

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

لحاك برزگر^۱، سید مهدی اجاق^{۲*}، مجتبی رئیس^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- دانشیار گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

۳- دانشیار گروه بهداشت مواد غذایی، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، ایران

۴- استادیار گروه شیلات، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران

۵- دانشیار گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

۶- 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 مؤثر 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 مؤثر 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 ۴ فاکتور از ۹ فاکتور گردید. در مرحله غربالگری ۴ متغیر شامل دو فاکتور pH مرحله استخراج و مدت زمان تیمار قلیایی که دارای بیشترین تأثیر روی مقاومت کششی بودند و دو فاکتور غلظت تیمار اسیدی و دمای مرحله استخراج که دارای بیشترین تأثیر بر میزان حلالیت فیلم‌ها بودند جهت انجام آزمایشات اصلی انتخاب شده‌اند. سایر متغیرها که تأثیر 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 ($p < 0.05$) نشان داد. کم‌ترین حلالیت ۲۵/۰۸ درصد مربوط به تیمار شماره ۹ با تیمار قلیایی به مدت ۱۹۵ دقیقه، تیمار اسیدی با غلظت ۰.۳ مولار و استخراج در دمای ۶۳ درجه بوده است. کم‌ترین نفوذپذیری مربوط به تیمار شماره ۱۵ با تیمار قلیایی به مدت ۱۴۰ دقیقه، تیمار اسیدی با غلظت ۰/۱۸ مولار و استخراج در دمای ۷۶°C بوده است ($p < 0.05$). در نهایت مشخص شد با تغییر برخی فاکتورهای مؤثر می‌توان خصوصیات فیلم ژلاتینی حاصل از فلس کپور معمولی را بهینه سازی نمود.

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

*مسئول مکاتبات: Mahdi_ojagh@yahoo.com

۱- مقدمه

ويژگي هاي عملكردي ژلاتين بسيار مهم مي باشند كه اين ويژگي ها توسط فاكترهاي متنوعي از جمله pH، غلظت سدیم هيدروكسيد و هيدروكلريك اسيد، مدت پيش تيمار قليايي و همچنين دماي استخراج تحت تاثير قرار مي گيرند. مطالعات زيادي در مورد اثر شرايط استخراج ژلاتين بر بهبود ويژگي هاي عملكردي آن صورت گرفته است [۶، ۷، ۸]. غلظت سدیم هيدروكسيد، دما و زمان استخراج به عنوان فاكترهاي مستقل و مقدار ژلاتين و قدرت تشكيل ژل به عنوان فاكترهاي وابسته در اين مطالعات در نظر گرفته شد. نتايج بررسي هاي اين مطالعات نشان داد كه متغيرهاي مستقل ذكر شده بر بهينه سازي ژلاتين استخراج شده موثر واقع مي شوند [۲]. ژلاتين حيوانات خونگرم، ژل پايدارتري از ژلاتين ماهيان آب سرد كه به طور قابل ملاحظه اي داراي نقاط ژله اي كننده و ذوب كم تري است، توليد مي نمايد. علاوه بر اين ژلاتين ماهيان آب گرم، پرولين و هيدروكسي پرولين بيشترى دارد. به هر حال در موارد كاربرد زياد آن، خصوصيات كشي و چسبناكي بيشترى مورد نياز است و اين خواص با استفاده از مواد اصلاح كننده ژلاتين بدست خواهد آمد [۹]. سالانه مقادير قابل توجهي از توليدات آبري پروري به ويژه فلس ماهي كامل يا فيله شده، به عنوان ضايعات غير قابل استفاده از دسترس خارج مي شود [۱۰]. در ميان ماهيان پرورشي گرمابي كپور معمولي كه داراي حجم بالايي از فلس حاوي ژلاتين است مي تواند گزينه مناسبی برای توليد ژلاتين در نظر گرفته شود.

بنابراين هدف از مطالعه حاضر بهينه سازي فيلم ژلاتين توليدي از ماهي گرمابي پرورشي كپور معمولي به وسيله تغيير فاكترهاي مؤثر در استخراج ژلاتين و تعيين ويژگي هاي فزيكي و ظاهري ژلاتين توليد شده مي باشد.

۲- مواد و روش

۲-۱- آماده كردن تيمارهاي ماهي

ماهي كپور معمولي (*Cyprinus carpio*) با ميانگين وزني ۴۰۰ گرم و طول متوسط ۴۰ سانتيمتر از بازار خريداري و با جعبه هاي حاوي يخ به آزمايشگاه منتقل شد پس از عمليات شستشو با استفاده از برس فلزي فلس ماهي ها جدا شده و در دماي ۱۸-

حجم زيادي از ژلاتين سالانه به وسيله صنايع غذايي در سراسر دنيا مورد استفاده قرار مي گيرد و اين مقدار به دليل فراواني، هزينه ي پايين توليد و ويژگي هاي عملكردي عالي آن در حال رشد است. گزارش هاي اخير نشان مي دهد كه توليد جهاني ساليانه ژلاتين تقريباً ۳۲۶۰۰۰ تن مي باشد. بالاترين توليد براي ژلاتين مشتق شده از پوست خوك (۴۶ درصد)، پس از آن پوست گاو (۲۹/۴ درصد)، استخوان (۲۳/۱ درصد) و ساير منابع (۱/۵ درصد) ذكر شده است [۱]. افزايش علاقه مندي در زمينه ي جايجزيني فرآورده هاي جنبي از صنعت شيلات يكي از دلایل افزايش توليد صنعتي ژلاتين ماهي در سال هاي اخير است [۲]. علاوه بر اين، به دليل اعتقادات اجتماعي - فرهنگي و نيز ترس از جنون گاوي^۱، ژلاتين دريايي جايجزين خوبي براي ژلاتين پستانداران از جمله گاو و خوك مي باشد [۲؛ ۳]. ژلاتين ماهي مزايای ديگري نسبت به ژلاتين ساير پستانداران دارد، از جمله دماي ذوب و ژله اي شدن پايين تر به خاطر ميزان كم تر پرولين و هيدروكسي پرولين است، كه در بين ماهيان نيز ژلاتين ماهيان سردآبي دماي ذوب و ژله اي شدن كم تري نسبت به ژلاتين ماهيان گرمابي دارد [۴]. وجود دماي ذوب پايين در ژلاتين ماهي آن را از نظر حسي خصوصاً رهايش طعم كه براي برخي مواد غذايي مطلوب است، منحصر به فرد کرده است [۲]. ژلاتين زيست سازگاري، شكل پذيري و قابليت جذب نور خوبي از خود نشان مي دهد و با تشكيل فيلم ها و پوشش هايي با ويژگي هاي مكانيكي و ممانعتي مناسب در برابر گازها در رطوبت نسبي پايين، مي تواند به عنوان مواد بسته بندي زيستي به خوبي عمل كند. علاوه بر اين فيلم هاي ژلاتين شفاف، انعطاف پذير و محكم هستند [۵].

ژلاتين يكي از بهترين موادي است كه تاكنون براي تهيه فيلم ها و پوشش هاي خوراكي به كار رفته است. ژلاتين بيوپليمري مشتق شده از كلاژن است [۴]. در كل، كلاژن موجود در فلس ماهي طيف وسيع تري از تركيب اسيدهاي آمينه را در مقايسه با كلاژن پستانداران نشان مي دهد. هيدروكسي پرولين و پيرولين آن ها نسبت به كلاژن پستانداران كم تر است و در عوض محتوای سرينوترئونين بالاتري دارند [۲]. براي كاربردهاي مطلوب؛

فاکتورهای دارای بیشترین تاثیر در خواص فیلم ژلاتینی به وسیله روش سطح پاسخ، این فاکتورها در مرحله‌ی بعد در ۵ سطح مورد آزمایش و بررسی قرار گرفتند [۷].

۲-۴- اندازه گیری مقدار ژلاتین

مقدار ژلاتین به وسیله اندازه‌گیری مقدار هیدروکسی پرولین با استفاده از فاکتور تبدیل ۱۱/۴۲ 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 [۱۴]. نرخ انتقال بخار آب برحسب $(\text{m}^{-2} \text{ ثانیه}^{-1} \text{ گرم})$ 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 روکشاها و تقسیم آن در اختلاف فشار موجود در دو سمت روکش میزان نفوذ پذیری بخار آب به دست آمد و به صورت $\text{g s}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ Pas}^{-1}$ گزارش شد.

۲-۶- اندازه گیری 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 $۱۰ \times ۲/۵$ سانتی متر مربع بریده شدند. فاکتورهایی شامل مقاومت کششی، درصد کرنش در نقطه شکست (تغییر طول نمونه تقسیم بر طول اولیه ضرب در ۱۰۰) مطابق روش شماره D882-01 مصوب ASTM از روی منحنی های نیرو بر حسب تغییر شکل به دست آمدند [۱۵].

۲-۷- سنجش میزان حلالیت در آب

وزن اولیه نمونه‌های فیلم با ابعاد $۲/۵ \times ۲/۵$ سانتی متر پس از خشک شدن در دمای ۱۰۵ سانتی‌گراد تعیین شد و سپس نمونه‌های فیلم در ظروف حاوی ۵۰ سی‌سی آب مقطر قرار گرفتند. ظروف بمدت ۲۴ ساعت در دمای محیط قرار داده شدند. پس از این مدت نمونه‌ها بوسیله کاغذهای صافی که قبلا خشک شده بود فیلتر و مجددا در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک‌گردیدند [۱۶].

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 $۹۰۰ \times \text{g}$ و همچنین در دمای ۳۰°C سانتریفیوژ شد. فاز بالایی به وسیله کاغذ صافی به روش خلاء فیلتر شده و محلول صاف شده با استفاده از خلاء تا بریکس ۱۰ در ۶۰°C 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: غربال‌گری 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 $(۲^{۹-۰})$ برای غربالگری فاکتورهای استخراج استفاده شد. طرح غربالگری فاکتوریل کسری ۲ سطحی برای انتخاب ۴ 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 $۰/۱ - ۰/۳ \text{ M}$ دمای تیمار قلیایی $۴ - ۲۴^\circ\text{C}$ و زمان تیمار قلیایی $۹۰ - ۳۰$ دقیقه، در تیمار اسیدی غلظت اسید $۰/۰۶ - ۰/۱۲ \text{ M}$ ، دمای تیمار اسیدی $۴ - ۲۴^\circ\text{C}$ و زمان تیمار $۹۰ - ۳۰$ و در فرایند استخراج حرارتی دمای استخراج $۴۰ - ۸۰^\circ\text{C}$ و زمان استخراج $۲۴۰ - ۱۲۰$ دقیقه و pH استخراج $۵ - ۹$ 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

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

نتایج تاییدی با استفاده از ANOVA ($P < 0/05$) و آزمون چند دامنه دانکن با استفاده از نرم افزار SPSS16 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 ۴ فاکتور از ۹ فاکتور گردید. در مرحله‌ی غربالگری که به وسیله نرم افزار Design Expert و با استفاده از طرح فاکتوریل دو سطحی (2^4) انجام شد، ۱۶ تیمار طراحی شدند. در این مرحله دو متغیر 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 ۱ و 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. همانطور که 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 می‌باشند.

در این رابطه؛ بررسی نتایج حاصل از بررسی موثرترین متغیرها بر میزان حلالیت فیلم‌ها (شکل ۲) 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 ۴ 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.

۲-۸- سنجش رنگ سطحی و شفافیت فیلم‌ها

سنجش رنگ با استفاده از سیستم (۱۹۷۶) CIELAB انجام شد. نمونه‌های فیلم به منظور سنجش رنگ بر روی 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 9×40 میلی‌متر در درون سلول‌های اسپکتروفوتومتری قرار گرفته و به منظور سنجش میزان عبور نور در طول موجهای ۸۰۰-۲۰۰ نانومتر توسط دستگاه مورد ارزیابی قرار گرفتند.

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 به مدت ۲۴ ساعت در دمای 105°C درجه سانتی‌گراد خشک گردیدند. نمونه‌ها همراه با پلیت پس از این مدت خارج شده و پس از سرد شدن در دسیکاتور؛ مجدداً توزین شدند [۱۷].

۱۰-۲- آزمون پراش پرتو ایکس (XRD^1)

نمونه‌ها با استفاده از دستگاه Philips X' Pert MPD (کشور هلند) با پرتویی با طول موج $1/054439$ آنگستروم با ماده‌اندیکس پالتدرزاویه‌ی $2\theta = 1-12^\circ$ در دمای محیط و با سرعت یک درجه در دقیقه مورد سنجش قرار گرفتند.

۲-۱۱- آزمون میکروسکوپ الکترونی روبشی

(SEM^۲)

ریز ساختار روکش‌های تولیدی، به وسیله دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی (Philips) ساخت کشور هلند) و با تصویربرداری از سطح روکش‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. تصویربرداری از نمونه‌ها با کاربری ۲۰ کیلو وات و در بزرگنمایی‌های مختلفی انجام گرفت.

۲-۱۲- تجزیه و تحلیل آماری

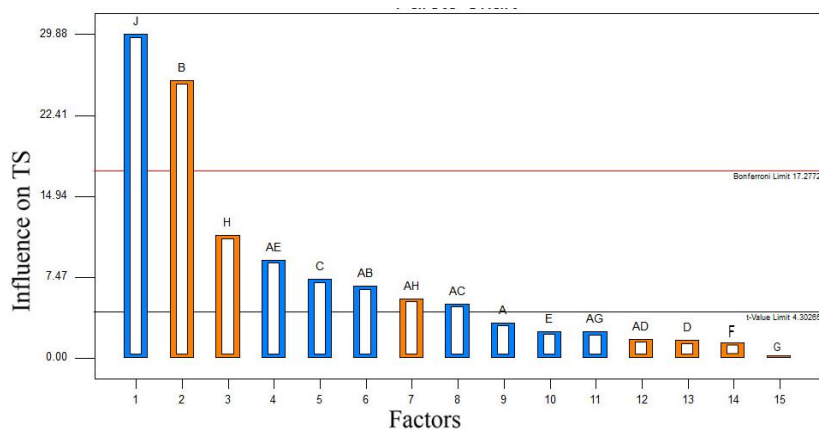
همه‌ی آزمایش‌ها در سه تکرار صورت پذیرفته و میانگین نتایج به همراه انحراف معیار در تایید آزمون‌ها گزارش شد. آنالیز آماری

2. X-Ray Diffraction

3. Scanning Electron Microscopy

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

Treatment number	Concentration of Alkaline Solution (NaOH)	Time of Alkaline solution	Temperature of Alkaline solution ($^{\circ}\text{C}$)	Concentration of Acidic Solution (mol/L)	Time of Acidic Solution (min)	Temperature of Acidic solution ($^{\circ}\text{C}$)	Temperature of Extraction solution ($^{\circ}\text{C}$)	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 \pm SD of three replicates. Different superscripts show significant differences at $p < 0.05$.

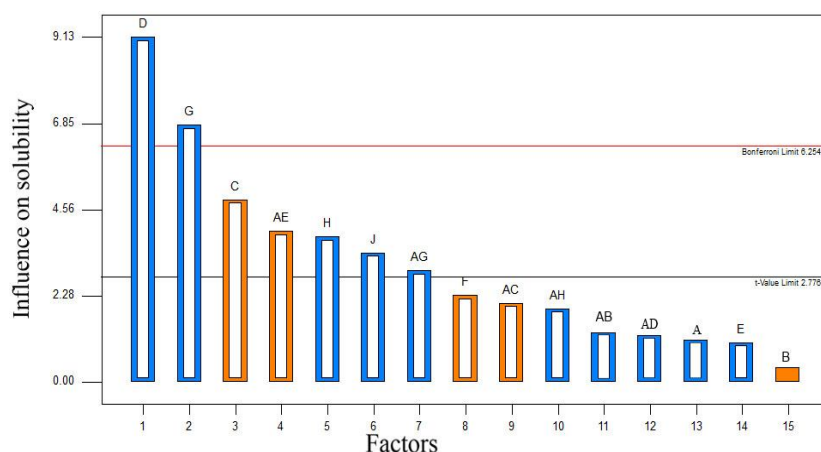


Fig 2 Pareto chart

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 \pm SD of three replicates.

آن است؛ باید سعی شود این شاخص تاحدامکان در پلیمرهای تولیدی کم باشد [۲۳]. به طور کلی فیلم‌های پروتئینی به دلیل داشتن گروه‌های آبدوست نفوذ پذیری بالایی به بخار آب دارند [۲۴]. نفوذپذیری بالای فیلم‌های خوراکی در مقابل بخار آب نسبت به کاربرد و کارایی آن مطلوب نیست و می‌بایست با اعمال روش و تیمارهای مختلف بهبود یابد [۲۴]. در این مطالعه فیلم‌های ژلاتین تولیدی با روش‌های مختلف از نظر نفوذپذیری به بخار آب تفاوت‌های معنی‌داری با یکدیگر داشتند ($p < 0.05$) (شکل ۳). بطوری که کمترین مقادیر نفوذپذیری به بخار آب به میزان 0.28×10^{-10} پاسکال \times متر^{-۱} ثانیه گرم) مربوط به تیمارهای شماره ۱۵، ۱۶ و ۹ بوده است. نتایج مطالعه حاضر با نتایج برخی محققین همخوانی داشت [۲۵، ۲۶]. این نتایج به نوعی می‌تواند به یافته‌های 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 می‌توانند نقش سد کننده در برابر عبور بخار آب داشته باشند [۳۳]. بنابراین می‌توان اظهار داشت که در تیمارهای شماره ۹، ۱۵ و ۱۶؛ اعمال تیمارها از نظر pH، زمان و دما اثر کمتری در حذف اسیدهای آمینه هیدروفوب از ساختار ژلاتین داشته‌اند.

۳-۲- مقدار ژلاتین

بازده ژلاتین به دست آمده از فلس کپور معمولی شسته شده ۱۲/۷ درصد بوده است. بازده فلس کپور معمولی، کپور نقره‌ای و کپور علفخوار ۱۱/۸، ۱۰ و ۸/۷ گزارش شده است [۱۹]. شکل بدن متفاوت ماهیان مقادیر ژلاتین متفاوتی را تولید می‌کند. نتایج استخراج ژلاتین گربه ماهی شمالی در ایالت متحده نشان داد میزان ژلاتین ۴ درصد وزن ماهی اولیه می‌باشد [۲۰]. مقادیر ژلاتین استخراج شده از ماهیان کاد، کفشک و هیک به ترتیب ۷/۲ درصد، ۸/۲ درصد و ۶/۵ درصد گزارش شده است [۲]. در مطالعه دیگری میزان ژلاتین به دست آمده از کپور معمولی ۱۲ درصد گزارش شد [۲۱]. بنابراین مقادیر ژلاتین استخراج شده بر اساس شکل بدن ماهی، تفاوت در میزان کلاژن، ماتریکس پوست و ترکیبات آن، می‌تواند متفاوت باشد. تیمارهای اسیدی و قلیایی به دلیل 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

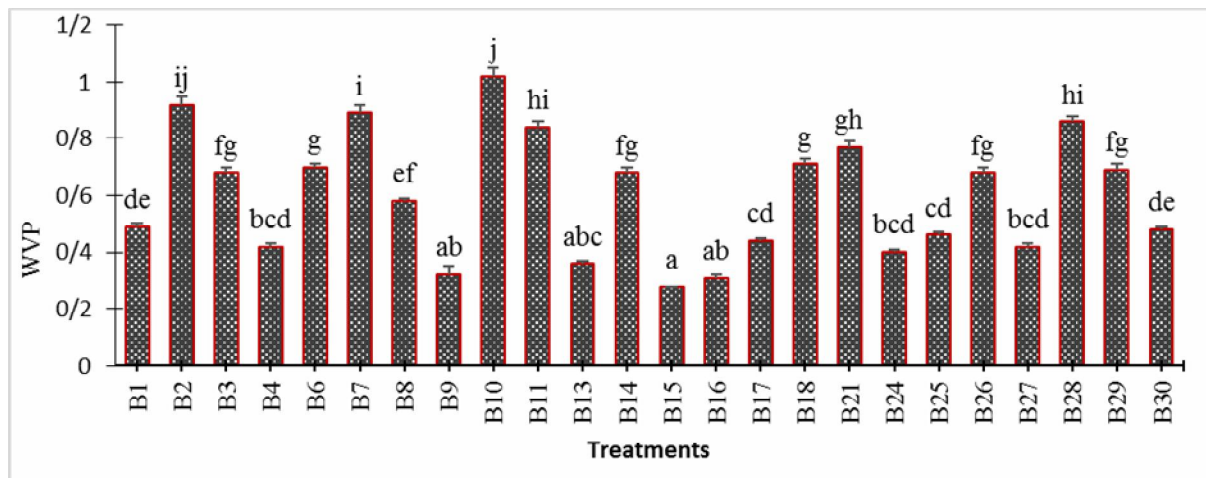


Fig 3 Water vapor permeability of gelatin films produced by investigating the effect of effective factors on extraction.

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

شده است. متوسط ضخامت فيلم‌ها ۱۱۰ ميكرومتر بود. تفاوت معنی‌داری بين فيلم‌ها از نظر ضخامت وجود نداشت ($p > 0.05$). اما از نظر خواص مکانیکی؛ تیمارها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان دادند ($p < 0.05$). 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 تیمار ۱۴ و ۹ بود و کمترین مقاومت کششی در تیمار ۵ مشاهده شد. بطور کلی فیلم‌های پروتئینی بواسطه چگالی انرژي هم چسبي قوی پلیمر، شکننده و حساس به ترک خوردن هستند [۲۸].

۳-۴- اندازه‌گیری خواص مکانیکی فیلم‌ها

کارایی مناسب و موثر پلیمرهای خوراکی و زیست‌تخریب‌پذیر در صنعت بسته‌بندی؛ شدیداً به داشتن ویژگی‌های مطلوب مکانیکی آن وابسته است [۲۷]. استحکام یا مقاومت کششی، پارامتری جهت ارزیابی استحکام فیلم می‌باشد که به ساختار شیمیایی و پیوندهای بین مولکولی و یا بهم پیوستگی زنجیره‌های پلیمر در ماتریس ورقه‌ای فیلم‌ها 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 (۴) نشان داده

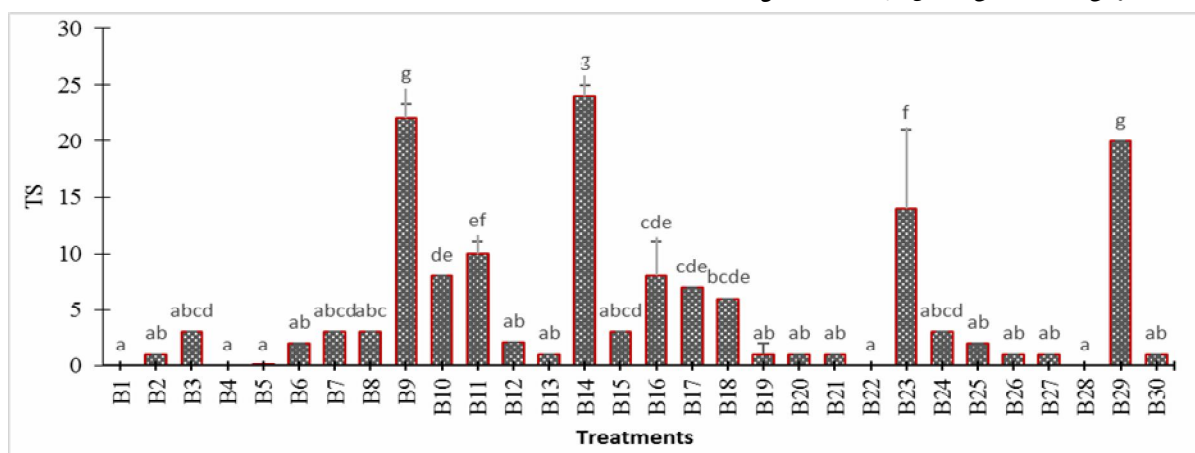


Fig 4 Tensile strength of gelatin films produced by investigating the effect of effective factors on extraction. Data are presented as the means \pm SD of three replicates. Different superscripts show significant differences at $p < 0.05$.

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 پستانداران محتوای ایمینواسید (پرولین و هیدروکسی پرولین) کمتری دارد که این می‌تواند دلیل حلالیت بیشتر فیلم‌های حاصل از آن‌ها 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 الکترواستاتیکی، پیوند هیدروژنی و نوع اسیدهای آمینه باشد [۳۰].

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 تیلایا در pH های مختلف؛ به میزان محتوای ماریچ سه گانه آن وابسته است و در واقع ارتباط بالایی بین TS و فراوانی ماریچ آلفا ژلاتین تشکیل دهنده فیلم وجود دارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مقدار پایین TS در pH های ابتدایی و انتهای 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

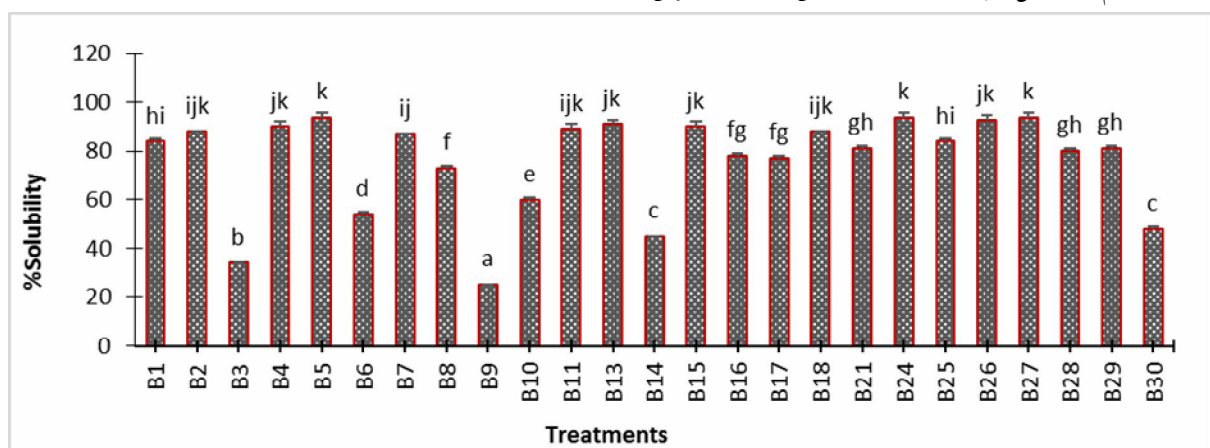


Fig 5 The solubility of gelatin films produced by investigating the effect of factors affecting extraction Data are presented as the means \pm SD of three replicates. Different superscripts show significant differences at $p < 0.05$.

فیلمهای کامپوزیت، شفافیت است که ویژگی بسیار ارزشمندی در فیلمهای خوراکی است. در میان همه تیمارها؛ تیمار ۳ نیز دارای بالاترین میزان عدد T و بیشترین کدورت بود. در ناحیه طول موج فرابنفش (۲۸۰-۲۰۰) فیلم‌ها صرف نظر از شرایط مختلف، خاصیت مانعته 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 می‌تواند ناشی از مقادیر بالاتر آمینواسیدهای حلقوی در فلس ماهی کپور معمولی نسبت به ژلاتین فلس ماهی تیلایا باشد که در واقع قادر به جذب و جلوگیری از اشعه uv می‌باشند [۳۵].

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 کار برده می‌شود می‌تواند یک 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

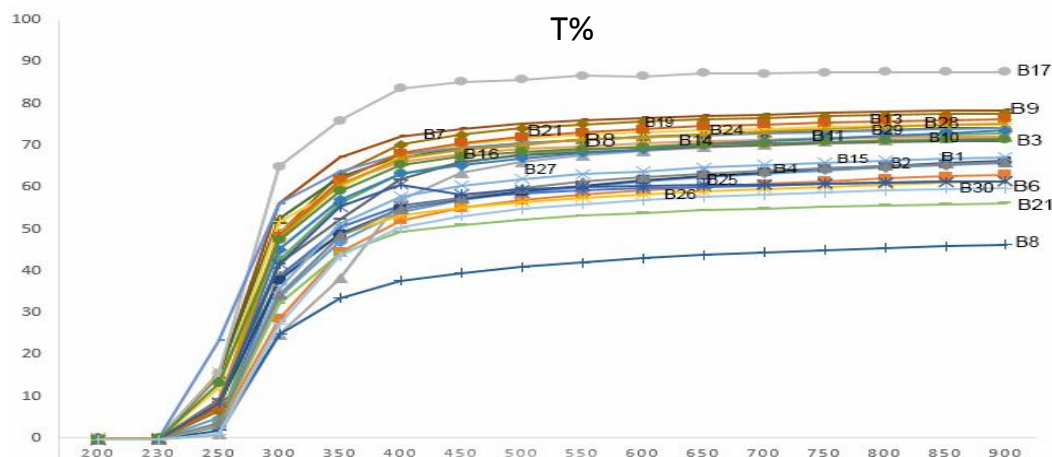


Fig 6 Determination of opacity of produced gelatin films taking into account the factors affecting extraction.

رطوبت در نتیجه تخریب شبکه فیلم است که باعث می شود میزان رطوبت موجود در بین زنجیره های پروتئینی به وسیله پیوندهای هیدروژنی افزایش یابد [۳۲].

۳-۷-سنجش میزان رطوبت فیلم ها

درصد رطوبت فیلم ها در شکل (۷) نشان داده شده است. اثر رطوبت بر تیمارها معنی دار شد ($p < 0,05$). نتایج مطالعه حاضر با نتایج Jouki و همکاران [۳۱] همخوانی داشت. افزایش

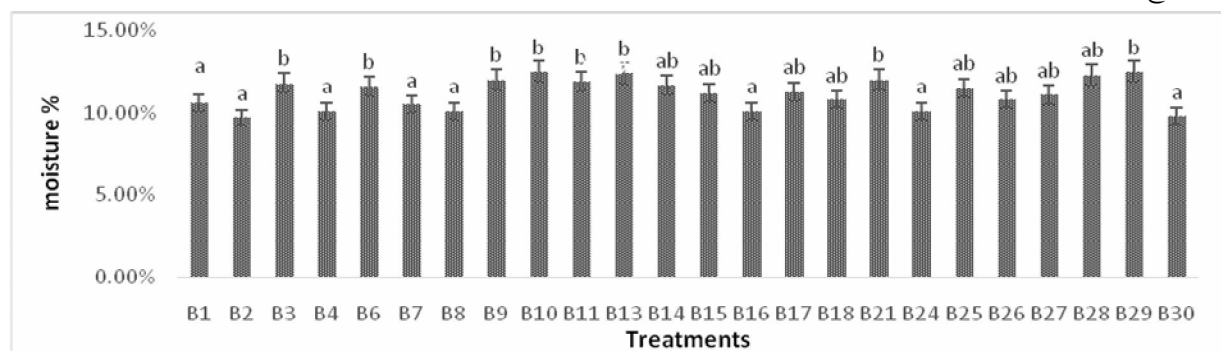


Fig 7 The moisture content of gelatin films produced by taking into account the factors affecting the extraction process.

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

تیزی ارائه دادند که این نشان دهنده حضور ساختار کریستال در این فیلم ها در نتیجه آرایش منظم زنجیره های 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.

۳-۸-آزمون پراش پرتو ایکس (XRD)

الگوی XRD تیمارها در شکل (۸) نشان داده شده است. در تمام تیمارها پیک مشخصی در ناحیه $2\theta = 23^\circ$ مشاهده شد. نتایج نشان داد که اثر تیمارها بر الگوی پراش پرتو ایکس ژلاتین تولید شده بویژه در ناحیه 23° تغییرات قابل توجهی نشان می دهد. به شکلی که تیمار شماره ۳۰ و ۱۳ در این ناحیه پیک های قوی و نوک

2. X-Ray Diffraction

3. Scanning Electron Microscopy

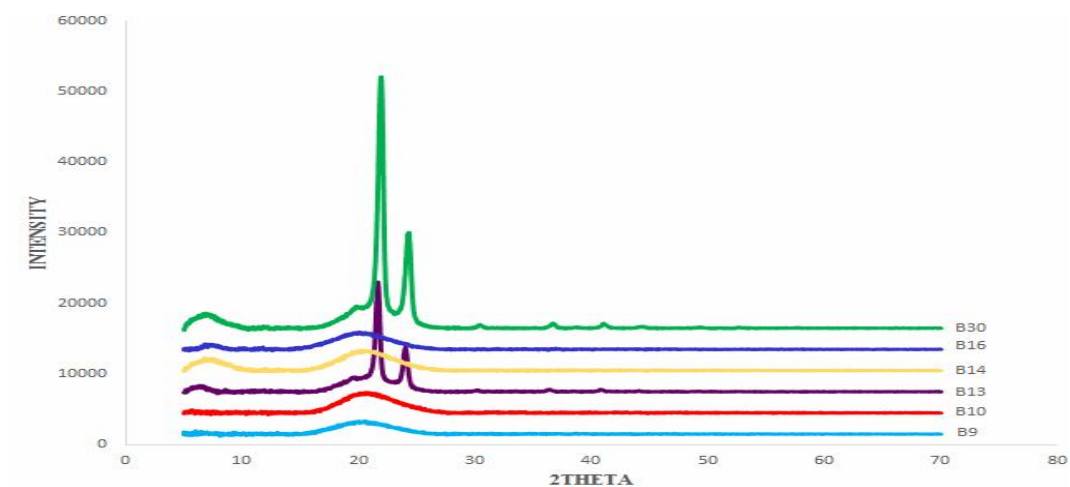


Fig 8 X-ray diffraction pattern of gelatin films produced by taking into account the factors affecting the extraction process.

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 حاضر در مطالعه‌ای که پیرامون تولید فیلم کامپوزیت از کیتوزان-ژلاتین انجام گرفت؛ ناهمواری سطحی را در ارتباط با تشکیل پیوندهای هیدروژنی گزارش نمودند [۳۳].

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

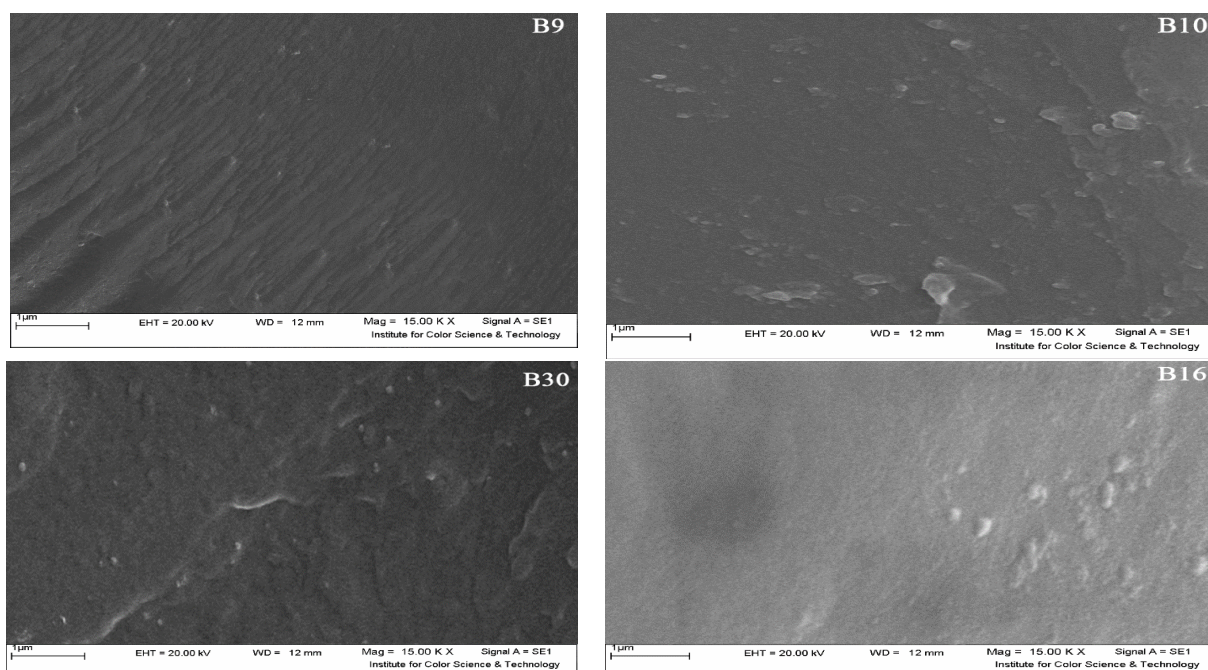


Fig 9 The electron microscopic images of gelatin films produced by taking into account the factors affecting the extraction process.

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] Gilenan, 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 kenoei*) 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.

۴- نتیجه گیری 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 خواص کششی، میزان حلالیت در آب و میزان نفوذپذیری به بخار آب بعنوان متغیرهای وابسته مورد ارزیابی قرار گرفتند. به‌طور کلی نتایج نشان داد فاکتورهای ذکر شده بر بهینه‌سازی استخراج ژلاتین اثر گذار می‌باشند 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 در نظر 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.

۵- 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

- 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 Technol, 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.
- 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 Kołodziejek, 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.

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