ویژگی‌های فیلم ژلاتینی تولید شده از فلس کپور معمولی *Cyprinus carpio*) با بررسی اثر پارامترهای مؤثر در فرایند استخراج

لحاک برزگر[۱]، سید مهدی اجاق[۲*]، مجتبی رئیسی[۳]، سراج بیتا[۴]، علیرضا عالیشاهی[۵]، عباسعلی مطلبی[۶]

۱- دانشجو دکترا فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
۲- دانشیارگروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
۳- دانشیارگروه بهداشت مواد غذایی، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، ایران
٤- استادیارگروه شیلات، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران
۵- دانشیارگروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
٦- استاد گروه بهداشت مواد غذایی، مرکز تحقیقات شیلات تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۷/۰۸/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۱/۳۱)

چکیده

در این مطالعه ژلاتین حاصل از فلس کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) با استفاده از روش‌های قلیایی، اسیدی و حرارتی تولید شد. سپس فاکتورهای فیزیکی، ممانعتی و خصوصیات ظاهری آن با استفاده از تغییر فاکتورهای موثر در استخراج ژلاتین اولیه آن بهینه سازی گردید. جهت بهینه سازی فیلم روش سطح پاسخ شامل یک طرح مرکب مرکزی برای فرایند استخراج در نظر گرفته شد، مجموعه‌ای از فاکتورهای موثر در استخراج شامل، غلظت سدیم هیدروکسید، مدت پیش تیمار قلیایی، غلظت هیدروکلریک اسید و دمای استخراج به عنوان متغیرهای مستقل و متغیرهای وابسته شامل خواص کششی، میزان حلالیت در آب و میزان نفوذپذیری به بخار آب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مربوط به غربالگری بر اساس مقاومت مکانیکی و حلالیت منجر به انتخاب ٤ فاکتور از ۹ فاکتور گردید. در مرحله‌ی غربالگری ٤ متغیر شامل دو فاکتور pH مرحله استخراج و مدت زمان تیمار قلیایی که دارای بیشترین تاثیر روی مقاومت کششی بودند و دو فاکتور غلظت تیمار اسیدی و دمای مرحله استخراج که دارای بیشترین تاثیر بر میزان حلالیت فیلم‌ها بودند جهت انجام آزمایشات اصلی انتخاب شده‌اند. سایر متغیرها که تاثیر قابل توجهی روی ویژگی‌های مکانیکی و حلالیت فیلم‌ها نداشتند در معمول‌ترین مقدار خود قرار داده شدند. آزمایشات اصلی استخراج ژلاتین شامل ۳۰ تیمار بود. حلالیت تغییرات معنی داری ($p<۰/۰۵$) نشان داد. کم ترین حلالیت ۲۵/۰۸ درصد مربوط به تیمار شماره ۹ با تیمار قلیایی به مدت ۱۹۵ دقیقه، تیمار اسیدی با غلظت 0.3 مولار و استخراج در دمای ٦۳ درجه بوده است. کم ترین نفوذپذیری مربوط به تیمار شماره ۱۵ با تیمار قلیایی به مدت ۱٤۰ دقیقه، تیمار اسیدی با غلظت ۰/۱۸ مولار و استخراج در دمای ۷٦°C بوده است($p<۰/۰۵$). در نهایت مشخص شد با تغییر برخی فاکتورهای موثر می‌توان خصوصیات فیلم ژلاتینی حاصل از فلس کپور معمولی را بهینه سازی نمود.

کلید واژگان: ژلاتین، کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، استخراج، بهینه سازی، فاکتورهای موثر

*مسئول مکاتبات: Mahdi_ojagh@yahoo.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

۱- مقدمه

حجم زیادی از ژلاتین سالانه به وسیله‌ی صنایع غذایی در سراسر دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد و این مقدار به دلیل فراوانی، هزینه‌ی پایین تولید و ویژگی‌های عملکردی عالی آن در حال رشد است. گزارش‌های اخیر نشان می‌دهد که تولید جهانی سالیانه ژلاتین تقریباً ۳۲۶۰۰۰ تن می‌باشد. بالاترین تولید برای ژلاتین مشتق شده از پوست خوک (٤٦ درصد)، پس‌ازآن پوست گاو (٤/۲۹ درصد)، استخوان (۲۳/۱ درصد) و سایر منابع (۱/۵ درصد) ذکرشده است [۱]. افزایش علاقه‌مندی درزمینه‌ی جایگزینی فراورده‌های جنبی از صنعت شیلات یکی از دلایل افزایش تولید صنعتی ژلاتین ماهی در سال‌های اخیر است [۲]. علاوه بر این، به دلیل اعتقادات اجتماعی- فرهنگی و نیز ترس از جنون گاوی[۲]، ژلاتین دریایی جایگزین خوبی برای ژلاتین پستانداران ازجمله گاو و خوک می‌باشد [۲؛ ۳]. ژلاتین ماهی مزایای دیگری نسبت به ژلاتین سایر پستانداران دارد، ازجمله دمای ذوب و ژله‌ای شدن پایین‌تر به خاطر میزان کمتر پرولین و هیدروکسی پرولین است، که در بین ماهیان نیز ژلاتین ماهیان سردآبی دمای ذوب و ژله‌ای شدن کمتری نسبت به ژلاتین ماهیان گرمابی دارد [٤]. وجود دمای ذوب پایین در ژلاتین ماهی آن را از نظر حسی خصوصاً رهایش طعم که برای برخی مواد غذایی مطلوب است، منحصربه‌فرد کرده است [۲]. ژلاتین زیست‌سازگاری، شکل‌پذیری و قابلیت جذب نور خوبی از خود نشان می‌دهد و با تشکیل فیلم‌ها و پوشش‌هایی با ویژگی‌های مکانیکی و ممانعتی مناسب در برابر گازها در رطوبت نسبی پایین، می‌تواند به‌عنوان مواد بسته‌بندی زیستی به‌خوبی عمل کند. علاوه بر این فیلم‌های ژلاتین شفاف، انعطاف‌پذیر و محکم هستند[۵].

ژلاتین یکی از بهترین موادی است که تاکنون برای تهیه فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی به‌کار رفته است. ژلاتین بیوپلیمری مشتق‌شده از کلاژن است [٤]. درکل،کلاژن موجود در فلس ماهی طیف وسیع تری از ترکیب اسیدهای آمینه را در مقایسه با کلاژن پستانداران نشان می‌دهد. هیدروکسی پرولین وپرولین آن‌ها نسبت به کلاژن پستانداران کمتر است و در عوض محتوای سرینوترئونین بالاتری دارند [۲]. برای کاربردهای مطلوب؛ ویژگی‌های عملکردی ژلاتین بسیار مهم می‌باشند که این ویژگی-ها توسط فاکتورهای متنوعی از جمله pH، غلظت سدیم هیدروکسید و هیدروکلریک اسید، مدت پیش تیمار قلیایی و همچنین دمای استخراج تحت تاثیر قرار می‌گیرند. مطالعات زیادی در مورد اثر شرایط استخراج ژلاتین بر بهبود ویژگی‌های عملکردی آن صورت گرفته‌است [٦، ۷، ۸]. غلظت سدیم هیدروکسید، دما و زمان استخراج به عنوان فاکتورهای مستقل و مقدار ژلاتین و قدرت تشکیل ژل به عنوان فاکتورهای وابسته در این مطالعات در نظر گرفته شد. نتایج بررسی‌های این مطالعات نشان داد که متغیرهای مستقل ذکر شده بر بهینه سازی ژلاتین استخراج شده موثر واقع می‌شوند [۲]. ژلاتین حیوانات خونگرم، ژل پایدارتری از ژلاتین ماهیان آب سرد که به طور قابل ملاحظه‌ای دارای نقاط ژله‌ای کننده و ذوب کمتری است، تولید می‌نماید. علاوه بر این ژلاتین ماهیان آب گرم، پرولین و هیدروکسی پرولین بیشتری دارد. به هرحال در موارد کاربرد زیاد آن، خصوصیات کششی و چسبناکی بیشتری مورد نیاز است و این خواص با استفاده از مواد اصلاح کننده ژلاتین بدست خواهد آمد [۹]. سالانه مقادیر قابل توجهی از تولیدات آبزی پروری به ویژه فلس ماهی کامل یا فیله شده، به عنوان ضایعات غیر قابل استفاده از دسترس خارج می‌شود [۱۰]. در میان ماهیان پرورشی گرمابی کپور معمولی که دارای حجم بالایی از فلس حاوی ژلاتین است می‌تواند گزینه مناسبی برای تولید ژلاتین در نظر گرفته شود.

بنابراین هدف از مطالعه حاضر بهینه‌سازی فیلم ژلاتین تولیدی از ماهی گرمابی پرورشی کپور معمولی به وسیله تغییر فاکتورهای مؤثر در استخراج ژلاتین و تعیین ویژگی‌های فیزیکی و ظاهری ژلاتین تولید شده می‌باشد.

۲- مواد و روش

۲-۱-آماده کردن تیمارهای ماهی

ماهی کپور معمولی(*Cyprinus carpio*) با میانگین وزنی ٤۰۰ گرم و طول متوسط ٤۰ سانتیمتر از بازار خریداری و با جعبه‌های حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل شد پس از عملیات شستشو با استفاده از برس فلزی فلس ماهی‌ها جدا شده و در دمای ۱۸-

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

درجه در فریزر نگهداری شد. مجموع این عملیات با دست صورت گرفت.

۲-۲-استخراج ژلاتین

فلس کپور معمولی پس از شستشو و خرد شدن در انکوباتور لرزان با دور ۲۰۰ آر پی ام قرار گرفت تا پروتئین‌های غیر کلاژنی و بافت زیر فلسی به مدت مشخص حذف شوند. بعد از تیمار قلیایی، فلس‌ها برای خنثی سازی و حذف مواد معدنی با اسید شسته شد. سپس استخراج حرارتی به طریق آب داغ، با استفاده از آب مقطر در دامنه دمای هر تیمار و به مدت مشخص حرارت‌دهی شدند. محلول استخراج شده به مدت ۳۰ دقیقه در ۹۰۰ xg و همچنین در دمای ۳۰℃ سانتریفیوژ شد. فاز بالایی به وسیله‌ی کاغذ صافی به روش خلاء فیلتر شده و محلول صاف شده با استفاده از خلاء تا بریکس ۱۰ در ۶۰℃ تغلیظ شده و در خشک کننده‌ی هوای داغ با ۱/۴ متر بر ثانیه به مدت ۲۴ ساعت خشک شد [۱۱].

۲-۳-روش سطح پاسخ

دو مرحله برای بهینه‌سازی فیلم ژلاتینی استفاده شد: غربال گری و بهینه‌سازی. در مرحله غربالگری فاکتورهایی را که بیشترین تاثیر را در خواص فیلم تولیدی دارند انتخاب کرده و در مرحله دوم فاکتورهای انتخاب شده در مرحله اول بهینه‌سازی شدند. طرح فاکتوریل (2^{9-5}) برای غرباگری فاکتورهای استخراج استفاده شد. طرح غربالگری فاکتوریل کسری ۲ سطحی برای انتخاب ٤ فاکتور مهم‌تر از میان ۹ فاکتور اصلی (غلظت قلیا و زمان و دمای تیمار، غلظت اسید و زمان و دمای تیمار، دما و زمان و pH استخراج) انتخاب گردید [۱۲]. طرح مرکب مرکزی برای بهینه‌سازی فیلم ژلاتینی انتخاب شد. استخراج ژلاتین شامل تیمار قلیایی، تیمار اسیدی و استخراج حرارتی با آب بود. در تیمار قلیایی غلظت قلیا ۰/۱ -۰/۳ M دمای تیمار قلیایی ۲٤℃-٤ و زمان تیمار قلیایی ۹۰-۳۰ دقیقه، در تیمار اسیدی غلظت اسید۰/۰٦-۰/۱۲ M، دمای تیمار اسیدی ۲٤℃-٤ و زمان تیمار ۹۰-۳۰ و در فرایند استخراج حرارتی دمای استخراج ۸۰℃-٤۰ و زمان استخراج ۲٤۰-۱۲۰ دقیقه و pH استخراج ۹-۵ به عنوان متغیرهای مستقل انتخاب گردید که در این مرحله متغیرهای وابسته یا پاسخ‌ها شامل حلالیت، افزایش طول در نقطه‌ی پارگی، جذب آب، نفوذپذیری نسبت به بخار آب و رنگ خواهند بود. پس از مشخص شدن فاکتورهای دارای بیشترین تاثیر در خواص فیلم ژلاتینی به وسیله‌ی روش سطح پاسخ، این فاکتورها در مرحله‌ی بعد در ۵ سطح مورد آزمایش و بررسی قرار گرفتند [۷].

۲-٤-اندازه گیری مقدار ژلاتین

مقدار ژلاتین به وسیله‌ی اندازه‌گیری مقدار هیدروکسی پرولین با استفاده از فاکتور تبدیل ۱۱/٤۲ برآورد و همچنین بازده استخراج بر حسب درصد ماده اولیه گزارش شد [۱۳].

۲-۵-اندازه گیری میزان نفوذپذیری فیلمها در برابر بخار آب

سنجش میزان نفوذ پذیری فیلمها نسبت به بخار آب مطابق روش شماره E96 مصوب ASTM صورت گرفت [۱٤]. نرخ انتقال بخار آب برحسب ($^{-2}$ متر $^{-1}$ ثانیه گرم) معادل با شیب خطوط حاصله تقسیم بر سطح سلول است [۱۵]. سطح سلول‌ها ۰/۰۰۲۸۷ متر مربع بود.

از ضرب نمودن نرخ انتقال بخار آب در ضخامت روکشها و تقسیم آن در اختلاف فشار موجود در دو سمت روکش میزان نفوذ پذیری بخار آب به دست آمد و به صورت $^{-1}$ پاسکال $^{-1}$ متر $^{-1}$ ثانیه گرم ($g\ s^{-1}\ m^{-1}\ Pas^{-1}$) گزارش شد.

۲-٦-اندازه‌گیری خواص مکانیکی فیلم‌ها

آزمایشات کشش با استفاده از دستگاه (Model 200, HIWA, Instron universal testing machine(Iran انجام گرفت. فیلم‌ها به شکل مستطیل به ابعاد ۱۰ × ۲/۵ سانتی‌متر مربع بریده شدند. فاکتورهایی شامل مقاومت کششی، درصد کرنش در نقطه شکست (تغییر طول نمونه تقسیم بر طول اولیه ضرب در۱۰۰) مطابق روش شماره D882-01 مصوب ASTM از روی منحنی‌هاینیروبرحسب تغییر شکل به دست آمدند [۱۵].

۲-۷-سنجش میزان حلالیت در آب

وزن اولیه نمونه‌های فیلم با ابعاد ۲/۵×۲/۵ سانتی‌متر پس از خشک شدن در دمای ۱۰۵سانتی‌گراد تعیین شد و سپس نمونه‌های فیلم در ظروف حاوی۵۰ سی‌سی آب مقطر قرارگرفتند. ظروف بمدت۲٤ساعت در دمای محیط قرار داده شدند. پس از این مدت نمونه‌ها بوسیله کاغذهای صافی که قبلا خشک شده بود فیلتر و مجددا در دمای۱۰۵درجه سانتی‌گراد خشکگردیدند [۱٦].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

Table 1 Treatment characteristics of gelatin extraction.

	Details of treatments			
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
Number of treatments	base time 2	acid m	este temp 2	este pH 2
B1	140	0.18	50	6
B2	85	0.06	63.125	3
B3	85	0.06	63.125	9
B4	195	0.06	63.125	3
B5	195	0.06	63.125	9
B6	85	0.3	63.125	3
B7	85	0.3	63.125	9
B8	195	0.3	63.125	3
B9	195	0.3	63.125	9
B10	140	-0.06	76.25	6
B11	30	0.18	76.25	6
B12	140	0.18	76.25	0
B13	140	0.18	76.25	6
B14	140	0.18	76.25	6
B15	140	0.18	76.25	6
B16	140	0.18	76.25	6
B17	140	0.18	76.25	6
B18	140	0.18	76.25	6
B19	140	0.18	76.25	12
B20	250	0.18	76.25	6
B21	140	0.42	76.25	6
B22	85	0.06	89.375	3
B23	85	0.06	89.375	9
B24	195	0.06	89.375	3
B25	195	0.06	89.375	9
B26	85	0.3	89.375	3
B27	85	0.3	89.375	9
B28	195	0.3	89.375	3
B29	195	0.3	89.375	9
B30	140	0.18	102.5	6

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

۲-۸- سنجش رنگ سطحی و شفافیت فیلم‌ها

سنجش رنگ با استفاده از سیستم (۱۹۷۶) CIELAB انجام شد. نمونه‌های فیلم به منظور سنجش رنگ برروی کاشی استاندارد سفید رنگ قرار داده شده و سه فاکتور L^*، a^* و b^* نشان داده شده توسط دستگاه رنگ سنج یادداشت گردید.

به منظور سنجش میزان شفافیت فیلم‌ها و عبور نور؛ نمونه‌های فیلم به ابعاد ۴۰×۹ میلی‌متر در درون سلول‌های اسپکتروفتومتری قرارگرفته و به منظور سنجش میزان عبور نور در طول موجهای ۸۰۰-۲۰۰ نانومتر توسط دستگاه مورد ارزیابی قرارگرفتند.

۲-۹- سنجش میزان رطوبت فیلم‌ها

نمونه‌های فیلم با وزن مشخص درون پلیت‌های شیشه‌ای که از قبل به تعادل رطوبتی رسیده و توزین شده بودند قرار گرفتند. سپس به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک گردیدند. نمونه‌ها همراه با پلیت پس از این مدت خارج شده و پس از سرد شدن در دسیکاتور؛ مجددا توزین شدند [۱۷].

۲-۱۰-آزمون پراش پرتو ایکس (XRD[1])

نمونه‌ها با استفاده از دستگاه X' Pert MPD (Philips، ساخت کشور هلند) با پرتویی با طول موج ۱/۵۴۴۳۹ آنگستروم با مادهآندیکبالتدرزاویه‌ی ۱۲-۱ =۲θ؛ در دمای محیط و با سرعت یک درجه در دقیقه مورد سنجش قرارگرفتند.

۲-۱۱-آزمون میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM[2])

ریز ساختار روکش‌های تولیدی، به‌وسیله دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی (Philips، ساخت کشور هلند) و با تصویربرداری از سطح روکش‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. تصویربرداری از نمونه‌ها با کاربری۲۰ کیلو وات و در بزرگنمائی‌های مختلفی انجام گرفت.

۲-۱۲-تجزیه و تحلیل آماری

همه‌ی آزمایش‌ها در سه تکرار صورت‌پذیرفته و میانگین نتایج به همراه انحراف معیار در تایید آزمون‌ها گزارش شد. آنالیز آماری نتایج تاییدی با استفاده از ANOVA ($P<0/05$) و آزمون چند دامنه دانکن با استفاده از نرم افزار $SPSS_{16}$ انجام شد [۱۸].

۳- نتایج و بحث

۳-۱-غربالگری

نتایج مربوط به مرحله غربالگری فیلم‌ها مطابق جدول (۱) گزارش شده‌است. این نتایج منجر به انتخاب ٤ فاکتور از ۹ فاکتور گردید. در مرحله‌ی غربالگری که به وسیله نرم افزار Design Expert و با استفاده از طرح فاکتوریل دو سطحی ($۲^{۹-۵}$) انجام شد، ۱٦ تیمار طراحی شدند. در این مرحله‌دو متغییر وابسته مقاومت مکانیکی و حلالیت فیلم‌های تولید شده جهت مشخص شدن موثرترین متغیرهای مستقل مورد ارزیابی قرار گرفتند.

۳-۱-۱- نمودارهای پارتو

نمودارهای پارتو (شکل ۱و ۲) به ترتیب نشان دهنده موثرترین متغیرهای آزمایش روی مقاومت کششی و حلالیت فیلم حاصل از تیمارهای مختلف می‌باشد. در این نمودارها محور افقی نشان دهنده شماره متغیرهای آزمایش و برهمکنش بین آن‌هاست. همچنین محور عمودی شاخص t-value مربوط به تاثیر متغیر را نشان می‌دهد. همانطورکه شکل پارتو نشان می‌دهد موثرترین متغیرها در میزان مقاومت کششی فیلم‌ها شامل کد J و B می‌باشد که در واقع pH استخراج و زمان تیمار قلیایی در فرایند استخراج ژلاتین می باشند.

در این رابطه؛ بررسی نتایج حاصل از بررسی موثرترین متغیرها بر میزان حلالیت فیلم‌ها (شکل۲) نشان داد که غلظت محلول اسیدی (D) و پس از آن دمای استخراج (G) بیش‌ترین تاثیر را روی میزان حلالیت فیلم‌ها داشته و سبب بیشترین میزان کاهش در حلالیت فیلم‌ها شده‌اند.

بنابراین در مرحله‌ی غربالگری ٤ متغیر شامل دوفاکتور pH مرحله استخراج و مدت زمان تیمار قلیایی که دارای بیشترین تاثیر روی مقاومت کششی بودند و دو فاکتور غلظت تیمار اسیدی و دمای مرحله استخراج که دارای بیشترین تاثیر بر میزان حلالیت فیلم‌ها بودند جهت مرحله‌ی بهینه‌سازی انتخاب شده‌اند.

2. X-Ray Diffraction

3. Scanning Electron Microscopy

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

Table 2 Screening table of gelatin films produced by taking into account the factors affecting the extraction process.

Treatment number	Concentration of Alkalin Solution (NaOH)	Time of Alkalin solution	Temperature of Alkalin solution (^{0}C)	Concentration of Acidic Solution (mol/L)	Time of Acidic Solution (min)	Temperature of Acidic solution (^{0}C)	Temperature of Extraction solution (^{0}C)	Time of Extraction	pH of extraction
1	0.9	150	4	0.3	30	4	50	240	5
2	0.1	30	4	0.3	30	24	80	240	5
3	0.9	30	24	0.3	30	4	80	120	5
4	0.1	30	24	0.06	150	24	80	120	5
5	0.1	150	24	0.06	30	4	80	240	9
6	0.5	150	4	0.06	30	24	80	120	9
7	0.1	150	4	0.06	150	24	50	240	5
8	0.5	30	4	0.3	150	24	50	120	9
9	0.5	150	24	0.3	150	24	80	240	9
10	0.1	30	4	0.06	30	4	50	120	9
11	0.5	150	24	0.06	150	4	50	120	5
12	0.5	30	24	0.06	30	24	50	240	9
13	0.1	150	24	0.3	30	24	50	120	5
14	0.5	30	4	0.06	150	4	80	240	5
15	0.1	30	24	0.3	150	4	50	240	9
16	0.1	150	4	0.3	150	4	80	120	9

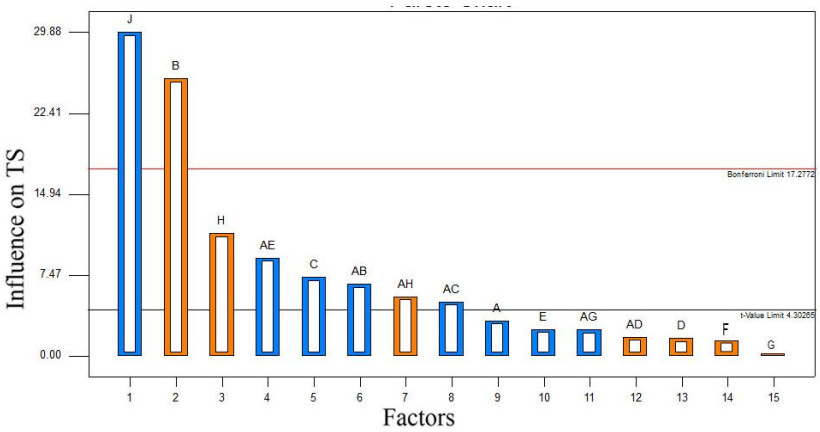

Fig 1 Pareto chart

A, alkaline treatment concentration; B, alkali treatment time; C, alkali treatment temperature; D, acidification concentration; E, acidification time; F, acidity treatment temperature; G, extraction temperature; H, extraction duration; J, pH. (Hybrid letters represent the interaction of two factors).Data are presented as the means ± SD of three replicates. Different superscripts show significant differences at $p<0.05$.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

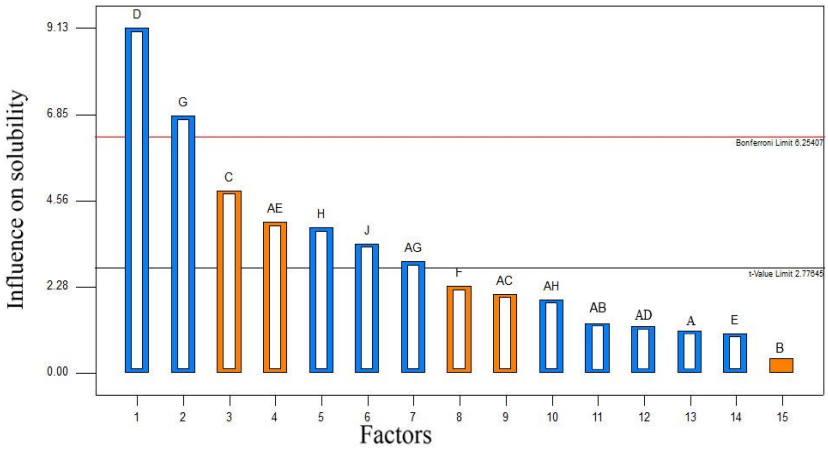

Fig 2 Pareto chart

A, alkaline treatment concentration; B, alkali treatment time; C, alkali treatment temperature; D, acidification concentration; E, acidification time; F, acidity treatment temperature; G, extraction temperature; H, extraction duration; J, pH. (Combination letters represent the interaction of two factors);Data are presented as the means ± SD of three replicates.

۳-۲-مقدار ژلاتین

بازده ژلاتین به‌دست آمده از فلس کپور معمولی شسته‌شده ۱۲/۷ درصد بوده‌است. بازده فلس کپور معمولی، کپور نقره‌ای و کپور علفخوار ۱۱/۸، ۱۰ و ۸/۷ گزارش شده‌است [۱۹]. شکل بدن متفاوت ماهیان مقادیر ژلاتین متفاوتی را تولید می‌کند. نتایج استخراج ژلاتین گربه ماهی شمالی در ایالت متحده نشان داد میزان ژلاتین ٤ درصد وزن ماهی اولیه می‌باشد [۲۰]. مقادیر ژلاتین استخراج‌شده از ماهیان کاد، کفشک و هیک به ترتیب ۷/۲ درصد، ۸/۲ درصد و ٦/٥ درصد گزارش شده‌است [۲].

در مطالعه دیگری میزان ژلاتین به‌دست آمده از کپور معمولی ۱۲ درصد گزارش شد [۲۱]. بنابراین مقادیر ژلاتین استخراج‌شده بر اساس شکل بدن ماهی، تفاوت در میزان کلاژن، ماتریکس پوست و ترکیبات آن، می‌تواند متفاوت باشد. تیمارهای اسیدی و قلیایی به‌دلیل ایجاد تورم و کاهش پیوندهای عرضی می‌توانند بازده بیشتری از تولید ژلاتین داشته باشند [۲۲].

۳-۳-اندازه‌گیری میزان نفوذ پذیری فیلم‌ها در برابر بخار آب

نفوذپذیری در مقابل بخار آب پدیده‌ای است که دلالت بر انحلال پذیری آب و نفوذ مولکول‌های آب از طریق بستر فیلم دارد. از آنجاییکه کاربرد اصلی بسته بندی مواد غذایی، اغلب اجتناب کردن و یا حداقل، کاهش انتقال رطوبت بین غذا و محیط اطراف آن است؛ باید سعی شود این شاخص تاحدامکان در پلیمرهای تولیدی کم‌باشد [۲۳]. به‌طور کلی فیلم‌های پروتئینی به دلیل داشتن گروه‌های آبدوست نفوذ پذیری بالایی به بخار آب دارند [۲٤]. نفوذپذیری بالای فیلم‌های خوراکی در مقابل بخارآب نسبت به کاربرد و کارایی آن مطلوب نیست و می‌بایست با اعمال روش و تیمارهای مختلف بهبود یابد [۲٤]. در این مطالعه فیلم‌های ژلاتین تولیدی با روش‌های مختلف از نظر نفوذپذیری به بخار آب تفاوت‌های معنی‌داری با یکدیگر داشتند($p<۰,۰۵$) (شکل ۳). بطوری که کمترین مقادیر نفوذپذیری به بخار آب به میزان ۰/۲۸ ($۱۰^{-۱۰}$ × $^{-۱}$ پاسکال × $^{-۱}$ متر $^{-۱}$ ثانیه گرم) مربوط به تیمارهای شماره ۱۵، ۱٦ و ۹ بوده است. نتایج مطالعه حاضر با نتایج برخی محققین همخوانی داشت [۲٦، ۲٥]. این نتایج به نوعی میتواند به یافته های حاصل از تحقیق weng و همکاران [۳۳] مرتبط باشد که اظهار داشته‌اند پایین تر بودن نفوذپذیری در فیلم‌های حاصل از ژلاتین استخراجی در pH ۷ می‌تواند ناشی از محتوای بالاتر آمینواسیدهای هیدروفوبیک در آنها باشد که می-توانند نقش سد کننده در برابر عبور بخار آب داشته باشند[۳۳]. بنابراین می‌توان اظهار داشت که در تیمارهای شماره ۹، ۱۵ و ۱٦؛ اعمال تیمارها از نظر pH، زمان ودما اثر کمتری در حذف اسیدهای آمینه هیدروفوب از ساختار ژلاتین داشته اند.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

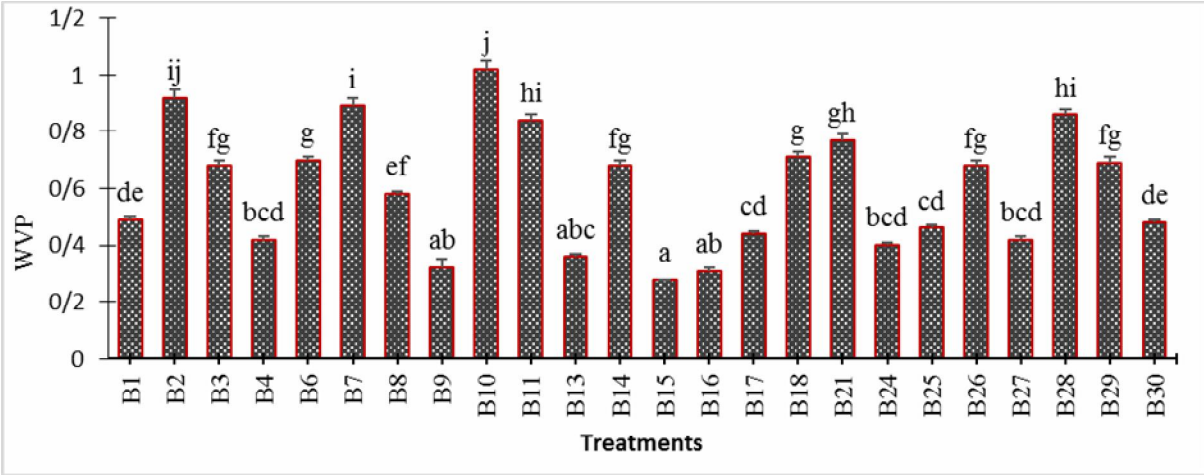

Fig 3 Water vapor permeability of gelatin films produced by investigating the effect of effective factors on extraction.

Data are presented as the means ± SD of three replicates. Different superscripts show significant differences at $p<0.05$.

۳-٤-اندازه‌گیری خواص مکانیکی فیلم‌ها

کارایی مناسب و موثر پلیمرهای خوراکی و زیست‌تخریب‌پذیر در صنعت بسته بندی؛ شدیدا به داشتن ویژگی‌های مطلوب مکانیکی آن وابسته‌است [۲۷]. استحکام یا مقاومت‌کششی، پارامتری جهت ارزیابی استحکام فیلم می‌باشد که به ساختار شیمیایی و پیوندهای بین مولکولی و یا بهم پیوستگی زنجیره‌های پلیمر در ماتریس ورقه ای فیلم ها بستگی دارد. افزایش طول در نقطه شکست نیز معیاری جهت سنجش کشسانی فیلم قبل از پارگی بحساب می‌آید که هر دو پارامترهای مهم در ارزیابی مواد بسته‌بندی می‌باشند [۳۲]. ویژگی‌های مکانیکی ژلاتین تولیدی در شکل(٤) نشان داده شده است. متوسط ضخامت فیلم‌ها۱۱۰ میکرومتر بود. تفاوت معنی‌داری بین فیلم‌ها از نظر ضخامت وجود نداشت ($p>۰,۰۵$). اما از نظر خواص مکانیکی؛ تیمارها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان دادند ($p<۰,۰۵$). همانطور که در شکل مشخص هست pH استخراج و زمان تیمار قلیایی در فرایند استخراج ژلاتین دارای بیشترین تاثیر در مقاومت کششی فیلم می‌باشند. بیشترین مقاومت مربوط به تیمار١٤ و ۹ بود و کمترین مقاومت کششی در تیمار۵ مشاهده شد. بطور کلی فیلم‌های پروتئینی بواسطه چگالی انرژی هم چسبی قوی پلیمر، شکننده و حساس به ترک خوردن هستند [۲۸].

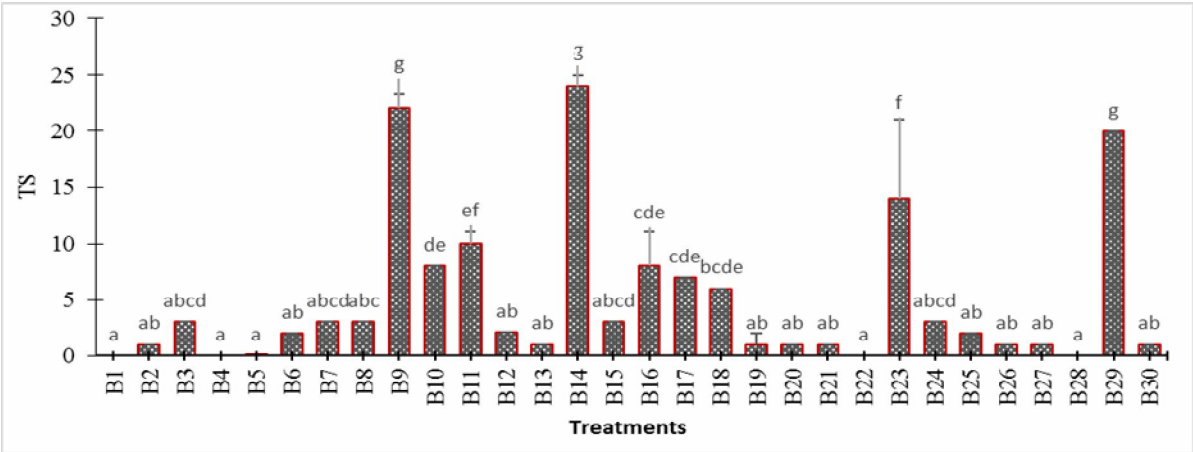

Fig 4 Tensile strength of gelatin films produced by investigating the effect of effective factors on extraction.
Data are presented as the means ± SD of three replicates. Different superscripts show significant differences at $p<0.05$.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

اثر شرایط استخراج بر خواص مکانیکی ژلاتین در تحقیق حاضر معنی دار شد. براساس نتایج Weng و همکاران [۳۳] معلوم شد که ویژگی‌های مکانیکی فیلم‌های تولیدی از ژلاتین حاصل از فلس ماهی تیلاپیا در pH های مختلف؛ به میزان محتوای مارپیچ سه گانه آن وابسته است و در واقع ارتباط بالایی بین TS و فراوانی مارپیچ آلفا ژلاتین تشکیل دهنده فیلم وجود دارد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که مقدار پایین TS در pH های ابتدایی و انتهایی ناشی از تخریب قابل توجه ساختار سه گانه در اثر هیدرولیز اسیدی و قلیایی بوده است. نتایج این تحقیق با یافته های حاصل از تحقیق Weng و همکاران [۳۳] مطابقت داشت.

۳-۵-سنجش میزان حلالیت در آب

مقادیر مربوط به حلالیت تیمارهای در شکل (۵) مشاهده می‌شود. شاخص حلالیت فیلم در واقع اندازه گیری میزان مقاومت فیلم در مقابل آب است [۲۹]. در این تحقیق بیشترین میزان حلالیت مربوط به تیمار ۵ و ۲۷ بود. در مقابل تیمارهای ۳، ۶، ۱۰، ۱۴ و ۳۰ از حلالیت کمتری برخوردار بودند. بدین ترتیب اثر فاکتورهای مختلف استخراج بر میزان حلالیت تیمارها؛ سبب تفاوت‌های معنی‌داری در نتایج حاصل شد ($p<0.05$). در رابطه با حلالیت؛ به طور کلی گزارش شده است که ژلاتین ماهی در مقایسه با ژلاتین پستاندارن محتوای ایمینواسید (پرولین و هیدروکسی پرولین) کمتری دارد که این می تواند دلیل حلالیت بیشتر فیلم‌های حاصل از آن ها در مقایسه با پستانداران باشد [۲۷]. بطور کلی، طبق نتایج تیمار ۹ کمترین میزان حلالیت را داشت و از این نظر با فیلم‌های تولیدی از ژلاتین پستانداران قابل-مقایسه است. این امر می‌تواند ناشی از تاثیر شرایط استخراج بر نیروهای الکترواستاتیک، پیوند هیدروژنی و نوع اسیدهای آمینه باشد [۳۰].

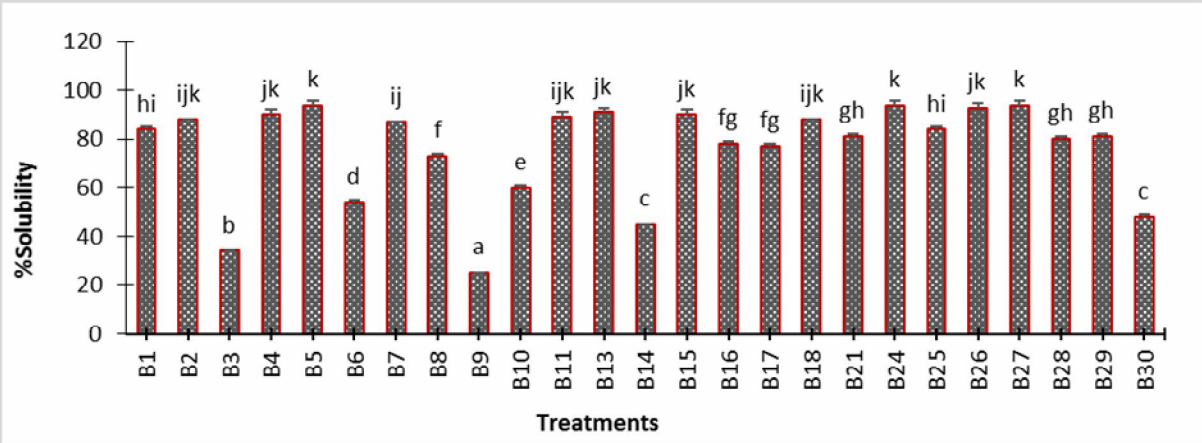

Fig 5 The solubility of gelatin films produced by investigating the effect of factors affecting extraction
Data are presented as the means ± SD of three replicates.Different superscripts show significant differences at $p<0.05$.

۳-۶-سنجش شفافیت فیلم‌ها

مقادیر مرتبط با میزان شفافیت فیلم‌های مختلف در شکل (۶) نشان داده شده است. مقادیر بیشتر T نشان دهنده شفافیت کمتر و درجه بالاتر تیرگی است. جذب نور بالاتر فیلم‌ها، وقتی در سیستم غذایی به کاربرده می‌شود می‌تواندیک سد عالی برای جلوگیری از اکسایش چربی ناشی از القای نوری باشد [۲]. ژلاتین در تیمار ۲۸ شفاف تر از بقیه تیمارها بود که نتایج آزمون شفافیت نیز بیانگر این مطلب است. این مشخصه فیلم‌های برپایه پروتئین‌ها است و یکی از مزایای استفاده از ژلاتین در ترکیب فیلمهای کامپوزیت، شفافیت است که ویژگی بسیار ارزشمندی در فیلمهای خوراکی است. در میان همه تیمارها؛ تیمار۳ نیز دارای بالاترین میزان عددT و بیشترین کدورت بود. در ناحیه طول موج فرابنفش (۲۸۰-۲۰۰) فیلمها صرف نظر از شرایط مختلف، خاصیت ممانعتی خوبی در برابر اشعه uv نشان دادند که در مقایسه با نتایج گزارش شده توسط Weng و همکاران [۳۳] میزان گذردهی کمتری نشان دادند که این می تواند ناشی از مقادیر بالاتر آمینواسیدهای حلقوی در فلس ماهی کپور معمولی نسبت به ژلاتین فلس ماهی تیلاپیا باشد که در واقع قادر به جذب و جلوگیری از اشعه uv می باشند [۳۵].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

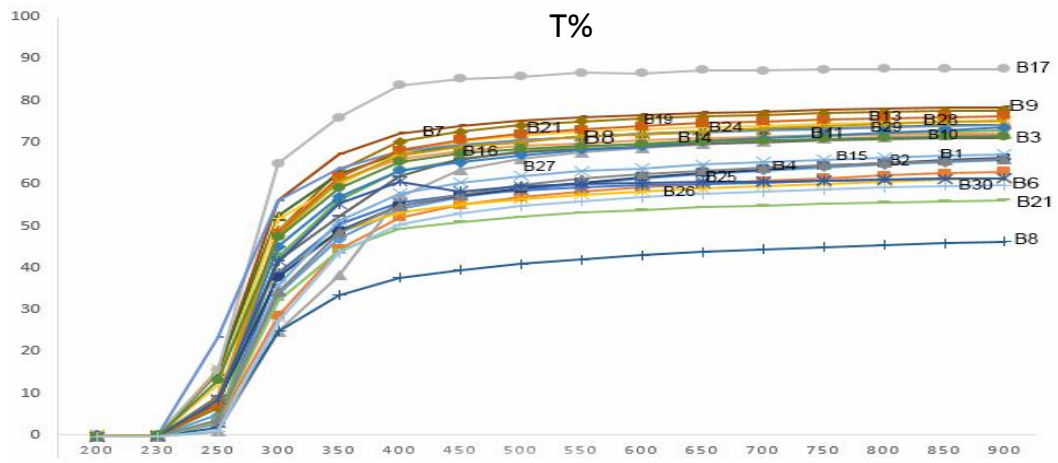

Fig 6 Determination of opacity of produced gelatin films taking into account the factors affecting extraction.

۳-۷-سنجش میزان رطوبت فیلم‌ها

درصد رطوبت فیلم‌ها درشکل (۷) نشان داده‌شده است. اثر رطوبت بر تیمارها معنی‌دار شد($p<۰,۰۵$). نتایج مطالعه حاضر با نتایج Jouki و همکاران [۳۱] همخوانی داشت. افزایش رطوبت در نتیجه تخریب شبکه فیلم است که باعث می‌شود میزان رطوبت موجود در بین زنجیره‌های پروتئینی به وسیله پیوندهای هیدروژنی افزایش یابد [۳۲].

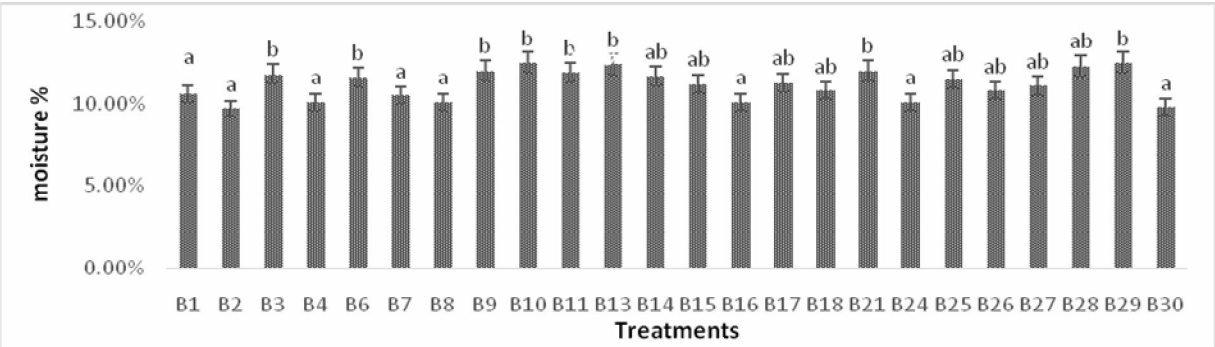

Fig 7 The moisture content of gelatin films produced by taking into account the factors affecting the extraction process.
Data are presented as the means ± SD of three replicates.Different superscripts show significant differences at $p<0.05$.

۳-۸-آزمون پراش پرتو ایکس (XRD[۲])

الگوی XRD تیمارها در شکل(۸) نشان داده شده‌است. در تمام تیمارها پیک مشخصی در ناحیه ۲θ=۲۳ مشاهده شد. نتایج نشان داد که اثر تیمارها بر الگوی پراش پرتو ایکس ژلاتین تولید شده بویژه در ناحیه ۲۳ تغییرات قابل توجهی نشان می دهد. به شکلی که تیمار شماره ۳۰ و ۱۳ در این ناحیه پیک های قوی و نوک تیزی ارائه دادند که این نشان‌دهنده حضور ساختار کریستال در این فیلم‌ها در نتیجه آرایش منظم زنجیره‌های ملکولی در کنار یکدیگر است. این ساختار را میتوان به اثر مساعد این تیمارها در حذف بیشتر نواحی آمورف و متعاقبا اثر آن بر شکل گیری بهتر و منظم تر بستر پلیمری فیلم های ژلاتینی مرتبط دانست.

2. X-Ray Diffraction
3. Scanning Electron Microscopy

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

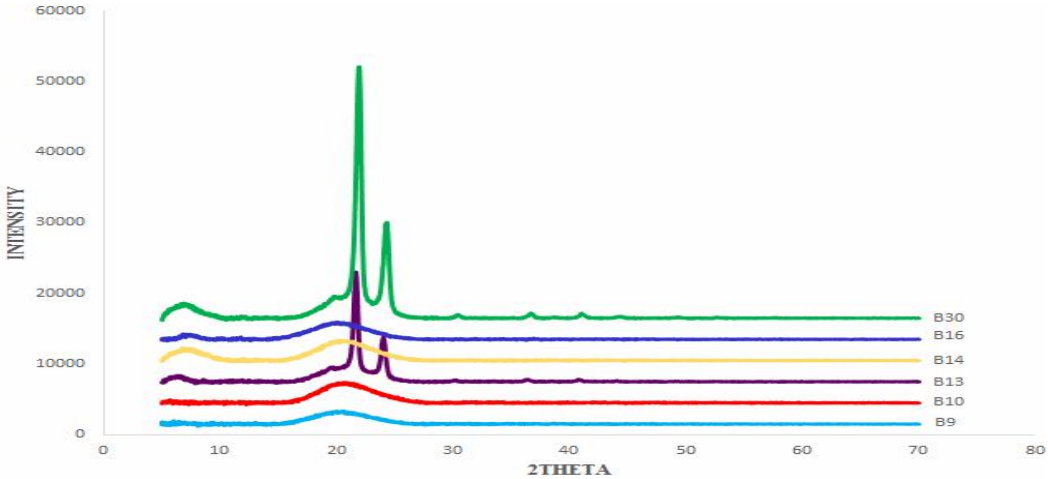

Fig 8 X-ray diffraction pattern of gelatin films produced by taking into account the factors affecting the extraction process.

۳-۹-آزمون میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM[۲])

تصاویر میکروسکوپ الکترونی از نمای سطحی فیلم‌ها در شکل(۹) نشان داده شده است. تصاویر موجود نشان دهنده سطح صاف و یکدست در تیمارها می‌باشد. در واقع کاربرد میکروسکوپ الکترونی؛ سنجش و بررسی ناهمواری، ناهمگنی و همچنین وجود شکست و ترک‌های احتمالی در سطح و نواحی دیگر فیلم نظیر مقطع عرضی است. در همه تیمارها تصاویر نشان دهنده سطح صاف و یکنواختی بود و تنها در تیمار ۳۰ اندکی ناهمواری مشخص گردید که می‌تواند به دلیل اثر شرایط تیمار بر واکنش‌های درونی نمونه اتفاق افتاده باشد. مشابه با تحقیق حاضردر مطالعه‌ای که پیرامون تولید فیلم کامپوزیت از کیتوزان-ژلاتین انجام گرفت؛ ناهمواری سطحی را در ارتباط با تشکیل پیوندهای هیدروژنی گزارش نمودند [۳۳].

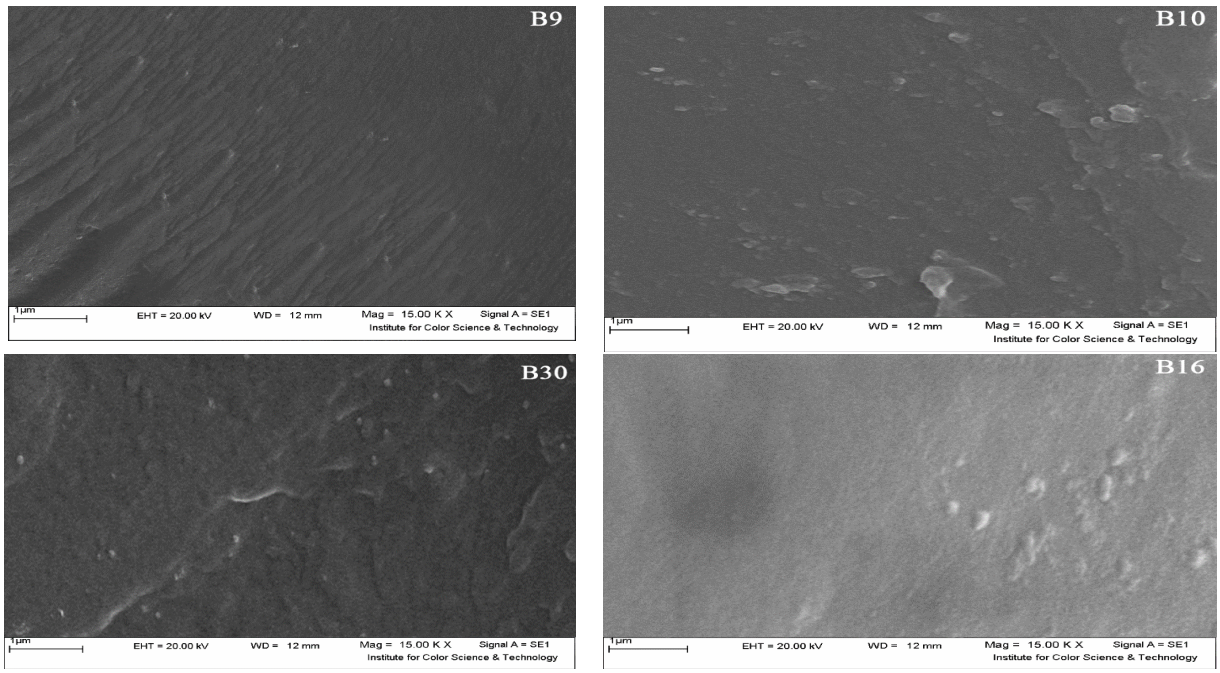

Fig 9 The electron microscopic images of gelatin films produced by taking into account the factors affecting the extraction process.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

٤-نتیجه‌گیری کلی

در تحقیق حاضر اثر پارامترهای موثر بر فرآیند استخراج ژلاتین بر میزان بهینه سازی آن مورد بررسی قرار گرفت. جهت بهینه سازی فیلم روش سطح پاسخ شامل یک طرح مرکب مرکزی برای فرایند استخراج در نظر گرفته شد. مجموعه‌ای از فاکتورهای موثر در استخراج شامل، غلظت سدیم هیدروکسید، مدت پیش‌تیمار قلیایی، غلظت هیدروکلریک‌اسید و دمای استخراج به عنوان متغیرهای مستقل؛ و متغیرهایی مثل خواص‌کششی، میزان حلالیت‌درآب و میزان نفوذپذیری به بخار آب بعنوان متغیرهای وابسته مورد ارزیابی قرار گرفتند. به‌طورکلی نتایج نشان داد فاکتورهای ذکر شده بر بهینه‌سازی استخراج ژلاتین اثر گذار می-باشند و در برخی موارد با اعمال شرایط لازم منجر به بهبود خواص فیزیکی، مکانیکی و ظاهری فیلم‌های حاصل از ژلاتین می‌گردند. بطور کلی از نتایج تحقیق حاضر می‌توان با درنظر-گرفتن عوامل مؤثر بر استخراج و انتخاب بهترین شرایط آن؛ فیلم ژلاتین با خواص به نسبت مناسبی را تولید کرده و در بسته‌بندی مواد غذایی به منظور حفظ کیفیت مورد استفاده قرار داد.

٥-منابع

[1] GME. 2008. Gelatin Manufacturers of Europe. http://www.gelatine.org/en/gelatine/overview/127.htm. Accessed 15.03.08.

[2] Gómez-Guillén, M. C., Pérez-Mateos, M., Gómez-Estaca, J., López-Caballero, E., Giménez, B., and Montero, P. 2009. Fish gelatin: a renewable material for developing active biodegradable films. Trends in Food Science and Technology. 20(1): 3-16.

[3] Chiou, B.-S., Avena-Bustillos, R. J., Bechtel, P. J., Jafri, H., Narayan, R., Imam, S. H., Glenn, G. M., and Orts, W. J. 2008. Cold water fish gelatin films: Effects of cross-linking on thermal, mechanical, barrier, and biodegradation properties. European Polymer Journal. 44(11): 3748-3753.

[4] Otoni, C. G., Avena - Bustillos, R. J., Chiou, B. S., Bilbao - Sainz, C., Bechtel, P. J., and McHugh, T. H. 2017. Ultraviolet - B Radiation Induced Cross - linking Improves Physical Properties of Cold - and Warm - Water Fish Gelatin Gels and Films. Journal of Food Science. 77(9): 215-223.

[5] Pereda, M., Ponce, a. G., Marcovich, N. E., Ruseckaite, R. a., and Martucci, J. F. 2011. Chitosan-gelatin composites and bi-layer films with potential antimicrobial activity. Food Hydrocolloids. 25(5): 1372-1381.

[6] Cho, S. M., Kwak, K. S., Park, D. C., Gu, Y. S., Ji, C. I., Jang, D. H., Lee, Y. B., and Kim, S. B.2004. Processing optimization and functional properties of gelatin from shark (*Isurus oxyrinchus*) cartilage. Food Hydrocolloids, 18 (4): 573–579.

[7] Akbar, I., Jaswir, I., Jamal, P., and Octavianti, F. 2017. Fish gelatin nanoparticles and their food applications: a review. International Food Research Journal, 24: 58-64.

[8] Gilsenan, P. M., and Ross-Murphy, S. B. 2015. Rheological characterization of gelatins from mammalian and marine sources. Food Hydrocolloids, 12: 191–195.

[9] Karayannakidis, P. D., and Zotos, A. 2016. Fish processing by-products as a potential source of gelatin: a review. Journal of Aquatic Food Product Technology, 25(1): 65-92.

[10] Kasankala, L.M., Xue, Y., Weilong, Y., Hong, S.D. and HE, Q. 2007. Optimization of gelatine extraction from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fish skin by response surface methodology. Bioresource Technology, 98: 3338–3343.

[11] Cho, S.H., Jahncke, M.L., Chin, K.B. and Eun, J.B. 2006. The effect of processing conditions on the properties of gelatin from skate (*Raja kenojei*) skins. Food Hydrocolloid, 20: 810–6.

[12] Rozet, E., Lebrun, P., Hubert, P., Debrus, B. and Boulanger, B. 2013. Design spaces for analytical methods. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 42: 157-167.

[13] Shigemura, Y., Ando, M., Tsukamasa, Y., Makinodan, Y. and Kawai, T. 2003. Correlation of type V collagen content with postmortem softening of fish meat during chilled storage. Fisheries science, 69(4): 842-848.

[14] ASTM. 2002. Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting. Annual book of ASTM Standards. Designation D882-02. Philadelphia: American Society for Testing Materials.

[15] ASTM. 2002. Standard test methods for water vapor transmission of material, E 96-95.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

Annualbook of ASTM, American Society for Testing and Material. Philadelphia, PA.
[16] Hosseini, M., Razavi, S. and Mousavi, M. 2009. Antimicrobial, physical and mechanical properties of chitosan based films incorporated with thyme, clove and cinnamon essential oils. Journal of Food Processing and Preservation, 33(6): 727-743.
[17] Pranoto, Y., Lee, C.M. and Park, H.J. 2005. Characterizations of fish gelatin films added with gellan and κ-carrageenan. LWT-Food Science and Technology, 40: 766-774.
[18] Xiaowei, Z. 2017. An Overview of Recently Published Global Aquaculture Statistics.
[19] Prinyawiwatkul, W., Suvanich, V., Harrison, R.W., King, J.W., Sathivel, S., Pacheco, K., Rout, S.K., Nadarajah, K. and Sonti, S. 2002. Value-added from crawfish and catfish. Louisiana Agriculture, 45(4): 20-21.
[20] Ninan, G., Jose, J. and Abubacker, Z. 2011. Preparation and characterization of gelatin extracted from the skins of rohu (*labeo rohita*) and common carp (*cyprinus carpio*). Journal of Food Processing and Preservation, 35 (2011): 143-162.
[21] Montero, P. and Gomez-guillen, M.C. 2000. Extracting conditions for megrim (*Lepidorhombus boscii*) skin collagen affect functional properties of the resulting gelatin. Journal of Food Science, 65: 434–438.
[22] Bourtoom, T. 2008. Edible films and coatings: characteristics and properties. International Food Research Journal, 15(3): 237-248.
[23] Pereda, M., Ponce, A. G., Marcovich, N. E., Ruseckaite, R. A. and Martucci, J. F. 2011. Chitosan-gelatin composites and bi-layer films with potential antimicrobial activity. Food Hydrocolloids, 25: 1372-1381.
[24] Rivero, S., García, M.A. and Pinotti A. 2009. Composite and bi-layer films based on gelatin and chitosan. Journal of Food Engineering, 90: 531-539.
[25] Staroszczyk, H., Pielichowska, J., Sztuka, K., Stangret, J. and Kołodziejsk, I. 2012. Molecular and structural characteristics of cod gelatin films modified with EDC and Tgase. Food Chemistry, 130: 335-343.
[26] Sothornvit, R. and Krochta, J. M. 2005. Plasticizers in edible films and coatings. In J. H. Han (Ed.), Innovations in food packaging. New York: Elsevier Publishers. pp. 403-433
[27] Rhim, J. W., Hong, S. I., Park, H. M. and Ng, P. k. w. 2006. Preparation and Characterization of Chitosan-Based Nanocomposite Films with Antimicrobial Activity. Journal of agricultural and food chemistry, 54: 5814-5822.
[28] Pereda, M., Ponce, A. G., Marcovich, N. E., Ruseckaite, R. A. and Martucci, J. F. 2011. Chitosan-gelatin composites and bi-layer films with potential antimicrobial activity. Food Hydrocolloids, 25: 1372-1381.
[29] Jouki, M., Yazdi, F. T., Mortazavi, S. A. and Koocheki, A. 2013. Quince seed mucilage films incorporated with oregano essential oil: Physical, thermal, barrier, antioxidant and antibacterial properties. Food Hydrocolloids, 36: 9-19.
[30] Xu, J., Bartley, J. and Johnson, R. 2016. Preparation and characterization of alginate–carrageenan hydrogel films crosslinked using a water-soluble carbodiimide (WSC). Journal of membrane science, 218(1):131-146.
[31] Shakila, R. J., Jeevithan, E., Varatharajakumar, A., Jeyasekaran, G. and Sukumar, D. 2012. Comparison of the properties of multi-composite fish gelatin films with that of mammalian gelatin films. Food Chemistry, 135(4): 2260-2267.
[32] Krochta, J .M and De Mulder-Johnston, C. 1997. Edible and biodegradable polymer films. Food Technolog, 51: 61-74.
[33] Weng, W., Zheng, H. and Su, W. 2014. Characterization of edible films based on tilapia (*Tilapia zillii*) scale gelatin with different extraction pH. Food Hydrocolloids, 41: 19-26.
[34] Pires, C., Ramos, C., Teixeira, B., Batis Pires, C., Ramos, C., Teixeira, B., Batista ta, I., Nunes, M. L. and Marques, A. 2013. Hake proteins edible films incorporated with essential oils: Physical, mechanical, antioxidant and antibacterial properties. Food Hydrocolloids, 30(1): 224-231.
[35] Hosseini, S. F., Rezaei, M., Zandi, M. and Ghavi, F. F.2013. Preparation and functional properties of fish gelatin-chitosan blend edible films. Food chemistry, 136(3), 1490-1495.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

Characteristics of Gelatin Film Produced from Common Carp Scales (Cyprinus carpio) by Investigating the Effect of Effective Parameters in Extraction Process

Barzegar, L. [1], Ojagh, S. M. [2*], Raeisi, M. [3], Seraj, B. [4], Alishahi, A. [5], Motalebi, A.[6]

1. Ph.D. student of Seafood Processing, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
2. Associate Professor of Seafood Processing, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
3. Associate Professor of Food Hygen, Golestan University of Medical sciences, Iran.
4. Assitance professor of fisheries department, Faculty of marine sciences, Chabahar maritime university, Chabahar, Iran
5. Associate Professor of Seafood Processing, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.
6. Professor of Food Hygen,Iranian Fisheries Research Organization (IFRO).

(Received: 2018/12/20 Accepted:2019/04/20)

In this study, gelatin from common carp scales (*Cyprinus carpio*) was produced using alkaline, acidic and thermal methods. Then, the physical factors, barrier properties and its appearance characteristics were optimized by changing effective factors in the initial gelatin extraction process. In order to optimize the film, the response surface methodology included a central composite design for extraction process, a series of effective factors in extraction including sodium hydroxide concentration, alkaline pre-treatment, hydrochloric acid concentration and extraction temperature as independent variables were investigated. The dependent variables including tensile properties, water solubility and water vapor permeability were investigated. The results of screening based on mechanical strength and solubility resulted in the selection of 4 factors of 9 factors. In the screening stage, four variables including two factor of the pH of extraction and the duration of the alkaline treatment that had the greatest effect on the tensile strength, and two factor including concentrations of acid treatments and the extraction temperature that had the most effect on the solubility of the films were selected for the the main experiments with gelatin extraction. Other variables that did not have a significant impact on the mechanical properties and film solubility were in their most common form. The main experiments of gelatin extraction included 30 treatments. Solubility showed significant changes ($p < 0.05$). The lowest solubility was 25.08% for treatment No. 9 with alkaline treatment for 195 minutes, acid treatment with 0.3 molar concentration and extraction at 63 ° C. The lowest permeability was for treatment No. 15 with alkaline treatment for 140 minutes, acidic treatment with a concentration of 0.18 molar and extraction at 76 ° C ($p < 0.05$). Finally, it was determined that by changing some of the extraction factors, the properties of gelatin film obtained from common carp scales could be optimized.

Keywords: Gelatin, *Cyprinus carpio*, extraction, Effective factors.

* Corresponding Author E-Mail Address: Mahdi_ojagh@yahoo.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]