

بررسی تأثیر کانژوگه کردن با دکستران در شرایط واکنش مایلارد، بر خواص عملکردی و کاربردی پروتئین‌های آب پنیر

فریبا شکاری پور*^۱، محمود امین لاری^۲، مهرداد نیاکوثری^۲، محمدهادی اسکندری^۲

^۱دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

^۲دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۲۳

چکیده

در سال‌های اخیر توجه زیادی برای بهبود خواص عملکردی پروتئین‌های آب پنیر (سرم شیر) به وسیله روش‌های مختلف شده است. اصلاح ساختار پروتئین‌ها به وسیله اصلاحات فیزیکی، آنزیمی یا شیمیایی انجام می‌شود. در این تحقیق نمونه‌های کنسانتره ۸۰٪ پروتئین‌های آب پنیر در شرایط واکنش مایلارد با دکستران ترکیب شدند. میزان گلیکوزیله شدن با روش الکتروفورز تعیین گردید و به وسیله ژل کروماتوگرافی به تأیید رسید. نتایج نشان داد که بهترین شرایط برای گلیکوزیله کردن پروتئین‌های آب پنیر دمای ۶۰°C، مدت زمان نگهداری ۱۰ روز و نسبت وزنی پروتئین‌های آب پنیر به دکستران ۱ به ۵ بوده است. هم‌چنین پروتئین‌های آب پنیر گلیکوزیله شده حلالیت بهتری در pHهای ۳، ۵، ۷ و ۹ و در دماهای ۲۵، ۴۰ و ۶۰°C نسبت به نمونه کنترل داشتند. نمونه گلیکوزیله شده پایداری حرارتی بیشتر و هم‌چنین فعالیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون بهتری در مقایسه با نمونه‌ی شاهد و کنترل داشته است.

واژه‌های کلیدی: پروتئین‌های آب پنیر، خصوصیات عملکردی، دکستران، گلیکوزیله کردن.

۱- مقدمه

تولید پروتئین‌های آب پنیر به عنوان یک محصول از کارخانه‌های پنیرسازی خیلی بالاست (۹). برای چندین دهه صنعت لبنیات آب پنیر را به عنوان ضایعات در نظر می‌گرفت و به عنوان غذای دام از آن استفاده می‌شد (۱۰). پروتئین‌های آب پنیر به دلیل خواص تغذیه‌ای و عملکردی‌اشان به خوبی شناخته شده‌اند. این پروتئین‌ها دارای قابلیت حل شدن، کف کردن، خواص باندشدن، ژل شدن و امولسیفایری هستند (۸، ۹، ۱۱، ۱۵). پروتئین‌های آب پنیر به دلیل میزان بالای اسیدهای آمینه ضروری یک منبع بسیار مهم تغذیه‌ای هستند (۱۴). پروتئین‌ها به عنوان امولسیفایرهای ریز قطرات در مقابل توده شدن عمل می‌کنند. خواص امولسیفایری پروتئین‌ها به وسیله شرایط خاصی تضعیف می‌شود و منجر به رسوب و تجمع پروتئین‌ها می‌شود. این عدم پایداری به طور خاص در pHهای نزدیک به نقطه ایزوالکتریک و در غلظت‌های بالای الکترولیت‌ها اتفاق می‌افتد (۲۵، ۲۶). حرارت‌های بالای ۶۰°C نیز باعث ایجاد باندهای درون مولکولی و بیرون مولکولی در پروتئین‌های آب پنیر می‌شود. تشکیل این باندها ممکن است منجر به متراکم شدن این پروتئین‌ها گردد. بنابراین به همین دلایل و به علت تمایل دست اندرکاران صنایع غذایی به تولید پروتئین‌های آب پنیر با خصوصیات عملکردی بهتر، اصلاحاتی برای آب پنیر در نظر گرفته شده است (۱۲). یک روش مؤثر برای بهبود خواص عملکردی پروتئین‌ها که نیازی به کاتالیز شیمیایی هم ندارد و به برهمکنش پروتئین‌ها با پلی ساکاریدها تکیه دارد واکنش مایلارد است (۱۴). در طی این واکنش کائوچوگه شدن یک کربوهیدرات احیا کننده به گروه E-آمینو لایزین تحت شرایط حرارتی معتدل بدون استفاده از محصولات شیمیایی سمی اتفاق می‌افتد (۲۲). در پایان واکنش ترکیبات کائوچوگه با وزن مولکولی بالا که دارای ترکیبی از خواص پروتئین‌های هیدروفوبیک که به طور محکم به سطح ریز قطرات روغن متصل می‌شوند با خواص پلی ساکاریدهای هیدروفیل که به مقدار زیاد در آب محلول هستند، تولید می‌شود (۲).

خواص امولسیفایری کمپلکس‌های کوالانت مالتودکسترین با ایزوله پروتئین‌های آب پنیر تحت دو شرایط اسیدی و غلظت الکترولیت بالا در سیستم‌های حاوی روغن تری گلیسرید با زنجیره متوسط و روغن پرتقال توسط Dickinson and Akhtar (۲۰۰۷) بررسی شد. آزمایشات نشان دادند که متصل شدن

مالتودکسترین به پروتئین‌های آب پنیر منجر به افزایش مهمی در رفتار امولسیفایری تحت هر دو شرایط می‌شود. اتصال ایزوله پروتئین‌های آب پنیر به زانتان توسط Benichou و همکاران (۲۰۰۷) انجام شد و مشاهده کردند که پایداری ریزقطرات در مقابل لخته شدن و انعقاد افزایش می‌یابد.

اتصال پروتئین‌های آب پنیر را با دو پلی ساکارید (سدیم آلژینات و λ -کاراگینان) توسط Perez و همکاران (۲۰۰۹) انجام شد و مشاهده کردند که سیستم‌های مخلوطی پروتئین آب پنیر و سدیم آلژینات در فاز آبی تمایل به توده شدن پروتئین‌ها و جدا شدن پروتئین و سدیم آلژینات داشتند و سیستم‌های مخلوطی پروتئین آب پنیر و λ -کاراگینان دارای برهمکنش‌های قوی در همه غلظت‌ها بودند.

با این وجود اطلاعات کمی در مورد کائوچوگه کردن پروتئین‌های آب پنیر با پلی ساکاریدها از راه واکنش مایلارد در دسترس می‌باشد (۱۴). هدف از این پژوهش گلیکوزیله کردن پروتئین‌های آب پنیر با دکستران از طریق واکنش مایلارد و بررسی خواص عملکردی آن و تولید نوشیدنی از این پروتئین‌ها می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

دکستران (وزن مولکولی ۱۰۵۰۰، Sigma, St Louis, MO, USA)، کنسانتره ۸۰٪ پروتئین‌های آب پنیر، سفادکس G-100.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- گلیکوزیله کردن پروتئین‌های آب پنیر با دکستران

دکستران و کنسانتره پروتئین‌های آب پنیر در نسبت‌های وزنی مختلف، ۵۰:۵۰، ۵۰:۱۰۰، ۵۰:۱۵۰، ۵۰:۲۰۰، ۵۰:۲۵۰ در ۲ میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار با pH معادل ۷ حل شد. نمونه‌ها سپس لیوفیلیز گردیدند. پودرهای آماده در حضور برماید پتاسیم اشباع (رطوبت نسبی ۷۹٪) در یک دسیکاتور ۶۰°C به مدت یک هفته قرار داده شد (۴، ۳). یک نمونه کنسانتره پروتئین‌های آب پنیر بدون دکستران نیز به عنوان شاهد تحت شرایط مذکور قرار داده شد.

استات با pHهای ۳ و ۵ و بافر فسفات با pHهای ۷ و ۹ حل شدند. محلول حاصل در دمای اتاق کاملاً مخلوط شد. سپس با دور $2000 \times g$ به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند. فاز بالایی جدا شده و میزان پروتئین آن به روش لوری تعیین شد (۲۱). سپس حلالیت به عنوان میزان پروتئین در مایع فوقانی به میزان کل پروتئین بیان شد. اثر سه دمای ۲۵، ۴۰ و ۶۰ °C بر روی حلالیت نمونه‌های پروتئین‌های آب پنیر در $pH=7$ (ماکزیمم حلالیت نمونه کانزوگه شده، نتایج) بررسی شد. برای این منظور نمونه‌ها وزن شده و در ۱ میلی‌لیتر بافر در $pH=7$ حل شدند. مخلوط به مدت ۵ دقیقه در دمای اتاق نگه داشته شد. سپس به مدت ۱ ساعت در دماهای ۲۵، ۴۰ و ۶۰ °C قرار گرفتند و بعد به مدت ۴۸ ساعت، نمونه‌ها در دمای ۴ °C نگه‌داری شدند. سپس در $2000 \times g$ و در دمای ۴ °C به مدت ۱ ساعت سانتریفیوژ شدند. مایع فوقانی جدا شده و برای آزمایش لوری استفاده و سپس حلالیت نمونه‌ها طبق بالا محاسبه شد.

۲-۲-۲-۵- پایداری حرارتی نمونه‌ها

پایداری حرارتی نمونه‌های کانزوگه و غیر کانزوگه بوسیله اندازه‌گیری کدورت (جذب در ۵۰۰ نانومتر) محلول‌های پروتئین (۷/۴ میلی‌گرم در ۱۰ میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار $pH=7/4$) نگهداری شده در ۹۵-۵۰ °C تعیین شد. از ۵۰ °C به بعد در فاصله زمانی یک دقیقه، یک درجه سانتی‌گراد به دما اضافه شد و جذب نوری نمونه‌های حرارت دیده شده در فاصله زمانی ۵ دقیقه در طول موج ۵۰۰ نانومتر تعیین گردید (۲۶).

۲-۲-۲-۳- فعالیت امولسیون‌کنندگی نمونه‌ها

فعالیت امولسیون‌کنندگی و پایداری آن براساس روش (Pearce, Kinsella (1978 انجام شد. یک میلی‌لیتر روغن ذرت به ۳ میلی‌لیتر نمونه به غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار $pH=7/4$ افزوده شد و کاملاً مخلوط شده و سپس با هموژنایزر با دور ثابت به مدت ۱ دقیقه در دمای محیط هموژنیزه شد. ۰/۱ میلی‌لیتر از امولسیون تهیه شده در فواصل زمانی ۰ تا ۱۰ دقیقه در هر دقیقه برداشته شده و ۵ میلی‌لیتر سدیم دو سیل سولفات ۰/۱ درصد به آن اضافه شد و بلافاصله جذب نوری آن‌ها در طول موج ۵۰۰ نانومتر تعیین شد و منحنی مربوطه براساس میزان جذب و مدت زمان ۱۰ دقیقه رسم شد و میزان جذب در

۲-۲-۲- بررسی تأثیر زمان بر میزان کانزوگه شدن

با توجه به مرحله قبل نسبت ۵۰:۲۵۰ بیشترین میزان کانزوگه شدن را نشان داد به این ترتیب دکستران و کنسانتره پروتئین‌های آب پنیر به نسبت ۵۰:۲۵۰ مخلوط شدند و نمونه‌ها بعد از ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ روز خارج شدند و برای الکتروفورز آماده شدند (۴، ۳).

۲-۲-۳- الکتروفورز نمونه‌ها

به منظور سنجش میزان اتصال دکستران به کنسانتره پروتئین‌های آب پنیر از سیستم SDS-PAGE بر طبق روش (۱۹۷۰) Laemmli استفاده شد. نمونه‌ها با غلظت ۲ میلی‌گرم پروتئین در میلی‌لیتر آماده شدند. ژل زیرین یک ژل پلی‌اکریل آمید ۱۰٪ در ۱/۲M تریس بازی ($pH=8/8$) و ۰/۳٪ SDS بود. ژل رویی حاوی ۰/۳٪ اکریل آمید در ۰/۲۵M تریس بازی ($pH=8/6$) و ۰/۲٪ SDS بود. بافر الکتروود حاوی ۰/۲۵M تریس بازی، ۰/۱۹۲٪ گلیسین، ۰/۱۵٪ SDS در $pH=8/6$ بود. الکتروفورز در جریان ۲۴ میلی‌آمپر انجام شد و ژل بوسیله کوماسی بریلینت بلو آر-۲۵۰ در متانول ۵۰٪ رنگ‌آمیزی شد و سپس با اسید استیک ۱۰٪ در متانول ۷٪ رنگبری شد.

۲-۲-۴- کروماتوگرافی به روش ژل فیلتراسیون

در این روش از رزین سفادکس G-100 برای شناسایی پروتئین‌های آب پنیر گلیکولیزه شده از پروتئین آب پنیر گلیکولیزه نشده استفاده شد (۱۶). ۲۵۰ میلی‌گرم نمونه در ۱ میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ M ($pH=7$) حل شد. محلول مخلوط شد و در سرعت $2500 \times g$ به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. مایع فوقانی برای یک ستون سفادکس G-100، $1 \text{ cm} \times 90$ بکار برده شد.

۲-۲-۵- مطالعه‌های آنالیتیکی

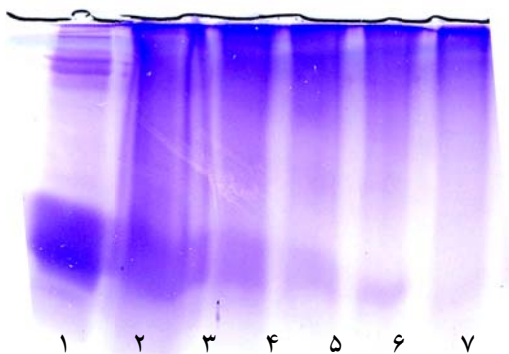
برای تعیین میزان قند نمونه‌ها از روش اسید سولفوریک فنول با استفاده از گلوکوز به عنوان استاندارد استفاده شد (۷).

۲-۲-۱- حلالیت نمونه‌ها

برای تعیین حلالیت پروتئین‌ها، ابتدا میزان کل پروتئین نمونه‌ها به روش میکروکلدال تعیین گردید (۶). سپس مقادیری از نمونه پروتئینی گلیکولیزه شده و طبیعی و حرارت دیده بدون دکستران که حاوی ۱۰ میلی‌گرم پروتئین خالص باشد، در یک میلی‌لیتر بافر

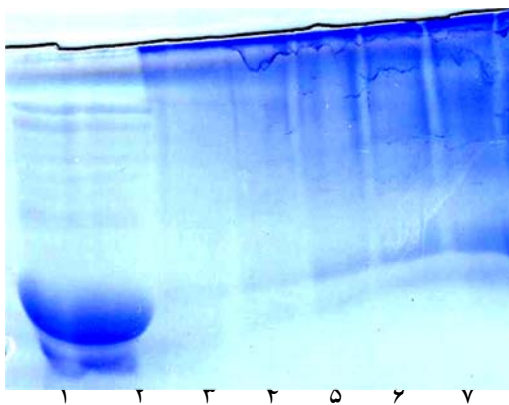
نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود پروتئین‌های آب پنیر اصلاح نشده سه پیک را نشان می‌دهند درحالی‌که با اعمال شرایط یکسان از لحاظ نوع، غلظت و pH بافر، ارتفاع و قطر ستون، نمونه اصلاح شده با دکستران یک پیک را نشان می‌دهد که این حاکی از کمپلکس‌های با وزن مولکولی بالای پروتئین-دکستران می‌باشد. همچنین ظاهر نشدن دو پیک دیگر تأییدی است بر اینکه پروتئین‌های این دو پیک نیز می‌توانند در تشکیل کمپلکس‌ها شرکت کرده باشند.

نتایج نشان داد که میزان ۰/۱ مول دکستران به هر مول پروتئین‌های آب پنیر وصل شده است.



شکل ۱- الگوی الکتروفورز پروتئین‌های آب پنیر گلیکوزیله شده با دکستران بر روی ژل پلی آکریل آمید ۱۰ درصد با نسبت‌های وزنی مختلف

(۱: پروتئین‌های آب پنیر طبیعی (بدون دکستران)، ۲-۶: بترتیب پروتئین‌های آب پنیر اصلاح شده به نسبت وزنی پروتئین‌های آب پنیر/دکستران ۱:۱، ۱:۲، ۱:۳، ۱:۴ و ۱:۵. رطوبت ۷۹٪، دمای C ۶۰، یک هفته).



شکل ۲- الگوی الکتروفورز پروتئین‌های آب پنیر گلیکوزیله شده با دکستران به نسبت وزنی ۱:۵ بر روی ژل پلی آکریل آمید ۱۰ درصد در زمان‌های مختلف

(۱: پروتئین‌های آب پنیر طبیعی (بدون دکستران)، ۲: پروتئین‌های آب پنیر حرارت دیده (بدون دکستران) ۳: پروتئین آب پنیر اصلاح شده به مدت ۲ روز، ۴: ۴ روز، ۵: ۶ روز، ۶: ۸ روز، ۷: ۱۰ روز).

زمان صفر به عنوان فعالیت امولسیون‌کنندگی در نظر گرفته شد. پایداری امولسیون تشکیل شده تیز با تعیین مدت زمانی که طول می‌کشد تا میزان کدورت به نصف کاهش یابد محاسبه شد.

۲-۲-۶- تجزیه آماری داده‌ها

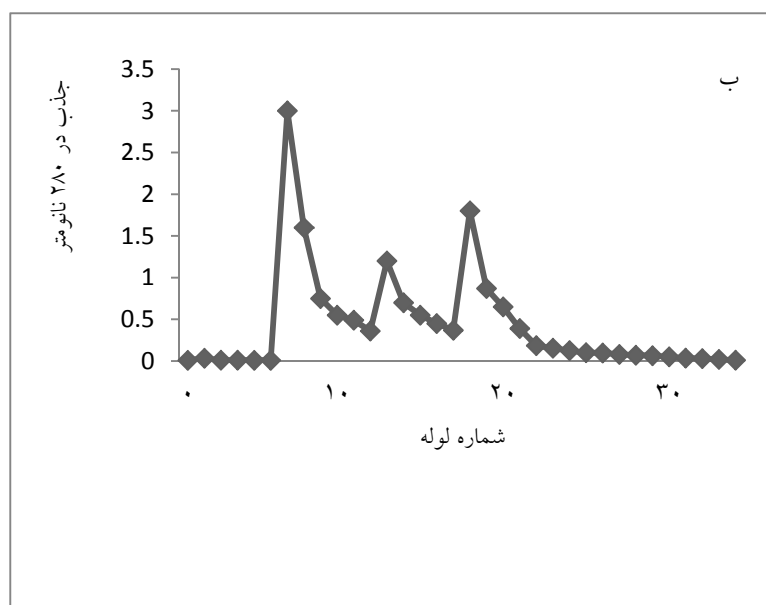
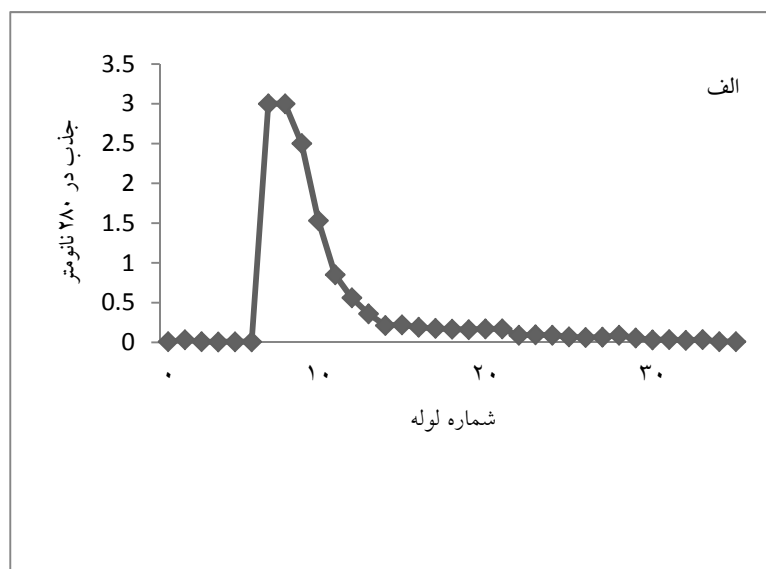
در این تحقیق از طرح آماری کاملاً تصادفی استفاده شد و کلیه آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شد و مقایسه‌ی میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن و برنامه نرم‌افزاری SPSS 16.0 صورت گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تشکیل کانزوگه‌های پروتئین-دکستران

نتایج حاصل از ژل الکتروفورز نمونه‌های پروتئین‌های آب پنیر در شکل ۱ حاکی از آن است که دکستران تحت واکنش مایلارد، با پیوند کووالانسی به پروتئین‌های آب پنیر متصل شده است که با گسترده شدن باندهای پروتئین مربوطه در الکتروفورگرام همراه می‌باشد. با افزایش نسبت دکستران به پروتئین در محیط تعداد مول دکستران اتصال یافته به پروتئین افزایش می‌یابد و حرکت الکتروفوریتیکی پروتئین کاهش می‌یابد و در نهایت گستردگی باندهای مشاهده شده افزایش می‌یابد. بیشترین میزان گلیکوزیلاسیون در نسبت ۱:۵ مشاهده شد نتایج مشابهی نیز توسط Choi و همکاران (۲۰۰۵) در ترکیب اوآلبومین-دکستران و Alahdad و همکاران (۲۰۰۹) در ترکیب لیزوزیم-دکستران سولفات گزارش شده است. شکل ۲ الگوی الکتروفورزی بر روی ژل آکریل آمید ۱۰ درصد مربوط به نمونه‌های پروتئین‌های آب پنیر اصلاح شده با دکستران به نسبت وزنی ۵ میلی گرم دکستران به ۱ میلی گرم پروتئین‌های آب پنیر در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ روز در مقایسه با پروتئین‌های آب پنیر طبیعی و پروتئین‌های آب پنیر حرارت دیده را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود با افزایش زمان حرارت‌دهی از صفر تا ۱۰ روز باندها پررنگ‌تر و پهن‌تر می‌شوند که بدلیل اتصال بیشتر دکستران به پروتئین می‌باشد. بیشترین میزان گلیکوزیلاسیون در زمان ۱۰ روز مشاهده شد. نتایج مشابهی توسط Miralles و همکاران (۲۰۰۷) و Aminlari و همکاران (۲۰۰۵) گزارش شد.

شکل ۳ نتایج حاصل از کروماتوگرافی نمونه پروتئین‌های آب پنیر طبیعی و گلیکوزیله شده با دکستران به نسبت مولی ۱:۵ را



شکل ۳- کروماتوگرام حاصل از کروماتوگرافی ژل فیلتراسیون G-۱۰۰ پروتئین‌های آب پنیر طبیعی (الف) و پروتئین‌های آب پنیر کانزوگه شده (ب)

جدول ۱- تأثیر pH بر حلالیت نمونه‌های پروتئین‌های آب پنیر گلیکوزیله شده با دکستران در دمای ۲۵°C

درصد حلالیت نمونه در دمای ۲۵°C				نمونه
pH ۹	pH ۷	pH ۵	pH ۳	
۹۱/۲۷ ^{aC}	۹۵/۴ ^{bC}	۸۲/۴۷ ^{aC}	۹۳/۱۲ ^{bC}	پروتئین‌های آب پنیر طبیعی
۵۸/۹ ^{cA}	۶۰/۴ ^{cA}	۴۳/۰۲ ^{aA}	۵۱/۲۲ ^{aA}	پروتئین‌های آب پنیر حرارت دیده بدون دکستران
۶۸ ^{aB}	۷۳/۳۳ ^{bB}	۶۷/۱ ^{aB}	۶۷/۱۳ ^{aB}	پروتئین‌های آب پنیر گلیکوزیله شده با دکستران به نسبت وزنی ۱ به ۵

۳-۲- تأثیر pH و دما بر حلالیت

جدول ۱ تأثیر pH های مختلف (۳، ۵، ۷ و ۹) را بر حلالیت نمونه‌های کنسانتره پروتئین‌های آب پنیر طبیعی، حرارت دیده و گلیکوزیله شده با دکستران به نسبت وزنی ۱ به ۵ را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که پروتئین‌های آب پنیر طبیعی در تمامی pH ها حلالیت بالایی دارند و در pH=۵ دارای کمترین حلالیت می‌باشند. با حرارت دهی پروتئین‌های آب پنیر به تنهایی، به مدت ۱۰ روز در دمای ۶۰°C، حلالیت نمونه در تمامی pH ها کاهش می‌یابد. با گلیکوزیله نمودن پروتئین‌های آب پنیر، مشاهده می‌شود که حلالیت در تمامی pH ها نسبت به نمونه کنترل بطور معنی‌داری ($p < 0.05$) افزایش می‌یابد که اثر حفاظتی گلیکوزیله کردن بر حلالیت را نشان می‌دهد. جدول ۲ اثر دماهای مختلف را بر حلالیت پروتئین‌های آب پنیر گلیکوزیله شده با دکستران در pH=۷ نشان می‌دهد. انتخاب pH=۷ به این دلیل می‌باشد که ماکزیمم حلالیت پروتئین‌های گلیکوزیله شده در این pH مشاهده شد. مشاهده می‌شود که در pH=۷ حلالیت نمونه گلیکوزیله شده در سه دمای ۲۵، ۴۰ و ۶۰°C به طور معنی‌داری ($p < 0.05$) از نمونه کنترل بالاتر می‌باشد. همچنین مشاهده می‌شود که حلالیت نمونه پروتئین‌های آب پنیر طبیعی و کائزوگه و کنترل با افزایش دما کاهش می‌یابد. در واقع با اتصال کولان پلی ساکارید به پروتئین، پلی ساکاریدها باعث ایجاد ممانعت فضایی شده و از توده شدن پروتئین‌های باز شده جلوگیری کرده و در نتیجه حلالیت بهبود می‌یابد (۲۴ و ۲۷).

۳-۳- تأثیر گلیکوزیله نمودن بر پایداری حرارتی

در شکل ۴ مشاهده می‌شود که در صورت محلول پروتئین طبیعی و حرارت دیده در دماهای بالای ۶۰°C به سرعت افزایش می‌یابد. روند افزایش کدورت با افزایش دما از ۵۰ تا ۹۰°C در پروتئین گلیکوزیله شده نسبت به پروتئین بدون دکستران کمتر می‌باشد. در واقع گلیکوپروتئین‌ها نسبت به پروتئین‌ها تمایل کمتری برای اتصال به یکدیگر در اثر حرارت دارند. این مسئله مربوط به گروه‌های کربوهیدراتی پروتئین می‌باشد که همانند یک لایه حفاظتی از بهم چسبیدن پروتئین‌های باز شده در طی حرارت‌دهی جلوگیری می‌نماید. نتایج مشابهی توسط Hattori و همکاران (۱۹۹۴) در ترکیب لیزوزیم با کربوکسی متیل دکستران، Kato و همکاران (۱۹۹۵) در ترکیب اوآلبومین-دکستران و Aminlari و همکاران (۲۰۰۵) در ترکیب لیزوزیم-دکستران به دست آمد.

۳-۴- تأثیر گلیکوزیله نمودن بر ویژگی‌های امولسیون‌کنندگی

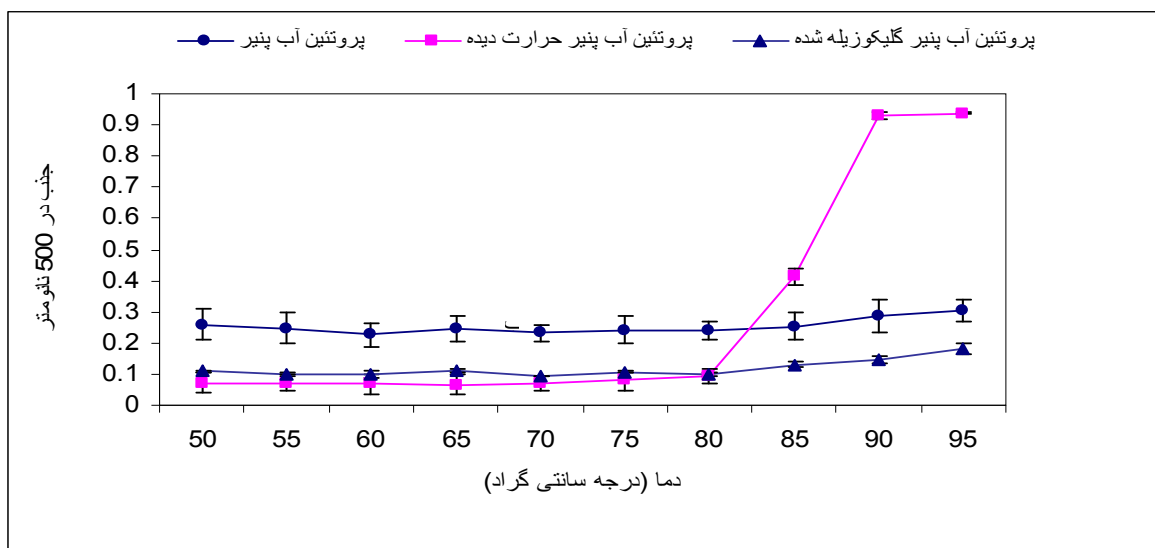
نتایج به دست آمده از فعالیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون حاصل از پروتئین‌های آب پنیر طبیعی، کنترل و پروتئین‌های آب پنیر اصلاح شده در جدول ۳ حاکی از آنست که اتصال کووالانسی دکستران به پروتئین‌های آب پنیر به طور قابل توجهی در بهبود فعالیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون پروتئین مؤثر می‌باشد.

جدول ۲- تأثیر دما بر حلالیت نمونه‌های پروتئین‌های آب پنیر گلیکوزیله شده با دکستران در pH=۷

درصد حلالیت نمونه در pH ۷			نمونه
۶۰°C	۴۰°C	۲۵°C	
۷۷/۱۲ ^{aC}	۸۵/۱۹ ^{bC}	۹۳/۵۸ ^{cC}	پروتئین‌های آب پنیر طبیعی
۴۵/۸۳ ^{aA}	۵۶/۸ ^{bA}	۶۰/۹ ^{bA}	پروتئین‌های آب پنیر حرارت دیده بدون دکستران
۶۵/۸۹ ^{aB}	۷۲/۶۹ ^{bB}	۷۴/۵۴ ^{bB}	پروتئین‌های آب پنیر گلیکوزیله شده با دکستران به نسبت وزنی ۱ به ۵

جدول ۳ - فعالیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون تشکیل شده در نمونه‌های پروتئین‌های آب پنیر گلیکوزیله شده با دکستران

نمونه	فعالیت امولسیون‌کنندگی	پایداری امولسیون (دقیقه)
آب پنیر معمولی	۰/۰۳۳ ^b	۸/۰۰ ^b
آب پنیر حرارت دیده بدون دکستران	۰/۰۱۶ ^a	۶/۵۰ ^a
آب پنیر گلیکوزیله شده با دکستران به نسبت وزنی ۱ به ۵	۰/۰۷۵ ^c	۹/۰۸ ^c



شکل ۴- تأثیر گلیکوزیله نمودن بر پایداری حرارتی پروتئین‌های آب پنیر

alternative to gum Arabic. *Food Hydrocolloids*, 21:, 607-616.

3. Alahdad, Z., Ramezani, R., Aminlari, M. and Majzooobi, M. 2003. Preparation and properties of Dextran Sulfate-lysozyme conjugate. *J. Agric. Food Chem*, 57: 6449-6454.

4. Aminlari, M., Ramezani, R. and Jadidi, F. 2005. Effect of Maillard-based conjugation with dextran on the functional properties of lysozyme and casein. *J Sci Food Agric*, 85: 2617-2624.

5. A.O.A.C. 2000. Kjldahl method. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 17th edition, Washington DC. US. Method 39.1.15, Alternative (coper-based catalyst).

6. Choi, S.J., Kim, H.J., Park, K.H., Moon, T.W. 2005. Molecular characteristics of ovalbumin-dextran conjugates formed through the Maillard reaction. *Food Chemistry*, 92: 93-99.

7. Dubois, M., Gillis, K.A., Hamilton, J.K, Rebers, P.A and Smith, F. 1959. Colorimetric method for determination of sugar and related substance. *Anal.Chem*, 28(3): 350-356.

8. Ercelebi, E.A., Ibanoglu, E. 2007. Influence of hydrocolloids on phase separation and emulsion

در گلیکوزیله نمودن پروتئین با دکستران نیمه پروتئینی کانزوگه، مولکول را در فصل مشترک آب-روغن محکم می‌کند و سپس زنجیره پلی‌ساکاریدی متصل یک لایه پایدار اطراف قطرات روغن ایجاد می‌کند که از تجمع یافتن آن‌ها جلوگیری می‌کند. نتایج مشابهی نیز توسط Wooster و همکاران (۲۰۰۶) در ترکیب بتالاکتو گلوبولین - دکستران و Akhtar و Dickinson (۲۰۰۷) در کانزوگه‌های ایزوله پروتئین‌های آب پنیر با مالتودکسترین و Akhtar و Dickinson (۲۰۰۳) در کانزوگه‌های ایزوله پروتئین‌های آب پنیر و دکستران در شرایط خاص غلظت بالای نمک و pH اسیدی حاصل گردید.

۵- منابع

1. Akhtar, M., Dickinson, E. 2003. Emulsifying properties of whey protein-dextran conjugates at low pH and different salt concentration. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces*, 31:125-132.

2. Akhtar, M., Dickinson, E. 2007. Whey protein-maltodextrin conjugates as emulsifying agents: An

22. Miller, G.L. 1992. protein determination for large numbers of samples. *Anal. Chem*, 31: 964-974.
23. Miralles, B., Martinez-Rodrigues, A., Santiago, A., Lagemaat, J., Heras, A. 2007. The occurrence of a Maillard-type protein-polysaccharide reaction between β -lactoglobulin and chitosan. *Food Chemistry*, 1000: 1071-1075.
24. Mulsow, B.B., Jacob, M., Henle, T. 2009. Studies on the impact of glycosylation on the denaturation of whey proteins. *Eur Food Res Technol*, 228: 643-649.
25. Nakamura, S., Kobayashi, K. and Kato, A. 1994. Role of positive charge of lysozyme in the excellent emulsifying properties of maillard-type lysozyme-polysaccharide conjugates. *J. Agric. Food. Chem*, 42: 2688-2691.
26. Pearce, K.M. and Kinsella, J.E. 1978. Emulsifying properties of proteins: Evaluation of a turbidimetric technique. *J. Agric. Food. Chem*, 26: 716-723.
27. Pelegrine, D.H.G., and Gasparetto, C.A. 2004. Whey proteins solubility as function of temperature and pH. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 38: 77-80
28. Perez, A.A, Carrara, C.R., Sanchez, C.C., Redriguez Patino, J.M., Santiago, L.G. 2009. Interactions between milk whey protein and polysaccharide in solution. *Food Chemistry*, 116: 104-113.
29. Wooster, T.J., Augustin, M.A. 2006. β -lactoglobulin-dextran Maillard conjugates: Their effect on interfacial thickness and emulsion stability. *Journal of Colloid and Interface Science*, 303: 564-572
- properties of whey protein isolate. *Journal of Food Engineering*, 80: 454-459.
9. Fox, P.F., MscWeeney, P.L.H. 2003. Advanced dairy chemistry Part A. New York, Volume 1, pp. 18-22, 337-340 .
10. Fox, P.F., MscWeeney, P.L.H. 2003. Advanced dairy chemistry Part B. New York, Volume 1, pp. 623-625, 1242-1243, 1261-1281.
11. Gauthier, F., Bouhallab, S., Renaul, A. 2001. Modification of bovine β -lactoglobulin by glycation in a powdered state or in aqueous solution: adsorption at the air-water interface. *Colloids and Surfaces B; Biointerfaces*, 21: 37-45.
12. Hattori, M., Imamura, S., Nagasawa, K. and Takahashi, K. 1994. Functional changes of lysozyme by conjugating with carboxymethyl dextran. *Biosci Biotech Biochem*, 58: 174-177.
13. Jimenes-Castano, L., Villiamiel, M., Lopez-fandino, R. 2007. Glycosylation of individual whey proteins by Maillard reaction using dextran of different molecular mass. *Food Hydrocolloids*, 21: 433-443.
14. Jimenez-Castano, L., Lopez-Fandino, R., Olana, A., Villamiel, M. 2005. Study on β -lactoglobulin glycosylation with dextran: effect on solubility and heat stability. *Food Chemistry*, 93: 689-695.
15. Janson, J.C. 1998. Protein Purification, Principle, High Resolution Methods and Application. 2nd New York. WILEY-LISS, 79-210.
16. Kato, A. 2000. Review Industrial Applications of Maillard-Type Protein-Polysaccharide Conjugates. *Food Sci. Technol*, 8(3): 193-199.
17. Kato, Y., Takayoshi, A., Kato, N., Nakamura, R. and Matsuda, T. 1995. Modification of ovalbumin with glucose , 6-phosphate by amino-carbonyl reaction. Improvement of protein heat stability and emulsifying activity. *J Agric Food Chem*, 43: 301-305.
18. Laemmli, U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage. T4. *Nature*, 227: 680-685.
19. Lawhon, J. T., Cater, C. M., & Mattil, K. F. 1972. A comparative study of the whipping potential of an extract from several oilseed flours. *Cereal Science Today*, 17 : 240-246.
20. Lowry, P.H., Rosebrough, N.G. and Randall, R.J. 1952. Protein measurement with folin phenol reagent. *J. Bio. Chem*, 193: 265-275.
21. Medrano, A., Abirached, C., Panizzolo, L., Moyna, P., Anon, M.C. 2009. The effect of glycosylation on foam and structural properties of β -lactoglobulin. *Food Chemistry*, 113: 127-133.