مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال ششم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۰، صفحات ۹۰-۸۱

مطالعه اثر هیدروکلوئید کاراگینان و منعقدکننده‌های گلوکونودلتالاکتون و کلرید کلسیم بر ویژگی‌های رئولوژیکی، فیزیکی و حسی پنیر سویا (تافو)

ویدا اسپرن [۱]، بابک قنبرزاده [۲]، سید ابراهیم حسینی [۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات
۲- نویسنده مسئول: استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز پست الکترونیکی: Ghanbarzadeh@tabrizu.ac.ir
۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۸۹/۷/۴

چکیده

سابقه و هدف: پنیرسویا (تافو) یکی از بهترین فراورده‌های پروتئینی سویاست. کالری این محصول نسبتاً پایین است و برای افرادی که به لاکتوز، کلسترول و اسیدهای چرب اشباع بالای موجود در پنیر و گوشت حساس هستند، می‌تواند جایگزین بسیار خوبی باشد. در این تحقیق، اثر هیدروکلوئیدکاراگینان در دو غلظت ۰/۱ و ۰/۲ درصد (وزنی- وزنی، بر پایه شیرسویا) و منعقدکننده‌های کلریدکلسیم و گلوکونودلتالاکتون بر ویژگی‌های کیفی تافو بررسی شد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق، از کاراگینان، شیرسویا و منعقدکننده‌ها به عنوان مواد اولیه فرمولاسیون استفاده شد. شیر سویا تا دمای ۱۰۰°C حرارت داده شد و سپس کاراگینان و منعقدکننده‌ها به آن افزوده شده و مخلوط شدند تا لخته مورد نظر تشکیل شود. لخته‌ها را داخل توری ریخته وکاملاً آبگیری کردند. ویژگی‌های کیفی (راندمان، رنگ، بافت و ویژگی‌های حسی) آن‌ها اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: افزودن کاراگینان در تافوهای تولید شده به کمک هر دو منعقدکنندهٔ کلرید کلسیم و گلوکونودلتالاکتون، موجب افزایش راندمان، روشنایی (فاکتور هانترL)، نرمی و انعطاف‌پذیری بافت شد. نمونه‌های حاوی $CaCl_2$ در مقایسه با نمونه‌های حاوی GDL بافت سفت‌تری داشتند. نتایج آزمون حسی توصیفی نشان داد که افزودن کاراگینان موجب کاهش سفتی، کاهش الاستیسیته و افزایش تازگی و رطوبت تافوهای حاصل شد. این اثرات در نمونه‌های حاوی GDL چشمگیرتر بود.

نتیجه گیری: نوع و غلظت منعقدکننده و هیدروکلوئید و اثرات متقابل آن‌ها بر هم می‌تواند تأثیرات مهمی بر ویژگی‌های کیفی و راندمان تافو داشته باشد. در این تحقیق، بهترین نتایج با استفاده از هیدروکلوئید کاراگینان در سطح ۰/۱ درصد و گلوکونودلتالاکتون به دست آمد.

واژگان کلیدی: تافو (پنیر سویا)، کاراگینان، رئولوژی، ویژگی‌های فیزیکی

• مقدمه

پنیرسویا (تافو) یکی از بهترین فراورده‌های پروتئینی حاصل از سویاست که می‌توان آن را برای رفع بخشی از نیاز پروتئینی کشورمان یا به عنوان جایگزین نسبی گوشت یا پنیر مصرف کرد. این محصول، مقدار کالری نسبتاً پایینی دارد که به نسبت بالای پروتئین به چربی در آن مربوط می‌شود (۲، ۱). علاوه بر این، تافو منبع خوب آهن، فسفر، پتاسیم، سدیم و ویتامین‌های B و E است. از دیگر ویژگی‌های تغذیه‌ای مهم تافو، نداشتن کلسترول، لاکتوز و اسیدهای چرب اشباع بالا است و به همین دلیل، برای افرادی که به لاکتوز، کلسترول و اسیدهای چرب اشباع بالای موجود در پنیر یا دیگر فراورده‌های پروتئینی لبنی حساس هستند، می‌تواند جایگزین بسیار خوبی باشد (۳، ۲). از طرف دیگر، هزینه تولید تافو چندان زیاد نیست. می‌توان آن را با روش‌های متعددی تهیه کرد و به عنوان یک جزء مناسب در بسیاری از رژیم‌های غذایی گنجاند.

هیدروکلوئیدها، بیوپلیمرهای کربوهیدراتی (مانند صمغ‌ها) و گاهی پروتئینی(مانند ژلاتین) هستند که می‌توانند مقدار زیادی آب را در ساختار خود جذب کنند و خواص کاربردی مفیدی در سیستم‌های غذایی به وجود آورند. مهم‌ترین ویژگی‌های کاربردی آن‌ها عبارتند از: قوام

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

دهندگی (افزایش ویسکوزیته)، ژل دهندگی، پایدارکنندگی (stabilizer) برای سیستم‌های کلوئیدیِ غذایی، بازدارندگی در برابر جذب روغن‌ها، امولسیون کنندگی، تشکیل دهنده فیلم و پوشش‌های خوراکی، جلوگیری از آب انداختن، جاذب‌الرطوبه و کاهش‌دهنده تحرک آب (۴).

عوامل متعددی بر راندمان استحصال تافو مؤثر هستند. علاوه بر عوامل محیطی و تولید مانند انتخاب واریته مناسب سویا، استفاده از شرایط مناسب نگهداری و انبارکردن، روش‌های مناسب استخراج عصاره از دانه لوبیای سویا، نحوه استحصال لخته، استفاده از افزودنی‌های مناسب از مانند اتصال‌دهنده‌ها و هیدروکلوئیدها نیز می‌تواند بر افزایش راندمان استحصال تافو مؤثر باشند(۳، ۲).

pH عصاره سویا حدود ۷ است و در این pH زنجیره‌های پروتئین سویا دارای بارمنفی هستند. بنابراین، نمی‌توانند با هم آمیخته شوند و ذرات بزرگ‌تری را تشکیل دهند. اسیدی کردن عصاره سویا منجر به کاهش تدریجی بارهای منفی و کاهش دفع بین زنجیره‌های پروتئین می‌شود (۶، ۵). زمانی که pH به اندازه کافی پایین آمد، ذرات پروتئین شروع به چسبیدن به یکدیگر می‌کنند و ژل تشکیل می‌دهند. واکنش بین گروه‌های بار منفیِ پروتئین‌های سویا با یون‌های مثبت حاصل از ماده منعقدکننده، عامل مهمی در ایجاد و گسترش ساختار ژله‌ای و ایجاد بافت تافو است. همچنین به طور بالقوه، افزودن هیدروکلوئیدهای یونی، تشکیل و گسترش شبکه ژلی را تسریع می‌کند. به این ترتیب که با قرار گرفتن کاتیون‌های دوظرفیتی در میان هیدروکلوئید و ملکول‌های پروتئین سویا، پلی بین این ترکیبات تشکیل می‌شود که منجر به ایجاد شبکه ژلی مستحکمی می‌شود (۷، ۶).

De Man با بررسی نمک‌های منعقدکننده شیر سویا (coagulate) دریافت که هریک از این ترکیبات در غلظت‌های مختلف تأثیر متفاوتی بر ویژگی‌های رئولوژیکی تافو خواهند گذاشت؛ به طوری که بافت این محصولات از حالت نرم و الاستیک تا سفت و چرمی و محتوای رطوبت نهایی آن‌ها از ۷۰ تا ۹۰ درصد متغیر خواهد بود (۸). به عنوان مثال، استفاده از نمک‌های سولفات کلسیم ($CaSO_4$) در غلظت ۰/۱درصد موجب ایجاد بافت نرم و الاستیک و کلرید منیزیم ($MgCl_2$) در غلظت ۰/۲ درصد بافت چرمی و سخت را به وجود آورد. محققان دیگر هم با بررسی انواع عوامل منعقدکننده به این نتیجه رسیدند که نوع منعقدکننده در ویژگی‌های بافت تافو تأثیرگذار است و تافوهای تولید شده توسط منعقدکننده‌های مختلف؛ ویژگی‌های رئولوژیکی متفاوتی دارند (۱۰، ۹). برای مثال، تافوی به دست آمده از ماده منعقدکننده گلوکونودلتالاکتون GDL (Glucono Delta Lactone) دارای بافت نرمی بود، ولی بازده زیادی نداشت و سینرسیس (syneresis) آب درآن بالا بود. در حالی که تافوی منعقد شده با نمک کلرید منیزیم($MgCl_2$) بازده بیشتر، سختی و الاستیسیته کمتری داشت (۱۰).

Poysa و همکاران تأثیر واریته لوبیای سویا، شرایط انبارداری و نگهداری، زمان و دمای خیسانیدن و شرایط اعمال فرایند حرارتی در هنگام تهیه شیر سویا را بر کیفیت تافوی نهایی بررسی کردند و دریافتند که عدم رعایت شرایط مناسب نگهداری، تأثیرات نامطلوبی روی بازده محصول نهایی شیر سویا و تافوی حاصل از آن خواهد داشت. همچنین، آن‌ها پی بردند که در مرحله استخراج شیر سویا، درصد آب افزوده شده به دانه سویا روی بازده پروتئین تأثیر زیادی دارد؛ به طوری که بهترین راندمان استحصال در نسبت یک به ده آب به لوبیای سویا حاصل می‌شود(۱۱).

با مطالعه پژوهش‌های گذشته دریافتیم که تاکنون، اثر همزمان نمک‌های کلریدکلسیم و گلوگونودلتالاکتون و صمغ کاراگینان بر ویژگی‌های کیفی تافو بررسی نشده است و با توجه به امکان بالقوه تأثیر هیدروکلوئیدها بر کیفیت تافو، هدف این تحقیق، بررسی اثر هیدروکلوئید کاراگینان همراه با دو نوع منعقدکننده کلرید کلسیم و گلوگونو دلتا لاکتون بر راندمان استحصال و ویژگی‌های کیفی، فیزیکی و حسی تافو بود.

• مواد و روش‌ها

آزمون‌های رایج روی دانه و شیر سویا: رطوبت دانه به روش AACC 44-15A، مقدار پروتئین دانه و شیرسویا مطابق روش AACC 46-24، مقدار چربی دانه به روش AACC 30-25 و pH شیر سویا مطابق روش AACC 09-07 اندازه‌گیری شد (۱۲).

تهیه تافو: شش نوع فرمولاسیون برای تولید تافو مطابق ترکیب‌های مندرج در جدول۱ تهیه شد. شیر سویای استخراج شده را تا دمای ۱۰۰°C (نقطه جوش شیر سویا) حرارت دادند و سپس دمای آن را تا دمای۳۰°C در بن ماری کم کردند. در این فاصله، کاراگینان را در آب ۸۰°C کاملاً حل کردند و به شیر سویا که دوباره تا دمای ۷۰°C حرارت داده شده بود، افزودند و کاملاً مخلوط کردند. سپس ماده

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

منعقدکننده (کواگولانت) کلرید کلسیم ($CaCl_2$) یا گلوکونو دلتا لاکتون (GDL) را در داخل محلول ریخته و به هم زدند تا لخته مورد نظر تشکیل شود (۱۳، ۱۰، ۹). لختـه را داخـل توری ریختند و کاملاً آبگیری کردند. سـپس نمونـه‌هـا را بـه مدت ۳۰ دقیقـه، زیـر وزنـه قراردادنـد. سـپس آزمـون‌هـای فیزیکی و حسی نمونه‌های شاهد و حـاوی کاراگینـان ۰/۱ و ۰/۲ درصد تولید شده به کمک دو نـوع منعقدکننـده، انجـام شد.

بافت‌سنجی: برای تعیین ویژگی‌های بـافتی تـافو از آزمـون فشردن در دستگاه بافت‌سـنج Hounsfield (مـدل H5KS ، انگلستان) استفاده شد. نمونـه‌هـا در ابعـاد ۲ ×۲ سـانتی‌متـر تهیه شدند. مقدار نیروی وارد شده توسط سلول بـار (میـزان نیرویی که بایـد فـک بـالایی دسـتگاه بـه نمونـه وارد کنـد) در۵۰۰ نیوتن و سرعت هد عرضی (میزان سـرعتی کـه فـک بالا به سمت پایین حرکت می‌کند) در ۵۰ میلی‌متر در دقیقه تنظیم شد. در این آزمون، از پروب دیسکی شـکل و بـا قطـر مقطع ۵ میلی‌متر اسـتفاده شـد. بـه کمـک ایـن آزمـون، دو ویژگی رئولوژیکی مهم - مقـدار نیـروی شکسـت (نیـوتن) و تغییر شکل شکست (میلی‌متر)- مشخص شـد (۱۴). آزمـون بافت سنجی برای هر نمونه در سه تکرار انجام شد.

رنگ‌سنجی: رنگ نمونه‌ها توسط دستگاه رنگ‌سنج Hunter lab (مدلD25-9000 ، آمریکا) تعیین شد. در این آزمون، همه تیمارهای تافو ۲۴ ساعت بعد از تولید و از قسمت درونی، نمونه‌برداری شدند و تحت آزمون رنگ‌سنجی قرار گرفتند. آزمون برای هر نمونه، سه بار تکرار انجام شد. شدت رنگ‌ها با استفاده از شاخص‌های هانتر بر حسب اندیس روشنایی (Lightness Index) بیان شد. اندیس زردی YI (Yellowness Index) به صورت زیر محاسبه شد:

[۱]

$$YI = \frac{۱۴۲/۸۶b}{L}$$

YI: انـدیس زردی (*L: انـدیس روشـنایی *a: قرمـزی- سـبزی *b:زردی-آبی)

میزان اختلاف رنگ کلی بین نمونه‌ها از رابطه زیر محاسبه شد:

[۲]

$$\Delta E = [(L_{standard} - L_{sample})^2 + (a_{standard} - a_{sample})^2 + (b_{standard} - b_{sample})^2]^{0/5}$$

ΔE: میزان اختلاف رنگ کلی بین نمونه ها

آزمون حسی توصیفی (descriptive)**:** هدف از انجـام ایـن نوع آزمون حسی، تعیین شدت صفت‌های حسی مـورد نظـر بود. برای این منظور ۶ نفر ارزیاب آموزش دیـده نمونـه‌هـا را ارزیابی کردند. نمونه‌هایی که در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفت، از لحاظ وزنی و مکان بریده شده، یکـسان و ثابـت بودنـد. در این آزمون، ارزیاب‌ها توسط یک مقیاس خطی به طـول ۱۰۰ میلی‌متر، به شدت ویژگی‌های مورد نظر در نمونه ها، امتیـاز صفر تا صد دادند. صفت‌های مـورد ارزیـابی و نحـوه توصـیف آن‌ها در جدول ۲ ارائه شده‌اند.

جدول ۱- مواد تشکیل دهنده نمونه‌های تافو

نمونه‌ها	مقدار شیر سویا (کیلوگرم)	مقدار آب (لیتر)	مقدار نمک (۴ گرم)	مقدار صمغ (گرم)
نمونه حاوی نمک	۱	۰/۱	GDL	صفر
نمونه حاوی نمک	۱	۰/۱	$CaCl_2$	صفر
نمونه حاوی ۰/۱٪ کاراگینان	۱	۰/۱	GDL	۱
نمونه حاوی ۰/۲٪ کاراگینان	۱	۰/۱	GDL	۲
نمونه حاوی۰/۱٪ کاراگینان	۱	۰/۱	$CaCl_2$	۱
نمونه حاوی ۰/۲٪ کاراگینان	۱	۰/۱	$CaCl_2$	۲

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

جدول۲- صفت‌های مورد اندازه‌گیری در آزمون حسی توصیفی و نحوه اندازه‌گیری آنها

صفت (ویژگی)	درجه (صفر تا ۱۰۰)	
درجه ارتجاع (الاستیسیته)	غیرفنری- فنری	فشار دادن بین دو انگشت
سفتی	نرم- سفت	فشار دادن بین دو انگشت
شدت تازگی طعم	کهنه- تازه	چشیدن و بوییدن
رنگ	زرد کم رنگ- قهوه‌ای	مشاهده
درجه مرطوب بودن	خشک- کاملاً مرطوب	توسط انگشت و دهان

آزمون حسی هدونیک (Hedonic) **پنج نقطه‌ای:** هدف از انجام این آزمون حسی، تعیین میزان مقبولیت کلی نمونه‌ها توسط مصرف‌کنندگان بود. از ۱۵ ارزیاب آموزش ندیده برای انجام آزمون استفاده شد و از آن‌ها خواسته شد که صفت‌های کلی لذت بخشی(هدونیک) نمونه‌ها را از بسیار ناخوشایند تا بسیار خوشایند مشخص کنند. سپس این صفت‌ها به اعداد یک تا پنج تبدیل شدند.

تحلیل آماری: آزمون آماری بر اساس طرح کاملا تصادفی شامل ۶ تیمار در ۳ یا ۴ تکرار در روش‌های دستگاهی و حسی انجام شد. ۶ تیمار عبارت بودند از: (نمونه‌های شاهد فاقد صمغ، نمونه‌های حاوی ۰/۱٪ و ۰/۲٪ کاراگینان به همراه GDL و نمونه‌های حاوی۱ /۰٪ و ۰/۲٪ کاراگینان به همراه کلرید کلسیم) ابتدا آنالیز واریانس یک طرفه و سپس آزمون مقایسه میانگین‌ها از نوع دانکن در سطح معنی‌دار ۵٪ به منظور بررسی اختلاف بین تیمارها انجام پذیرفت. تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS 14 و Excel 2007 انجام شد.

• یافته‌ها

ابتدا ویژگی‌های دانه سویای مورد استفاده جهت استخراج شیر سویا و رابطه آن با تافوی نهایی مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های مربوط به ویژگی‌های اندازه‌گیری شدهٔ دانه سویا و داده‌های استاندارد ایران در جدول ۳ ارائه شده‌اند. به طور کلی، هر قدر رطوبت دانه سویا بیشتر باشد، ماده خشک و پروتئین دانه کمتر است و در نهایت، راندمان استحصال تافوی نهایی پایین خواهد آمد. مطابق جدول۳ دانه‌های مورد استفاده دارای رطوبت مناسبی داشتند و بنابراین، می‌توان انتظار داشت از راندمان استحصال بالایی برخوردار باشد.

یکی از ویژگی‌های مهم دانه سویا رنگ پوسته آن است که اثر مستقیمی روی رنگ تافو دارد. واریته‌هایی که پوسته روشن دارند، مناسب‌تر هستند؛ زیرا تافویی روشن تولید می‌کنند (۱۳). با در نظر گرفتن شرایط ذکر شده، مطابق جدول ۳ می‌توان چنین استنباط کرد که دانه‌های سویای با رنگ طلایی روشن، جهت تولید تافویی با رنگ روشن مناسب‌تر هستند. ولی از آنجا که برای استخراج شیرسویا از دانه‌های با رنگ پوسته سیاه تا قهوه‌ای استفاده شد (به علت در دسترس بودن این واریته) تافویی با رنگ زرد مایل به سفید تولید شد.

سپس ویژگی‌های شیر سویای استخراج شده و رابطه ویژگی‌های آن با محصول نهایی بررسی شد که نتایج آن در جدول ۴ آورده شده است. به طور کلی، هر قدر ماده خشک شیر سویای استحصالی بالاتر باشد، محتوای پروتئین آن بالاتر است و در نهایت، راندمان استحصال تافوی نهایی بالا تر خواهد بود (۱۵). مطابق داده‌های جدول۴ شیرسویای استحصال شده درصد ماده خشک مناسبی داشت. بنابراین، انتظار می‌رود که محصولی با راندمان استحصال بالا از آن به دست آید. هر قدر میزان پروتئین شیر سویا بیشتر باشد، راندمان تافو نیز افزایش می‌یابد. همچنین، شیر سویای حاصل مقدار پروتئین مناسبی برای تولید تافو داشت.

جدول۳- نتایج حاصل از آزمایش‌های اولیه دانه سویا و مقایسه آن‌ها با استاندارد موجود .

مشخصات نمونه	درصد رطوبت	درصد چربی	درصد پروتئین (N=۵/۷)	درصد مواد خارجی	رنگ هلیوم	درصد شکستگی	تعداد در ۱ کیلوگرم
دانه سویا	۱۲/۳۵	۱۵/۱۰	۳۵/۱۶	۰/۱	سیاه-طلایی	۳/۱۰	۵۳۳۰
استاندارد دانه سویا	۹-۱۳	۱۳-۱۸	۳۵-۴۲	حداکثر ۱	طلایی قهوه ای	حداکثر ۱۰	حداکثر ۶۰۰۰

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

جدول ۴- نتایج حاصل از آزمایش‌های اولیه شیر سویا و مقایسه آن‌ها با استاندارد

مشخصات نمونه	درصد رطوبت	درصد ماده خشک	درصد چربی	درصد پروتئین درماده خشک (N:۵/۷)	pH
شیر سویا	٪۹۳	٪۶/۱	۱	۳/۳۶	۷/۰۳
استاندارشیر سویا	٪۹۵	٪۵-۷	۰/۷-۱/۵	حداقل ۲/۵	۶/۵-۷/۵

مطابق نتایج ارائه شده در جدول۵ وزن محصول نهایی تافوی تولید شده با GDL بیشتر از تافوی تولید شده با $CaCl_2$، بود. و به عبارت دیگر، استفاده از GDL راندمان استحصال و محتوای پروتئینی را افزایش داد. افزودن کاراگینان در تافوهای تولید شده به کمک هر دو منعقدکننده، موجب افزایش راندمان شد و در بین فرمولاسیون‌های حاوی هیدروکلوئید، فرمولاسیون‌های حاوی GDL بیشترین راندمان را نشان دادند. هر چند، افزایش بیشتر غلظت کاراگینان تأثیر زیادی بر افزایش راندمان محصول نهایی و محتوای پروتئینی نداشت. به عبارت دیگر، هیدروکلوئید کاراگینان فقط در غلظت ٪۰/۱ باعث افزایش قابل ملاحظه در راندمان و محتوای پروتئینی تافو شد.

همه تیمارها ۲۴ ساعت بعد از تولید، نمونه‌برداری شدند و تحت آزمون رنگ‌سنجی قرار گرفتند. با توجه به نتایج جدول ۶ تافوهای فاقد هیدروکلوئید تولید شده به کمک GDL و $CaCl_2$ از نظر فاکتور*L تفاوت معنی‌داری نداشتند. افزودن هیدروکلوئیدکاراگینان در سطح ٪۰/۱، موجب افزایش فاکتور L شد، ولی این افزایش در فرمولاسیون حاوی $CaCl_2$ نسبت به فرمولاسیون حاوی GDL کمتر بود. فاکتور a^* شاخص است که مقادیر آن از منفی برای تفه رنگ سبز تا مثبت برای تفه رنگ سرخ متغیر است. افزودن کاراگینان در سطح ٪۰/۱ به نمونه‌های تهیه شده به کمک $CaCl_2$ و GDL موجب کاهش معنی‌دار فاکتور a^* شد، ولی در سطح ٪۰/۲ این موضوع فقط در مورد نمونه‌های حاوی $CaCl_2$ صادق بود. این موضوع یعنی افزودن کاراگینان موجب کاهش ته رنگ سرخ در نمونه‌های تافو شد. فاکتور b^* شاخصی است که از مقادیر منفی برای تفه رنگ آبی تا مقادیر مثبت برای تفه رنگ زرد متغیر است. افزودن کاراگینان در غلظت‌های ۰/۱ و ٪۰/۲ باعث شد که بجز در مورد نمونه حاوی GDL + ٪۰/۲ کاراگینان، مقدار b^* به صورت معنی‌داری نسبت به نمونه‌های شاهد کاهش یابد. شاخص ΔE اختلاف رنگ کلی را نشان می‌دهد. نمونه حاوی GDL ٪۰/۱ کاراگینان به طور معنی‌داری اختلاف رنگ بیشتری را نسبت به نمونه شاهد و سایر نمونه‌ها نشان داد.

جدول۵-تأثیر نمک‌های منعقدکننده و هیدروکبوئیدها درویژگی‌های تافو

نمونه ها	راندمان	رطوبت (٪)	pH	درصدپروتئین
GDL	۱۶۰/۱±۰/۳۲	۸۰/۴۶±۰/۴۶	۴/۷۷±۰/۰۶	۱۱/۴۶±۰/۲۴
GDL + **٪۰/۱کاراگینان**	۱۸۰/۵۷±۰/۸۶	۸۰/۸۱±۰/۲۳	۴/۷۶±۰/۰۱	۱۱/۸۵±۰/۱۲
GDL +**٪۰/۲ کاراگینان**	۱۶۵±۰/۴۵	۷۹/۶±۰/۲۹	۴/۷۹±۰/۰۲	۱۰/۴۶±۰/۰۵
$CaCl_2$	۱۵۲/۰۶±۰/۹۲	۷۸/۴۶±۰/۶۱	۵/۷۲±۰/۰۲	۱۰/۸۷±۰/۰۱
$CaCl_2$ +**٪۰/۱ کاراگینان**	۱۶۷ /۴±۰/۷۲	۶۷/۶±۰/۷۳	۵/۷۵±۰/۰۳	۱۱/۲۶±۰/۰۴
$CaCl_2$ +**٪۰/۲ کاراگینان**	۱۶۱ /۳±۰/۴۹	۷۰/۱۶±۰/۰۹	۵/۵۷±۰/۰۶	۱۱/۵۳±۰/۰۳

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

جدول۶- نتایج حاصل از رنگ‌سنجی توسط دستگاه رنگ‌سنج *Hunterlab*

تیمارها (نمونه‌ها)	L^*	a^*	b^*	اندیس زردی (YI)	ΔE
GDL	۷۰/۵۵±۰/a ۷۱	۲/۰۵±۰/۴۶a	۱۳/۶۹± ۰/۰۸a	۰/۳۲± ۰/۰۹a	۰(۰)
$CaCl_2$	۷۰/۲۸±۰/۹۵a	۱/۸۲±۰/۴a	۱۴/۰۲±۰/۱۳a	۰/۳۳±۰/۰۶a	۵/۰۴±۰/۰۵ d
GDL + **۰/۱٪کاراگینان**	۷۹/۶۶±۰/۷۵ b	۱/۰۹±۰/۳۸c	۱۳/۰۵±۰/۱۳b	۰/۲±۰/۰۳c	۷/۰۶±۰/۰۱a
$CaCl_2$+ **۰/۱٪ کاراگینان**	۷۲/۴۷±۰/۷۹a	۱/۵۵±۰/۳۳b	۱۳/۰۴±۰/۱۵b	۰/۲۹±۰/۱۱b	۵/۶۲±۰/۰۲b
GDL+ **۰/۲٪ کاراگینان**	۷۱/۲۴±۰/۹۸c	۲/۰۶±۰/۳۴a	۱۳/۸۳±۰/۱۱a	۰/۲۹±۰/۰۶b	۶/۰۴±/۰۱a
$CaCl_2$+ **۰/۲٪ کاراگینان**	۷۱/۴۳±۰/۱a	۱/۶۹±۰/۲۸b	۱۳/۱۳±۰/۱۲b	۰/۳۲±۰/۰۷a	۵/۵۴±۰/۰۱b

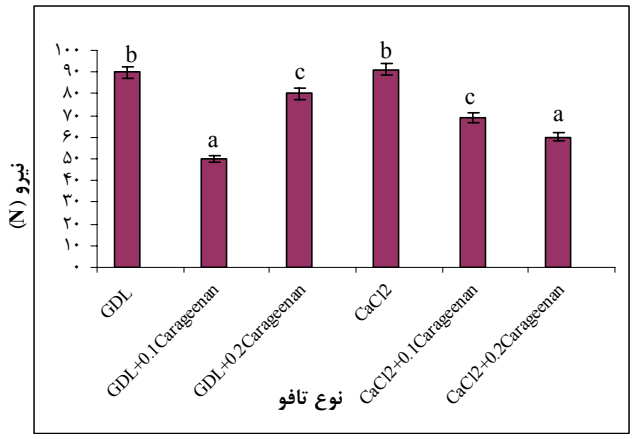
اعداد انحراف معیار حاصل از سه تکرار± انحراف معیار هستند. نمونه‌های با حروف مختلف که در یک ستون واقع شده‌اند، در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری دارند.

نتایج حاصل از بافت سنجی نمونه‌ها در یک روز پس از تولید در شکل۱، ارائه شده است. از این آزمون دو ویژگی بافتی مهم به دست آمد:

- مقدار نیروی شکست (F_{max})
- مقدار تغییر شکل شکست (D_{max})

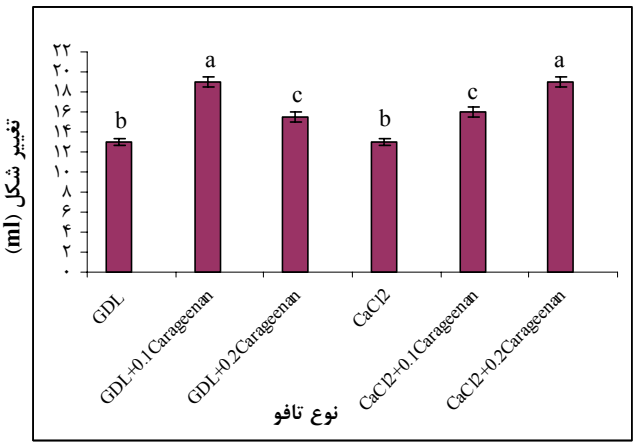
مطابق شکل۱ در یک روز پس از تولید، در مقایسه بین دو نمونه شاهد (نمونه‌های فاقد هیدروکلوئید)، نیروی شکست لازم برای نمونه حاوی $CaCl_2$ از نمونه حاوی GDL بیشتر بود. به عبارت دیگر، سفتی بافت آن بیشتر بود؛ هرچند این اختلاف در سطح ۰/۵٪ معنی‌دار نبود. افزودن هیدروکلوئید کاراگینان در هر دو غلظت، موجب کاهش نیروی شکست شد. در تحقیق حاضر، استفاده از ۰/۱٪ کاراگینان در فرمولاسیون تافوی حاصل از GDL، باعث کاهش چشمگیری در سختی بافت تافو و بیشترین کاهش در نیروی شکست شد. با افزایش غلظت کاراگینان به ۰/۲٪ درصد سفتی نمونه‌های حاوی GDL و $CaCl_2$ به ترتیب افزایش و کاهش یافت.

مطابق نتایج به دست آمده در شکل ۲ افزودن هیدروکلوئید کاراگینان در هر دو غلظت ۰/۱ و ۰/۲٪ موجب افزایش میزان تغییر شکل شکست نسبت به نمونه شاهد شد. این موضوع به ویژه در نمونه‌های حاوی GDL + ۰/۱٪ کاراگینان و $CaCl_2$ + ۰/۲ ٪ کاراگینان چشمگیرتر بود.



شکل ۱- نیروی شکست برای فرمول‌های مختلف تافو

ستون‌های با حروف مختلف در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری دارند.



شکل ۲- تغییر شکل شکست برای فرمول‌های مختلف تافو

ستون‌های با حروف مختلف در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری دارند.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

جدول۷- نتایج آزمون حسی توصیفی، یک روز پس از تولید

	میانگین امتیاز داده شده به تیمارها					
	نمونه GDL	٪۰/۱ GDL کاراگینان	٪۰/۲GDL کاراگینان	$CaCl_2$	٪۰/۱ $CaCl_2$ کاراگینان	٪۰/۲ $CaCl_2$ کاراگینان
سفتی	۶۱±۳/۵۷ a	۲۰/۶۶±۵/۳۹b	۴۳/۶۶±۲/۲۵ c	۶۹/۳۳±۱/۸۶ a	۶۱/۳۳±۲/۸۷a	۶۶/۰۳±۳/۶۱ a
شدت تازگی	۶۶/۳۳±۴۴/۹۲a	۸۲/۶۶±۳/۱۴ b	۶۳±۴/۴۷a	۶۰/۳۲/±۰/۸۹a	۶۴/۳۲±۳/۰۸c	۶۲/۳۳±۲/۲۵b
الاستیسیته	۸۱/۳۳±۳/۴ a	۶۲/۶۶±۲/۲۴ b	۶۳±۳/۲۳ b	۷۹/۳۳±۲/۸۲ a	۵۳/۶۶±۴/۲۲ c	۵۲/۶۶±۱/۸۶ c
طعم ترشی	۹/۸۳±۱/۳۶b	۸/۸۳±۱/۰۶b	۸/۶۶±۲/۰۷b	۰±۰a	۰/۳۳±۰/۰۱a	۰±۰a
طعم شیرینی	۴۵/۶۶±۴/۵۸a	۵۲±۱/۷۸b	۴۴±۵/۸۶a	۶۲/۴۰±۲/۲۵b	۶۲/۹۶±۲/۲۵b	۶۴/۳۳±۱/۳۶b
شدت رنگ	۷۰/۶۶±۶/۵۹a	۸۳±۲/۱۸b	۷۹±۴/۷۷b	۷۰/۳۳±۱/۳۶a	۷۰/۹۳±۰/۳۶a	۷۱±۰/۸۹a
مقدار رطوبت	۷۳/۴۵±۶/۰۴a	۸۳/۶۶±۱/۲۶ b	۶۷/۷۶±۱/۰۳c	۷۸/۳۳±۱/۰۵a	۶۵±۱/۷۸c	۶۷/۲۶±۱/۴۶c

اعداد داخل پرانتز، انحراف معیار حاصل از شش تکرار هستند. نمونه‌های با حروف مختلف که در یک ردیف یا سطر واقع شده‌اند، در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری دارند.

آزمون حسی توصیفی با استفاده از مقیاس خطی صفر تا ۱۰۰ انجام شد (صفر برای حداقل و ۱۰۰برای حداکثر شدت یک صفت). مطابق نتایج ارائه شده در جدول ۷ در یک روز پس از تولید، طی ارزیابی حسی نمونه‌های تهیه شده به کمک $CaCl_2$ سفتی بیشتری نسبت به تافوهای حاوی GDL نشان دادند. افزودن کاراگینان در هر دو غلظت، موجب کاهش سفتی تافوهای حاوی منعقد کننده شد و نمونه‌های حاوی GDL + کاراگینان به صورت معنی‌دار، کمترین سفتی را نشان دادند. افزودن کاراگینان موجب کاهش الاستیسیته و افزایش تازگی و رطوبت تافوهای حاصل شد که در نمونه‌های حاوی GDL این اثرات چشمگیرتر بود. نمونه‌های حاوی GDL دارای طعم ترش و نمونه‌های حاوی $CaCl_2$ فاقد طعم ترش بودند. هیچ یک از نمونه‌های حاوی هیدروکلوئید، اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد از خود نشان ندادند. افزودن کاراگینان در سطح ٪۰/۱ به نمونه‌های حاوی GDL موجب افزایش طعم شیرینی و شدت رنگ شد، ولی در نمونه‌های حاوی $CaCl_2$ چنین تأثیری مشاهده نشد.

برای تعیین مقبولیت کلی نمونه‌ها، از مقیاس هدونیک ۵ طبقه‌ای (از بسیار خوشایند تا بسیار ناخوشایند) استفاده شد. عدد یک به صفت بسیار ناخوشایند و عدد پنج به صفت بسیار خوشایند داده شد. میانگین امتیازات ارائه شده توسط ۱۰ نفر ارزیاب آموزش دیده در جدول ۸ نشان داده شده است. به طورکلی، نمونه‌های فاقد هیدروکلوئید مقبولیت حسی بالاتری داشتند، ولی این تفاوت در نمونه‌ها ی حاوی GDL جزئی و غیرمعنی‌دار بود.

جدول۸ - نتایج حاصل از آزمون حسی هدونیک

نمونه ها	امتیاز داده شده
GDL	۴/۸۳±۰/۷۱a
GDL + ٪۰/۱ کاراگینان	۴/۷۰±۰/۵۲a
GDL + ٪۰/۲ کاراگینان	۴/۱۶±۰/۳۸b
$CaCl_2$	۴/۷۶±۰/۸۸a
$CaCl_2$ + ٪۰/۱ کاراگینان	۳/۹۴±۰/۲۶b
$CaCl_2$ + ٪۰/۲ کاراگینان	۴/۰۶±۰/۵۹b

اعداد داخل پرانتز، انحراف معیار حاصل از شش هستند.
نمونه‌های با حروف مختلف که در یک ستون واقع شده‌اند، در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری دارند.

• بحث

مطابق نتایج جدول ۵ بین رطوبت محصول نهایی و راندمان محصول نهایی رابطه مستقیمی وجود دارد. به عبارت دیگر، رطوبت محصول نهایی در تافوی حاصل از GDL نسبت به تافوی حاصل از $CaCl_2$ بیشتر بود و بنابراین، در نمونه‌های تافوی تولید شده به کمک GDL راندمان محصول نهایی نیز بیشتر از نمونه‌های تولید شده به کمک $CaCl_2$ بود. علاوه بر آن، در بین نمونه‌های فاقد هیدروکلوئید، تافوی تولید شده به کمک GDL مقدار پروتئین بیشتری نسبت به نمونه تولید شده به کمک $CaCl_2$ داشت. هیدروکلوئید کاراگینان احتمالاً باعث تشکیل شبکه ژلی مناسبی در بافت محصول نهایی می‌شود که باعث نگهداری آب بیشتر در ساختار تافوی نهایی و کاهش میزان آب از دست رفته در

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

حین فشردن و در نتیجه، افزایش وزن و محتوای پروتئینی محصول می‌شود (۱۷، ۱۶).

نتایج جدول۶ حاکی از عدم تأثیر نوع منعقدکننده در میزان روشن و شفاف بودن رنگ محصول در تافوی نهایی است (اندیس L). از آنجا که افزایش شدت روشنایی (سفید بودن) در تافو، تغییر مثبتی تلقی می‌شود، می‌توان گفت که افزودن کاراگینان موجب بهبود کیفیت ظاهری تافو می‌شود. در میان فرمولاسیون‌های مختلف، نمونه‌های تولید شده به کمک GDL + کاراگینان ۰/۱٪ بالاترین شدت سفیدی را نشان دادند. کاهش اندیس b^* نشان می‌دهد که افزودن کاراگینان موجب کاهش میزان زردی نمونه‌ها می‌شود که در تافو مطلوب تلقی می‌شود. داده‌های اندیس زردی نیز کاهش زردی تافو را تأیید می‌کند. به طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که افزودن هیدروکلوئید کاراگینان در غلظت ۰/۱ ٪ در تافوی تولید شده به کمک منعقدکننده GDL روشن‌ترین نمونه‌ها را به دست داده و بیشترین اختلاف رنگ را نسبت به نمونه شاهد در محصول نهایی ایجاد کرده است.

در تحقیق مشابهی عبدکریم و همکاران اعلام کردند که، با افزودن κ- کاراگینان به فرمولاسیون تافوی تولید شده به کمک سولفات کلسیم ، مقدار اندیس b^* و در نتیجه، شدت زردی، در قیاس با نمونه شاهد کاهش می‌یابد، اما این کاهش از نظم و نظام خاصی پیروی نمی کند (۵). این نتایج با نتایج تحقیق حاضر در مورد تافوی به دست آمده از منعقدکننده‌های $CaCl_2$ و GDL و هیدروکلوئید به کار رفته، تطابق دارد. همچنین، این محققان گزارش کردند که وقتی غلظت صمغ κ- کاراگینان از ۰/۱٪ به ۰/۲٪ افزایش یافت، میزان اندیس L^* نیز کاهش پیدا کرد که نشان می‌دهد رنگ تافو در غلظت پایین هیدروکلوئید، روشن‌تر است؛ ولی افزایش غلظت هیدروکلوئید بر روند افزایش فاکتور روشنایی تأثیر معکوس دارد. در این تحقیق نیز در مورد تافوی به دست آمده از نمک GDL هنگامی که غلظت صمغ کاراگینان از ۰/۱٪ به ۰/۲٪ افزایش یافت میزان L^* کاهش پیدا کرد.

ژله‌ای شدن بافت غذاهای پروتئینی از طریق دناتوره شدن پروتئین‌ها صورت می‌گیرد. طی این فرایند، نواحی آب‌گریز ملکول‌های پروتئین در مجاورت یکدیگر قرار می‌گیرند و به هم نزدیک می‌شوند (۲۰-۱۸). همچنین، واکنش بین پروتئین‌های سویا با یون‌های مثبتِ حاصل از ماده منعقدکننده که موجب کاهش نیروی دافعه بین زنجیره‌ها می‌شود، عامل مهمی در ایجاد ساختار ژله ای و ایجاد بافت تافو است. تشکیل شبکه ژلی پروتئینی گسترده‌تر، نگهداری آب بیشتری را در فرمولاسیون به همراه دارد که به کاهش سفتی بافت منجر می‌شود (۲۱، ۱۸، ۱) بنابراین، احتمالاً GDL می‌تواند موجب تشکیل شبکه ژلی گسترده‌تری نسبت به $CaCl_2$ شود.

با توجه به داده‌های جدول ۷ افزودن کاراگینان موجب کاهش سفتی و افزایش انعطاف‌پذیری تافو می‌شود. احتمالاً افزودن کاراگینان به تافو باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب در نمونه‌ها می‌شود و بافت را به مراتب نسبت به نمونه‌های شاهد نرمتر می‌کند. این یافته با نتایج برخی پژوهش‌های پیشین همسو است. اگر در میان زنجیره‌های پروتئینی، ملکول‌های پلی‌ساکارید با بارهای مخالف قرار بگیرند، احتمالاً در اثر واکنش بین پروتئین و پلی ساکارید، شبکه ژله‌ای گسترده‌تری ایجاد و آب بیشتری در شبکه پروتئینی نگه داشته می‌شود (۱۶، ۷، ۶). در تحقیق عبدکریم و همکاران معمولاً بین میزان افزودن هیدروکلوئید کاراگینان در فرمولاسیون تافوها (تولید شده به کمک نمک‌های سولفات کلسیم و استات کلسیم) و سختی بافت، رابطه معکوسی وجود داشت. به طوری که با افزایش غلظت هیدروکلوئید، میزان سختی بافت کاهش یافت (۵). مطابق بررسی‌های این محققان، کاراگینان در تافوی به دست آمده از سولفات کلسیم باعث کاهش بیشتری در سختی بافت شد. آن‌ها با بررسی اثر صمغ‌های زانتان، گوار و آلژینات بر ویژگی‌های رئولوژیکی ژل پروتئین‌های سویا دریافتند که صمغ زانتان به دلیل قابلیت بالا در جذب و نگهداری آب، در اثر واکنش با پروتئین‌های موجود در سویا خاصیت ظرفیت نگهداری آب WBC (Water Binding Capacity) را در بافت پروتئینی بیشتر افزایش می‌دهد. این موضوع باعث بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی مطلوب در محصولات پروتئینی سویا و افزایش راندمان و بازده این محصولات می‌شود (۱۷). همچنین، به نظر می‌رسد که با افزودن هیدروکلوئید به علت افزایش گروه‌های OH و دیگر گروه‌های آب‌دوست در بافت، جذب آب در بافت بیشتر می‌شود. در نتیجه، شبکه پروتئینی می‌تواند در حین تشکیل لخته، آب بیشتری را در خود نگهداری کند و باعث نرمی و لاستیکی شدن بافت تافوی نهایی شود. لازم به ذکر است که آب به علت کوچک بودن ملکول‌هایش به عنوان

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

نرم‌کننده (Plasticizer) برای بسیاری بیوپلیمرها عمل می‌کند (۱۴).

نتایج آزمون حسی توصیفی نشان می‌دهد که افزودن کاراگینان موجب افزایش ویژگی‌های حسی مفید می‌شود. این موضوع در نمونه‌های حاوی GDL چشمگیرتر است. بنابراین، ترکیب کاراگینان و GDL می‌تواند کیفیت حسی تافو را بهبود بخشد. نتایج مقبولیت کلی نشان می‌دهد که افزودن ۰/۱٪ کاراگینان در مورد نمونه حاوی GDL باعث کاهش معنی‌داری در مقبولیت کلی نمونه‌ها نمی‌شود. افزودن هیدروکلوئید کاراگینان در غلظت ۰/۲ درصد و همراه با منعقدکننده مناسب در عین حال که موجب افزایش کیفیت بافتی و راندمان محصول نهایی و در نتیجه، کاهش قیمت و تافوی حاصل می‌شود، تأثیر چشمگیری بر مقبولیت حسی محصول نهایی ندارد.

به طور کلی، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که نوع و غلظت منعقدکننده و هیدروکلوئید و اثرات متقابل آن‌ها بر هم تأثیرات مهمی بر ویژگی‌های کیفی و راندمان تافو دارد. در این تحقیق، استفاده از هیدروکلوئید کاراگینان در سطح ۰/۱٪ و گلوکونودلتا لاکتون در غلظت ۰/۱٪ بهترین نتایج را به دست داد.

• References

1. Fukushima D. Soy proteins. Food Res Int 2004; 45: 1-23.
2. Endres J G. Soy protein products characteristics. Nutritional aspects and utilization.USA: AOCS Publishing; 2001. p.324-45.
3. Tsai SJ, Lan CY, Kao CS, Chen SC. Studies on the yield and quality characteristics of Tofu. J Food Sci 1981; 46: 1734-7.
4. De Man J, Introduction to food chemistry. Translated by Ghanbarzadeh B. Tehran: Ayizh press; 2003. p.127-32. [In Persian].
5. Abd Karim A, Sulebele G, Azhar M, Ping C. Effect of carrageenan on yield and properties of Tofu. Food Chem 1999; 66; 159-65.
6. Hua Y, Cui S, Wang Q. Gelling property of soy protein–gum mixtures. Food Hydrocolloids 2003; 17: 889–94.
7. Chang K LB, Lin Y S, Chen R H. The effect of chitosan on the gel properties of Tofu (soybean curd). J Food Eng 2003; 57: 315-9.
8. De Man S, Murdia L, Jain S, Jain H. Effects of different coagulation temperatures on the texture and yield of soy Paneer (Tofu). Int J Food Eng 1968; 4: 1-14.
9. Cai T, Chang K, Characteristics of production-scale Tofu as affected by soymilk coagulation method: propeller blade size, mixing time and coagulant concentration. Food Res Int 1998; 31: 289-95.
10. Chang Y, Su H, Shiau S. Rheological and textural characteristics of black soybean Tofu (soft soybean curd) prepared with glucono-d-lactone. Food Chem 2009; 40: 1–7.
11. Poysa V, Woodrow L. Stability of soybean seed composition and its effect on soymilk and Tofu yield and quality. Food Res Int 2002; 35: 337–45.
12. AACC. Approved methods of the analysis, ed. methods 55-10, 44-15, 24-46, 09-07, 30-25, 10th Minnesota. The American Association of Cereal Chemists; 2000.
13. Schaefer MG, Love J. Relationships between soybean components and Tofu texture. Food Res Int 1991; 28: 53–66.
14. Ghanbarzadeh B. Principles of food and food biopolymer rheology. Tehran: Tehran University Press; 2008. p.182-92.
15. Poysa V, Woodrow L, Yu K. Effect of soy protein subunit composition on Tofu quality. Food Res Int 2006; 39: 309–17.
16. Braga A, Azevedo A, Marques M, Menossi M, Cunha R. Interactions between soy protein isolate and Xanthan in heat-induced gels: the effect of salt addition. Food Hydrocolloids 2006; 20: 1178–89.
17. Villaudy B, Tilly G, Rizzotti R. The role of hydrocolloids in food preparations based on Tonyu (soy milk)and/or Tofu (soybean curd). Food Hydrocolloids 1990; 88: 309-19.
18. Aguilera J, Rademacher B. Protein gels. J Food Eng 2004; 56: 1-15.
19. Dybowska B E, Fujio Y. Optical analysis of Glucono-&Lactone induced soy protein gelation. J Food eng 1998; 36: 123-33.
20. Campbell L, Gu L, Dewar S, Euston S. Effects of heat treatment and glucono-d-lactone-induced acidification on characteristics of soy protein isolate. Food Hydrocolloids 2009; 23: 344–51.
21. Liu Z, Chang S, Li L, Tatsumi E. Effect of selective thermal denaturation of soybean proteins on soymilk viscosity and Tofu's physical properties. Food Res Int 2004; 37: 815–22.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

The Effects of Carrageenan and Coagulants Glucono-Delta-lacton and Calcium Chlorideon on the Rheological, Physical and Sensory Properties of Tofu

*Esparan V [1], Ghanbarzadeh B [*2] , Hoseini E [3]*

1- M.Sc in Food Science and Technology, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.

2- [*]Corresponding author: Associate Prof, Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
E-mail: Ghanbarzadeh@tabrizu.ac.ir

3- Assistant Prof, Dept. of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.

Received 26 Sept, 2010 **Accepted 17 Jan, 2010**

Background and Objective: Tofu (soybean curd) is one of the most important soya protein products. It has a low-energy content and is a very suitable replacer for cheese and meat for persons who are sensitive to lactose, cholesterol and saturated fatty acids contained in these animal products. In this research, the effects of a hydrocolloid, namely, carrageenan, at a concentration of 0.1% and 0.2% (w/w of soya milk) and two coagulants, namely, glucono-Delta-lactone (GDL) and calcium chloride ($CaCl_2$), on the quality characteristics of Tofu were investigated.

Materials and Methods: Soya milk, carageenan and the 2 coagulants, GDL and $CaCl_2$,were used in the formulation of Tofu. Soya milk samples were heated at 100°C and then carageenan and coagulants were added and mixed to obtain soya curd. This was followed by removing the serum phase of the soya curd specimens and measuring the quality parameters (yield, color, texture and sensory properties) of the final product..

Results: Addition of carageenan brought about increases in the yield, lightness (L*- hunter parameter), softness and flexibility of the Tofu produced by using GDL and $CaCl_2$. The $CaCl_2$-Tofu specimens showed more hardness (fracture force) than the GDL-Tofu samples. The results of sensory evaluation showed that addition of carageenan caused decreases in hardness and elasticity and increases in freshness and moisture of the samples, the effects being more pronounced in the GDL-Tofu specimens.

Conclusion: The types and amounts of hydrocolloids and coagulants, as well as interaction between them, in making Tofu can have important effects on its yield and quality parameters. In this study, carageenan (at a level of 0.1%) and GDL showed the best results.

Keywords: Tofu, Carageenan, Rheological properties, Physical properties, Tofu (soybean milk)

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]