برهمکنش پروتئین‌های شیر و نشاسته

محمد تراهی[۱]، سارا هدایتی[۲]، فخری شهیدی*[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد

[۲]استادیار، مرکز تحقیقات تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی شیراز

[۳]استاد گروه علوم صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*نویسنده مسئول: fshahidi@um.ac.ir

چکیده

نشاسته و پروتئین دو عنصر اصلی مواد غذایی هستند که نقش مهمی در تعیین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی فراورده‌های مختلف، از جمله فراورده‌های لبنی دارند. دو جزء اصلی سازنده‌ی مولکول نشاسته پلیمرهای آمیلوز و آمیلوپکتین هستند که خصوصیات عملکردی نشاسته را تعیین می‌کنند. همچنین، پروتئین‌های شیر را می‌توان به صورت کلی به کازئین‌ها و پروتئین‌های آب پنیر طبقه بندی کرد؛ که هر دو دارای خواص تکنولوژیکی و عملکردی متفاوتی هستند. اخیرا، بررسی فعل و انفعالات بین پروتئین‌های شیر و نشاسته و تاثیر آن‌ها بر ویژگی‌های رئولوژیکی، بافتی، حرارتی و خمیری محصول نهایی، مورد توجه قرار گرفته است. در این مقاله مروری، ضمن تعریف و بررسی اجزای مختلف نشاسته و پروتئین شیر، به بررسی برهمکنش آن‌ها و مطالعات اخیر در این زمینه خواهیم پرداخت.

کلمات کلیدی: نشاسته، پروتئین، کازئین، ایزوله پروتئین آب پنیر، فراورده‌های لبنی، صنایع غذایی

www.ifstacongress28.ir

مقدمه

نشاسته و پروتئین اجزای اصلی مواد غذایی انسان هستند و همچنین نقش مهمی در خواص رئولوژیکی و ساختاری فراورده‌های غذایی دارند. نشاسته یک پلی ساکارید ارزان و در دسترس است که به دلیل بهبود ویژگی‌های بافتی و خواص رئولوژیکی، کاربردهای گسترده‌ای در صنایع غذایی دارد. به همین دلیل می‌توان از آن برای تعدیل قوام فراورده‌های غذایی لبنی، استفاده کرد (هوپ و همکاران، ۲۰۰۸). دو جزء اصلی سازنده‌ی مولکول نشاسته پلیمرهای آمیلوز و آمیلوپکتین هستند که از اتصالات گلوکز به وجود آمده‌اند و مسئول عملکردها و رفتارهای نشاسته هستند. آمیلوز پلیمری خطی به صورت مارپیچ تکی، دارای اتصالات آلفا (۱ به ۴) گلوکز است که به علت ساده بودن ساختار خود، تحرک و تمایل زیادی به ایجاد پیوند با دیگر مولکول‌ها را دارد. آمیلوز در بخش داخلی مارپیچ خود دارای اتم‌های هیدروژن است که باعث آبگریز بودن آن می‌شود؛ و می‌تواند با اسیدهای چرب آزاد، گلیسرول، بعضی الکل‌ها و ید پیوند داده و کمپلکس تشکیل دهد؛ که بر ویژگی‌های نشاسته تاثیر می‌گذارد. همچنین، آمیلوز به علت ایجاد اتصالات بین رشته‌های پلیمری نشاسته با یکدیگر و احاطه شدن آب بین رشته‌ها، سریع ژل تشکیل می‌دهد. آمیلوپکتین مولکول بزرگ و پرشاخه است که شاخه‌ها از اتصالات آلفا (۱ به ۴) و در محل شاخه‌ها اتصالات آلفا (۱ به ۶) تشکیل شده‌اند و هر شاخه دارای ساختار مارپیچ دوتایی است. از طرفی گرانول نشاسته دارای ساختار نیمه کریستالی می‌باشد. در نواحی که تراکم زنجیره‌های جانبی آمیلوپکتین زیاد است ساختار کریستالی، و در نواحی با تراکم کمتر، ساختار آمورف یا غیر کریستالی ایجاد می‌شود که مولکول‌های آمیلوز در این نواحی قرار می‌گیرند (برتولینی، ۲۰۰۹).

پروتئین‌های شیر به طور گسترده به کازئین‌ها[1] و پروتئین‌های آب پنیر[2] طبقه بندی می‌شوند که هر دو دارای خواص تکنولوژیکی و عملکردی متفاوتی هستند (هوپ و همکاران، ۲۰۰۸). میسل‌های کازئین از یک گردهمایی ناهمگن پیچیده از ذرات کلوئیدی حاوی پروتئین نامحلول کلسیم و فسفات کلسیم تشکیل شده‌اند که از طریق برهم‌کنش‌های بین مولکولی غیرکووالانسی در کنار هم قرار گرفته‌اند. میسل‌های کازئین منبع تغذیه‌ای مهمی از کلسیم، فسفات و اسیدهای آمینه هستند. بر اساس وزن خشک، میسل‌های کازئین حاوی ۹۴ درصد کازئین و ۶ درصد مواد معدنی، مانند منیزیم و سیترات هستند. آن‌ها به دلیل خواص تغذیه‌ای و عملکردی خوب، به طور گسترده در صنایع غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند و همچنین به عنوان حامل مواد زیست فعال، مانند ویتامین‌ها، اسیدهای چرب و غیره در نظر گرفته می‌شوند. علاوه بر این، آن‌ها کم هزینه، در دسترس، بسیار پایدار و غیر سمی هستند و به عنوان مواد ایمن (GRAS) شناخته می‌شوند (رهان و همکاران، ۲۰۱۹). با کاهش pH به ۴/۶ (نقطه ایزوالکتریک کازئین)، بار الکترواستاتیک کاهش پیدا می‌کند که باعث تجمع میسل‌های کازئین و تشکیل شبکه پروتئینی می‌شود. این فرایندی است که در تولید ماست استفاده می‌شود (کانزیداین و همکاران، ۲۰۱۱). پروتئین آب پنیر منبع غنی از پپتیدهای فعال زیستی است که می‌تواند در کنترل رژیم غذایی و بیماری‌های مزمن نقش داشته باشد. کارآیی بیولوژیکی پروتئین آب پنیر تابعی از تکنیک‌های فراوری آن است. پروتئین‌های آب پنیر به طور کلی به سه شکل، از جمله: کنسانتره پروتئین آب پنیر، ایزوله پروتئین آب پنیر و هیدرولیز پروتئین آب پنیر به بازار عرضه می‌شوند. کنسانتره دارای چربی و لاکتوز همراه با پروتئین‌های اصلی (۶۰ تا ۸۵ درصد) است. ایزوله پروتئین آب پنیر دارای محتوای پروتئین بالاتر (بیش از

---

[1]. Caseins
[2]. Whey proteins

٪۹۰) و غلظت نسبتاً کمتری از لاکتوز و مواد معدنی، نسبت به کنسانتره پروتئین آب پنیر است و هیدرولیز، فرم نیمه هضم شده پروتئین است (پتل، ۲۰۱۵؛ کانزیداین و همکاران، ۲۰۱۱). پروتئین‌های آب پنیر از مخلوط ناهمگنی از β-لاکتوگلوبولین‌ها[1] و α-لاکتالبومین‌ها[2] تشکیل شده‌اند که تقریباً ۸۰ درصد کل پروتئین آب پنیر موجود در شیر را تشکیل می‌دهند. با این حال، خواص عملکردی پروتئین‌های آب پنیر بیشتر به β-لاکتوگلوبولین‌ها نسبت داده می‌شود (کومار و همکاران، ۲۰۱۷). خواص عملکردی و تغذیه‌ای پروتئین‌های آب پنیر مانند ویژگی‌های ژل کنندگی، ظرفیت نگهداری آب، آنتی‌اکسیدانی، تحریک‌کننده سیستم ایمنی و ضد سرطانی، آن‌ها را برای مصارف صنعتی نسبت به کازئین‌ها به‌ویژه برای غنی سازی فراورده‌های غذایی قابل قبول‌تر می‌کند (هوپ و همکاران، ۲۰۰۸). نشاسته به طور گسترده درفراورده‌های لبنی به عنوان تغلیظ کننده، عامل ژل کننده یا جایگزین چربی[3] در فراورده‌هایی مانند ماست، پنیر فراوری شده و دسرها استفاده می‌شود. در سیستمی که نشاسته و پروتئین با هم وجود دارند، درک اثر متقابل آن‌ها بر خواص رئولوژیکی، خمیری شدن[4]، ژلاتینه شدن، بافتی و فیزیکوشیمیایی سیستم غذایی بسیار مهم است. فرضیه‌های بسیاری برای توصیف مکانیسم برهمکنش نشاسته-پروتئین ارائه شده است. با این حال مکانیسم واقعی آن‌ها هنوز مشخص نشده است (یانگ و همکاران، ۲۰۰۴).

علاوه بر این، عادات غذایی نادرست، همراه با سبک زندگی، رفتارهای کم تحرک و مصرف مقادیر زیاد غذاهای ناسالم، شیوع بیماری‌های مزمن مانند دیابت نوع ۲، چاقی و اضافه وزن را در سراسر جهان افزایش داده است. سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۱۶، گزارش داد که حدود ۳۹ درصد از بزرگسالان دارای اضافه وزن و ۱۳ درصد چاق هستند، که نشان دهنده عدم تعادل بین مصرف غذا و مصرف انرژی است و بیانگر یک خطر برای سلامتی است (WHO، ۲۰۱۷). بنابراین، نهادهای دولتی مختلف در سراسر جهان بر ترویج سبک زندگی و غذای سالم تمرکز کرده‌اند. در نتیجه، شناخت نشاسته و پروتئین و مطالعه فعل و انفعالات آن‌ها برای توسعه غذاهای کاربردی، ضروری است که شامل تعادل صحیح بین ارزش غذایی و عملکرد تکنولوژیکی است (مجیان ترن و بلانکو لیزارازو، ۲۰۲۱).

در این مقاله مروری به بررسی مطالعات اخیر در زمینه برهمکنش‌های پروتئین شیر (کازئین و ایزوله پروتئین آب پنیر) و نشاسته در سیستم‌های غذایی خواهیم پرداخت.

برهمکنش کازئین-نشاسته

ژلاتینه شدن نشاسته، فرایند تورم گرانول‌های نشاسته با حرارت، در آب اضافی است؛ که منجر به شکسته شدن ساختار کریستالی نشاسته می‌شود و اجازه می‌دهد آمیلوز و آمیلوپکتین به داخل سیستم آزاد شود. این فرایند منجر به افزایش ویسکوزیته سیستم می‌شود. تعدادی از فرمول‌های غذایی شامل خمیری شدن نشاسته در حضور پروتئین‌های لبنی می‌شود، مانند فرنی جو

1. β-lactoglobulins
2. α-lactalbumins
3. Fat replacer
4. Pasting

دوسر[1] و پودینگ[2] برنج یا سمولینا. کازئین‌ها معمولاً به شکل کازئینات سدیم، کازئینات کلسیم، کازئین اسیدی و کازئین رنت استفاده می‌شوند (کومار و همکاران، ۲۰۱۷).

للیوره و هازبندز (۱۹۸۹)، اثر کازئینات سدیم را بر نشاسته ذرت و ذرت مومی بررسی کردند و گزارش کردند که وجود کازئینات سدیم باعث افزایش ویسکوزیته خمیر نشاسته می‌شود. همچنین، حجم تورم گرانول‌های نشاسته در حضور کازئینات سدیم با اثر هم افزایی[3]، افزایش می‌یابد. به علاوه، برتولینی و همکاران (۲۰۰۵)، رفتار کاساوا، سیب زمینی، ذرت طبیعی، ذرت مومی و نشاسته گندم را با غلظت‌های مختلف کازئینات سدیم مورد مطالعه قرار دادند. هر نشاسته رفتار رئولوژیکی متفاوتی از خود نشان داد. با این حال، افزودن کازئینات سدیم مدول ذخیره[4] (G') را در تمام نشاسته‌ها افزایش داد. برنج و گندم روند مشابهی را نشان دادند، زیرا خواص الاستیکی آن‌ها حتی در غلظت کم کازئینات سدیم افزایش یافت، با این حال، خواص ویسکوالاستیک نشاسته کاسا وا در غلظت‌های بالاتر بارزتر بود، این می‌تواند به دلیل کمتر بودن ویسکوزیته طبیعی نشاسته کاساوا در غلظت‌های پایین‌تر کازئینات سدیم باشد.

در مطالعه دیگری توسط زالسکا و همکاران (۲۰۰۱)، برهمکنش گروه عاملی نشاسته سیب زمینی و کازئین را با طیف سنجی مادون قرمز[5] (FTIR) و الکتروسنتز[6] بررسی شد. تغییر پیک در ناحیه گروه CO-NH (حدودا cm^{-1} ۱۶۵۰) و حالت‌های خمشی گروه OH نشاسته و کازئین بین (cm^{-1}) ۱۳۷۰ - ۱۲۷۰ مشاهده شد؛ که بیانگر برهمکنش‌های احتمالی بین گروه‌های آمینه پروتئین شیر و گروه‌های فسفات نشاسته سیب‌زمینی است.

اثرات چهار جزء تشکیل دهنده پروتئین شیر، یعنی پودر شیر بدون چربی[7]، کنسانتره پروتئین شیر، کازئینات سدیم و ایزوله پروتئین آب پنیر، بر رفتار خمیری ۱۰٪ نشاسته برنج نرمال یا برنج مومی توسط نویسووان و همکاران (۲۰۰۸)، بررسی شد. مشخص گردید که همه این ترکیبات پروتئینی شیر به طور قابل توجه و متفاوتی ویژگی‌های خمیری دو نشاسته برنج را تحت تأثیر قرار می‌دهند. به عنوان مثال، برای نشاسته برنج طبیعی، پودر شیر فاقد چربی و کازئینات سدیم دمای ویسکوزیته اوج را افزایش داده، در حالی که کنسانتره پروتئین شیر و ایزوله پروتئین آب پنیر دمای ویسکوزیته اوج را کاهش می‌دهند. برای نشاسته برنج مومی، پودر شیر فاقد چربی، کازئینات سدیم و ایزوله پروتئین آب پنیر منجر به افزایش دمای ویسکوزیته اوج می‌گردند، اما کنسانتره پروتئین شیر بر آن اثر نمی‌گذارد. مقدار ویسکوزیته اوج نیز بسته به نوع پروتئین شیر و غلظت آن افزایش یا کاهش می‌یابد.

رفتار ترکیب انواع نشاسته طبیعی (نشاسته ذرت معمولی، مومی و با آمیلوز بالا) و نشاسته اصلاح شده، با کازئینات کلسیم در ماتریس کازئین، برای درک امکان استفاده از نشاسته به عنوان جایگزین چربی در پنیر تازه، توسط دیامانتینو و همکاران (۲۰۱۹)، مورد مطالعه قرار گرفت. در مخلوط‌های با کازئینات کلسیم، نشاسته‌های اصلاح‌شده ویسکوزیته بالایی نشان

---

1. Oat porridge
2. Pudding
3. Synergistic effect
4. Storage modulus
5. Fourier transform infrared spectroscopy
6. Electrosynthesis
7. Skim milk powder

دادند، که نشان‌دهنده پتانسیل بالا برای حفظ آب در پنیر است. آن‌ها همچنین باعث کاهش تبلور مجدد (رتروگراداسیون) می‌شوند و قدرت تورم بالا و مقاومت حرارتی مکانیکی خوبی را نشان دادند. علاوه بر این، به دلیل سینرسیس (آب اندازی) بسیار کم نشاسته اصلاح شده و حضور آنها در ماتریکس پروتئینی، به عنوان پرکننده[1]، می‌توان آن‌ها را به عنوان جایگزین های چربی در پنیر در نظر گرفت.

برهمکنش پروتئین آب پنیر-نشاسته

مخلوط پروتئین آب پنیر و نشاسته نسبت به مخلوط سایر ترکیبات شیر، مثلا پروتئین کازئین و نشاسته، توجه بیشتری را به خود جلب کرده است. دلیل این امر ممکن است این باشد که، پروتئین‌های آب پنیر می‌توانند تحت شرایط خاصی از دما، نمک و غلظت، ژل تشکیل دهند، بنابراین در صورت گرم شدن در حضور دیسپرسیون نشاسته، احتمالات و امکانات بیشتری را ارائه می‌دهند. بنابراین، فاز پیوسته ژل های مخلوط می توانند از شبکه پروتئینی یا شبکه نشاسته ای و یا از شبکه های متقابل پروتئین آب پنیر و نشاسته ساخته شود (کانزیداین و همکاران، ۲۰۱۱).

اولسون و همکاران (۲۰۰۰)، تأثیر آمیلوپکتین‌های سیب‌زمینی بر روی ژل‌های β-لاکتوگلوبولین را با میکروسکوپ نوری و روش‌های رئولوژیکی مورد مطالعه قرار دادند. نویسندگان گزارش کردند که آمیلوپکتین سیب زمینی با ویسکوزیته بالا اثر شل شونده با برش[2] روی β-لاکتوگلوبولین (۶ درصد وزنی) دارد، در حالی که آمیلوپکتین‌های با ویسکوزیته پایین رفتار نیوتنی بیشتری داشتند. تجمع β-لاکتوگلوبولین‌ها تحت تأثیر غلظت و نوع آمیلوپکتین‌های سیب‌زمینی قرار گرفت، غلظت بالاتر آمیلوپکتین‌ها منافذ برجسته‌تر و بزرگ‌تری را بین دانه‌های رشته‌های β-لاکتوگلوبولین ایجاد کرد. همچنین، کویروگا و برگنشتال (۲۰۰۸)، نیز رفتار شل شونده با برش نمونه‌های β-لاکتوگلوبولین و ذرت مومی را در غلظت‌های بالای آمیلوپکتین مشاهده کردند، زیرا ویسکوزیته ظاهری با افزایش نرخ برش کاهش می‌یابد.

همچنین، دانگ و همکاران (۲۰۰۹)، برهمکنش مخلوط‌های ذرت مومی با پیوند متقاطع[3] و ایزوله پروتئین آب پنیر را با غلظت‌های متفاوت پروتئین (۰/۵، ۱ و ۱/۵٪) و نشاسته (۳ و ۴٪) بررسی کردند. آن‌ها گزارش کردند که رفتار جریانی[4] مخلوط‌های نشاسته-پروتئین به طور چشمگیری با دیسپرسیون نشاسته به تنهایی، متفاوت است و رفتار ویسکوالاستیک مخلوط، با افزایش و ایزوله پروتئین آب پنیر، از حالت جامد به رفتار مایع مانند[5] تغییر می‌کند. مشاهدات میکروسکوپی آن‌ها نشان داد که مخلوط‌ها از گرانول‌های نشاسته متورم شده ساخته شده‌اند که در فاز پیوسته پروتئینی پراکنده شده‌اند. آن‌ها همچنین گزارش دادند که فاز پیوسته ایزوله پروتئین آب پنیر ناهمگن بوده و حاوی توده‌های پروتئینی بزرگ در نزدیکی گرانول‌های نشاسته است که می‌تواند هم رفتار رئولوژیکی و هم بافت دانه‌دار[6] فراورده‌های غذایی حاوی ایزوله پروتئین آب پنیر و نشاسته

1. Filler
2. Shear thinning
3. Cross-linked waxy maize starch
4. The flow behavior
5. Liquid-like
6. Grainy texture

ذرت مومی را توضیح دهد. یانگ و همکاران (۲۰۰۴)، نشان دادند که بین نشاسته گندم و ایزوله پروتئین آب پنیر، پیوند آبگریز (هیدروفوبیک) غیرکووالانسی برقرار است. علاوه بر این، پروتئین‌های آب پنیر می‌توانند با زنجیره‌های جانبی آمیلوز و آمیلوپکتین پیوند غیرکووالانسی داشته باشند. آن‌ها همچنین می‌توانند به عنوان پرکننده عمل کنند که مانع از پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های نشاسته می‌شوند (کومار و همکاران، ۲۰۱۷).

یانگ و همکاران (۲۰۱۹)، نشان دادند که، فرایند تورم گرانول نشاسته ذرت توسط ایزوله پروتئین آب پنیر محدود می‌شود. در حالی که رتروگراداسیون مولکول‌های نشاسته، با افزودن پروتئین، افزایش می‌یابد. مطالعات روی خواص رئولوژیکی نشان داد که نیروی برهمکنش عمدتاً از نوع پیوندهای هیدروژنی است. علاوه بر این، تجزیه و تحلیل میکروسکوپی نشان داد که پروتئین آب پنیر اطراف گرانول‌های نشاسته را می‌پوشاند و به عنوان یک مانع فیزیکی در برابر هضم نشاسته پس از پختن، عمل می‌کند. در مقابل، ها و همکاران (۲۰۲۰)، نشان دادند که افزودن ایزوله پروتئین آب پنیر هیدرولیز شده باعث کاهش رتروگراداسیون نشاسته برنج ژلاتینه شده می‌شود. به علاوه می‌تواند تورم گرانول نشاسته و نشت آمیلوز[1] را نیز محدود کند که باعث کاهش ویسکوزیته و مدول ذخیره می‌شود.

نتیجه گیری

از این مطالعات می‌توان نتیجه گرفت که در سیستم‌های غذایی برهمکنش‌های خاصی بین پروتئین‌ها و مولکول‌های نشاسته رخ می‌دهد؛ که می‌تواند منجر به تغییراتی در بافت و رفتار محصول شود. با این حال، این تغییرات به عوامل زیادی مانند غلظت، pH و زمان بستگی دارد. رفتار کازئین در سیستم نشاسته‌ای در مقایسه با پروتئین آب پنیر متفاوت است. هر دو پروتئین مسئول افزایش قدرت ژل خمیرهای نشاسته در غلظت خاصی هستند، در حالی که هیچ روند مشخصی در ویسکوزیته ظاهری مخلوط کازئین-نشاسته در تحقیقات نشان داده نشده است. با این حال، این پروتئین‌ها همچنین می‌توانند به عنوان یک پرکننده یا ممانعت کننده از بازآرایی مولکول‌های نشاسته در طول خنک شدن، منجر به تضعیف ساختار ژل شوند. همچنین، پروتئین‌های آب پنیر می‌توانند توده‌هایی را تشکیل دهند که بسته به شرایط فراوری در فاز پیوسته یا فاز پراکنده حضور داشته باشند؛ و به دلیل ویژگی‌های ژل کنندگی قوی که دارند به خوبی می‌توانند بر ویژگی‌های خمیری نشاسته در سطوح میکرو و ماکرومولکولی تأثیر بگذارند.

[1]. Amylose leaching

منابع

Bertolini, A. C. (2009). Trends in starch applications. *Starches, Characterization, Properties, and Applications*, 1-19.

Bertolini, A. C., Creamer, L. K., Eppink, M., & Boland, M. (2005). Some rheological properties of sodium caseinate− starch gels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **53(6),** 2248-2254.

Considine, T., Noisuwan, A., Hemar, Y., Wilkinson, B., Bronlund, J., & Kasapis, S. (2011). Rheological investigations of the interactions between starch and milk proteins in model dairy systems: A review. *Food Hydrocolloids*, **25(8),** 2008-2017.

Dang, H. V., Loisel, C., Desrumaux, A., & Doublier, J. L. (2009). Rheology and microstructure of cross-linked waxy maize starch/whey protein suspensions. *Food Hydrocolloids*, **23(7),** 1678-1686.

Diamantino, V. R., Costa, M. S., Taboga, S. R., Vilamaior, P. S., Franco, C. M., & Penna, A. L. B. (2019). Starch as a potential fat replacer for application in cheese: Behaviour of different starches in casein/starch mixtures and in the casein matrix. *International Dairy Journal*, **89,** 129-138.

Hoppe, C., Andersen, G. S., Jacobsen, S., Mølgaard, C., Friis, H., Sangild, P. T., & Michaelsen, K. F. (2008). The use of whey or skimmed milk powder in fortified blended foods for vulnerable groups. *The Journal of nutrition*, **138(1),** 145S-161S.

Hu, Y., He, C., Zhang, M., Zhang, L., Xiong, H., & Zhao, Q. (2020). Inhibition from whey protein hydrolysate on the retrogradation of gelatinized rice starch. *Food Hydrocolloids*, **108,** 105840.

Kumar, L., Brennan, M. A., Mason, S. L., Zheng, H., & Brennan, C. S. (2017). Rheological, pasting and microstructural studies of dairy protein–starch interactions and their application in extrusion-based products: A review. *Starch-Stärke*, **69(1-2),** 1600273.

Lelievre, J., & Husbands, J. (1989). Effects of sodium caseinate on the rheological properties of starch pastes. *Starch-Stärke*, **41(6),** 236-238.

Mejía Terán, A., & Blanco-Lizarazo, C. M. (2021). Considerations for functional food design based on starch-protein interactions: a systematic review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 1-10.

Noisuwan, A., Bronlund, J., Wilkinson, B., & Hemar, Y. (2008). Effect of milk protein products on the rheological and thermal (DSC) properties of normal rice starch and waxy rice starch. *Food Hydrocolloids*, **22(1),** 174-183.

Olsson, C., Stading, M., & Hermansson, A. M. (2000). Rheological influence of non-gelling amylopectins on β-lactoglobulin gel structures. *Food Hydrocolloids*, **14(5),** 473-483.

Patel, S. (2015). Functional food relevance of whey protein: A review of recent findings and scopes ahead. *Journal of Functional Foods*, **19,** 308-319.

Quiroga, C. C., & Bergenståhl, B. (2008). Rheological behavior of amylopectin and β-lactoglobulin phase-segregated aqueous system. *Carbohydrate polymers*, **74(3),** 358-365.

Rehan, F., Ahemad, N., & Gupta, M. (2019). Casein nanomicelle as an emerging biomaterial—A comprehensive review. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, **179,** 280-292.

WHO. 2017. Global Health Observatory data repository [Internet]. World Health Organization. [accssed 2020 Sep 20]. Available from: https://www.who.int/data/gho.

Yang, C., Zhong, F., Goff, H. D., & Li, Y. (2019). Study on starch-protein interactions and their effects on physicochemical and digestible properties of the blends. *Food chemistry*, **280,** 51-58.

Yang, H., Irudayaraj, J., Otgonchimeg, S., & Walsh, M. (2004). Rheological study of starch and dairy ingredient-based food systems. *Food Chemistry*, **86(4),** 571-578.

Zaleska, H., Ring, S., & Tomasik, P. (2001). Electrosynthesis of potato starch–casein complexes. *International journal of food science & technology*, **36(5),** 509-515.

Interaction of milk proteins and starch

Mohammad tarahi[1], Sara hedayati[2], Fakhri shahidi[1*]

[1]**Department of Food Science and Technology, Faculty of agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran**

[2]**Nutrition Research Center, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran.**

***Corresponding Author's E- mail: fshahidi@um.ac.ir**

Abstract

Starch and protein are the two main nutrients that play an important role in determining the physicochemical properties of various products, including dairy products. The two main constituents of the starch molecule are the amylose and amylopectin polymers, which determine the functional properties of starch. Milk proteins can also be classified as caseins and whey proteins; Both have different technological and functional properties. Recently, the study of interactions between milk and starch proteins and their effect on the rheological, textural, thermal and pasting properties of the final product has been considered. In this review article, while defining and examining the various components of starch and milk protein, we will examine their interaction and recent studies in this field.

Keywords: starch, protein, casein, whey protein isolate, dairy products, food industry

www.ifstacongress28.ir