تعدیل خصوصیات عملکردی ایزوله پروتئینی یولاف

لیلا میرمقتدایی (دانشجوی دکترا، دانشگاه صنعتی اصفهان)
Leila_m@ag.iut.ac.ir
دکتر مهدی کدیور
kadivar@cc.iut.ac.ir

چکیده

پروتئین‌های گیاهی به‌علت گستردگی و تنوع منابع استخراج، جایگزین مناسبی برای پروتئین‌های حیوانی هستند. اگرچه پروتئین‌های گیاهی در مقایسه با پروتئین‌های حیوانی دچار فقر برخی از اسیدهای آمینه سولفوردار هستند و ممکن است برخی از ترکیبات ضد تغذیه‌ای در آن‌ها وجود داشته باشد، ولی با استفاده آن‌ها همراه سایر پروتئین‌ها و انجام برخی تیمارهای فیزیکوشیمیایی بر این نقص‌ها غلبه می‌کنند. خصوصیات عملکردی مانند شاخص حلالیت نیتروژن، فعالیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون، کف کنندگی و پایداری کف، میزان جذب آب و روغن در نمونه‌های طبیعی و تعدیل شده اندازه‌گیری شد سپس وزن مولکولی پروتئین‌ها و تأثیر تعدیل بر آن توسط الکتروفورز بررسی گردید. دی‌آمیده کردن و سوکسینیله کردن فعالیت امولسیون کنندگی، شاخص حلالیت نیتروژن و خصوصیت جذب آب و چربی را افزایش داده اما پایداری امولسیون و کف در هر دو تعدیل کاهش یافت. کف‌کنندگی اگرچه در اثر دی‌آمیده کردن افزایش یافت ولی سوکسینیله کردن تأثیر معنی داری بر این خصوصیت نداشت.

کلمات کلیدی

پروتئین، تعدیل، دآمیده کردن، سوکسینیله کردن

۱. مقدمه

یولاف در سراسر جهان به‌عنوان یک گیاه چند منظوره کشت می‌شود که قابلیت مصرف به‌عنوان غذای دام و غذای انسان را دارد. فواید تغذیه‌ای یولاف مانند میزان بالای پروتئین، چربی، فیبر باعث شده است که اخیراً مورد توجه زیادی برای مصرف در رژیم غذایی انسان قرار بگیرد [۱۰]. پروتئین یولاف به‌طور گسترده مورد استفاده انسان قرار نمی‌گیرد ولی خصوصیات تغذیه‌ای مناسبی دارد [۱۸]. برای افزایش ارزش پروتئین‌های یولاف به‌عنوان یک ماده غذایی در عملکردهای خاص مثل حلالیت، لازم است که از تعدیل شیمیایی و آنزیمی برای بهبود خصوصیات عملکردی پروتئین‌های گیاهی مختلف استفاده شود [۱۶ و ۱۹]. تیمار اسیدی ملایم موجب شکستن پیوندهای پپتیدی در مولکول پروتئین می‌شود که می‌تواند خواص عملکردی پروتئین را تغییر دهد. با افزایش درجه دی آمیده کردن، حلالیت به‌تدریج در رنج وسیعی از pH بهبود می‌یابد که در pH های بین ۴ تا۸ بیشتر است. بهبود در حلالیت به‌علت کاهش اندازه مولکولی و افزایش بار خالص در پروتئین‌های دی آمیده شده است [۳،۱۹].

آسیله کردن پروتئین یکی از روش‌های تعدیل شیمیایی است که شامل واکنش گروه‌های نوکلئوفیل مانند گروه‌های آمین و هیدروکسیل پروتئین با گروه کربونیل عامل آسیله کننده است. گروه‌های آزاد آمین در پروتئین مانند گروه آمین ε اسیدآمینه لیزین در واکنش آسیله شدن شرکت می‌کنند [۷]. انهیدرید استیک و انهیدرید سوکسینیک واکنشگرهای معمولی هستند که برای تعدیل پروتئین‌های گیاهی استفاده می‌شوند.آسیله کردن حلالیت پروتئین را افزایش داده و باعث تغییر شکل پروتئین به‌علت باز کردن و افزایش دیسوسیه کردن زیرواحدهای ساختار چهارم می‌شود و باعث کاهش pH ایزوالکتریک پروتئین می‌شود [۲۲].

۲. مواد و روش ها

استخراج ایزوله پروتئینی قلیایی

برای استخراج ایزوله پروتئینی قلیایی از روش ما (۱۹۸۳) با اندکی تغییرات استفاده شد [۱۵].

دی‌آمیده کردن ایزوله پروتئینی یولاف

دی آمیده کردن ایزوله پروتئینی یولاف با استفاده از روش میمونی و همکاران (۱۹۹۴) با اندکی تغییرات صورت گرفت [۲۰].

سوکسینیله کردن ایزوله پروتئینی یولاف

سوکسینیله کردن پروتئین یولاف طبق روش ما و همکاران (۱۹۸۶) با اندکی تغییرات انجام گرفت [۱۷].

اندازه‌گیری خصوصیات عملکردی ایزوله پروتئینی یولاف

الف- اندازه‌گیری شاخص حلالیت (NSI)

شاخص حلالیت با استفاده از روش استاندارد ۲۰۰۳ ($AACC$) در ۷=pH اندازه‌گیری شد [۱].

ب- اندازه گیری فعالیت امولسیون کنندگی و پایداری آن

برای اندازه‌گیری فعالیت امولسیون کنندگی ایزوله پروتئینی یولاف از روش کدورت‌سنجی پیرس و کینسلا (۱۹۷۸) با اندکی تغییرات استفاده شد [۲۱].

برای اندازه‌گیری پایداری امولسیون از روش کیم و همکاران (۲۰۰۴) استفاده شد، به این‌ترتیب که پایداری امولسیون با اندازه‌گیری نیمه‌عمر کدورت بلافاصله بعد از تشکیل امولسیون اندازه‌گیری شد [۹].

ج- اندازه‌گیری خصوصیت جذب آب و چربی پروتئین

برای اندازه‌گیری قدرت جذب آب و چربی پروتئین از روش لاوال و همکاران (۲۰۰۷) با اندکی تغییرات استفاده شد [۱۲].

د- اندازه‌گیری ظرفیت و پایداری تشکیل کف

ظرفیت و پایداری کف مطابق روش لین و همکاران (۱۹۷۴) با اندکی تغییرات اندازه‌گیری شد. برای محاسبه پایداری کف حجم آن پس از ۱۰،۳۰ ، ۶۰ و۱۲۰ دقیقه خوانده و در رابطه مربوط قرارگرفت [۱۳].

الکتروفورز ایزوله پروتئینی یولاف

الکتروفورز ایزوله پروتئینی طبق روش سامبـــروک و راسل (۲۰۰۱) انجام شد[۲۴].

۳. نتایج و بحث

شاخص حلالیت نیتروژن (NSI)

مقایسه میانگین حلالیت نمونه نشان می‌دهد، شاخص حلالیت پروتئین در pH= ۷ در اثر دی‌آمیـــده کردن افزایش یافته است (جدول ۱). علت بهبود حلالیت کاهش اندازه مولکولی و افزایش بار خالص است. شکست پیوندهای پپتیدی موجب تماس بیشتر گروه‌های باردار و قطبی با آب موجود در محیط اطراف است که تقابل آب و پروتئین را افزایش داده، موجب افزایش حلالیت می‌شود. ما و خانزادا (۱۹۸۷) در بررسی اثر دی‌آمیده کردن روی خصوصیات ایزوله پروتئینی یولاف، دریافتند که کمترین حلالیت در پروتئین طبیعی در pH حدود ۵/۸ و در پروتئین دی‌آمیده در pH حدود ۴/۵ است. طبق این گزارش با افزایش درجه دی‌آمیده کردن، شاخص حلالیت نیتروژن در دامنه وسیعی از pH از حدود ۴ تا ۸ افزایش می‌یابد که این بهبود می‌تواند به‌دلیل کاهش وزن مولکولی و افزایش بار خالص پروتئین‌های دی آمیده باشد [۱۹].

مقایسه میانگین داده‌ها حـاکی از معنی دار بودن اثر سوکسـینیله کردن روی شـاخص حلالیت نیـتروژن ایزوله پروتئینی یولاف است (جدول ۱). سوکسینیله کردن و به‌طور کلی آسیله کردن موجب باز شدن و افزایش دیسوسیه شدن به زیرواحدهای حاصل از ساختار چهارم می‌شود که ساختار پروتئین را تغییر داده و نقطه ایزوالکتریک را کاهش و حلالیت را افزایش می‌دهد. تغییر در شکل پروتئین سوکسینیله حاصل از ایجاد بار خالص و جایگزینی نیروهای جاذبه حاصل از گروه‌های آمونیوم و کربوکسیل با نیروهای دافعه حاصل از گروه‌های کربوکسیل اضافه شده و موجود است. به‌علاوه دافعه الکتروستاتیکی درون و بین‌مولکولی باعث افزایش تغییر شکل پروتئین و کاهش تقابل پروتئین-پروتئین و افزایش تقابل پروتئین-آب می‌شود، درنتیجه حلالیت در محیط آبی افزایش می‌یابد [۲۲].

فعالیت امولسیون کنندگی

بررسی تجزیه واریانس داده‌ها، نشان می‌دهد که نوع تعدیل اثر معنی‌داری بر خصوصیت امولسیون کنندگی ایزوله پروتئینی یولاف دارد.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که فعالیت امولسیون کنندگی ایزوله دی‌آمیده شده در مقایسه با ایزوله تعدیل نشده، افزایش معنی داری نشان می‌دهد(جدول ۱). تیمار اسیدی پروتئین، تعداد گروه‌های قطبی و هیدروفیل را افزایش، وزن مولکولی را کاهش و ساختار کروی پروتئین را تغییر می‌دهد، در نتیجه گروه‌های هیدروفوب درونی در سطح قرار می‌گیرند [۳]. علت باز شدن پروتئین، افزایش تراکم بار روی آن و ایجاد نیروهای دافعه الکتروستاتیک است که باعث حضور گروه‌های هیدروفوب بیشتر در سطح پروتئین می‌شود [۲۰]. همه این تغییرات فعالیت امولسیون‌کنندگی پروتئین را تحت اثر قرار می‌دهد، به‌طوری‌که با افزایش حلالیت و هیدروفوبیسیتی سطحی، تعادل بهتر گروه‌های هیدروفیل-هیدروفوب به‌دست می‌آید [۳ و ۱۹].

آزمون مقایسه میانگین‌ها در سطح ۵ درصد نشان می‌دهد که فعالیت امولسیون‌کنندگی ایزوله سوکسینیله شده، تفاوت معنی‌داری نسبت به ایزوله تعدیل نشده در pH =۷ داشته است (جدول ۱). سوکسینیله کردن موجب باز شدن و تغییر شکل زنجیره‌های پروتئینی شده، درنتیجه تماس قسمت‌های هیدروفیل بیشتر شده و در نتیجه خصوصیات امولسیون کنندگی پروتئین بهبود می‌یابد. افزودن گروه کربوکسیل در خلال سوکسینیله کردن، به افزایش تقابل مولکول‌های پروتئین و فاز آبی کمک می‌کند [۶]. تغییر شکل پروتئین محصول افزایش در بار خالص و ایجاد نیروهای دافعه کوچک حاصل از گروه‌های کربوکسیل اضافه شده توسط سوکسینیک انهیدرید و کربوکسیل‌های طبیعی موجود، به‌جای نیروهای جاذبه حاصل از گروه‌های آمونیوم و کربوکسیل موجود در پروتئین طبیعی است. به‌علاوه نیروهای دافعه درون‌مولکولی و بین‌مولکولی موجب باز شدن ساختار پروتئین و افزایش تقابل پروتئین و آب شده، درنتیجه حلالیت افزایش می‌یابد. افزایش در حلالیت موجب افزایش سرعت مهاجرت پروتئین به سمت لایه بین سطحی آب-روغن و افزایش سرعت و میزان جذب پروتئین در لایه بین سطحی شده، در نتیجه غلظت پروتئین در لایه بین سطحی افزایش می‌یابد که موجب افزایش فعالیت امولسیون کنندگی می‌شود [۲۲].

پایداری امولسیون

مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که دی‌آمیده کردن دارای اثر معنی‌دار روی خصوصیت پایداری امولسیون ایزوله پروتئینی یولاف نمی‌باشد(جدول۱).

اگرچه افزایش در حلالیت و هیدروفوبیسیتی باید بتواند پایداری امولسیون را افزایش دهد، ولی افزایش بار خالص موجب کاهش تقابل پروتئین-پروتئین و ممانعت از تشکیل لایه الاستیک در سطح تماس فاز آب- روغن می شود. به‌علاوه هیدرولیز اسیدی موجب از بین رفتن ساختار کروی پروتئین و ایجاد پپتیدهای کوچک می‌شود، در نتیجه لایه پروتئینی تشکیل شده در اطراف قطرات روغن نازک‌تر بوده، بنابراین پایداری کمتری دارد [۳].

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که نوع تعدیل اثر معنی داری روی پایداری امولسیون داشته و پایداری امولسیون در نمونه سوکسینیله نسبت به هر دو نمونه طبیعی و دی‌آمیده شده کم‌تر است .

علت کاهش پایداری امولسیون، می‌تواند افزایش بار خالص پروتئین در اثر تعدیل در سطح بالا و در نتیجه افزایش دافعه پروتئین-پروتئین و کاهش تقابل پروتئین-پروتئین باشد، در نتیجه لایه الاستیک در سطح تماس دو فاز آب و روغن تشکیل نشده و بنابراین امولسیون ایجاد شده پایدار نمی‌باشد .

خصوصیت جذب آب پروتئین(WHC)

بررسی نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثر نوع تعدیل روی خصوصیت جذب آب ایزوله پروتئینی یولاف است.

نتیجه مقایسه میانگین داده‌ها در نمونه‌های تعدیل شده به روش اسیدی و نمونه طبیعی نشان‌دهنده افزایش خاصیت جذب آب در نمونه‌های تعدیل شده است (جدول ۱). این افزایش احتمالاً به‌علت افزایش بار منفی و باز شدن ساختار، در نتیجه تماس بیشتر گروه‌های قطبی و باردار با محیط آبی اطراف است که موجب جذب آب بالاتر می‌شود. البته بالا بودن زیاد حلالیت در نمونه‌ها، موجب کاهش جذب آب می‌شود. بنابراین افزایش درجه دی‌آمیده کردن تنها تا حد کمی موجب افزایش جذب آب می‌شود. ما و خانزادا (۱۹۸۷) در بررسی اثر دی‌آمیده کردن روی ایزوله پروتئینی یولاف نیز افزایش درجه دی‌آمیده کردن را تنها تا حد مشخصی موجب افزایش خاصیت جذب آب دانسته‌اند [۱۹]. مقایسه میانگین داده‌ها در نمونه‌های تعدیل شده به روش سوکسینیله کردن و نمونه طبیعی نشان‌دهنده افزایش جذب آب نسبت به نمونه طبیعی می‌باشد (جدول ۱). سینگ بورا (۲۰۰۲) باز شدن ساختار پروتئین و دافعه الکتروستاتیک بین گروه‌های کربوکسیل اضافه شده و گروه‌های کربوکسیل طبیعی را عامل در تماس قرار گرفتن اسیدآمینه‌های درونی و در نتیجه واکنش بهتر اسیدهای آمینه با محیط آبی دانسته است [۲۵].

خصوصیت جذب روغن پروتئین

بررسی نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از معنی‌دار بودن اثر نوع تعدیل روی خصوصیت جذب روغن ایزوله پروتئینی یولاف است. مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از معنی‌دار بودن اثر دی آمیده کردن بر خصوصیت جذب روغن ایزوله پروتئینی یولاف است (جدول ۱). مکانیسم جذب روغن، مربوط به در دام انداختن فیزیکی روغن است و مواد متخلخل آب بیشتری جذب می کنند [۳]. از آنجایی‌که دانسیته حجمی پروتئین در اثر دی آمیده کردن تغییر نمی‌کند، علت افزایش جذب روغن پروتئین دی‌آمیده، احتمالاً تغییر در خصوصیات فیزیکوشیمیایی دیگر است که موجب افزایش هیدروفوبیسیتی سطحی پروتئین و در نتیجه افزایش جذب روغن می شود [۱۹]. این نتایج با نتایج به‌دست آمده از مطالعات ما و همکاران (۱۹۸۷) روی خصوصیات عملکردی ایزوله پروتئینی یولاف هماهنگی دارد [۱۹].

مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد، سوکسینیله کردن جذب چربی ایزوله پروتئینی را به‌صورت معنی‌داری تغییر می‌دهد (جدول ۱). دانسیته حجمی ایزوله پروتئینی یولاف در اثر سوکسینیله کردن کاهش می‌یابد که موجب افزایش جذب چربی پروتئین می‌شود

ایجاد کف

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که نوع تعدیل دارای اثر معنی داری روی خصوصیات تشکیل کف بوده است. مقایسه میانگین داده‌ها، افزایش معنی‌داری در ظرفیت تشکیل کف نمونه‌های دی‌آمیده شده نسبت به نمونه‌های طبیعی نشان

می‌دهد(جدول ۲). افزایش حلالیت در پروتئین در اثر دی‌آمیده کردن، موجب افزایش خصوصیت تشکیل کف در این پروتئین شده است. پروتئین برای تشکیل کف باید در محیط آبی محلول باشد، پروتئین ها باید در سطح تماس دو فاز جمع شوند و به‌صورت یک لایه پروتئینی چسبنده در اطراف حباب هوا جمع درآیند و ویسکوزیته و کشش‌پذیری مکانیکی کافی برای ممانعت از شکستن و تجمع را داشته باشند [۵]. نتایج به دست آمده از تحقیق کلاتون و پیرس در ۱۹۸۹ روی ایزوله پروتئینی دی آمیده شده آفتابگردان نتایج مشابهی را نشان می دهد [۴]. بررسی میانگین داده‌ها در نمونه‌های سوکسینیله شده تفاوت معنی‌داری در مورد نمونه تعدیل شده نسبت به نمونه طبیعی نشان نمی‌دهد(جدول ۲). عدم تغییر چندان در خاصیت تشکیل کف می‌تواند به‌علت انجام تعدیل در سطح بالا و ایجاد بار منفی زیاد در پروتئین و در نتیجه کاهش توانایی تشکیل فیلم الاستیک در سطح حباب هوا باشد. بررسی‌های انجام گرفته توسط سینگ بورا (۲۰۰۲) روی گلبولین عدس، نشان می‌دهد که سوکسینیله کردن و افزایش مقدار سوکسینیک انهیدرید مصرفی موجب کاهش کمی در خاصیت تشکیل کف می‌شود [۲۵]. زیرا در اثر این تیمار ساختار در اثر افزایش بار منفی پروتئین‌های سوکسینیله، باز شده و در نتیجه تقابل آب و پروتئین افزایش می‌یابد که موجب بهبود خصوصیت تشکیل کف می‌شود [۱۱].

جدول ۱ - مقایسه میانگین اثر نوع تعدیل بر خصوصیات عملکردی پروتئین

تیمار(پروتئین یولاف)	شاخص حلالیت نیتروژن(٪)	فعالیت امولسیون کنندگی (m²/g)	پایداری امولسیون (دقیقه)	ظرفیت جذب آب (٪)	ظرفیت جذب چربی (٪)
طبیعی	۲۲/۸۷^{c} ±۰/۲۹	۴۸/۹۸^{c}±۴/۶۷	۶۲/۶^{a}±۰/۴	۱/۲۷^{c}±۰/۰۶	۱/۷۳ ^{c}±۰/۰۷
دی‌آمیده	۲۴/۲۲ ^{b}±۰/۲۵	۹۸/۲۵ ^{b}±۵/۴۵	۵۹/۶^{a}±۰/۲	۲/۵۳ ^{b}±۰/۰۵	۲/۴۶ ^{a}±۰/۰۵
سوکسینیله	۸۶/۷۸ ^{a}±۰/۸۹	۱۸۹/۱۶^{a}±۴/۸۰	۲۸/۲ ^{b}±۰/۴	۴/۳۹ ^{a}±۰/۰۳	۲/۲۴ ^{b}±۰/۰۲

در هر ستون اختلاف میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک، در سطح احتمال ۵٪ و با استفاده از آزمون LSD معنی‌دار است.

جدول۲ - مقایسه میانگین اثر نوع تعدیل بر خصوصیات کف کنندگی و پایداری کف

تیمار	کف کنندگی (cm^3)	پایداری کف پس از ۱۰ دقیقه(٪)	پایداری کف پس از ۳۰ دقیقه(٪)	پایداری کف پس از ۶۰ دقیقه(٪)	پایداری کف پس از ۱۲۰ دقیقه(٪)
طبیعی	۲۸۰/۰۰ ^{b}±۹/۴۸	۹۲/۸۱ ^{a}±۲/۱۵	۸۴/۳۲ ^{a}±۲/۹۶	۶۹/۳۳^{a}±۶/ ۶۴	۵۱/۳۲ ^{a}±۹/۱۰
دی‌آمیده	۳۲۵/۸۳ ^{a}±۸/۱۳	۸۹/۵۳ ^{b}±۲/۳۴	۷۶/۱۷ ^{b}±۵/۸۶	۶۸/۷۴^{a}±۶/۱۴	۴۲/۲۱ ^{b}±۳/۰۸
سوکسینیله	۲۷۰/۸۳ ^{b}±۹/۱۷	۷۰/۷۳ ^{c}±۳/۰۱	۴۱/۲۸ ^{c}±۳/۰۴	۱۹/۶۶ ^{b}±۲/۹۱	۱۰/۰۶ ^{c}±۱/۴۴

در هر ستون اختلاف میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک، در سطح احتمال ۵٪ و با استفاده از آزمون LSD معنی‌دار است.

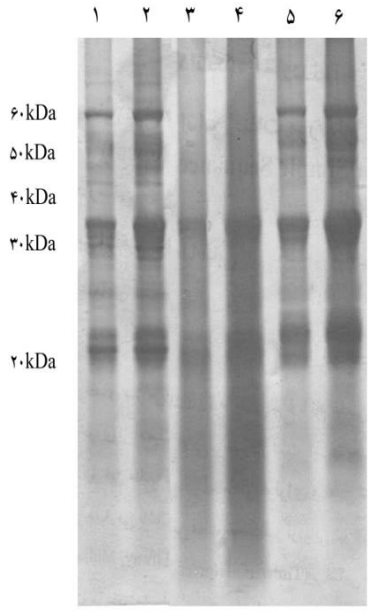
پایداری کف

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که نوع تعـــدیل دارای اثر معـــنی‌داری روی پایداری کف تشکیل شده می‌باشد. پایداری کف در هر دو نمونه دی‌آمیده و سوکسینیله به‌طور معنی‌داری نسبت به ایزوله طبیعی کاهش یافته است. مقایسه میـانگین داده‌ها نشان می‌دهد، دی‌آمیـده کردن موجب کاهـش ناچیز در پایداری کف در همه زمان‌ها می‌شود که این تفاوت‌ها در زمان ۱۰ دقیقه کم‌تر است(جدول ۲). کاهش پایداری کف می‌تواند به‌علت هیدرولیز پیوندهای پپتیدی و افزایش بار خالص باشد که موجب کاهش پایداری کف می‌شود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد، سوکسینیله کردن دارای اثر معنی‌دار قابل‌توجهی روی خصوصیت پایداری کف تشکیل شده می باشد(جدول ۲). علت کاهش پایداری کف در اثر این تیمار، افزایش زیاد در بار منفی پروتئین و ایجاد دافعه بین گروه‌های کربوکسیل اضافه شده و موجود در پروتئین طبیعی است که موجب باز شدن ساختار پروتئین و کاهش پایداری کف می‌شود.

الکتروفورز

الکتروفورز پروتئین‌ها بر روی ژل آگارز در دو غلظت متفاوت انجام وترکیب پروتئین‌های طبیعی و تعدیلی با هم مقایسه گردید (شکل ۱). باندهای مشاهده شده در ناحیه حدود ۲۰ کیلودالتون می‌تواند مربوط به هریک از اجزای پروتئینی شامل آلبومین، گلبولین، پرولامین باشد، ولی باندهای مربوط به گلوتلین معمولاً در نواحی پایین‌تر از ۲۰ کیلودالتون تشکیل می‌شود.

باندهای مشاهده شده در نواحی ۳۰ تا حدود ۳۶ کیلودالتون غالباً مربوط به گلبولین می‌باشند، البته پرولامین نیز دارای یک باند ضعیف در ناحیه ۳۶ کیلودالتون می‌باشد، هم‌چنین باندهای مشاهده شده در ناحیه ۵۰ تا ۶۰ کیلودالتون نیز بیشتر متعلق به گلبولین می‌باشد. به‌طورکلی گلبولین جزء پروتئینی غالب در یولاف است که پلی‌پپتیدهای آن دامنه وسیعی از وزن ملکولی بین ۲۲ تا ۱۵۰ کیلودالتون را دارا می‌باشند [۱۸].



شکل ۱- SDS-PAGE

ایزوله پروتئینی یولاف شامل انواع ۱و۲) ایزوله طبیعی ۳ و۴) ایزوله دی‌آمیده شده ۵ و ۶) ایزوله سوکسینیله به ترتیب در غلظت‌های ۵ و ۱۵ µg پروتئین

مقایسه ژل حاصل از الکتروفورز پروتئین دی‌آمیده و طبیعی نشان می دهد، هیدرولیز اسیدی توانسته است گروهی را هیدرولیز و تولید پلی‌پپتید یا پپتیدهای کوچک‌تر کند که دارای وزن مولکولی متفاوت بوده و در سطح ژل به‌صورت پراکنده قرار گرفته‌اند، همان‌طور که مشاهده می‌شود این هیدرولیز غالباً در پلی‌پپتیدهای دارای وزن مولکولی بالا اتفاق افتاده است که احتمالاً مربوط به جزء پروتئینی گلبولین در ایزوله پروتئینی می‌باشد.مقایسه پروتئین سوکسینیله با پروتئین طبیعی نشان می دهد که باندها به‌میزان کمی به سمت بالا حرکت کرده‌اندکه به‌دلیل حضور گروه‌های سوکسینات و تغییر فرم وباز شدن ساختار پروتئین

است که موجب کندی حرکت به‌سوی آند شده است. بوچت ۱(۱۹۷۷) نیزدربررسی خصوصیات پروتئین سوکسینیله بادام زمینی توسط نتایج مشابهی را مشاهده کرد [۲].

٤. منابع و مراجع

1. *American Association of Cereal Chemists*. 2003. *Approved Methods of AACC, The Association: St. Paul, MN.*
2. *Beuchat, L. R.* 1777. *Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. J. Agric. Food Chem.* 25*:* 252-261.
3. *Chan, W. M. and C. Y. Ma.* 1777. *Acid modification of proteins from soymilk residue (Okara). Food Res. Int.* 32*:* 117-127.
4. *Claughton, S.M. and R. J. Pearce.* 1727. *Preparation and properties of acid modified sunflower protein isolate. J. Food Sci.* 54*:* 352-361.
5. *Conde, J. M. and J. M. Rodriguez Patino.* 2007. *The effect of enzymatic treatment of a sunflower protein isolate on the rate of adsorption at the air water interface. J. Food Eng.* 72*:* 1001-1007.
6. *El Adawy, T. A.* 2000. *Functional properties and nutritional quality of acylated and succinylated mung bean protein isolate. Food Chem.* 70*:* 23-70.
7. *Hudson, B. J. F.* 1772. *Biochemistry of food proteins, Elsevier Applied Science Publishers, London.*
2. *Kester, J. J. and T. Richardson.* 1724. *Modification of whey proteins to improve functionality. J. Dairy Sci.* 67*:* 2757-2774.
7. *Kim, J. M., J. H. Whang and H. J. Suh.* 2004. *Enhancement of angiotensin I converting enzyme inhibitory activity and improvement of the emulsifying and foaming properties of corn gluten hydrolysate using ultra filtration membranes. Eur. Food Res. Technol.* 212*:* 133-132.
10. *Lapvetelainen, A. and T. Aro.* 1774. *Protein composition and functionality of high protein oat flour derived from integrated starch ethanol process. Protein.* 71*:* 133-137.
11. *]Lawal, O. S.* 2005. *Functionality of native and succinylated Lablab bean (Lablab purpureus) protein concentrate. Food Hydrocolloid.* 17*:* 63-72.
12. *Lawal, O. S., K. O. Adebowale and Y. A. Adebowale.* 2007. *Functional properties of native and chemically modified protein concentrate from bambarra groundnut. Food Res. Int.* 40*:* 1003-1011.
13. *Lin, J. Y., E. S. Humbert and F. W. Sosulski.* 1774. *Certain functional properties of sunflower seed proteins. J. Food Sci.* 37*:* 362-370.
14. *Lostie, M., R. Peczalski, J. Andrieu and M. Laurent.* 2002. *Study of sponge cake batter baking process. Part II: modeling and parameter estimation. J. Food Eng.* 55*:* 347-357.
15. *Ma, C. Y.* 1723. *Preparation, composition and functional properties of oat protein isolates. Can. Inst. Food Sci. Technol.* 16*:* 201-205.
16. *Ma, C. Y.* 1724. *Functional properties of acylated oat protein. J. Food Sci.* 47*:* 1122-1131.
17. *Ma, C. Y., B. D. Oomah and J. Holme.* 1726. *Effect of deamidation and succynilation on some physicochemical and baking properties of gluten. J. Food Sci.* 51*:* 77-103.
12. *Ma, C. Y. and V. R. Harwalkar.* 1724. *Chemical characterization and functionality of oat protein fractions. J. Sci. Food Agric.* 32*:* 144-147.
17. *Ma, C. Y. and G. Khanzada.* 1727. *Functional properties of deamidated oat protein isolate. J. Food Sci.* 52*:* 1523-1527.

20. *Mimouni, B., J. Raymond, A. M. Merle Desnoyers, J. L. Azana and A. Ducastaing*. 1774. *Combined acid deamidation and enzymic hydrolysis for improvement of functional properties of wheat gluten*. *J. Cereal Sci*. 21*:* 153-165.
21. *Mohamed, S. and N. Abdul Hamid*. 1772. *Effect of ingredients on the characteristics of rice cake*. *J. Sci. Food Agric*. 76*:* 464-462.
22. *Pearce, K. N. and J. E. Kinsella*. 1772. *Emulsifying properties of protein: evaluation of a turbidimetric technique*. *J. Agric. Food Chem*. 27*:* 716-722.
23. *Ponnampalam, R., J. Delisle, Y. Gagne and J. Amiot*. 1770. *Functional and nutritional properties of acylated rapeseed proteins*. *JAOCS*. 67*:* 531-535.
24. *Ponnampalam, R., G. Goulet, J. Amiot, B. Chamberland and G. J. Brisson*. 1722. *Some functional properties of acetylated and succinylated oat protein concentrates and blend of succinylated oat protein and whey protein concentrates*. *Food Chem*. 27*:* 107-112.
25. *Sambrook, j. and D. W. Russel*. 2001. *Molecular Cloning, A Laboratory Manual,* 3*rd ed,* 3*, Cold Spring Laboratory Press, New York*.
26. *Singh Bora, P*. 2002. *Functional properties of native and succinylated lentile (Lens culinaris) globulins*. *Food Chem*. 77*:* 171-176.