

## تأثیر کلرید سدیم و کلرید کلسیم بر ویژگی‌های فیزیکی نشاسته ذرت

سارا هدایتی<sup>۱</sup>، مهسا مجدوبی<sup>۲</sup>، فخری شهیدی<sup>۳\*</sup>، آرش کوچکی<sup>۴</sup>، عسگر فرحناکی<sup>۵</sup>

۱- دانش آموخته دکترای گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشیار بخش علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

۳- استاد گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۴- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۵- استاد بخش علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

(تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۰۴ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۴/۲۵)

### چکیده

نشاسته ذرت کاربرد گسترده‌ای در محصولات غذایی مختلف دارد و بسیاری از این محصولات حاوی نمک‌های مختلف می‌باشند. لذا در این پژوهش تأثیر نمک کلرید سدیم و کلرید کلسیم (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی مولار) بر میزان جذب آب، ویژگی‌های خمیری شدن و پارامترهای بافتی ارزیابی شد. میزان آب اندازی نشاسته ذرت در طی پنج چرخه انجماد و ذوب نیز مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت نمک کلرید سدیم جذب آب نشاسته کاهش یافت. پارامترهای بافتی نظیر سفتی، پیوستگی، صمغی بودن و قابلیت جویدن نیز کاهش یافتند اما میزان فنریت تغییری نشان نداد. نتایج آزمون خمیری شدن نشان داد که ویسکوزیته اوج، شکست، بازگشت و نهایی با افزایش غلظت کلرید سدیم کاهش یافتند اما دمای خمیری شدن روند افزایشی نشان داد. تأثیر نمک کلرید کلسیم بر کلیه این پارامترها برعکس بود. با افزایش غلظت هر دو نمک میزان آب اندازی ژل‌های نشاسته ذرت نیز کاهش یافت و تأثیر کلرید کلسیم بیشتر از کلرید سدیم بود.

کلید واژگان: نشاسته ذرت، کلرید سدیم، کلرید کلسیم، ویژگی‌های فیزیکی

\* مسئول مکاتبات: fshahidi@um.ac.ir

## ۱- مقدمه

$K_2SO_4$  باعث کاهش تورم، حلالیت و شفافیت هر دو نشاسته می‌گردند در حالی که دمای ژلاتینه شدن، آنتالپی و آب اندازی را افزایش می‌دهند. اما تاثیر نمک‌های NaI و KSCN بر نشاسته کاملا برعکس می‌باشد [۸]. بررسی پژوهش‌هایی که تا کنون در زمینه تاثیر نمک‌ها بر نشاسته انجام شده است نشان می‌دهد که وجود نمک‌ها می‌تواند منجر به بروز تغییرات معنی‌داری در خواص عملکردی نشاسته شود. اما تاکنون پژوهشی به منظور مقایسه تاثیر سطوح مختلف کلرید سدیم و کلرید کلسیم بر ویژگی‌های فیزیکی نشاسته ذرت صورت نگرفته است. بنابراین در این پژوهش به بررسی تاثیر غلظت‌های مختلف (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی مولار) این دو نمک بر نشاسته ذرت به عنوان پرکاربردترین نشاسته در صنایع غذایی پرداخته شده است.

## ۲- مواد و روش‌ها

## ۲-۱- تعیین میزان جذب آب

بدین منظور از روش لیچ و همکاران (۱۹۵۹) استفاده شد. ۱ گرم نشاسته در لوله های سانتریفیوژ با حجم ۵۰ میلی لیتر که از قبل وزن شده ریخته شد و به هر لوله ۳۰ میلی لیتر آب یون زدایی شده یا محلول نمکی با غلظت مشخص اضافه گردید. لوله‌های حاوی نمونه به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای  $95^{\circ}C$  قرار گرفتند و مرتباً به هم زده شدند سپس با استفاده از آب سرد ظرف مدت ۵ دقیقه خنک شدند تا به دمای محیط برسند. لوله‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در  $700 \times g$  سانتریفیوژ شدند، در هر یک از نمونه‌ها مایع شفاف فوقانی تخلیه گردید و رسوب ته لوله وزن شد سپس با استفاده از فرمول زیر میزان جذب آب محاسبه گردید [۹].

وزن خشک نشاسته اولیه/وزن رسوب ته لوله = جذب آب

## ۲-۲- بررسی ویژگی‌های خمیری شدن

ویژگی‌های خمیری شدن نشاسته توسط پروفایل دمایی استاندارد دستگاه RVA (مدل Starchmaster2، ساخت استرالیا) بررسی شد. در این روش ۲۵ گرم آب یون زدایی شده یا محلول نمکی در ظرف مخصوص دستگاه توزین و ۳/۵ گرم نشاسته به آن اضافه شد و با استفاده از پدال مخصوص دستگاه به صورت

نشاسته از مهمترین پلی‌ساکاریدهای طبیعی است که در اندام‌های مختلف گیاهی تجمع می‌یابد و محصول نهایی فوتوسنتز می‌باشد. این پلیمر منبع اصلی تامین انرژی در بسیاری از موجودات است و بخش عمده انرژی مورد نیاز مردم جهان نیز از آن تامین می‌گردد. نشاسته به دلیل ویژگی‌های تکنولوژیکی مطلوب و منحصر به فردی که دارد مهمترین هیدروکلوئید مصرفی در فرآورده‌های غذایی محسوب می‌شود و به عنوان قوام دهنده، پرکننده، جاذب، پوشش خوراکی، حامل ترکیبات فرار، جایگزین چربی و پایدار کننده امولسیون‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد [۳-۱]. اجزای اصلی نشاسته دو پلی‌ساکارید به نام‌های آمیلوز و آمیلوپکتین هستند که از واحدهای گلوکزی تشکیل شده‌اند. آمیلوز یک مولکول خطی است که اتصال بین واحدهای گلوکزی آن عمدتاً از نوع  $\alpha(1 \rightarrow 4)$  می‌باشد اما به مقدار کمی اتصالات  $\alpha(1 \rightarrow 6)$  نیز در ساختار آن وجود دارد. آمیلوز معمولاً حدود ۲۵ درصد ساختار نشاسته را به خود اختصاص می‌دهد و مسئول ژله‌ای شدن و سختی بافت نشاسته پس از پخت و سرد شدن است [۴، ۵]. آمیلوپکتین جزء اصلی نشاسته می‌باشد و به طور متوسط حدود ۷۵٪ ساختار آن را به خود اختصاص داده است. این پلیمر نیز عمدتاً از اتصالات  $\alpha(1 \rightarrow 4)$  واحدهای گلوکزی ساخته شده، اما حدود ۵ درصد اتصال  $\alpha(1 \rightarrow 6)$  نیز دارد که باعث ایجاد ساختار پر شاخه در آن می‌شود. آمیلوپکتین مسئول ایجاد قوام در خمیر نشاسته است اما نمی‌تواند ژل تشکیل دهد زیرا رشته‌های آمیلوپکتین نمی‌تواند با یکدیگر اتصال شیمیایی برقرار کنند [۶]. در فرمولاسیون محصولات غذایی حاوی نشاسته معمولاً از نمک‌ها نیز به منظور بهبود طعم و بافت استفاده می‌شود. لی و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی تاثیر نمک‌های مختلف بر ژلاتینه شدن نشاسته یام پرداختند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش غلظت نمک‌ها تاثیر آن‌ها بر ژلاتینه شدن بیشتر می‌شود. همچنین اظهار داشتند که نمک  $FeCl_3$  بیشترین تاثیر را بر کاهش دمای ژلاتینه شدن و  $MgCl_2$  بیشترین تاثیر را بر افزایش دمای ژلاتینه شدن دارد [۷]. ونگ و همکاران (۲۰۱۶) تاثیر نمک‌های مختلف بر ویژگی‌های فیزیکی نشاسته ذرت معمولی و مومی را بررسی نمودند و دریافتند که نمک NaF و

کمک آب سرد نشاسته‌های ژلاتینه شده خنک شدند و ۱۰ گرم از هر نمونه به لوله سانتی‌فیوژی با وزن مشخص منتقل گردید. نمونه‌های نشاسته به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد منجمد شدند و سپس یخ زدایی در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد به مدت ۴ ساعت انجام شد. پس از یخ زدایی نمونه‌های نشاسته به مدت ۲۰ دقیقه و با سرعت ۱۰۰۰g سانتی‌فیوژ شدند و میزان خروج آب از نمونه به صورت درصدی از کل نمونه گزارش شد. سپس نمونه‌های سانتی‌فیوژ شده منجمد گردیدند و این فرایند ۵ مرحله تکرار شد [۱۱].

## ۲-۵- آنالیز آماری

در این پژوهش کلیه آزمون‌ها در سه تکرار و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام پذیرفتند. جهت تجزیه و تحلیل نتایج از آنالیز واریانس استفاده گردید. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ انجام شد و نرم افزار مورد استفاده جهت این آزمون‌ها SPSS 22 بود.

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- جذب آب

آزمون جذب آب یک آزمون تجربی است و نشانگر میزان آبی می‌باشد که درون و بین گرانول‌ها جذب شده است [۱۲]. شکل گرانول‌ها، طول زنجیره آمیلوپکتین و مقدار آمیلوز بر میزان جذب آب نشاسته تأثیر گذارند [۱۳، ۱۴]. میزان جذب آب نشاسته ذرت در حضور نمک‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. جذب آب در اثر افزودن کلرید سدیم کاهش و در اثر افزودن کلرید کلسیم افزایش یافت. کلرید سدیم مانع تورم گرانول‌های نشاسته می‌شود [۱۵] و جذب آب هر دو نشاسته اصلاح شده را کاهش می‌دهد. نتایج مشابهی برای نشاسته سیب زمینی در حضور کلرید سدیم توسط ژو و همکاران (۲۰۱۴) گزارش شده است [۱۶]. اما یون‌های کلسیم دانسیته بار الکتریکی بالایی دارند و پیوندهای الکترواستاتیک قوی با مولکول‌های آب تشکیل می‌دهند و منجر به کاهش آب آزاد می‌گردند [۱۷] بنابراین جذب آب را افزایش می‌دهند.

دستی مخلوط گردید. سپس درون محفظه دستگاه قرار داده شد و به مدت ۱ دقیقه در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد باقی ماند سپس با سرعت ۵ درجه سانتی‌گراد در دقیقه دما به ۹۵ درجه سانتی‌گراد رسید و ۳ دقیقه در همین دما قرار گرفت و بعد با همان سرعت، دما تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت و ۲ دقیقه در این دما باقی ماند. سرعت چرخش همزن در ۱۰ ثانیه اول ۹۶۰ دور در دقیقه و در ادامه ۱۶۰ دور در دقیقه بود. پارامترهایی نظیر دمای خمیری شدن، ویسکوزیته اوج، نقطه شکست، بازگشت و نهایی از نمودار حاصل از دستگاه بدست آمد.

## ۲-۳- اندازه گیری قدرت ژل

خمیر نشاسته حاصل از آزمون خمیری شدن به قالب‌های دستگاه بافت سنج با قطر ۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۱ سانتی‌متر منتقل و یک شبانه روز در دمای ۴°C نگهداری شد تا ژل تشکیل گردد. در مرحله بعد از طریق آزمون آنالیز پروفیل بافت TPA(Texture Profile Analysis) و با استفاده از دستگاه بافت سنج Stable Microsystems, Texture Analyzer, TA-XT2i ساخت انگلستان ویژگی‌های بافتی ژل‌های نشاسته مورد ارزیابی قرار گرفت. پارامترهای مختلفی از جمله سفتی بافت (حداکثر نیرو در اولین تماس)، پیوستگی بافت (حاصل تقسیم سطح ۲ به ۱)، فنریت (بازگشت نمونه به حالت اولیه پس از فشردن کردن)، صمغی بودن (حاصل ضرب سفتی در پیوستگی) و مقاومت به جویدن (حاصل ضرب سفتی در پیوستگی در فنریت) توسط نرم افزار (Texture exponent lite) محاسبه شد [۱۰].

## ۲-۴- تعیین آب اندازی

میزان آب اندازی نمونه‌های نشاسته حاوی مقادیر مختلف کلرید سدیم و کلرید کلسیم در طی سیکل‌های انجماد و ذوب ر نمونه با استفاده از روش دوتا و همکاران (۲۰۱۱) تعیین گردید. بدین منظور نمونه‌های حاوی پنج درصد نشاسته در در آب یون زدایی شده یا محلول نمکی با غلظت مشخص تهیه شد و توسط حمام آب گرم با دمای 95°C و مدت ۳۰ دقیقه ژلاتینه شدن نشاسته صورت گرفت. در طی این مدت نمونه‌ها مرتباً به هم زده شدن تا از رسوب آن‌ها کف لوله سانتی‌فیوژ جلوگیری شود. سپس به

**Table 1.** Influence of sodium chloride and calcium chloride on water absorption of maize starch.

| Salt concentration (mM) | Salt type               |                         |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                         | NaCl                    | CaCl <sub>2</sub>       |
| 0                       | 8.40±0.16 <sup>de</sup> | 8.40±0.16 <sup>de</sup> |
| 50                      | 8.24±0.08 <sup>c</sup>  | 8.66±0.14 <sup>d</sup>  |
| 100                     | 7.71±0.17 <sup>f</sup>  | 9.17±0.20 <sup>c</sup>  |
| 150                     | 7.17±0.20 <sup>g</sup>  | 9.69±0.29 <sup>b</sup>  |
| 200                     | 6.58±0.13 <sup>h</sup>  | 10.68±0.18 <sup>a</sup> |

Mean of three replications ± standard deviation. The values followed by different letters are statistically different ( $P < 0.05$ ).

### ۳-۲- خمیری شدن

نتایج آزمون خمیری شدن نشاسته ذرت در حضور غلظت های مختلف کلرید سدیم و کلرید کلسیم در جدول ۲ نشان داده شده است. نمکها تاثیر معنی داری بر ویژگی های خمیری شدن نشاسته داشتند. میزان تاثیر نمک به نوع و غلظت آن بستگی داشت و کلسیم به عنوان یک کاتیون های دو ظرفیتی در مقایسه با سدیم که یک کاتیون های یک ظرفیتی می باشد تاثیر بیشتری بر ویسکوزیته ژل نشاسته نشان داد. دمای ژلاتینه شدن نشاسته در حضور نمک کلرید سدیم افزایش و در نمونه های حاوی کلرید کلسیم کاهش یافت. میزان ویسکوزیته اوج در نمونه های حاوی کلرید سدیم کاهش و در نمونه های حاوی کلرید کلسیم افزایش یافت. ساموتسری و سوفانتاریکا (۲۰۱۲) اظهار داشتند که اگر قدرت جذب آب و نشت آمیلوز از گرانول های نشاسته در حضور نمکها کم شود ویسکوزیته اوج کاهش می یابد [۱۸]. برطبق یافته های آزمون جذب آب (جدول ۱) کلرید سدیم جذب آب را کاهش و کلرید کلسیم جذب آب را افزایش داد. پژوهش ساموتسری و سوفانتاریکا (۲۰۱۲) نیز نشان داد که ویسکوزیته اوج نشاسته برنج در محلول کلرید سدیم کاهش و در محلول کلرید کلسیم افزایش می یابد. جیوتی و همکاران (۲۰۰۵) نیز دریافتند که کلرید سدیم در غلظت ۰/۵ تا ۵/۰٪ ویسکوزیته اوج را کاهش می دهد [۱۹]. غلظت مورد مطالعه در این پژوهش نیز حداکثر حدود ۱٪ می باشد که با یافته های جیوتی و همکاران

همخوانی دارد. وجود نمک کلرید سدیم جذب آب و نشت آمیلوز به محیط را کاهش می دهد بنابراین میزان ویسکوزیته نقطه شکست کم می شود. همچنین به دلیل کم بودن میزان آمیلوز در فضای خارج از گرانولها بعد از سرد شدن خمیر نشاسته ژل قوی تشکیل نمی شود، در نتیجه میزان ویسکوزیته نهایی و ویسکوزیته نقطه شکست کاهش می یابد. علاوه بر این کم شدن ویسکوزیته نقطه شکست در حضور کلرید سدیم ناشی از کمتر بودن ویسکوزیته اوج نیز می باشد. هر چه ویسکوزیته اوج یک نمونه کمتر باشد ویسکوزیته نقطه شکست نیز به همان نسبت کمتر خواهد بود [۱۹]. دی و همکاران (۲۰۱۳) نیز با بررسی تاثیر کلرید سدیم را بر خواص فیزیکوشیمیایی نشاسته گندم به این نتیجه دست یافتند که کلرید سدیم باعث کاهش ویسکوزیته اوج در نشاسته می شود و دمای ژلاتینه شدن را افزایش می دهد [۲۰]. کلرید کلسیم ویسکوزیته نهایی و بازگشت را کاهش و ویسکوزیته نقطه شکست را افزایش داد. نمک هایی که تورم گرانولها را افزایش می دهند و ویسکوزیته اوج را زیاد می کنند و ساختار گرانولها را تضعیف می نمایند. بنابراین وقتی خمیر نشاسته تحت دمای بالا و هم زدن قرار می گیرد، ساختار آن بیشتر تخریب می شود و در نتیجه ویسکوزیته نقطه شکست افزایش می یابد [۱۹]. ویسکوزیته نهایی و بازگشت نیز به دلیل افزایش نشت آمیلوز از گرانولها و افزایش قدرت تشکیل ژل بیشتر شد.

**Table 2** Influence of sodium chloride and calcium chloride on pasting properties of maize starch.

| Salt type         | Concentration (mM) | Pasting temperature (°C) | Peak viscosity (cP)      | Breakdown (cP)            | Setback (cP)            | Final viscosity (cP)     |
|-------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| NaCl              | 0                  | 65.55±0.18 <sup>c</sup>  | 3314±15.56 <sup>d</sup>  | 1860±36.77 <sup>bc</sup>  | 1932±25.46 <sup>b</sup> | 3386±26.87 <sup>cd</sup> |
|                   | 50                 | 66.27±0.21 <sup>bc</sup> | 3254±50.20 <sup>d</sup>  | 1849±64.35 <sup>c</sup>   | 1941±21.92 <sup>b</sup> | 3347±36.06 <sup>d</sup>  |
|                   | 100                | 66.85±0.13 <sup>b</sup>  | 3119±26.16 <sup>e</sup>  | 1730±20.51 <sup>d</sup>   | 1851±42.43 <sup>c</sup> | 3240±36.77 <sup>e</sup>  |
|                   | 150                | 67.09±0.10 <sup>b</sup>  | 3047±72.12 <sup>e</sup>  | 1681±66.47 <sup>d</sup>   | 1618±48.08 <sup>d</sup> | 2984±42.43 <sup>f</sup>  |
|                   | 200                | 68.52±0.28 <sup>a</sup>  | 2788±37.48 <sup>f</sup>  | 1615±22.63 <sup>d</sup>   | 1697±3.54 <sup>d</sup>  | 2869±11.31 <sup>g</sup>  |
| CaCl <sub>2</sub> | 50                 | 65.58±0.59 <sup>c</sup>  | 3490±100.41 <sup>c</sup> | 1977±19.80 <sup>ab</sup>  | 1936±50.21 <sup>b</sup> | 3450±70.00 <sup>c</sup>  |
|                   | 100                | 63.60±0.74 <sup>d</sup>  | 3669±1.41 <sup>b</sup>   | 1962±38.89 <sup>abc</sup> | 1994±55.15 <sup>b</sup> | 3702±14.85 <sup>b</sup>  |
|                   | 150                | 61.13±0.24 <sup>c</sup>  | 3767±63.64 <sup>b</sup>  | 1922±97.58 <sup>abc</sup> | 2078±9.90 <sup>a</sup>  | 3923±24.04 <sup>a</sup>  |
|                   | 200                | 59.98±0.60 <sup>f</sup>  | 3902±46.67 <sup>a</sup>  | 2006±9.19 <sup>a</sup>    | 2083±11.31 <sup>a</sup> | 3980±26.16 <sup>a</sup>  |

Mean of three replications ± standard deviation. The values followed by different letters in the same column are statistically different ( $P < 0.05$ ).

مورد نشاسته پیش ژلاتینه و گرانولی قابل تورم در آب سرد ذرت گزارش نمودند [۲۲]. وجود پیوستگی نشان دهنده مقاومت ژل در برابر شکستن می‌باشد و نمونه‌هایی که ساختار درونی مستحکم‌تری دارند پیوستگی بیشتری خواهند داشت. بنابراین این پارامتر در نمونه‌های حاوی کلرید کلسیم بیشتر بود. صمغی بودن و مقاومت به جویدن نیز به سفتی و پیوستگی وابسته هستند بنابراین روند تغییرات آن‌ها نیز با این پارامترها همسو خواهد بود. ارتجاع پذیری نشان دهنده میزان بازگشت ژل به حالت اولیه خود پس از نخستین فشردگی می‌باشد. همانطور که در جدول مشاهده می‌شود، ارتجاع پذیری کلیه نمونه‌ها در حد بسیار بالایی بوده و نمک‌ها تاثیر معنی داری بر میزان ارتجاع پذیری نمونه‌ها نداشته است.

### ۳-۳- بافت ژل نشاسته

جدول ۳ تاثیر نمک‌ها بر ویژگی‌های بافتی خمیر نشاسته را نشان می‌دهد. کلرید کلسیم استحکام ساختار خمیر نشاسته را افزایش داد اما کلرید سدیم منجر به تضعیف ساختار خمیر نشاسته شد. کلرید سدیم جذب آب را کم و نشت آمیلوز به فضای بین گرانول‌ها را کم می‌کند بنابراین شبکه ژل نشاسته ضعیف می‌شود. کلرید کلسیم نمک فلزی به شدت آبدوستی می‌باشد که یون‌های چند ظرفیتی دارد و به عنوان عامل ایجاد اتصالات عرضی عمل می‌کند [۲۱]. بنابراین، اتصالات بین مولکول‌های نشاسته را افزایش داده و ژل سفتی بوجود می‌آورد. علاوه بر پارامتر سفتی، پیوستگی، صمغی بودن و مقاومت به جویدن نیز در نمونه‌های حاوی کلرید کلسیم افزایش و در نمونه‌های حاوی کلرید سدیم کاهش یافت. هدایتی و همکاران (۲۰۱۶) نیز نتایج مشابهی را در

**Table 3** Influence of sodium chloride and calcium chloride on textural parameters of maize starch.

| Salt type         | Concentration (mM) | Hardness(g)           | Cohesiveness             | Springiness              | Gumminess (g)         | Chewiness (g)          |
|-------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|
| NaCl              | 0                  | 211±7.55 <sup>c</sup> | 0.863±0.012 <sup>c</sup> | 0.987±0.005 <sup>a</sup> | 182±8.99 <sup>c</sup> | 180±7.92 <sup>c</sup>  |
|                   | 50                 | 195±5.69 <sup>d</sup> | 0.846±0.011 <sup>c</sup> | 0.989±0.007 <sup>a</sup> | 165±6.19 <sup>d</sup> | 163±4.97 <sup>d</sup>  |
|                   | 100                | 192±2.52 <sup>d</sup> | 0.815±0.014 <sup>d</sup> | 0.957±0.049 <sup>a</sup> | 157±4.69 <sup>e</sup> | 150±11.12 <sup>c</sup> |
|                   | 150                | 180±3.00 <sup>e</sup> | 0.701±0.009 <sup>e</sup> | 0.980±0.020 <sup>a</sup> | 126±3.82 <sup>e</sup> | 124±5.54 <sup>f</sup>  |
|                   | 200                | 167±4.16 <sup>f</sup> | 0.603±0.016 <sup>f</sup> | 0.984±0.004 <sup>a</sup> | 100±3.64 <sup>f</sup> | 99±3.95 <sup>g</sup>   |
| CaCl <sub>2</sub> | 50                 | 213±5.86 <sup>c</sup> | 0.861±0.011 <sup>c</sup> | 0.983±0.006 <sup>a</sup> | 184±6.65 <sup>c</sup> | 181±6.12 <sup>c</sup>  |
|                   | 100                | 226±5.69 <sup>b</sup> | 0.888±0.007 <sup>b</sup> | 0.990±0.010 <sup>a</sup> | 201±4.22 <sup>b</sup> | 199±3.62 <sup>b</sup>  |
|                   | 150                | 233±4.36 <sup>b</sup> | 0.893±0.006 <sup>b</sup> | 0.979±0.010 <sup>a</sup> | 208±3.32 <sup>b</sup> | 204±5.23 <sup>b</sup>  |
|                   | 200                | 242±4.93 <sup>a</sup> | 0.922±0.012 <sup>a</sup> | 0.991±0.005 <sup>a</sup> | 223±2.20 <sup>a</sup> | 221±3.04 <sup>a</sup>  |

Mean of three replications ± standard deviation. The values followed by different letters in the same column are statistically different ( $P < 0.05$ ).

مجدد نشاسته به تاخیر می افتد و میزان آب اندازی کم می شود [۲۱، ۲۳]. کلرید کلسیم به شدت آب دوست است علاوه بر این پیوندهای بیشتری با مولکول های نشاسته برقرار می نماید، بنابراین تاثیر بیشتری در کاهش آب اندازی خمیر نشاسته داشت. چن و همکاران (۲۰۱۴) و ونگ و همکاران (۲۰۱۵) نیز با بررسی تاثیر نمک ها بر به نشاسته سبب زمینی و تاپوکا به نتایج مشابهی دست یافتند [۲۳، ۲۴].

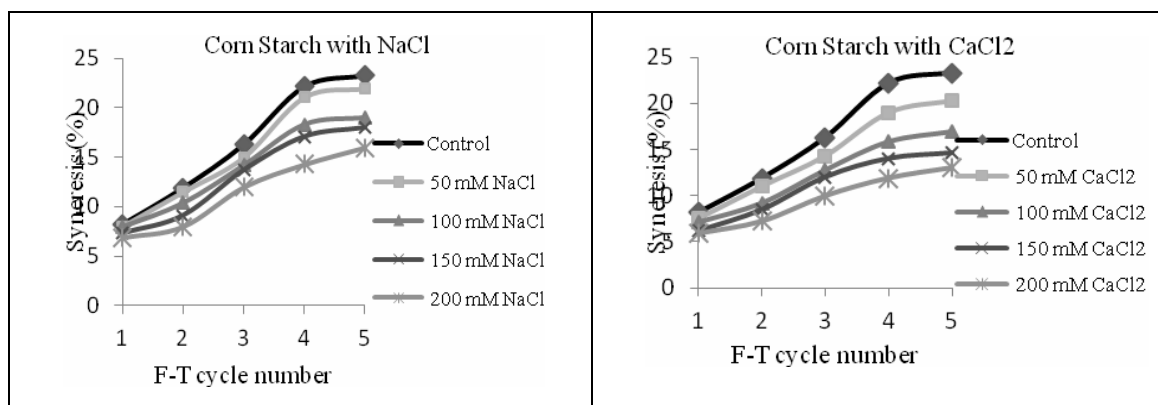


Fig 1 Influence of sodium chloride and calcium chloride on syneresis of maize starch.

modified waxy maize starch by nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Carbohydrate Polymers*, 83: 407-413.

- [2] Comin, L., Temelli, F. and Saldana, M. 2011. Impregnation of flax oil in pregelatinized corn starch using supercritical CO<sub>2</sub>. *The Journal of Supercritical Fluids*, 61: 221-228.
- [3] Liu, T., Ma, Y., Yu, S., Shi, J. and Xue, S. (2011). The effect of ball milling treatment on structure and porosity of maize starch granule. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12: 586-59.
- [4] Tester, R. F., Karkalas, J. and Qi, X. (2004). Starch composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science*, 39: 151-165.
- [5] Belitz, H.D. Grosch, W., Schieberle, P. (2009). *Food Chemistry*, 4<sup>th</sup> ed. Springer, Berlin Heidelberg.
- [6] Vaclavik, V. and Christian, E.W. (2014). *Essentials of Food Science*. 4<sup>th</sup> ed. Springer, New York.
- [7] Li, Q., Zhang, L., Ye, Y., Gao, Q. (2015). Effect of salts on the gelatinization process of

### ۳-۴- تاثیر نمک ها بر آب اندازی نشاسته

مقادیر مربوط به آب اندازی نشاسته در حضور نمک ها در شکل ۱، نشان داده شده است. میزان آب اندازی ژل نشاسته در حضور نمک ها کاهش یافت و با افزایش غلظت نمک، مقاومت ژل های نشاسته به سیکل های انجماد و ذوب بیشتر شد. نمک ها به زنجیره های نشاسته متصل می شوند و از ایجاد اتصال بین زنجیره های نشاسته جلوگیری نموده در نتیجه کریستاله شدن

### ۴- نتیجه گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد وجود نمک ها تاثیر زیادی بر ویژگی های فیزیکی نشاسته ذرت داشت که نحوه و شدت اثر نمک ها به نوع و غلظت آن ها بستگی داشت. نمک کلرید سدیم با جلوگیری از جذب آب گرانول های نشاسته سبب افزایش دمای ژلاتینه شدن و کاهش سایر پارامترهای خمیری شدن گردید. کلیه پارامترهای بافتی ژل نشاسته نیز در محیط حاوی کلرید سدیم کاهش یافت. اما تاثیر کلرید کلسیم بر این پارامترها برعکس بود زیرا این نمک به شدت آبدوست می باشد و دانسیته بار بالایی دارد و می تواند آب زیادی را به خود جذب کند. هر دو نمک با کند نمودن روند بیاتی ژل نشاسته میزان آب اندازی آن را کاهش دادند و با افزایش غلظت نمک ها تاثیر آن ها بر کلیه پارامترها بیشتر گردید.

### ۵- منابع

- [1] Bai, Y., Shi, Y., Herrera, A. and Prakask, O. (2011). Study of octenyl succinic anhydride-

- [17] Paquette, J. and Joliceur, C. (1977). A near-infrared study of the hydration of various ions and nonelectrolytes. *Journal of Solution Chemistry*, 6: 403-428.
- [18] Samutsri, W. and Supphantharika, M. (2012). Effect of salts on pasting, thermal, and rheological properties of rice starch in the presence of non-ionic and ionic hydrocolloids. *Carbohydrate Polymers*, 87: 1559–1568.
- [19] Jyothi, A.N., Sasikiran, A., Sajeev, M.S., Revamma, R. and Moorthy, S.N. (2005). Gelatinisation properties of cassava starch in the presence of salts, acids and oxidising agents. *Starch/Stärke*, 57: 547–555.
- [20] Day, L., Fayet, C. and Homer, S. (2013). Effect of NaCl on the thermal behaviour of wheat starch in excess and limited water. *Carbohydrate Polymers*, 94: 31–37.
- [21] Jiang, X., Jiang, T., Gan, L., Zhang, X., Dai, H. and Zhanga, X. (2012). The plasticizing mechanism and effect of calcium chloride on starch/poly (vinyl alcohol) films. *Carbohydrate Polymers*, 90: 1677–1684.
- [22] Hedayati, S., Majzoobi, M. Shahidi, F., Koocheki, A. & Farahnaky, A. (2016). Effects of NaCl and CaCl<sub>2</sub> on physicochemical properties of pregelatinized and granular cold-water swelling corn starches. *Food Chemistry*, 213: 602-608.
- [23] Wang, G., Hong, Y. and Gu, Z. (2015). Effect of NaCl addition on the freeze-thaw stability of tapioca starch gels. *Starch/Stärke*, 67: 604–611.
- [24] Chen, H.H., Wang, Y.S., Leng, Y., Zhao, Y. and Zhao, X. (2014). Effect of NaCl and sugar on physicochemical properties of flaxseed polysaccharide-potato starch complexes. *Science Asia*, 40: 60–68.
- Chinese yam (*Dioscorea opposita*) starch with digital image analysis method. *Food Hydrocolloids*, 51: 468-475.
- [8] Wang, W., Zhou, H., Yang, H., Zhao, S., Liu, Y. and Liu, R. (2016). Effects of salts on the gelatinization and retrogradation properties of maize starch and waxy maize starch. *Food Chemistry*, 214: 319-327.
- [9] Leach, H. W., McCowen, L. D. and Schoch, T. J. (1959). Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility pattern of various starches. *Cereal Chemistry*, 36: 534-544.
- [10] Steffe, J. F. (1996). *Rheological Methods in Food Process Engineering* (2<sup>nd</sup> ed). East Lansing, Michigan. Freeman Press.
- [11] Dutta, H., Paul, S. K., Kalita, D. and Mahanta, C.L. (2011). Effect of acid concentration and treatment time on acid-alcohol modified jackfruit seed starch properties. *Food Chemistry*, 128: 284-291.
- [12] Wang, S. and Copeland, L. (2012). Effect of alkali treatment on structure and function of pea starch granules. *Food Chemistry*, 135: 1635–1642.
- [13] Chen, J. and Jane, J. (1994). Preparation of Granular Cold-Water-Soluble Starches Prepared by Alcoholic-Alkaline Treatment. *Cereal Chemistry*, 71: 618–622.
- [14] Singh, J. and Singh, N. (2003). Studies on morphological and rheological properties of Granular Cold-water-soluble corn and potato starches. *Food Hydrocolloids*, 17: 63-72.
- [15] Oosten, B. J. (1990). Interactions between starch and electrolytes. *Starch/Stärke*, 42: 327-330.
- [16] Zhou, H., Wang, C., Shi, L., Chang, T., Yang, H. and Cui, M. (2014). Effects of salts on physicochemical, microstructural and thermal properties of potato starch. *Food Chemistry*, 156, 137–143.

## Influence of sodium chloride and calcium chloride on physical properties of corn starch

Hedayati, S. <sup>1</sup>, Majzoobi, M. <sup>2</sup>, Shahidi, F. <sup>3\*</sup>, Koocheki, A. <sup>4</sup>, Farahnaky, A. <sup>5</sup>

1. PhD of Food Science and Technology, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran.
2. Associate Professor of Food Science and Technology, Department of Food Science and Technology, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.
3. Professor of Food Science and Technology (Corresponding author), Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran.
4. Associate Professor of Food Science and Technology, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran.
5. Professor of Food Science and Technology, Department of Food Science and Technology, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.

(Received: 2016/12/24 Accepted: 2017/07/16)

Corn starch is widely used in different food products and many of these products contain salts. Therefore, in this study the influence of sodium chloride and calcium chloride (50, 100, 150 and 200 mM) on water absorption, textural parameters, pasting properties and gel syneresis of corn starch was determined. The water absorption of starch was decreased by the increase of NaCl concentration. The texture measurements revealed that hardness, cohesiveness, gumminess and chewiness of starch gels were decreased while springiness was not changed significantly. Based on the RVA results, peak, breakdown, setback and final viscosities were decreased but the pasting temperature was increased by the increase of NaCl concentration. However, a reverse trend was observed in samples with CaCl<sub>2</sub>. Both salts increased the freeze-thaw stability of starch gels and the influence of calcium chloride was more obvious than sodium chloride.

**Keywords:** Corn starch, Sodium chloride, Calcium chloride, Physical properties

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: fshahidi@um.ac.ir