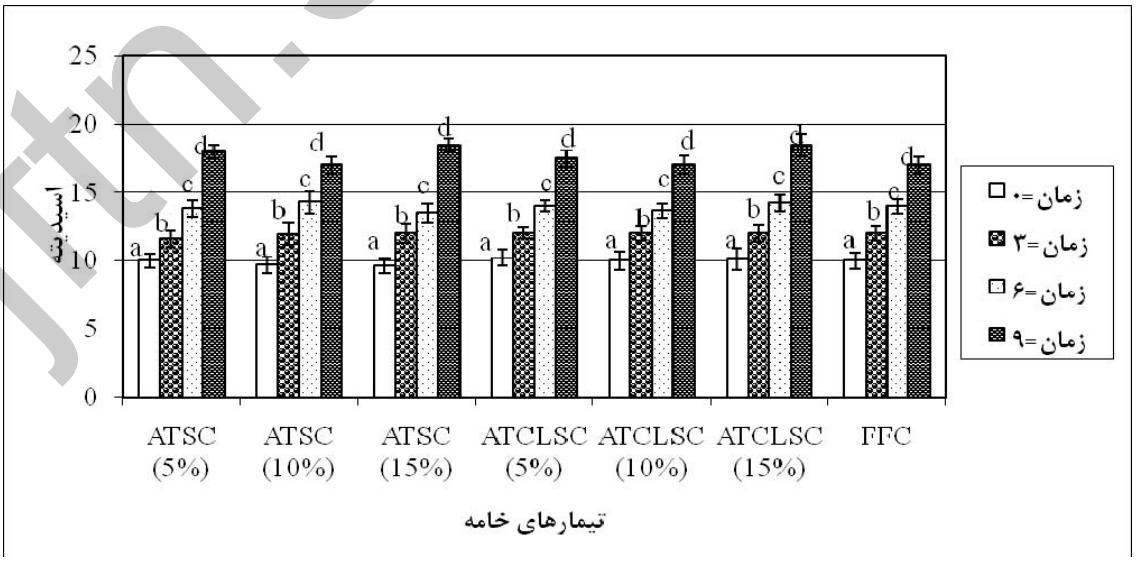
**- بافت**

نتایج حاصل از تست بررسی بافت در نمودار ۳ نشان داده شده است. همان طوری که در این شکل

**جدول ۱- محتوای انرژی نمونه‌های خامه پرچرب و کم چرب ساخته شده از ATS و ATCLS**

| نمونه‌ها | چربی٪ | پروتئین٪ | ماده خشک٪ | کربوهیدرات٪ | محتوای انرژی(Cal/100gr) |
|---|---|---|---|---|---|
| ATSC (5%) | ۲۵±۳/۰ | ۲/۲۴±۰/۲ | ۴۶/۶۶±۱/۰ | ۱۹/۴۲ | ۳۱۴ /۶۹$^{c*}$ |
| ATSC (10%) | ۲۰±۰/۱ | ۲/۲۴±۰/۱ | ۴۶/۶۶±۰/۸ | ۲۴/۴۲ | ۲۹۰ /۰۹$^{b}$ |
| ATSC (15%) | ۱۵±۰/۱ | ۲/۲۴±۰/۱ | ۴۶/۶۶±۰/۸ | ۲۹/۴۲ | ۲۶۵ /۴۹$^{a}$ |
| ATCLSC (5%) | ۲۵±۰/۱ | ۲/۲۴±۰/۵ | ۴۶/۶۶±۱ | ۱۹/۴۲ | ۳۱۴ /۶۹$^{c}$ |
| ATCLSC (10%) | ۲۰±۰/۱ | ۲/۲۴±۰/۵ | ۴۶/۶۶±۱/۰ | ۲۴/۴۲ | ۲۹۰ /۰۹$^{b}$ |
| ATCLSC (15%) | ۱۵±۰/۱ | ۲/۲۴±۰/۳ | ۴۶/۶۶±۰/۷ | ۲۹/۴۲ | ۲۶۵ /۴۹$^{a}$ |
| FFC | ۳۰±۰/۲ | ۲/۲۴±۰/۱ | ۴۶/۶۶±۰/۹ | ۱۴/۴۲ | ۳۳۹ /۲۹$^{d}$ |

*حروف کوچک مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار است ($p< 0.05$).



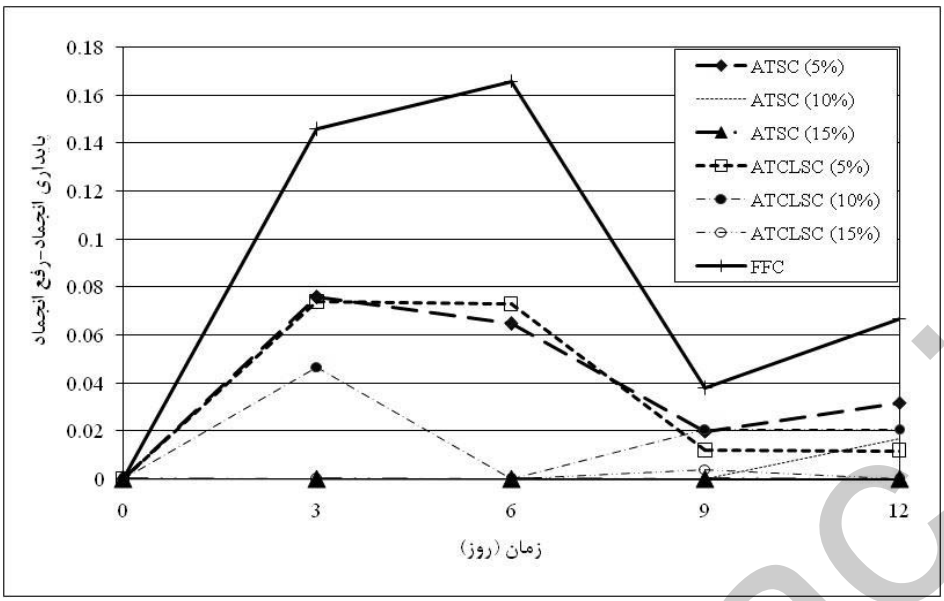

**نمودار ۱- اسیدیته نمونه‌های خامه پرچرب و کم چرب* ساخته شده از ATS و ATCLS در زمان‌های ۰، ۳، ۶ و ۹ روز****

*میانگین سه تکرار. **حروف کوچک مشابه نشان دهنده عدم تفاوت آماری معنی دار میان ستون‌ها است ($p< 0.05$).

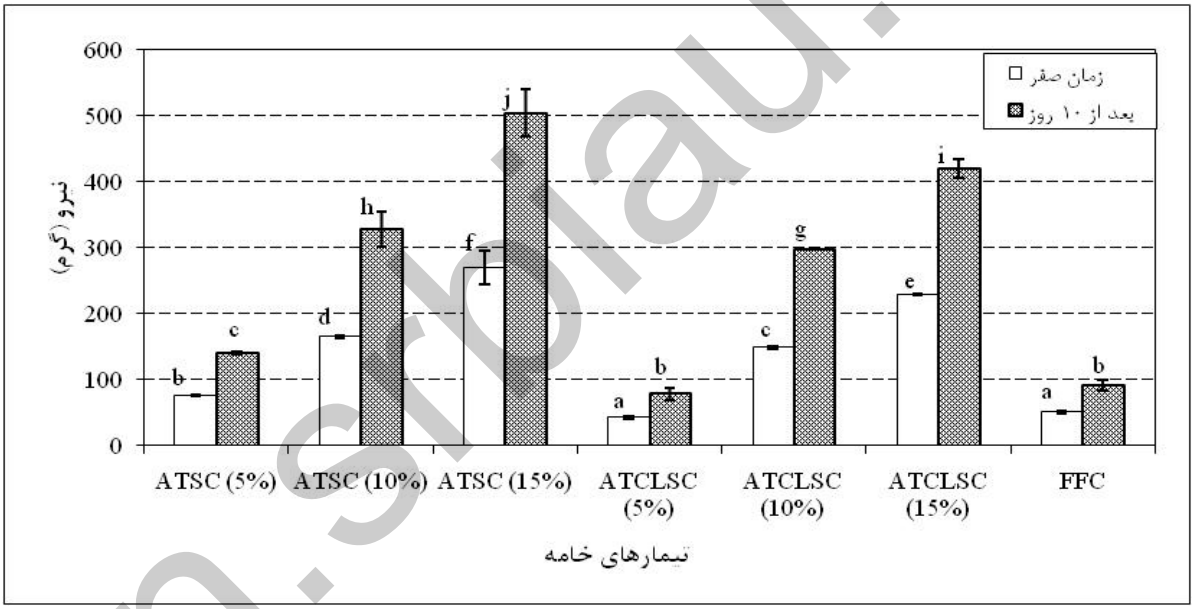




jftn.srbiau.ac.ir




**نمودار ۲- پایداری انجماد-رفع انجماد نمونه‌های خامه پرچرب و کم چرب ساخته شده از ATS وATCLS**




**نمودار۳ - آنالیز بافتی خامه پرچرب و کم چرب* ساخته شده از ATS و ATCLS****

* میانگین سه تکرار. ** حروف کوچک مشابه نشان دهنده عدم تفاوت آماری معنی دار میان ستون‌ها است ($p< 0.05$)

مشاهده می‌شود افزودن نشاسته در همه نمونه‌ها (به جز نمونه (۵٪) ATCLSC) باعث افزایش سفتی بافت خامه گردید. این افزایش سفتی در بافت با زیاد شدن غلظت نشاسته (مستقل از نوع نشاسته)، افزایش یافت ($p<0.05$)، به طوری که نمونه های حاوی ۱۵٪ نشاسته، بافت سفت‌تری نسبت به نمونه‌های ۱۰ و ۵٪ داشتند. نمونه‌های ATSC بافت سفت‌تری را نسبت به نمونه‌های ATCLSC ایجاد کردند، به طوری که نمونه (۱۵٪) ATSC سفت‌ترین بافت را ایجاد کرد و سفتی بافت نمونه (۵٪) ATSC بیشتر از (۵٪) ATCLSC بود ($p<0.05$). در حقیقت نمونه‌های کنترل و (۵٪) ATCLSC نرم‌ترین بافت را داشتند.

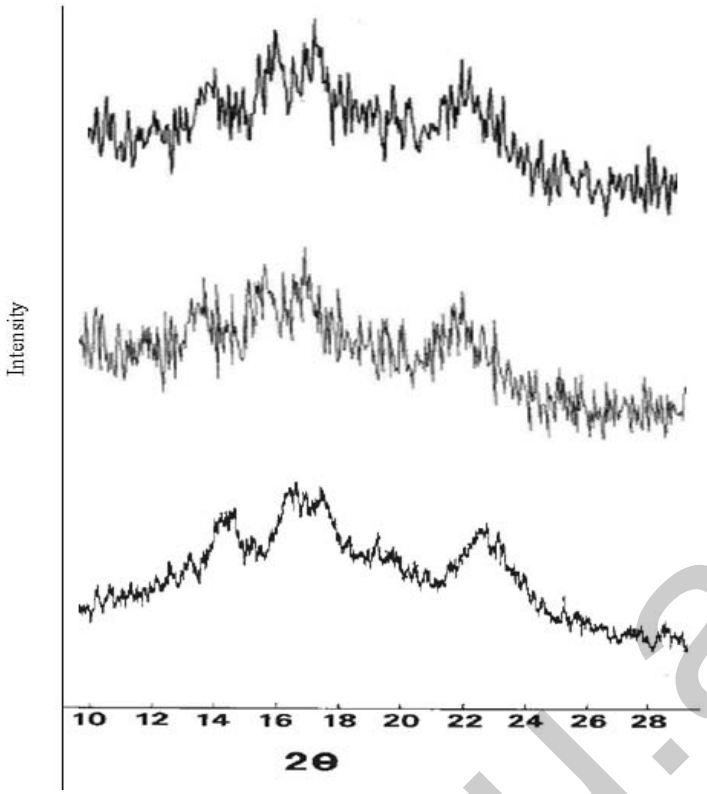
**- الگوهای پراش اشعه ایکس و میزان کریستالـه بودن**

همان‌گونه که در نمودار ۴ مشخص است الگوی اشعه ایکس نشاسته‌های اصلاح شده هیچ تغییری را در مقایسه با نشاسته طبیعی نشان ندادند.





jftn.srbiau.ac.ir




**نمودار ٤ - الگوی پراش اشعه ایکس نشاسته‌های اصلاح شده و نشاسته طبیعی. منحنی‌ها به ترتیب از بالا به پایین: ATCLS، ATS و نشاسته طبیعی**



**- ارزیابی حسی**

امتیازهای آزمون حسی (طعم، بافت، رنگ، حالت خامه‌ای و پذیرش کلی) در جدول ۲ آمده است. تفاوت آماری معنی داری بین امتیازهای داده شده به طعم، بافت، رنگ، حالت خامه‌ای و پذیرش کلی در زمان صفر و بعد از ۱۰ روز نگهداری وجود نداشت ($p<0.05$). بهترین امتیاز طعمی را نمونه‌های FFC دریافت کردند. بعد از FFC، نمونه‌های ATSC و ATCLS در سطح ۵٪ بالاترین امتیاز طعمی را به خود اختصاص دادند ($p<0.05$). کسب امتیاز کم تر توسط این نمونه‌ها در قیاس با نمونه کنترل، تنها به دلیل احساس طعم نشاسته در آن‌ها بود. نمونه های ATSC و ATCLS در ۱۰٪ جایگزینی از لحاظ طعمی کاملاً مردود بودند ($p<0.05$). ارزیاب ها نمرات یکسانی را از لحاظ بافت به نمونه‌های FFC، ATSC و ATCLSC در جایگزینی در سطح ۵٪ اختصاص دادند در حالی که نمرات نمونه‌های ۱۰٪ و ۱۵٪ (ATSC و ATCLS) بالاتر بود که بافت سفت‌تر آن‌ها را نشان می داد ($p<0.05$). بافت نمونه‌های کم چرب در سطح ۱۰٪ کاملاً شبیه به کره محلی شده بود. حالت خامه‌ای نمونه‌های (۵٪) ATSC و ATCLSC (خصوصاً ATSC) در سطح بسیار مطلوب و کاملاً قابل قیاس با نمونه های کنترل بود، در حالی که با افزایش غلظت نشاسته به ۱۰ و ۱۵٪ از حالت خامه‌ای به طور معنی داری کاسته شد ($p<0.05$). تفاوت آماری معنی داری بین امتیازهای داده شده به رنگ نمونه های FFC، ATSC و ATCLSC در جایگزینی در سطح ۵٪ وجود نداشت ($p<0.05$)، اما با افزایش غلظت تمامی انواع نشاسته در سطح ۱۰ و ۱۵٪ کیفیت رنگ از کیفیت رنگ مورد انتظار برای خامه دور شد و به کیفیت رنگ مورد انتظار برای کره های محلی نزدیک می‌شد. در پذیرش کلی نمونه‌های کنترل FFC به طور متوسط امتیاز ۹۶/۶ را کسب کردند در حالی که نمونه‌های (۵٪) ATSC و ATCLSC امتیاز ۸۱ را کسب کردند. نمونه‌های (۱۰٪) ATSC و ATCLSC امتیاز قابل قبولی را در پذیرش کلی کسب نکردند.



jfn.srbiau.ac.ir

**جدول ۲- ارزیابی حسی خامه پرچرب و کم چرب* ساخته شده از ATS و ATCLS****

| ارزیابی حسی | ATCLSC (%15) | | ATSC (15%) | | ATCLSC (%10) | | ATSC (10%) | | *control* | | ATCLSC (%5 ) | | ATSC (5%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | t=14 | t=0 | t=14 | t=0 | t=14 | t=0 | t=14 | t=0 | t=14 | t=0 | t=14 | t=0 | t=14 | t•=0 |
| رنگ | ۲ /۵$^{a}$ | ۳ /۰$^{a}$ | ۳ /۰$^{a}$ | ۲ /۵$^{a}$ | ۵ /۰$^{b}$ | ۵/۵$^{b}$ | ۵ /۰$^{b}$ | ۵ /۷$^{b}$ | ۶ /۵$^{c}$ | ۷ /۰$^{c}$ | ۷ /۰$^{c}$ | ۷ /۰$^{c}$ | ۶ /۵$^{c}$ | ۷ /۰$^{c¤}$ |
| طعم | ۲ /۰$^{a}$ | ۲ /۰$^{a}$ | ۲ /۰$^{a}$ | ۲ /۶$^{a}$ | ۳ /۵$^{b}$ | ۳ /۰$^{b}$ | ۳ /۵$^{b}$ | ۳ /۰$^{b}$ | ۷ /۰$^{d}$ | ۷ /۰$^{d}$ | ۵/۵$^{c}$ | ۵/۵$^{c}$ | ۵ /۰$^{c}$ | ۵/۵$^{c}$ |
| بافت | ۷ /۰$^{c}$ | ۷ /۰$^{c}$ | ۷ /۰$^{c}$ | ۷ /۰$^{c}$ | ۶ /۰$^{b}$ | ۵/۵$^{b}$ | ۶ /۰$^{b}$ | ۶ /۰$^{b}$ | ۴ /۰$^{a}$ | ۴ /۵$^{a}$ | ۴ /۵$^{a}$ | ۴ /۵$^{a}$ | ۴ /۵$^{a}$ | ۴ /۰$^{a}$ |
| حالت خامه‌ای | - | - | - | -$^{\Delta}$ | ۲ /۵$^{a}$ | ۳ /۰$^{a}$ | ۳ /۰$^{a}$ | ۳ /۰$^{a}$ | ۷ /۰$^{b}$ | ۷ /۰$^{b}$ | ۷ /۰$^{b}$ | ۶ /۵$^{b}$ | ۷ /۰$^{b}$ | ۶ /۵$^{b}$ |
| پذیرش کلی | ۱۳$^{a}$ | ۱۱$^{a}$ | ۱۳$^{a}$ | ۱۰$^{a}$ | ۳۲$^{b}$ | ۲۵$^{b}$ | ۳۳$^{b}$ | ۳۵$^{b}$ | ۹۸$^{d}$ | ۱۰۰$^{d}$ | ۸۴$^{c}$ | ۸۲$^{c}$ | ۸۱$^{c}$ | ۸۳$^{c}$ |

* میانگین سه تکرار. **t• = زمان بر حسب روز، ¤ حروف مشابه در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف آماری معنی‌دار ($p< ۰۵/۰$) می‌باشند. $^{\Delta}$ حالت خامه ای وجود ندارد.

## بحث

هدف از اصلاح نشاسته توسط اسید تبدیل ذرات نشاسته به ذراتی کوچک‌تر بود تا با کاهش اندازه ذرات نشاسته حداقل آسیب به حالت خامه‌ای بافت خامه وارد گردد (Kilcast & Clegg, 2002). از مهم‌ترین خاصیت‌های ایجاد اتصالات عرضی در نشاسته توسط $POCl_3$ ایجاد ساختاری مقاوم در نشاسته در برابر هیدرولیز آنزیمی در دستگاه گوارش انسان است (Krzysztof *et al.*, 2003; Eliasson, 2004; Ma *et al.*, 2006). به این ترتیب قابلیت هضم و جذب نشاسته کاهش یافته که این خود از نشاسته یک ترکیب بسیار مطلوب رژیمی می‌سازد که می‌تواند به خوبی جایگزین چربی در محصولات مختلف غذایی شود.

**- محتوای انرژی**

همان طوری که در جدول ۱ نشان داده شده است ATSC و ATCLS در سطح جایگزینی ۱۵٪ کم‌ترین محتوای انرژی را داشتند. افزودن ATS و ATCLS توانست محتوای انرژی را به طور معنی داری کاهش دهد ($p< 0.05$). نشاسته ذرت اصلاح شده از طریق اتصالات عرضی زمانی که در ماده غذایی به کار می‌رود می‌تواند به شکل فیبر رژیمی عمل کند (Hirsch & Kokini, 2002; Woo & Seib, 2002; Jyothi *et al.*, 2006). به این ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که ATCLS از آن‌جا که به عنوان نشاسته مقاوم شده عمل می‌کند و قابلیت هضم آن در بدن کاهش می‌یابد محتوای انرژی آن کم‌تر از مقدار محاسبه شده در جدول ۱ است. بنابراین، محتوای انرژی ATCLSC، از آن‌جایی که نشاسته در آن‌ها به شکل فیبر رژیمی عمل می‌کند، بسیار کم‌تر از ATSC است (برخلاف آنچه که در جدول ۱ نشان داده شده است).

**- پایداری انجماد-رفع انجماد**

میزان آب انداختگی نمونه‌های حاوی نشاسته در مقایسه با انواع فاقد نشاسته بسیار کم و غیرقابل توجه بود (نمودار ۲). به نظر می‌رسد که انسجام بیشتر بافت تیمارهای خامه حاوی نشاسته در نگهداری فاز چربی و عدم جدا شدن روغن از بافت موثر بود. علت دیگر این امر می‌تواند مربوط به صدمه فیزیکی ناشی از شکل‌گیری کریستال‌های بزرگ یخ در فاز آبی بافت خامه باشد. فاز آبی موجود در سرم احاطه کننده گلبول‌های چربی درFFC در حین انجماد، فریز شده و به شکل کریستال‌هایی تیز در می‌آیند که به غشاء گلبول آسیب می‌رسانند و همین امر جداسازی فاز روغنی را از درون گلبول‌ها بعد از رفع انجماد تسهیل می‌کند. این در حالی است که در خامه‌های تیمار شده با نشاسته، قطرات آب در ذرات نشاسته گرفتار شده‌اند و به شکل کریستال‌هایی تیز و تخریب کننده منجمد نمی‌شوند، بلکه درون ذرات نشاسته و همراه با آن‌ها فریز می‌شوند و به این ترتیب لطمات ساختاری مذکور در حین انجماد در این نمونه‌ها به وجود نمی‌آید. در





ifn.srbiau.ac.ir

مجموع می توان گفت که میزان دو فاز شدگی در تیمارهای مختلف خامه بسیار پایین و غیرقابل توجه بود (Deetae *et al.*, 2008).

**- بافت**

نتایج حاصل از تست بررسی بافت نشان داد که افزودن نشاسته باعث افزایش سفتی بافت خامه گردید. در عین حال نمونه های ATSC بافت سفت‌تری را نسبت به نمونه‌های ATCLSC ایجاد کردند. ATS به دلیل قابلیت جذب آب بیشتری که در مقایسه با ATCLS دارد می‌تواند بافت سفت‌تری را در نمونه‌های خامه ایجاد کند، این در حالی است که قابلیت جذب آب و در نتیجه متورم شدن در ATCLS کاهش یافته است (Mirmoghtadaei *et al.*, 2009; Yook, 1993; Woo & Seib, 2002) و بنابراین چنین نمونه‌هایی بافت نرم‌تری را خواهند داشت. تأثیر زمان در کیفیت بافتی همه نمونه‌ها معنی دار بود ($p<0.05$) به طوری که بعد از گذشت ۱۰ روز بافت همه نمونه ها سفت تر شد. Fink و Kessler (۱۹۸۴) نشان دادند که حرارت دادن خامه ۳۰٪ چربی در دمای ۱۱۵ درجه سانتی گراد می تواند منجر به آزادسازی چربی های آزاد از گلبول های چربی شود (Choi & Kerr, 2004; Teknotext, 2005). از آن جا که مدت زمان طولانی نیز چنین اثری را به دنبال دارد (۲۰ دقیقه)، نگهداری خامه ها در طول مدت زمان نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی گراد باعث کریستاله شدن تدریجی چربی‌های آزاد شده در تمام نمونه‌ها و سفت‌تر شدن بافت خامه‌ها در طول مدت زمان نگهداری شد.

**- الگوهای پراش اشعه ایکس و میزان کریستالـه بودن**

مقایسه الگوی اشعه ایکس نشاسته های اصلاح شده با نمونه نشاسته طبیعی و مشابهت آن ها به یکدیگر حکایت از عدم تغییر اساسی در ساختار مولکولی نشاسته دارد که این موضوع قابل پیش بینی نیز بود چرا که تیمار اسیدی باعث هیدرولیز محدود قسمت های آمورف نشاسته شده و قسمت های کریستالی نشاسته را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد (Lawal *et al.*, 2005) و این موضوع با توجه به الگوهای به‌دست آمده تایید می‌گردد.

**- ارزیابی حسی**

نتایج حاصل از ارزیابی‌های حسی نشان داد که با افزایش غلظت نشاسته از ۵٪ به سمت ۱۵٪، تغییرات عمده‌ای در خصوصیات حسی نشاسته رخ می‌دهد که این تغییرات خصوصیات محصول را از خصوصیاتی که از یک خامه صبحانه انتظار می‌رود دور می سازد. جایگزینی چربی در حد ۵٪ چنین تغییرات نامطلوبی را در پی نداشت.

## نتیجه‌گیری

هدف از این مطالعه بررسی اثر نشاسته اصلاح شده بر خواص کیفی خامه صبحانه به عنوان یک جایگزین چربی بود. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که افزودن نشاسته اصلاح شده در سطح جایگزینی ۵٪ برای تهیه خامه کم چرب می تواند مفید باشد، چرا که چنین خامه هایی علاوه بر دارا بودن حالت خامه‌ای به شکلی کاملاً قابل مقایسه با نمونه پرچرب، بافت و طعمی کاملاً قابل قبول نیز داشتند. اصلاح جزئی طعم برای چنین نمونه هایی لازم است که در برنامه تحقیقات آینده‌مان قرار دارد. استفاده از نشاسته ذرت به عنوان یک جایگزین چربی به جهت ارزان بودن و در دسترس بودن بسیار به صرفه است چرا که مقادیر قابل توجهی از آن را به سادگی می‌توان خریداری کرد و برای مدت‌های طولانی انبار داری کرد. ارزش کم انرژی زایی نشاسته ذرت در مقایسه با چربی فاکتور دیگری است که بر مزیت‌های این ترکیب به عنوان یک جایگزین چربی می‌افزاید.

## منابع


فروزانی، م. (۱۳۸۱). مبانی تغذیه. انتشارات چهر تهران، چاپ ششم، صفحات ۶۹-۵۰.

AOAC. (1995). Official Methods of Analysis (16th ed.). Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists, pp. 1-45.

Cengiz, E. & Gokoglu, N. (2005). Changes in energy and cholesterol contents of frankfurter-type sausages with fat reduction and fat replacer addition. Food




jfn.srbiau.ac.ir

Chemistry, 91, 443–447.

Choi, S. G. & Kerr, W. L. (2004). Swelling characteristics of native and chemically modified wheat starches as a function of heating temperature and time. Starch, 56, 181-189.

Deetae, P., Shobsngob, S., Varanyanond, W., Chinachoti, P., Naivikul, O. & Varavinit, S. (2008). Preparation, pasting properties and freeze-thaw stability of dual modified crosslink-phosphorylated rice starch. Carbohydrate Polymer, 73, 351-358.

Eliasson, A. C. (2004). Starch in Food. Woodhead Pub, Cambridge, pp. 211-238.

Hirsch, J. B. & Kokini, J. L. (2002). Understanding the mechanism of cross-linking agents ($POCl_3$, STMP, and EPI) through swelling behavior and pasting properties of cross-linked waxy maize starches. Cereal Chemistry, 79, 102-107.

Jyothi, A. N., Moorthy, S. N. & Rajasekhanan, V. (2006). Effect of cross linking with epichlorohydrin on the properties of cassava (Manihot esculenta Crantz)starch. Starch, 58, 292-299.

Kilcast, D. & Clegg, S. (2002). Sensory perception of creaminess and its relationship with food structure. Food Quality and Preference, 13, 609–623.

Koca, N. & Metin, M. (2004). Textural, melting and sensory properties of low fat fresh Kasher cheeses produced by using fat replacer. International Dairy Journal, 16, 365 – 373.

Waliszewskia, K. N., Aparicioa, M. A., Bellob, L. A. & Monroy, J. A. (2003). Changes of banana starch by chemical and physical modification Carbohydrate. Polymers, 52, 237–242.

Lawal, O. S., Adebowale, K. O., Ogunsanwo, B. M., Barba, L. L. & Ilo, N. S. (2005). Oxidized and acid thinned starch derivatives of hybrid maize: functional characteristics, wide-angle X-ray diffractometry and thermal properties. International Biological Macromolecule, 35, 71-79.

Ma, Y., Cia, Ch., Wang, J. & Sun, D. (2006). Enzymatic hydrolysis of corn starch for producing fat mimetics. Journal of Food Engineering, 73, 297–303.

Mirmoghtadaei, L., Kadivar, M. & Shahedi, M. (2009). Effect of cross linking and acetylation on oat starch properties. Food Chemistry, 116, 709-713.

Prindiville, R. D., Marshall, T. & Heymenn, H. (2000). Effect of milk fat cocoa butter and whey protein fat replacer on the sensory properties of low fat and non fat chocolate ice cream. Journal of Dairy Science, 83, 2216-2223.

Teknotext, A. B. (2005). Dairy Processing Handbook. Tetra Pak Processing Systems AB S-221 86 Lund, Sweden, pp. 18 -20.

Woo, K. S. & Seib, P. A. (2002). Cross-linked resistant starch: preparation and properties. Cereal Chemistry, 79, 819-825.

Yook, C., Pek, U. H. & Park, K. H. (1993). Gelatinization and retrogradation characteristics of hydroxypropylated cross-linked rices. Journal of Food Science, 58, 405-407.

Zobel, H. F. (1988). Molecules to Granules: A comprehensive Starch Review. Starch/Stärke, 40, 44-50.



jftn.srbiau.ac.ir

Food Technology & Nutrition / Spring 2011 / Vol. 8 / No. 2

# Modification of Corn Starch and Assessment of Its Function as a Fat Replacer

**P. Mahasti [a], S. Amiri [b*], M. Radi [b], M. Niakousari [c]**

[a] Associate Professor of the College of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[b] Ph.D. Student and Member of Young Researchers Club, Yasooj Branch, Islamic Azad University, Yasooj, Iran.

[c] Assistant Professor of the Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.

Received: 18 April 2010 Accepted: 05 July 2010



## Abstract

**Introduction:** In recent years, there is a trend towards increased consumption of reduced fat products. Therefore, there has been and will continue to be a demand for reduced fat products. Reduced-fat dairy products can be produced by partially replacing the fat content of the milk base with low calorie products known as fat replacers. The present investigation was carried out to examine the effect of modified corn starch as a fat replacer on reduced-fat cream, in comparison to the full-fat cream.

**Materials and Methods:** Low fat creams were manufactured from acid treated corn starch (ATS) and acid treated cross-linked corn starch (ATCLS) by replacing 5, 10 and 15% of their fat contents with modified starches. A 30% fat cream was considered as control. Energy values, texture firmness and sensory scores were determined during storage.

**Results:** Reduction of 5, 10 and 15% fat content reduced the energy content of the creams about 7.25, 14.5 and 21.6% respectively. ATS creams were firmer than ATCLS creams at the same concentrations of starch. Creams treated with ATS those ATCLS (10 and 15%) had unacceptable firm textures. Control received the highest flavor score followed by ATCLS cream and ATS cream at 5% starch concentration.

**Conclusion:** Good quality low fat creams might be produced by supplementing ATCLS and ATS at 5% starch concentration. The added starch assists in providing a creamy body and minimal oil separation without the use of any other stabilizer.

***Keywords:*** *Corn Starch, Cross Linking, Fat Replacer, Low Fat Cream, Modified starch.*

**Corresponding Author:* sedighehamiri@gmail.com

علوم غذایی و تغذیه / بهار ۱۳۹۰/ سال هشتم/ شماره ۲

jftn.srbiau.ac.ir