

# نشاسته و انواع نشاسته مقاوم

<https://vcfda.num.s.ac.ir/>

روابط عمومی معاونت غذا و دارو نیشابور

## مقدمه

نشاسته مهمترین کربوهیدرات ذخیره ای گیاهان است که به میزان فراوان و قیمت ارزان یافت می شود و به تنهایی ۷۰-۶۰ درصد از کالری مورد نیاز انسان ها را تامین می کند. (Lawton- 2004) این ترکیب از منابع و اندامهای مختلف گیاهانی مثل گندم، ذرت، برنج و سیب زمینی بدست می آید و بر اساس منبع بدست آمده، از نظر ساختار و ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی متفاوت می باشد ( Thomas and Atwell- 1999 ) محل ذخیره سازی نشاسته در گیاه در اجزایی به نام گرانول است. گرانول های نشاسته بدست آمده از منابع مختلف به شکل های مختلفی چون کروی، بیضوی، چند وجهی، عدسی شکل، کشیده و یا بی شکل می باشند. علاوه بر داشتن خواص مغذی، نشاسته ترکیب اولیه چند منظوره با کاربرد های وسیع در مواد غذایی، دارویی، کاغذ، پارچه، چسب و محصولات آرایشی و بهداشتی می باشد.

از جمله کاربرد های آن می توان به استفاده به عنوان قوام دهنده، پرکننده، جاذب آب، پوشش خوراکی، حامل ترکیبات فرار، جایگزین چربی و پایدار کننده امولسیون ها اشاره نمود

## شکل و ابعاد نشاسته

نشاسته در بافت های گیاهی به شکل دانه های جدا از هم یا گرانول وجود دارد که قطر آنها از ۲ تا ۱۰۰ mm متغیر است.

خواص این گرانول ها در گیاهان مختلف متفاوت است.

بزرگترین گرانولها مربوط به سیب زمینی و کوچکترین آنها مربوط به برنج است. نشاسته پلیمری متشکل از مولکولهای گلوکز بوده و از دو نوع مولکول پلیمری تشکیل شده است، پلیمر خطی و فاقد شاخه موسوم به آمیلوز و پلیمر دارای شاخه موسوم به آمیلوپکتین است .

معمولاً حدود ۷۵-۸۰٪ نشاسته را آمیلوپکتین و بقیه آن را آمیلوز تشکیل می دهد.

# ترکیب شیمیایی نشاسته

نشاسته از دو مولکول آمیلوز و آمیلوپکتین تشکیل شده است. محتوای آمیلوز نشاسته یکی از ویژگی های مهم نشاسته می باشد که عملکرد آن را تحت تاثیر قرار می دهد. آمیلوز قابلیت ایجاد کمپلکس با چربی ها و امولسیفایرهای غذایی را دارد و در نتیجه در دمای ژلاتینه شدن نشاسته ، بافت و ویسکوزیته محصول موثر است. همچنین به دلیل داشتن ساختار خطی و کوچک، قادر به ایجاد اتصالات سریع و در نتیجه آن احاطه شدن آب در بین رشته ها است . بنابراین منجر به وجود آمدن سریع ژل می گردد ( Tester et al 2004 ). نشاسته های طبیعی دارای ۲۰-۳۰ درصد آمیلوز می باشند، در حالی که نشاسته های مومی کمتر از ۱۵ درصد و نشاسته های با آمیلوز بالابیش از ۴۰ درصد آمیلوز دارند ( Van Hung et al., 2006 )

# ترکیب شیمیایی نشاسته

البته نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین تحت تاثیر منبع گیاهی و واریته آن نیز می باشد. علاوه بر آمیلوز و آمیلوپکتین گرانول های نشاسته حاوی ترکیبات غیر کربوهیدراتی به مقدار کم هستند: خاکستر (تا ۰/۵ درصد)، لیپید ( ۰/۸ - ۰/۰۱ درصد ) و پروتئین (۰/۴-۰/۱ درصد). مهم ترین مواد معدنی در نشاسته ها کلسیم، منیزیم، فسفر، پتاسیم و سدیم می باشند. بیشتر این مواد معدنی به جز فسفر اثر عملکردی کمی دارند. فسفر می تواند بر شفافیت، ویسکوزیته، قوام و پایداری خمیر نشاسته تاثیر بگذارد. لیپید ترکیب دیگر گرانول های نشاسته است که بر خواصی چون تورم، حلالیت، ویسکوزیته و خواص خمیری شدن نشاسته موثر است. مقادیر بالاتری از لیپید در نشاسته غلات نسبت به گیاهان غده ای و ریشه ای یافت می شود. برای مثال نشاسته گندم و ذرت معمولی حاوی ۱/۲-۰/۸ و ۰/۶ درصد لیپید می باشد. : Moorthy,2002

Buleon ., 1998

## ساختار شیمیایی نشاسته

آمیلاز و آمیلوپکتین پلی مری از واحد های  $\alpha$ - D-glucose می باشند که در درجه پلیمریزاسیون و شاخه های فرعی با هم متفاوت اند. آمیلاز عموماً به صورت زنجیره های خطی است که از اتصال  $\alpha$ - ( ۱-۴ ) حدود ۱۵۰۰ واحد گلوکز تشکیل شده است . البته مقادیر کمی شاخه با اتصالات  $\alpha$ - (۱-۶) نیز در آمیلاز یافت می شود .

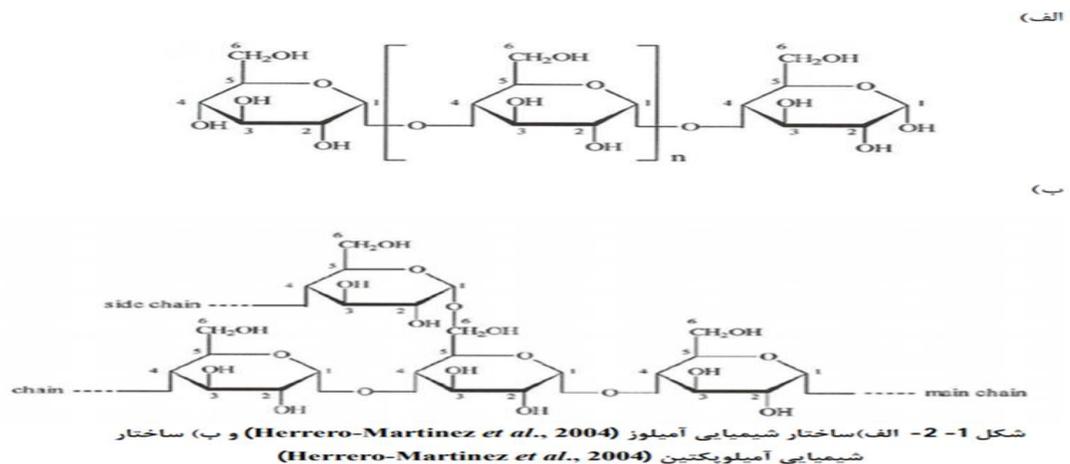
آمیلاز وزن مولکولی حدود ۱۰۵-۱۰۶ دارد . در حالی که وزن مولکولی آمیلوپکتین بین ۱۰۶ تا ۱۰۸ متغیر است .

آمیلاز با داشتن سهم ۷۰-۸۰ درصدی از نشاسته دارای ساختاری پر شاخه حاوی ۹۵ درصد اتصالات  $\alpha$ - ( ۱-۴ ) و ۵ درصد  $\alpha$ - (۱-۶) می باشد.

# ساختار شیمیایی نشاسته

حضور نقاط متعدد انشعاب این امکان را برای زنجیره های آمیلوپکتین فراهم می کند که به خوبی با هم **pack** شده و مارپیچ دوتایی تشکیل دهند و در نتیجه باعث افزایش قسمت کریستالی گرانول های نشاسته شوند .

گرانول های نشاسته به صورت یک در میان دارای نواحی نیمه کریستالی و آمورف می باشند که به عنوان حلقه های رشد شناخته می شوند که نشان دهنده رشد دوره ای و متناوب گرانول های نشاسته می باشد. در واقع زنجیره های دوتایی آمیلوپکتین در قسمت کریستالی و بیشتر اتصالات ( ۶-۱ )- $\alpha$  در قسمت آمورف قرار می گیرند . ( Waduge,2012 )

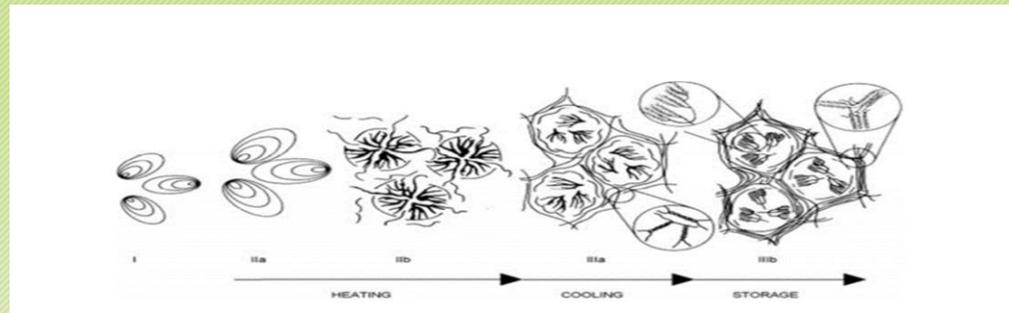


# خواص عملکردی نشاسته

کاربرد نشاسته در صنعت در درجه اول به دلیل خواص عملکردی آن ، برای مثال ویسکوزیته، ژلاتینه شدن، بیاتی، خمیری شدن ، مقاومت به ذوب و انجماد، حلالیت و قدرت تورم می باشد . خواص عملکردی انواع نشاسته وابسته به منبع آن است و بنابراین خصوصیتی منحصر به فرد برای هر نشاسته می باشد (Mweta ,2009 ) خواص ساختاری نشاسته برای مثال وزن مولکولی آمیلوز و آمیلوپکتین و پراکندگی طول زنجیره آمیلوپکتین نیز بر خصوصیات عملکردی نشاسته ها تاثیر می گذارد . وزن مولکولی بیشتر آمیلوز و آمیلوپکتین در نشاسته ی گندم منجر به ویسکوزیته ی بالای خمیر نشاسته گردیده است . از طرفی شاخه های بلند آمیلوپکتین و زنجیره های متوسط آمیلوز بیشترین اثر را بر ویسکوزیته ی خمیر نشاسته دارند .

# ۱- ژلاتینه و بیاتی شدن نشاسته

ژلاتینه شدن و بیاتی از مهمترین خصوصیات عملکردی نشاسته ها می باشند. ژلاتینه شدن فاکتوری حیاتی در کاربرد صنعتی نشاسته است، چراکه بر رئولوژی و ویسکوزیته ی سیستم اثر می گذارد. همچنین مسئول ایجاد قوام در سیستم های غذایی است. ( Vaclavik and Christion ,2008 ) ژلاتینه شدن در نتیجه ی حرارت دادن نشاسته در آب کافی اتفاق می افتد که امری متداول در مواد غذایی فرآیند شده است. در نتیجه حرارت دادن نشاسته در آب، گرانول های نشاسته شروع به جذب آب می کنند. همچنین پیوند های هیدروژنی شکسته شده و نواحی کریستالی به آمورف تبدیل می شوند. در نتیجه جذب آب و تورم بیشتر گرانول ها، نشت آمیلوز و از هم پاشیدگی جزئی گرانول ها اتفاق می افتد. در طی سرد کردن زنجیره های کوچک، آمیلوز تشکیل شبکه داده و ژله ای شدن رخ می دهد. در نتیجه خمیری ویسکوز تشکیل می گردد و از طرفی در نتیجه کریستالیزاسیون مجدد مولکول های آمیلوپکتین در طی نگهداری، رتروگراداسیون یا بیاتی رخ می دهد ژلاتینه شدن فرآیندی انرژی خواه که میزان انرژی مورد نیاز بسته به نوع گرانول متفاوت است و بنابراین این فرایند در دامنه ای از دماها اتفاق می افتد.



## ۲- شفافیت و ویسکوزیته خمیر نشاسته

شفافیت و پایداری و ویسکوزیته ی خمیر نشاسته خصوصیات مهم کاربردی آن در مواد غذایی ، کاغذ سازی و صنعت چسب سازی هستند . هنگامی که نشاسته برای مثال به عنوان قوام دهنده استفاده می شود ، شفافیت ژل اهمیت زیادی پیدا می کند همچنین نشاسته مورد استفاده برای ایجاد قوام کیک و پای های میوه ای بایستی به صورت شفاف باشد . در حالی که در دسر های سالاد نوع کدر مناسب تر است .

پایداری خمیر نشاسته دارای اهمیت است چرا که قوام و بافت محصولات غذایی و در نتیجه ماندگاری آن ها را کنترل می کند . شفافیت خمیر نیز مانند سایر خواص عملکردی نشاسته وابسته به منبع آن می باشد .

یکی از اثرات مهم نشاسته ، ایجاد ویسکوزیته در مواد غذایی است . ویسکوزیته وابسته به دما بوده که با حرارت کاهش و با سرد کردن افزایش می یابد ( Mwete,2009 )

## ۳- قدرت تورم و حلالیت

نشان دهنده اتصالات غیر کووالانسی بین مولکولی نشاسته است و بنابراین می تواند نمایانگر نسبی قدرت اتصالات در یک دمای خاص باشد در نشاسته طبیعی تورم و حلالیت در نتیجه حرارت دادن نشاسته در آب فراوان و به دنبال آن شکستن پیوند های هیدروژنی رخ می دهد. در این شرایط گروه های هیدروکسیل آمیلوز و آمیلوپکتین در معرض مولکول های آب قرار می گیرند و در نتیجه ایجاد پیوند هیدروژنی بین آن ها ، حلالیت و تورم گرانول ها افزایش می یابد . بنابراین هر عاملی که باعث ضعیف شدن نیرو های نگهدارنده ساختار گرانول ها شود می تواند منجر به تورم و حلالیت بیشتر نشاسته گردد . از طرفی نشاسته با اندازه گرانول بزرگ تر توانایی تورم بیشتر اما حلالیت کمتر نسبت به گرانول های کوچک تر دارند . (Kaur et al ,2002)

## تعریف نشاسته مقاوم

اصطلاح نشاسته مقاوم برای اولین بار در سال ۱۹۸۲ توسط شخصی به نام Englist تعریف شد. نشاسته مقاوم بخش کوچکی از نشاسته است که در اثر عملکرد آنزیم های هیدرولیز کننده موجود در روده کوچک هضم نمی شود. بلکه وارد روده بزرگ شده و کم و بیش تحت تاثیر فعالیت باکتری های آن ناحیه تخمیر می گردد و محصولات مختلفی از جمله اسید های چرب کوتاه زنجیر را تولید می کند.

## انواع نشاسته مقاوم

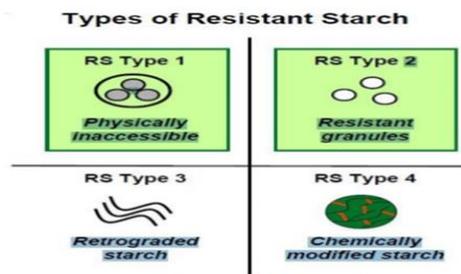
**الف : نشاسته مقاوم نوع اول:** بطور فیزیکی در دسترس آلفا آمیلاز پانکراسی قرار نمی گیرد و غیر قابل هضم و جذب در دستگاه گوارش است . نسبت به حرارت معمولی که در پخت و پز استفاده می شود پایدار است و در اثر جویدن و آسیاب کردن مقاومت آنزیمی آن کاهش می یابد و در قارچ ، حبوبات و دانه های کامل غلات فراوری نشده وجود دارد

**ب: نشاسته مقاوم نوع دوم:** کریستال های آمیلو پکتین که به صورت گرانوله و غیر ژلاتینه هستند . این نوع نشاسته به دلیل اینکه در لایه های متحد المرکز گرانول های نشاسته محاصره شده اند در برابر هضم مقاومت می کنند .میزان مقاومت آنزیمی آن در اثر پختن ، فراوری و ژلاتینه شدن کاهش می یابد .

## انواع نشاسته مقاوم

**ج: نشاسته مقاوم نوع سوم:** کریستال های آمیلوز رتروگرید شده که در اثر پختن و سرد شدن غذا های حاوی نشاسته تشکیل می شوند. گرانول های نشاسته در شکل گیری این نوع نشاسته مقاوم به صورت کاملا هیدراته وجود دارد

**د: نشاسته مقاوم نوع چهارم:** نشاسته مقاوم اصلاح شده با حرارت یا مواد شیمیایی که به طور طبیعی وجود ندارند استفاده از روش های شیمیایی ، رایج ترین راه اصلاح نشاسته هستند و از جمله مواد شیمیایی که در این زمینه بکار می رود فسفریل کلراید است که باعث ایجاد اتصالات عرضی می شود که نسبت به نشاسته معمولی حلالیت ، جذب آب و ویسکوزیته کمتری دارد.



شکل ۱-۱- انواع نشاسته اصلاح شده

## فاکتور های موثر در شکل گیری نشاسته مقاوم

**الف : درجه کریستالی نشاسته :** یکی از دلایل مقاومت به آنزیم میزان درجه کریستالی ذاتی گرانول های نشاسته نوع B مشاهده شده در نشاسته ذرت با آمیلوز بالا و همچنین نشاسته انکپسوله ، که درون سلول گیاهی یا بافت های ساختمانی می باشد و در واقع هر فرایندی که این پدیده را حذف کند مانند ژلاتینه شدن و آسیب وارد کردن به سلول یا بافت گیاهی در فرایند آسیاب کردن ، قابلیت در دسترس بودن آنزیم را افزایش می دهد ، میزان نشاسته مقاوم را کاهش می دهد و کریستال شدن مجدد و تغییرات شیمیایی در ساختار باعث افزایش میزان نشاسته مقاوم می شود ( شویزر و همکاران ۱۹۹۰ : جورک و همکاران ۱۹۹۰ )

**ب: ساختمان گرانولی:** گرانول های نشاسته طبیعی در حساسیت به آمیلاز ها تفاوت گسترده ای را نشان می دهند که بر شکل گیری نشاسته مقاوم تاثیر می گذارند .

# فاکتور های موثر در شکل گیری نشاسته مقاوم

**ج: رتروگرادسیون آمیلوز:** وقتی نشاسته تا حدود ۵۰ درجه در حضور آب حرارت داده می شود ، گرانول های آمیلوز متورم و از هم جدا می شوند و ساختمان کریستالی آمیلوپکتین تجزیه شده و زنجیره های پلی ساکاریدی یک ساختمان تصادفی می گیرند و مشابه پدیده ژلاتینه شدن باعث می شود هضم نشاسته راحت تر صورت گیرد . اما در طی فرایند سرد و خشک کردن ، کریستاله شدن مجدد رخ می دهد و مولکول های آمیلوز که ساختار خطی دارند از طریق باندهای هیدروژنی اتصالات عرضی می دهند ، بر خلاف ساختمان شاخه ای آمیلوپکتین که از کریستالیزاسیون مجدد جلوگیری می کند ، چندین روز طول می کشد تا این پدیده رخ دهد . سرعت و میزان اینکه یک نشاسته ژلاتینه شده ، رتروگرید شود به میزان آمیلوز آن بستگی دارد. اتوکلاو کردن مداوم که به میزان آمیلوز و رتروگرید شدن آمیلوز مربوط است منجر به شکل گیری بیش از ۱۰۰٪ نشاسته مقاوم می شود .

# فاکتور های موثر در شکل گیری نشاسته مقاوم

**د: اثر طول زنجیره آمیلوز:** در واقع از طریق جمع شدن هلیکس های آمیلوز در ساختمان نوع B ، در اثر کریستالیزاسیون در منطقه ویژه ای از زنجیره که محتوی حدود ۲۰ واحد گلوکز می باشد، ممکن است نشاسته مقاوم شکل گیرد.

**ه: خطی شدن آمیلوپکتین:** در طول فرایند پخت طولانی مدت و در دمای پایین به دلیل افزایش فعالیت آمیلوز ها در خمیر ، خطی شدن آمیلوپکتین رخ می دهد که منجر به شکل گیری نشاسته مقاوم می شود. ( لیلجیرگ: ۲۰۰۲)

**و: نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین:** میزان بالاتر آمیلوز به دلیل ارتباط مثبت بین میزان آمیلوز و شکل گیری نشاسته مقاوم، میزان هضم را کاهش می دهد. به عنوان مثال در وعده های غذایی محتوی آمیلوز بالا میزان نشاسته مقاوم حدود ۲۰ گرم بر ۱۰۰ گرم آرد است . در حالی که در آرد ذرت حاوی ۲۵٪ آمیلوز میزان نشاسته مقاوم حدود ۳ گرم بر ۱۰۰ گرم آرد است

## نشاسته اصلاح شده

استفاده از نشاسته خام به طور مستقیم برای بسیاری از فراورده های غذایی و غیر غذایی مقدور و مفید نیست و بایستی ویژگی های نشاسته با ویژگی های مورد نیاز هم آهنگ شود. برای هم آهنگ کردن ویژگی های نشاسته روش های زیادی وجود دارد که ماحصل آن ها، تولید نشاسته اصلاح شده است. نشاسته اصلاح شده نشاسته ای است که نوعی واکنش شیمیایی، بیولوژیکی و یا فیزیکی بر روی آن انجام گرفته است تا ویژگی های عملکردی آن بهبود یابد. این ویژگی ها عبارتند از کم یا زیاد شدن مقاومت ژل بسته، حساس شدن نشاسته به آنزیم، کم یا زیاد کردن ویسکوزیته خمیر نشاسته، کم یا زیاد کردن جذب آب، بهبود رنگ و ..... خصوصیات نشاسته را می توان با روشهای متفاوت شیمیایی و فیزیکی چون اصلاح اسیدی، آنزیمی، ژلاتیناسیون، اکسیداسیون، ایجاد اتصالات عرضی و.... بهبود بخشید.

# انواع نشاسته اصلاح شده : ۱- اصلاح فیزیکی

**1-اصلاح فیزیکی:**اصلاح نشاسته به کمک روش های فیزیکی و بدون کاربرد مواد شیمیایی امروزه طرفداران زیادی پیدا کرده است. از انواع این نشاسته، نشاسته های پیش ژلاتینه شده می باشد. از روش های خشك کردن غلطي و پاششی، اکستروژن براي تولید این نشاسته استفاده مي شود. نشاسته های از پیش ژلاتینه شده، نشاسته های از پیش پخته شده می باشند که می توانند در آب سرد استفاده شوند.

# نشاسته فوری یا پیش ژلاتینه

برای تولید این نوع نشاسته ها ابتدا نشاسته ژلاتینه می شود و سپس سریع آن را خشک و پودر می کنند. در اثر ژلاتینه شدن ، زنجیره های آمیلوز و آمیلوپکتین از یکدیگر دور شده و آب بین آنها قرار می گیرد.

در اثر خشک شدن سریع ، آب بین زنجیره ها بسرعت تبخیر و در نتیجه مولکول های آمیلوز و آمیلوپکتین می توانند کریستالیزه شوند و به همان صورت باقی مانده و تولید یک ماده با حالت شیشه ای می کنند که به محض قرار گرفتن در آب می توانند آب را به درون ساختار خود جذب کرده و ویسکوزیته بالایی ایجاد کنند. در طی فرایند تولید نشاسته پری ژل معمولا ساختار گرانول از بین می رود. این نشاسته ها تحت عنوان نشاسته فوری شناخته می شوند

## انواع نشاسته اصلاح شده : ۲- اصلاح شیمیایی

اصلاح شیمیایی نشاسته، جریان اصلی نشاسته اصلاح شده در قرن اخیر است.

استفاده از روش های شیمیایی قدیمی ترین و متداولترین روش اصلاح نشاسته می باشد. در این روش گروه های خاص شیمیایی نظیر گروه های استری، یون های خاص، استیل و غیره روی مولکول های نشاسته قرار می گیرد و باعث ایجاد خواص جدیدی در آن می گردد.

## نشاسته های اصلاح یافته

یکی از اولین کاستی های نشاسته های بومی که توجه تکنسین های نشاسته را به خود جلب کرده ، مربوط به ویسکوزیته های زیاد آنها بود که پراکندگی هایی را ایجاد میکرد، هنگامی که نشاسته های بومی در آب پخته و پراکنده میشد این ویسکوزیته های بالا همراه با وزن مولکولی زیاد مولکول های آمیلوز و آمیلوپکتین موجود در گرانول نشاسته و توانایی گرانول در هنگام گرم شدن در آب برای متورم شدن به چندین برابر حجم اولیه خود می رسید.

نشاسته های اصلاح یافته برای تضعیف گرانول های نشاسته و تخریب مولکول های نشاسته ایجاد شده اند تا دانه ها دیگر مدت طولانی یکپارچگی خود را در مورد متورم شدن در آب حفظ نکنند. به این ترتیب ، می توان نشاسته های اصلاح شده ای تولید کرد که به دلیل گرانیروی پایین آنها می توانند در غلظت های فزاینده بالاتر نسبت به نشاسته بومی پراکنده شوند.

# انواع نشاسته های اصلاح شده : ۱-۲ نشاسته اصلاح شده اسیدی

در این فرایند از مخلوط آب و گرانول های نشاسته استفاده می شود و سپس اسید به آن اضافه شده و ضمن مخلوط کردن در دمای ۲۵-۵۵ درجه سانتی گراد فرایند تا رسیدن به درجه هیدرولیز مناسب ادامه می یابد.

مقدار هیدرولیز می تواند تعیین کننده بافت و خصوصیات نهایی فراورده باشد. در این فرایند چون از دماهای ژلاتینه شدن استفاده می شود ، اسید بیشتر به قسمت های غیر کریستالی و بی شکل نشاسته حمله می کند و در نتیجه قسمت های کریستالی باقی می ماند . بنابراین به علت از بین رفتن قسمت های بی شکل در نتیجه افزایش ساختار کریستالی امکان بیاتی این نشاسته افزایش می یابد . همچنین دمای ژلاتینه شدن افزایش می یابد در نتیجه ویسکوزیته کم می شود و حلالیت افزایش می یابد .

از این نوع نشاسته ها به نشاسته رقیق شده با اسید یاد می شود .

## ۱-۲ نشاسته اصلاح شده اسیدی

امروزه نشاسته های غذایی تبدیل شده با اسید، از طریق گرم کردن یک دوغاب آب غلیظ دارای مواد جامد تقریباً ۳۶-۴۰٪ در دمای ۴۰-۶۰ درجه سانتیگراد در حضور حداکثر ۰/۷ درصد اسید هیدروکلریک یا ۰/۲ درصد اسید سولفوریک و بهم زدن برای چند ساعت تولید می شوند.

هنگامی که به ویسکوزیته یا سیالیت مورد نظر (متقابل ویسکوزیته) با درجه تبدیل میرسد، دوغاب خنثی می شود و گرانول ها با شستشو ، آبگیری توسط فیلتراسیون یا سانتریفیوژ و خشک کردن پوشیده میشوند و فیلترکیک حاصل می گردد . سپس نشاسته خشک شده می تواند خمیده شود یا به شکل درشت (مروارید) باقی بماند.

با اندازه گیری سیالیت خمیر داغ ، میزان(درجه) تبدیل به صورت تجربی تعیین می شود. با این حال ، سیالیت نشاسته تبدیل شده اسیدی یا اسیدیته سیال، در ابتدا بر اساس نشاسته قلیایی تعیین می شود.

## ۲-۲ نشاسته های اکسید شده یا اصلاح شده با هیپوکلریت یا کلرینه شده

نشاسته های غذایی وجود دارد که با مواد اکسید کننده اصلاح می شوند. این نشاسته های سفید شده ، که در معرض تیمارهایی(اصلاح) با برخی از اکسید کننده های مشخص شده در مقادیر بسیار پایین ، و نشاسته های اکسیده شده یا "کلری شده" قرار دارند ، که با تیمار هیپوکلریت تهیه می شوند.

اصطلاح نشاسته کلری شده(ترکیب شده با کلر)، که به طور گسترده ای برای شناسایی این تبدیل ها مورد استفاده قرار می گیرد ، نادرست است زیرا نشاسته ها کلری نمی شوند بلکه به راحتی با هیپوکلریت اکسید می شوند. تولید نشاسته غذایی اصلاح شده از طریق اکسیداسیون با هیپوکلریت معمولاً مبتنی بر استفاده از هیپوکلریت سدیم است.

به آرامی افزودن محلول هیپوکلریت سدیم در آب تا ماکزیمم کلر ۵/۵٪ که متناسب با درجه تبدیل مورد نظر متفاوت بود، به یک سوسپانسیون نشاسته گرانولی در آب، میباشد. به طور معمول محلول هیپوکلریت مورد استفاده قلیایی خواهد بود.

## ۲-۲ نشاسته های اکسید شده یا اصلاح شده با هیپوکلریت یا کلرینه شده

pH خنثی یا اسیدی با درجه حرارت بالا تبدیل هیپوکلریت به کلرات را تقویت می کند ، که درنشاسته تبدیل شده مؤثر نیست.

پس از اینکه محلول هیپوکلریت اضافه شد و میزان(درجه) تبدیل مطلوب به دست آمده ، pH به میزان خنثی یا کمی اسیدی تنظیم می شود. هر هیپوکلریت اضافی با افزودن ماده کاهش دهنده مانند بی سولفیت از بین می رود و دانه های نشاسته، شسته ، آبگیری و خشک می شوند. pH ای که نشاسته در آن اکسیده می شود عاملی است که روند اکسیداسیون را کنترل می کند. pH اسیدی و خنثی باعث اکسیداسیون برخی از هیدروکسیل های نشاسته با گروه های کتو می شود. در نتیجه ، اکسیداسیون ها معمولاً در شرایط قلیایی خفیف تا متوسط انجام می شوند. هنگامی که اکسیداسیون ها در شرایط قلیایی اتفاق می افتند ، گروه های کربوکسیلی که تشکیل می شوند ، بخشی یا تمام قلیائیت اضافی را خنثی می کنند. اگر این اتفاق رخ دهد ، ممکن است زمان اکسیداسیون تغییر کند. براساس نرخ که در آن غلظت اکسید کننده با زمان کاهش می یابد ، با افزایش pH از ۵/۷ به ۱۰ ، میزان اکسیداسیون کاهش می یابد .

اما به نظر می رسد بالاتر از pH 10 سطح آن خاموش است. غلظت نشاسته ، ساختار گرانول ، دما و نوع نشاسته نیز بر میزان ناپدید شدن هیپوکلریت تأثیر میگذارد

## ۲-۳ نشاسته سفید شده و دکستریز شده

نشاسته سفید شده با مقادیر کم مواد اکسید کننده مانند اسید پراستیک یا پراکسید هیدروژن با حداکثر ۰.۴۵٪ اکسیژن فعال ، هیپوکلریت سدیم با ۰.۸۲٪ حداکثر کلر موجود ، کلریت سدیم (حداکثر ۰.۵٪) و پرمنگنات پتاسیم (حداکثر ۰.۲٪) یا سولفات آمونیوم (حداکثر ۰.۰۷۵٪) اصلاح می شود.

**FDA** همچنین امکان استفاده از کلر را به عنوان هیپوکلریت کلسیم فراهم می کند اما نه بیش از ۰.۰۳۶ درصد نشاسته خشک. در این سطح نقش ماده اکسید کننده در درجه اول سفید کننده است که به سمت از بین بردن یا سفید کردن ناخالصی های رنگی مرتبط با نشاسته است. اصلاح شیمیایی نشاسته نسبتاً در مرحله سفید کننده اتفاق می افتد

فرایند دکستریز شده کردن شامل شکسته شدن پلیمر ها و تشکیل اتصالات و پلیمر های جدید می باشد که در اثر حرارت های بالا و در حضور و یا عدم حضور کاتالیست ها بوجود می آید . تولید صنعتی آنها توسط حرارت دهی خشک در دماهای ۱۱۰-۱۸۰ درجه سانتی گراد و به مدت ۲۴-۳ ساعت انجام می شود .

## ۴-۲ نشاسته های کراس لینک (دارای اتصال عرضی)

یک اصلاح شیمیایی اتصالات عرضی است که علت آن تشکیل اتصالات استری بین شاخه های بزرگ مولکول آمیلو پکتین است .

اتصالات استری اغلب به وسیله مخلوط کردن فسفرو اکسی کلرید یا سدیم تری متا فسفات با سوسپانسیون نشاسته که به طور جزئی توسط یک معرف قلیایی متورم شده ، شکل می گیرد .به این ترتیب آمیلوپکتین با استفاده از پیوند های استری فسفات میان شاخه های مولکول نشاسته به شکل یک گرانول دی Starch فسفات باقی می ماند .

اتصالات عرضی ، ژلاتینی شدن گرانول نشاسته را اصلاح می کند .همان طور که انتظار می رود برای جدا کردن مولکول های نشاسته انرژی لازم است و به همین دلیل دمای ژلاتیناسیون افزایش می یابد .در دمای بالا ویسکوزیته افزایش می یابد همین عامل باعث حفظ ساختار مولکول های نشاسته می شود . به این ترتیب در حین خنک کردن پدیده **Set-Back** رخ نمی دهد و یا به مقدار جزئی رخ می دهد .

## ۴-۲ نشاسته های کراس لینک (دارای اتصال عرضی)

هدف از اتصال متقابل در تهیه نشاسته های غذایی اصلاح شده تقویت پیوندهای هیدروژن مسئول یکپارچگی گرانول با پیوندهای شیمیایی است. هنگامی که نشاسته های بومی در دمای بالاتر از دمای ژلاتینه شدن گرم می شوند، پیوندهای هیدروژنی نگهدارنده گرانول ها ضعیف می شوند، به این ترتیب اجازه می دهند تا گرانول ها به طور مماس و غیرقابل برگشت به میزان بیشتری از حجم اصلی خود متورم شوند. با وقوع این اتفاق، گرانول ها یکپارچگی خود را از دست می دهند، ویسکوزیته در ابتدا افزایش یافته و پراکندگی مشخص می شود. در ادامه پخت و پز، گرانول های متورم متلاشی و قطعه قطعه می شوند و مولکول ها و قطعات را آزاد می کنند.

ویسکوزیته افت کرده و ماده جامد، یک بافت چسبنده و لاستیکی مناسب برای سیستم های غذایی ایجاد نمی کند. میزان و نحوه وقوع این تغییرات به عوامل مختلفی بستگی دارد. نشاسته های ریشه و مومی با درجه بالایی متورم می شوند و نسبت به نشاسته های غلات مانند ذرت معمولی یا گندم، ویسکوزیته بالاتری می دهند. آنها همچنین باعث کاهش بیشتر ویسکوزیته در ادامه پخت و پز و تمایل بیشتر به توسعه بافتهای لاستیکی منسجم می شوند.

## ۵-۲ نشاسته های غذایی تثبیت شده

این دسته از نشاسته های غذایی اصلاح شده شامل آن دسته از اصلاحات می شوند که با واکنش برخی از گروه های هیدروکسیل روی مولکول های نشاسته با معرف های تک عملکردی برای وارد کردن گروه های جایگزین ساخته می شوند. در بیشتر موارد ، هدف اصلی از این نوع اصلاح، تثبیت آمیلوز و شکستن آمیلوپکتین در برابر ارتباط بین مولکولی است. آمیلوز موجود در پراکندگی نشاسته بسیار مستعد به بیاتی شدن دارد، که به دلیل ارتباط بین مولکولی بین هیدروکسیل ها در مولکول های مجاور ایجاد می شود. بیاتی شدن مسئول تمایل نشاسته ذرت پخته به رنگ مات و تشکیل ساختارهای ژله ای سفت و سخت با خنک سازی است. از آنجایی که آمیلوپکتین موجود در نشاسته پراکنده معمولاً مستعد افت نیست، هنگامی که آمیلوز تحت دمای اتاق است ، تمایل دارد در صورت نگهداری طولانی مدت در دماهای پایین یا در صورت یخ زدگی، ارتباطات بین مولکولی بین بخشهای خطی شاخه های خود ایجاد کند. این پدیده ممکن است مسئول از بین رفتن وضوح ، ایجاد ژل و از بین رفتن ظرفیت نگه داشتن آب محلولهای حاوی آمیلوپکتین در حین انجماد یا نگهداری در دمای پایین باشد. خطی بودن آمیلوز و بخشهایی از شاخه های موجود در آمیلوپکتین به عنوان عامل اصلی ایجاد بیاتی یا ارتباط بین مولکولی و بین شاخه ای در نظر گرفته می شود . از طریق وارد کردن گروههای جایگزین بر آمیلوز و شاخه های آمیلوپکتین توسط واکنش با معرفهای تک عملکردی ، حالت خطی می تواند قطع شود ، بنابراین دیگر نمی توانند به اندازه کافی به یکدیگر نزدیک شوند.

## ۶-۲ استات های نشاسته

استات نشاسته از نظر مواد غذایی ، که برای اولین بار به صورت نشاسته های غذایی تثبیت شده و اصلاح شده تولید شده اند ، محدود به آنهایی هستند که با استری کردن نشاسته گرانولی یا بانیدرید استیک یا وینیل استات تهیه می شوند. در حالت اول ، یک سوسپانسیون آبی از نشاسته گرانولی با شرایط آنهیدرید استیک در شرایط خفیف قلیایی تیمار می شود برای حفظ رطوبت بهینه واکنش ، باید pH را در ۸-۹.۵ حفظ کرد

pH بالا و دمای بالا باعث هیدرولیز آنهیدرید و نشاسته استات می شود. معمولاً محلول هیدروکسید سدیم ۳٪ قلیایی ترجیح داده می شود. یک روش جایگزین برای تهیه استات نشاسته ، استیله شدن با وینیل استات ، شامل تیمار سوسپانسیون آبی نشاسته گرانولی در شرایط قلیایی (pH 7.5-12.5) با وینیل استات است که به عنوان یک کاتالیزور قلیایی عمل می کند. بازده واکنش ۶۵-۷۰ درصدی زمانی مشاهده شد که کربنات سدیم در  $pH=9-10$  و درجه حرارت ۲۵-۴۲ درجه به مدت ۴۵-۶۰ دقیقه استفاده شد. این واکنش با آزادسازی استالدهید صورت می گیرد که می توان با شستشو از بین رفت. در حالی که استات های نشاسته از نظر شیمیایی در شرایط اسیدی نسبتاً معتدل پایدار هستند و در اکثر غذاها عملکرد خوبی دارند ، گروههای استات نسبت به هیدرولیز قلیایی حساس هستند. در  $pH=11$  ، استات نشاسته (۱.۸ درصد استیل) به مدت ۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد کاملاً د-استیله می شود . دماهای بالای پردازش در pH خنثی یا کمی قلیایی تمایل به افزایش د-استیلاسیون دارد.

## ۷-۲ نشاسته های فسفاته (مونواستری)

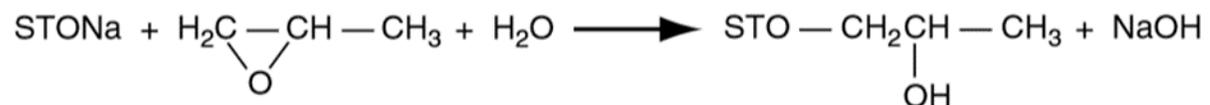
این نشاسته های اصلاح شده تک جایگزین، استرهای فسفات نشاسته ای هستند که در آنها فقط یک هیدروکسیل نشاسته توسط اسید فسفریک، برای تشکیل مونواستر، استری شده است.

نشاسته های فسفاته در حقیقت مشتقات استری فسفریک اسید هستند. برای تولید آن ها از واکنشگرهایی مانند ارتوفسفات، متافسفات، پیروفسفات و تری پلی فسفات استفاده می شود. این نوع نشاسته ها به عنوان پایدارکننده امولسیون در محصولات که در دمای پایین نگهداری می شوند مانند سس ها و برخی شربت های دارویی استفاده می شوند.

## ۸-۲ نشاسته هیدروکسی پروپیل

این نوع نشاسته در اثر واکنش نشاسته با اکسید پروپیلن ایجاد می شود، در واقع اگر به جای گروه هیدروکسیل نشاسته موادی مانند اکسید پروپیلن جایگزین شود این نشاسته تولید می شود.

این تغییرتمایل نشاسته به تشکیل ژل و آبگیری و همچنین توانایی ژلاتینه شدن را کاهش می دهد و باعث افزایش دوره نگهداری، پایداری در طی انجمادزدایی، افزایش شفافیت و بهبود ویژگی های بافتی خمیر می شود. استفاده از این روش زمانی دارای اهمیت است که بخواهیم به سرعت ویسکوزیته را افزایش داده و یا زمانی که مجبور باشیم دمای پخت پایین باشد. همچنین در بین نشاسته ها نشاسته هیدروکسی پروپیل به دلیل بازگشت مجدد کم آمیلوپکتین در به تعویق انداختن بیاتی نان موثرتر است. از این نشاسته برای تولید محصولات با بافت نرم، ویسکوز، شفاف و غلیظ استفاده می شود. مانند سس و پودینگ



## ۳- اصلاح آنزیمی

اصلاح آنزیمی عبارتست از هیدرولیز برخی از بخش های نشاسته به نشاسته با وزن مولکولی کم به نام مالتودکسترین یا دکسترین با استفاده از آنزیم های آمیلولیتیک. که به طور گسترده ای برای صنایع غذایی و دارویی مورد استفاده قرار می گیرند. معمولاً از آنزیم های هیدرولیز کننده برای تغییر ساختار نشاسته استفاده می شود. آنزیم های مورد استفاده و متداول شامل آنزیم های آلفا آمیلاز و بتا آمیلاز، گلوکو آمیلاز، ایزوآمیلاز، پلواناز، گلوکز ترانسفراز و سیکلو آمیلوز می باشند. این فرآیند بر روی نشاسته ژلاتینه شده انجام می شود و کنترل دما و pH مناسب، بسیار مهم و ضروری است.

در این روش برای تولید نشاسته مورد نظر از آنزیم استفاده می شود که کنترل آن موثرتر بوده و واکنش های ناخواسته کمتری اتفاق می افتد. این آنزیم روی پیوندهای آلفا ۱ به ۴ و آلفا ۱ به ۶ نشاسته اثر کرده و آن را هیدرولیز می کند. اگر زمان عمل طولانی شود تا حد تبدیل نشاسته به دکستروز واکنش ادامه می یابد. از این نوع نشاسته در تولید محصولات پخت، اسنک فودها و دسرها استفاده می شود. گاهی از هیدرولیز اسیدی و به دنبال آن هیدرولیز آنزیمی برای تغییر دادن نشاسته استفاده می شود. محصول این روش می تواند مالتودکسترین، گلوکز، فروکتوز، سوربیتول، مانیتول، گلوتامات و اسیدهای الی مانند اسید سیتریک باشد که در صنایع غذایی کاربرد زیادی دارد.

## نتیجه گیری

تجدیدپذیری منابع تولید نشاسته، دسترسی آسان، سهولت تولید، قیمت کم و تجزیه کامل طی فرآیند کمپوست باعث شده است که در سالهای اخیر تولید و استفاده از زیست پلیمرهای نشاسته ای به عنوان جایگزینی برای پلیمرهای سنتزی حاصل از مشتقات نفتی بسیار مورد توجه قرار گیرد. نشاسته در محیط های مختلف آبی و خاکی کاملاً زیست تخریب-پذیر است و از تجزیه طبیعی نشاسته، آب و کربن دی اکسید تولید میشود. بنابراین، نشاسته نه تنها آلودگی زیست محیطی برجای نمی گذارد، بلکه با تولید کربن دی اکسید می تواند دوباره وارد چرخه طبیعت شود و در فتوسنتز گیاهان شرکت کند.

در صنایع پلیمری نشاسته را معمولاً در ترکیب با سایر پلیمرها استفاده میکنند. به دلیل تخریب این ماده پیش از ذوب و نرم شدن استفاده مستقیم و به تنهایی از نشاسته در دستگاههای مرسوم صنایع پلیمری مقدور نیست. برای بهبود جریانپذیری در دستگاههای فرایند، معمولاً نشاسته با نرم کنندههای مانند گلیسرول ترکیب میشود و به کمک گرما و اعمال برش پیوندهای قوی هیدروژنی بین مولکولهای نشاسته از بین میرود. ماده حاصل به نشاسته گرمانرم موسوم است که جریان پذیری خوبی دارد و به راحتی با سایر پلیمرها مخلوط می شود. به طور کلی میتوان گفت، اگر نشاسته به شکل گرمانرم با سایر پلیمرها آمیخته سازی شود، به شکل آلیاژ در نظر گرفته شده و اگر به شکل خام به پلیمر دیگر اضافه شود، نقش پرکننده و تقویت کننده را دارد.

# تهیه کننده: خانم مهندس سمانه رضانی

کارشناس مسئول آرایشی و بهداشتی معاونت غذا و دارو نیشابور

دریافت جدیدترین مطالب آموزشی در حوزه سلامت از طریق:

<https://vcfda.num.s.ac.ir/>

سایت معاونت غذا و دارو نیشابور :

صفحات اطلاع رسانی معاونت غذا و دارو نیشابور در فضای مجازی: @numsfda

**با تشکر از توجه شما**