Archive of SID

www.journals.rifst.ac.ir
نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی
سال ۱۳۹۵، جلد ۵، شماره ۲، صفحات ۱۵۲-۱۴۱

JRIFST

استفاده از اینولین در پوشش‌دهی فیلهٔ ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با پایهٔ آلژینات سدیم و بررسی تأثیر آن بر ویژگی‌های حسی و بافتی فراوردهٔ سرخ شده

بهروز محمدزاده[۱]، مسعود رضائی[۲*]، مرضیه حسینی‌نژاد[۳]، محسن برزگر بفروئی[۴]

۱- دانشجوی دکتری شیلات- عمل‌آوری فرآورده‌های شیلاتی، گروه فرآوری آبزیان، دانشکده علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، نور
۲- استاد گروه فرآوری آبزیان، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور
* نویسنده مسئول (rezai_ma@modares.ac.ir)
۳- دانشیار گروه زیست فناوری مواد غذایی، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی، مشهد
۴- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۷/۲۸
تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۲۳

واژه‌های کلیدی:
اینولین
پوشش خوراکی
سرخ شدن عمیق
فیلهٔ ماهی

چکیده

در این تحقیق استفاده از ترکیب پری‌بیوتیک اینولین در پوشش خوراکی فیلهٔ ماهی با هدف بهبود ویژگی‌های فراسودمند محصول بررسی گردید. فیلهٔ ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با پوشش خوراکی حاوی آلژینات سدیم ۵ درصد و اینولین در سطوح ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰٪ به روش غوطه‌وری پوشش‌دهی شدند. پس از سرخ کردن عمیق نمونه‌ها، ویژگی‌های حسی به روش آنالیز توصیف کمّی و آنالیز پروفیل بافت فراوردهٔ نهایی با دستگاه آنالیز بافت و طی آزمون فشرده شدن بررسی گردیدند. در ارزیابی حسی صفات گروه طعم شامل طعم ناشی از سرخ کردن، طعم ماهی و شیرینی و همچنین صفت رنگ داخلی محصول تغییرات بیشتری را نشان دادند. طبق نتایج آزمون آنالیز بافت نمونه‌های سرخ شده بیشترین میزان صفات سختی، قابلیت جویدن و صمغی بودن در نمونه‌های بدون پوشش ثبت گردید. تغییرات صفات به‌هم‌پیوستگی و الاستیسیتهٔ نمونه‌های سرخ شده در تیمارهای مختلف معنی‌دار نبوده و روند تغییرات دو پارامتر سختی و قابلیت جویدن شبیه یکدیگر و برخلاف صفت الاستیسیته بود. در مجموع نتایج نشان داد که ترکیب فراسودمند اینولین می‌تواند در سطوح ۳۰ و ۴۰٪ در پوشش خوراکی فیلهٔ ماهی به‌کاربرده شود بدون آنکه اثر قابلِ‌توجهی بر خواص حسی، چشایی و ویژگی‌های بافتی فراوردهٔ سرخ شدهٔ نهایی داشته باشد.

مقدمه

غذاهای دارای مواد مغذی نظیر پروبیوتیک‌ها[1]یا پری‌بیوتیک‌ها[2]؛ یکی از انواع غذاهای فراسودمند می‌باشند (Bigliardi & Galati, 2013). پری‌بیوتیک‌ها کربوهیدرات‌های کوتاه زنجیره‌ای هستند که به‌وسیلهٔ آنزیم‌های هاضمهٔ انسان غیرقابل هضم بوده و کربوهیدارت‌های کوتاه زنجیره (SCCs) مقاوم نامیده می‌شوند (Quigley *et al.*, 1999). تعریف پری‌بیوتیک‌ها و فیبر هم‌پوشانی زیادی دارد و تفاوت پری‌بیوتیک‌ها با فیبرها در توانایی آنها در گزینش

[1] Probiotic
[2] Prebiotic

www.SID.ir

Archive of SID

باکتری‌های مفید دستگاه گوارش یا همان پروبیوتیک‌هاست. در حال حاضر رایج‌ترین نوع پری‌بیوتیک‌های تجاری اروپا، ژاپن و استرالیا فروکتوالیگوساکاریدها[1]و اینولین هستند و تحقیقات نیز بیشتر بر روی این ترکیبات متمرکز شده است (حسینی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۱). استفاده از پری‌بیوتیک‌ها به‌عنوان مکمل غذایی موجب متعادل نمودن ترکیب غذایی از لحاظ مواد مغذی و کاهش میزان کالری غذا می‌گردد (Al-Sherajia *et al.*, 2013). افزودن فیبر خوراکی به غذاهای دریایی موجب کامل شدن خصوصیات سلامتی آنها ازجمله کاهش کلسترول در خون، کاهش در دسترس بودن مواد مغذی و اثر پری‌بیوتیکی می‌گردد (Borderias *et al.*, 2013). فناوری فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی ازجمله فناوری‌های مورد استفاده در تولید غذاهای فراسودمند می‌باشند، اساس این تکنولوژی‌ها ایجاد ساختاری جهت ممانعت از نابودی ترکیبات فعال از لحاظ فیزیولوژی می‌باشد (Betoret *et al.*, 2011). سرخ کردن عمیق یکی از قدیمی‌ترین و مقبول‌ترین روش‌های آماده‌سازی مواد غذایی است، غذاهای سرخ شده دارای طعم، رنگ و بافت ترد مطلوبی بوده که این ویژگی‌ها سبب افزایش محبوبیت فراورده‌های غذایی تهیه شده به‌وسیلهٔ این فرایند در بین مصرف‌کنندگان گردیده است (Choe & Min, 2007). پوشش‌ها بر سطح ماهی، مرغ و قطعات گوشت پیش از لعاب‌دهی و سوخاری کردن به‌کاررفته و می‌توانند ارزش غذایی فراورده غذایی را از طریق کاهش جذب روغن طی سرخ شدن بهبود بخشد (Gennadios *et al.*, 1997). مواد پوششی مناسب می‌توانند ویژگی‌های حسی نظیر رنگ، بو و مزه را در فراورده سرخ شده بهبود دهند؛ استفاده از پوشش خوراکی کیتوزان و نانوکیتوزان ۴٪ در پوشش دادن فیش فینگر[2] پیش از سرخ کردن سبب کاهش میزان جذب روغن در فرآورده مذکور به میزان از ۱۶/۴۲ به ۴/۵۶٪ و افزایش رطوبت از ۳۴/۶۱ به ۵۲/۷٪ گردید (Osheba *et al.*, 2013). بررسی ویژگی‌های حسی فیله‌های ماهی آزاد پوشش داده شده با پوشش بر پایهٔ آب‌پنیر پس از سرخ شدن نشان داد که عمل پوشش دادن اثر نامطلوبی بر ویژگی‌های حسی فراورده ندارد (Rodriguez-Turienzo *et al.*, 2011). در طراحی و فرمولاسیون غذاهای فراسودمند به حداکثر رساندن و حفظ جزء فراسودمند و ایجاد ویژگی‌های حسی مطلوب در فراوردهٔ نهایی اهمیت فراوانی دارد (Bandarra *et al.*, 2008). به‌طوری‌که اثبات شده است که خصوصیات حسی پارامتری بی‌نهایت مهم در تأثیرگذاری بر پذیرش غذاهای فراسودمند می‌باشند (Urala & Lathteenmaki, 2007). استفاده از ترکیبات پری‌بیوتیک با هدف بهبود ویژگی‌های فراسودمند محصولات غذایی طی سالیان گذشته روند روبه‌رشد و قابل‌توجهی را نشان داده است. ازاین‌رو در تحقیق حاضر به‌منظور بررسی امکان افزایش ارزش غذایی و افزودن جزء فراسودمند به فیلهٔ ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان از پوشش خوراکی آلژینات سدیم حاوی سطوح مختلف پری‌بیوتیک اینولین استفاده گردید و در ادامه به‌منظور ارزیابی اثر فرایند پوشش دادن بر خواص حسی و بافتی فیلهٔ سرخ شده به‌عنوان یک فراورده شیلاتی پرمصرف فیلهٔ پوشش داده شده با سطوح مختلف اینولین به‌صورت عمیق سرخ گردید و ویژگی‌های حسی و بافتی فراوردهٔ نهایی تعیین گردید تا امکان معرفی فیلهٔ ماهی حاوی جزء پری‌بیوتیک اینولین از این منظر بررسی گردد.

مواد و روش‌ها

تهیهٔ پوشش خوراکی و تعیین برخی ویژگی‌های پوشش خوراکی

پوشش خوراکی حاوی آلژینات سدیم (تهیهٔ شده از شرکت Sigma-Aldrich کشور آلمان، با کد شناسایی A1112) در سطح ۵٪ و اینولین (تهیهٔ شده از شرکت Bene کشور بلژیک) در سطوح ۱۰٪، ۲۰٪، ۳۰٪ و ۴۰٪ بر اساس روش Roble و همکاران (۲۰۱۱) تهیه گردید: محلول‌های آبی حاوی سطوح ۱۰ تا ۴۰٪ اینولین با حلالیت بالا HSI[3] تهیه و سپس آلژینات

[1] Fructooligosaccharides
[2] Fish finger
[3] High Solution Inulin

www.SID.ir

Archive of SID

سدیم با ویسکوزیتهٔ پایین در سطح ۵٪ در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به آن افزوده شد. پس از گذشت ۴۵ الی ۶۰ دقیقه جهت انحلال کامل آلژینات سدیم و خنک شدن محلول، گلیسرول به‌عنوان نرم‌کننده[1] در سطح ۵۰٪ وزن بیوپلیمر (آلژینات سدیم) به محلول افزوده شد. محلول در دمای محیط به کمک همزن مغناطیسی به آرامی همگن شد تا حباب‌های محلول از بین رفته و پوشش خوراکی با قابلیت تولید فیلم به دست آمد.

پس از تهیهٔ محلول پوشش (پراکنش)[2] خوراکی آلژینات سدیم حاوی سطوح مختلف اینولین، pH محلول توسط pHمتر دیجیتال (مدل JENWAY 3510,UK، ساخت کشور انگلستان) در دمای محیط اندازه‌گیری شد. دانسیته با تعیین وزن حجم مشخصی از محلول (۲۵ میلی‌لیتر) از طریق محاسبهٔ جرم واحد حجمی محلول و ویسکوزیتهٔ ظاهری با استفاده از ویسکومتر دیجیتالی بروکفیلد مدل (LVDV-II + P, USA) تعیین گردید. (Zhong *et al.*, 2014). ویسکوزیتهٔ ظاهری جهت تعیین رفتار رئولوژیکی پوشش‌ها با استفاده از ویسکومتر بروکفیلد مدل LVDV-II +P,USA و با دوک شماره SC4-31 در سرعت‌های ۶، ۱۰، ۱۲، ۲۰، ۳۰، ۵۰، ۶۰ و ۱۰۰ سنجش شد، تمامی سنجش‌ها در دمای محیط (۲±۲۵ درجه سانتی‌گراد) انجام پذیرفت.

پوشش دادن فیلهٔ ماهی و بررسی کیفیت پوشش بر سطح فیلهٔ ماهی

تکه‌های فیلهٔ ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزنی ۴۰ الی ۵۰ گرم) به روش غوطه‌وری به نحو ذیل پوشش داده شد: ۱ دقیقه غوطه‌وری در محلول، ۳۰ ثانیه چکاندن، ۳۰ ثانیه غوطه‌وری، ۳۰ ثانیه چکاندن و درنهایت ۳ دقیقه غوطه‌وری در محلول کلرید کلسیم ۵٪ جهت انعقاد بهتر و به‌منظور تشکیل کامل پوشش بر سطح فیله، تکه‌های فیلهٔ پوشش‌دار به محفظهٔ مجهز به جریان هوای سرد (۲±۴ درجه سانتی‌گراد) منتقل گردید و پس از مدت زمان ۱ ساعت، فیله‌های پوشش یافته جهت ادامهٔ آزمایش‌ها در بسته‌های زیب کیپ در یخچال قرار گرفتند. به‌منظور بررسی کیفیت پوشش بر سطح فیلهٔ ماهی پس از پوشش دادن فیله با محلول‌های پوششی مختلف پارامترهای میزان جذب پوشش خوراکی ضخامت پوشش تعیین گردیدند. جهت محاسبهٔ میزان جذب پوشش خوراکی توسط فیله از رابطهٔ (۱) استفاده شد.

رابطهٔ (۱)

میزان جذب پوشش خوراکی = (وزن فیله پس از پوشش دادن–وزن فیله پیش از پوشش دادن) صد × وزن فیله پیش از پوشش دادن/

همچنین به‌منظور سنجش ضخامت پوشش خوراکی شکل گرفته بر سطح فیلهٔ ماهی ابتدا قطعاتی از فیلهٔ پوشش داده شده (۴ سانتی‌متر طول، ۲ سانتی‌متر عرض و ۰/۵ سانتی‌متر ضخامت) برش زده شد و با استفاده از میکروسکوپ دیجیتال Dino-Lite pic از آنها (مقطع عرضی) عکس تهیه و سپس با استفاده از نرم‌افزار Image tool (نسخه ۳) ضخامت تقریبی پوشش بر سطح فیله محاسبه گردید.

سرخ کردن و تعیین برخی ویژگی‌های فیلهٔ سرخ شده

به‌منظور ارزیابی اثر فرایند سرخ کردن بر روی فیله‌های ماهی (بدون پوشش و پوشش‌دار)، فیله‌ها درون دستگاه سرخ‌کن (Black & Decker، مدل SL13YD ساخت کشور انگلستان) با استفاده از روغن مخصوص سرخ کردن شرکت بهار به مدت ۴ دقیقه در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد تحت عمل سرخ شدن عمیق قرار گرفتند. در ادامه پارامترهای میزان افت وزنی طی پخت و میزان چروکیدگی طی سرخ شدن بر اساس رابطه‌های (۲) و (۳) تعیین گردیدند. لازم به ذکر است که ابعاد سطح نمونه با استفاده از خط‌کش دقیق اندازه‌گیری شد و وزن نمونه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال و با دقت دو دهم اعشار تعیین گردید.

[1] Plastic Seizer
[2] Dispersion

www.SID.ir

Archive of SID

رابطهٔ (۲)

= افت وزنی طی پخت (٪)
/ (وزن فیلهٔ خام– وزن فیلهٔ سرخ شده)
وزن فیلهٔ سرخ شده

رابطهٔ (۳)

= میزان چروکیدگی (٪)
۱۰۰ × (سطح فیلهٔ خام/ سطح فیلهٔ سرخ شده)

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی فیله‌های پوشش‌دار و بدون پوشش سرخ شده توسط شش داور آموزش دیده در دامنهٔ سنی ۲۸ تا ۳۴ سال با استفاده از روش آنالیز توصیف کمی[1] (QDA) انجام گردید. جهت ارزیابی فرم مخصوصی در اختیار ارزیابان قرار گرفت که در آن صفات موردِبررسی مطابق جدول ۱ بر روی یک مقیاس خطی ۱۵ سانتی‌متری و در دو لبهٔ مقیاس، شدت هر صفت با افزایش از سمت چپ به راست، مشخص شده بود (Morita *et al.*, 2003). داوران پس از هر بار ارزیابی دهان خود را با آب سرد شست‌وشو می‌دادند.

آنالیز پروفیل بافت[2]

جهت بررسی و درک بهتر تغییرات بافتی فراورده آنالیز پروفیل بافت با دستگاه آنالیز بافت (TEX VOL، مدل TVT-300XP) انجام پذیرفت. بدین منظور از فیله‌های خام و سرخ شده نمونه‌های یکسانی به ابعاد ۳×۲×۱ سانتی‌متر تهیه و مورد آنالیز قرار گرفت. نمونه‌ها با استفاده از یک پروب سکه‌ای با قطر ۴ سانتی‌متر و نیروی وارده ۰/۰۵ نیوتن (۵ گرم) و با سرعت ۱ میلی‌متر در ثانیه به‌صورت رفت‌وبرگشتی در دو مرحله فشرده شدند، میزان فشرده شدن برای نمونه‌های خام ۶۰٪ و برای نمونه‌های سرخ شده ۲۵٪ ارتفاع نمونه‌ها بود.

در ادامه بر اساس منحنی نیرو- تغییر شکل حاصل از این آزمون پارامترهای سختی[3]، الاستیسیته[4]، قابلیت جویدن[5]، صمغی بودن[6] و به‌هم‌پیوستگی[7] محاسبه و ثبت گردیدند. تمامی محاسبات بر اساس میانگین ۳ تکرار برای هر تیمار بود.

تجزیه‌وتحلیل آماری

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام گرفت. ابتدا طبیعی بودن یا نبودن داده‌ها به‌وسیلهٔ آزمون کولموگروف - اسمیرنف تعیین و پس از اثبات طبیعی بودن از آزمون پارامتریک One Way ANOVA و Duncan برای مقایسهٔ میانگین‌ها استفاده شد. همچنین برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های به‌دست‌آمده از ارزیابی حسی به روش QDA نیز از آزمون پارامتریک One Way ANOVA استفاده گردید (Sveinsdottir *et al.*, 2010).

جدول ۱ - صفات موردبررسی در ارزیابی حسی فیلهٔ سرخ شده به روش آنالیز توصیف کمی (QDA)

	صفات حسی	مقیاس (۰ تا ۱۵)	تعریف
بو	بوی ناشی از سرخ کردن	به‌هیچ‌وجه تا زیاد	بوی روغن مورد استفاده جهت سرخ کردن
	بوی ماهی	ناچیز تا زیاد	بوی ماهی
طعم	طعم ناشی از سرخ کردن	به‌هیچ‌وجه تا زیاد	طعم روغن مورد استفاده جهت سرخ کردن
	طعم ماهی	ناچیز تا زیاد	طعم ماهی
	شیرینی	ناچیز تا زیاد	طعم شیرینی مادهٔ افزوده شده به فیله
رنگ	رنگ داخلی محصول	روشن تا تیره	رنگ بافت داخلی فیلهٔ سرخ شده
بافت	نرمی بافت	کم تا زیاد	بافت نرم فیلهٔ سرخ شده ناشی از پختن
	آبدار بودن بافت	ناچیز تا زیاد	احساس آبدار بودن بافت فیلهٔ سرخ شده در دهان
	حالت ارتجاعی بافت	ناچیز تا زیاد	میزان انعطاف‌پذیری بافت فیلهٔ سرخ شده در دهان

[1] Quality Description Analysis
[2] Texture Profile Analysis
[3] Hardness
[4] Springiness
[5] Chewiness
[6] Gumminess
[7] Cohesiveness

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

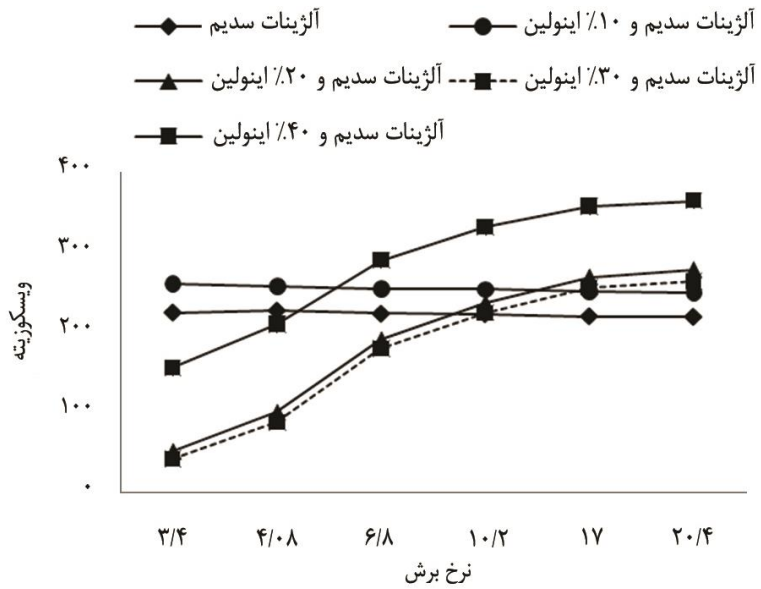
ویژگی‌های پوشش‌های خوراکی

عملکرد پوشش‌های خوراکی نه تنها تحت تأثیر نوع روش پوشش‌دهی بوده بلکه ویژگی‌های مواد پوشش همچون نوع ماده، مقدار، دانسیته و ویسکوزیته نیز بر آن تأثیرگذار می‌باشند (Zhong *et al.*, 2014). نتایج مربوط به ویژگی‌های دانسیته و درجهٔ pH محلول‌های پوششی در جدول ۲ و تغییرات ویسکوزیتهٔ ظاهری در نرخ‌های مختلف برش در شکل ۱ آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود دانسیتهٔ محلول‌های پوششی حاوی سطوح مختلف اینولین نسبت به نمونهٔ شاهد (نمونهٔ بدون اینولین) به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بیشتر می‌باشد ($P\leq$۰/۰۵). ازآنجایی‌که میزان pH یک محلول پوششی می‌تواند بر ثبات محلول (نظیر تغییر ویسکوزیته) و عملگری محلول (نظیر خاصیت آنتی‌باکتریایی) اثر بگذارد، نیاز است که pH اولیهٔ محلول پوششی اندازه‌گیری شود (Zhong *et al.*, 2014). در این تحقیق اختلاف معنی‌داری بین درجهٔ pH در محلول‌های پوششی مختلف وجود نداشت ($P\geq$۰/۰۵) این نتایج نشان می‌دهد که افزودن اینولین حتی در سطوح بالا نیز نمی‌تواند تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر pH بگذارد.

جدول ۲ - میانگین pH و میزان دانسیتهٔ محلول پوششی (پراکنش) آلژینات سدیم حاوی سطوح مختلف اینولین (۱۰ تا ۴۰ درصد)

محلول‌های مختلف	دانسیته (گرم در میلی لیتر)	pH
آلژینات ۵٪ (بدون افزودن اینولین)	*۰/۸۷۸±۰/۰۱۳^{a}	۵/۰۷±۰/۰۷^{a}
آلژینات ۵٪ و اینولین ۱۰٪	۰/۹۷۶±۰/۰۰۹^{d}	۵/۰۳±۰/۰۳^{a}
آلژینات ۵٪ و اینولین ۲۰٪	۰/۹۲۱±۰/۰۵۰^{b}	۵/۰۵±۰/۱^{a}
آلژینات ۵٪ و اینولین ۳۰٪	۰/۹۵۳±۰/۰۱۱^{c}	۵/۰۴±۰/۰۸^{a}
آلژینات ۵٪ و اینولین ۴۰٪	۰/۹۷۹±۰/۰۰۵^{d}	۵/۰۵±۰/۰۵^{a}

* میانگین ± انحراف استاندارد، حروف کوچک مشترک نشان از عدم تفاوت معنی‌دار و حروف مختلف کوچک وجود تفاوت معنی‌دار در بین تیمارهای مختلف می‌باشد.



شکل ۱ - ویسکوزیتهٔ ظاهری محلول‌های پوششی آلژینات حاوی سطوح مختلف اینولین HIS (۱۰ تا ۴۰٪) در دمای ۲۵±۲ درجه سانتی‌گراد

www.SID.ir

Archive of SID

ویسکوزیتهٔ محلول پوششی می‌تواند بر توانایی گسترش و یکنواختی لایهٔ پوشش بر سطح مادهٔ غذایی و همچنین بر میزان ضخامت و عملکرد فیلم به‌دست‌آمده از محلول پوششی مذکور بر سطح مادهٔ غذایی اثر بگذارد، ویسکوزیتهٔ پایین می‌تواند محاسنی را برای فرایند فراوری طی اسپری کردن و پوشش دادن ایجاد کند درحالی‌که ویسکوزینهٔ بالا کاربرد بیشتری در روش غوطه‌وری دارد (Zhong *et al.*, 2014). همانطور که در نمودار مشخص است، روند تغییرات ویسکوزیتهٔ ظاهری در نرخ‌های برش متفاوت محلول‌های پوششی تهیه شده به گونه‌ای است که با افزایش نرخ برش؛ ویسکوزیتهٔ محلول‌ها افزایش پیدا نموده که البته این افزایش در محلول‌های مختلف متفاوت است، لیکن از لحاظ رفتار رئولوژیکی تمامی محلول‌ها رفتار سودوپلاستیک را از خود نشان می‌دهند، در واقع با افزودن اینولین به محلول پوششی حاوی آلژینات سدیم ویسکوزیته به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد، لیکن اختلاف بین سطوح مختلف اینولین قابل‌ملاحظه نیست. مقادیر ویسکوزیته تحت تأثیر ماهیت پلیمر، مادهٔ حل شده و واکنش‌های بین آنها قرار دارد که طی حل شدن فرایند شکل می‌گیرد (Zhong *et al.*, 2014).

کیفیت پوشش بر سطح فیلهٔ ماهی

میزان جذب پوشش خوراکی توسط فیله و ضخامت پوشش شکل گرفته بر سطح فیله، به‌عنوان دو پارامتر بررسی کیفیت و عملکرد فرایند پوشش دادن فیلهٔ ماهی با استفاده از محلول‌های تهیه شده، تعیین گردید که نتایج مربوط به این دو پارامتر در جدول ۳ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که میزان جذب پوشش خوراکی بر سطح فیله همراه با افزایش غلظت اینولین در محلول افزایش می‌یابد؛ به‌طوری‌که در محلول‌های حاوی اینولین ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد به‌طور معنی‌داری بیشتر از محلول‌های دارای ۱۰ درصد اینولین و بدون اینولین می‌باشد ($P\leq$۰/۰۵). این اختلاف می‌تواند ناشی از دانسیتهٔ بالاتر محلول‌ها حاوی سطوح بالای اینولین باشد. در خصوص ضخامت نتایج نشان‌دهندهٔ کاهش ضخامت لایهٔ پوششی بر سطح فیلهٔ ماهی همراه با افزایش غلظت اینولین در محلول‌های پوششی می‌باشد و ضخامت پوشش آلژینات بدون اینولین و حاوی ۱۰٪ اینولین به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر پوشش‌ها است ($P\leq$۰/۰۵). این مسئله می‌تواند ناشی از این مطلب باشد که گرچه محلول‌های با ویسکوزیتهٔ بیشتر و دانسیتهٔ بالاتر می‌توانند میزان جذب پوششی بیشتری را به همراه داشته باشند، ولی پوشش شکل گرفته از محلول‌های دارای ویسکوزیتهٔ پایین‌تر و دانسیتهٔ کمتر کیفیت پوشش‌دهی بهتری را فراهم آورده و ضخامت بیشتری از پوشش بر سطح مادهٔ غذایی ایجاد می‌کند.

جدول ۳- میانگین میزان جذب پوشش و ضخامت پوشش بر سطح فیلهٔ ماهی در محلول‌های پوششی حاوی آلژینات سدیم به همراه سطوح مختلف اینولین (۱۰ تا ۴۰ درصد)

محلول‌های مختلف	میزان جذب پوشش	ضخامت (میلی‌متر)
آلژینات ۵٪ (بدون افزودن اینولین)	*۲/۵۱±۰/۹۴^{a}	۱/۰۳±۰/۳۸^{bc}
آلژینات ۵٪ و اینولین ۱۰٪	۲/۸۲±۰/۸۳^{a}	۱/۱۵±۰/۵۳^{c}
آلژینات ۵٪ و اینولین ۲۰٪	۳/۹۱±۰/۶۴^{b}	۰/۸۳±۰/۱۹^{ab}
آلژینات ۵٪ و اینولین ۳۰٪	۵/۹۴±۰/۷۱^{c}	۰/۸۰±۰/۲۲^{a}
آلژینات ۵٪ و اینولین ۴۰٪	۵/۸۶±۱/۲۷^{c}	۰/۹۲±۰/۱۶^{ab}

*میانگین ± انحراف استاندارد، حروف کوچک مشترک نشان از عدم تفاوت معنی‌دار و حروف مختلف کوچک وجود تفاوت معنی‌دار در بین تیمارهای مختلف می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

فراوردهٔ سرخ شده

میزان افت طی پخت و میزان چروکیدگی به‌عنوان ویژگی‌های فراوردهٔ سرخ شده سنجش گردیدند و نتایج این دو ویژگی بر اساس درصد در جدول ۴ آورده شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده بیشترین درصد افت وزنی فیله‌ها طی پخت مربوط به نمونهٔ بدون پوشش و کمترین آن مربوط به تیمار آلژینات حاوی ۴۰٪ اینولین می‌باشد. همچنین ملاحظه گردید که از لحاظ میزان چروکیدگی بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ($P\geq$۰/۰۵)، گرچه بیشترین میزان چروکیدگی مربوط به نمونه‌های تیمار آلژینات حاوی ۴۰٪ اینولین و کمترین مقدار نیز مربوط به تیمار آلژینات حاوی ۳۰٪ اینولین است. در تحقیق جعفرپور (۱۳۹۴) میزان افت ناشی از پخت طی ۵ دقیقه سرخ کردن فیلهٔ دارای پوشش سوخاری ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان ۲۳/۱۳ درصد گزارش شده است. همچنین افت وزنی طی پخت و میزان طی پخت را انقباض طولی و عرضی، دناتوره شدن و انعقاد پروتئین در طول گرمایش بیان نمودند. پوشش دادن فیلهٔ ماهی در ترکیبی از آب، فسفاتاز، نمک و ادویه‌جات به‌عنوان مادهٔ پوششی سبب کاهش درصد افت پخت شد (Lemos *et al.*, 1999). در تحقیق حاضر به‌طورکلی نمونه‌های پوشش‌دار میزان افت کمتری نسبت به نمونه‌های بدون پوشش داشتند. این اختلاف در تیمارهای مختلف متفاوت بوده و بیشترین اختلاف بین نمونه‌های پوشش داده شده با آلژینات حاوی ۴۰٪ اینولین و نمونهٔ شاهد (فیلهٔ بدون پوشش) ملاحظه گردید.

جدول ۴ - میانگین ویژگی‌های فراوردهٔ سرخ شده شامل میزان افت طی پخت و میزان چروکیدگی طی پخت مربوط به فیلهٔ ماهی سرخ شده پوشش داده شده با محلول‌های پوششی حاوی آلژینات سدیم به همراه سطوح مختلف اینولین (۱۰ تا ۴۰ درصد)

تیمارهای مختلف	میزان افت طی پخت (٪)	میزان چروکیدگی (٪)
فیلهٔ ماهی بدون پوشش (شاهد)	۳۱/۹۲±۴/۷۶^{b}	۲۸/۵۹±۹/۱۰^{a}
آلژینات ۵٪ (بدون افزودن اینولین)	۳۰/۴۳±۳/۷۲^{ab}	۲۸/۴۷±۴/۱۸^{a}
آلژینات ۵٪ و اینولین ۱۰٪	۳۰/۲۱ ±۲/۵۶^{ab}	۲۷/۹۸±۷/۲۰^{a}
آلژینات ۵٪ و اینولین ۲۰٪	۲۷/۹۰ ±۷/۰۸^{ab}	۲۹/۰۷±۶/۵۴^{a}
آلژینات ۵٪ و اینولین ۳۰٪	۲۸/۶۱±۶/۵۱^{ab}	۲۶/۳۲±۸/۸۷^{a}
آلژینات ۵٪ و اینولین ۴۰٪	۲۵/۸۶±۳/۷۶^{a}	۲۹/۵۴±۵/۳۰^{a}

*میانگین ± انحراف استاندارد (Mean ± Standard Division of Mean; n=3). حروف کوچک مشترک نشان از عدم تفاوت معنی‌دار و حروف مختلف کوچک وجود تفاوت معنی‌دار در بین تیمارهای مختلف می‌باشد.

ارزیابی حسی

جدول ۵ نتایج ارزیابی حسی فیلهٔ ماهی سرخ شده که با محلول‌های پوششی حاوی آلژینات سدیم به همراه سطوح مختلف ۱۰ تا ۴۰ درصد اینولین پوشش داده شده (به روش QDA) را نشان می‌دهد.

آلژینات حاوی ۴۰٪ اینولین بیشترین امتیاز و تیمار آلژینات بدون افزودن اینولین کمترین امتیاز را دارند. درمورد صفت شیرینی نیز سه تیمار آلژینات حاوی سطوح ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد اینولین نسبت به سه تیمار دیگر امتیاز بیشتری دارا بودند. امیتاز رنگ داخلی محصول در بین تیمارهای مختلف نوسان نشان می‌دهد به‌طوری‌که بیشترین میزان مربوط به تیمار آلژینات حاوی ۳۰٪ اینولین و کمترین نیز مربوط به تیمار آلژینات حاوی ۱۰٪ اینولین بود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۵ - نتایج ارزیابی حسی فیلهٔ ماهی سرخ شده پوشش داده شده با محلول‌های پوششی حاوی آلژینات سدیم به همراه سطوح مختلف اینولین (۱۰ تا ۴۰ درصد)

تیمارهای مختلف صفات	فیلهٔ ماهی بدون پوشش (شاهد)	آلژینات ۵٪ (بدون افزودن اینولین)	آلژینات ۵٪ و اینولین ۱۰٪	آلژینات ۵٪ و اینولین ۲۰٪	آلژینات ۵٪ و اینولین ۳۰٪	آلژینات ۵٪ و اینولین ۴۰٪
بوی ناشی ازسرخ کردن	۳/۴۸±۰/۸۱^{a*}	۲/۶۵±۱/۰۶^{a}	۲/۷۲±۱/۰۳^{a}	۳/۱۹±۰/۹۶^{a}	۴/۵۲±۰/۶۳^{a}	۴/۶۲±۰/۸۵^{a}
بوی ماهی	۵/۸۳±۱/۵۱^{a}	۴/۱۵±۱/۲۵^{a}	۳/۶۲±۱/۰۵^{a}	۳/۸۴±۰/۹۵^{a}	۴/۶۲±۰/۹۱^{a}	۴/۵۵±۱/۲۱^{a}
طعم ناشی ازسرخ کردن	۳/۰۳±۰/۶۵^{ab}	۱/۸۵±۰/۵۱^{a}	۲/۸۸±۰/۸۵^{ab}	۴/۱۵±۱/۰۰^{ab}	۳/۸۲±۰/۹۱^{ab}	۴/۹۶±۰/۷۱^{b}
طعم ماهی	۷/۴۳±۰/۲۱^{b}	۸/۱۰±۰/۷۶^{b}	۷/۲۳±۰/۹۲^{b}	۸/۴۳±۱/۰۸^{b}	۷/۲۸±۰/۹۰^{b}	۳/۸۹±۰/۴۹^{a}
شیرینی	۲/۱۴±۰/۹۸^{a}	۱/۹۹±۰/۵۶^{a}	۲/۹۷±۰/۸۵^{ab}	۴/۲۶±۱/۲۸^{abc}	۵/۴۲±۱/۱۸^{bc}	۶/۸۸±۱/۱۵^{c}
رنگ داخلی محصول	۲/۲۷±۰/۵۱^{ab}	۱/۸۷±۰/۴۴^{a}	۱/۶۵±۰/۳۷^{a}	۲/۵۶±۰/۸۱^{ab}	۴/۲۶±۰/۵۷^{b}	۲/۶۳±۰/۹۶^{ab}
نرمی بافت	۵/۹۲±۱/۱۱^{a}	۷/۰۴±۱/۱۰^{a}	۵/۹۴±۱/۳۴^{a}	۶/۶۱±۱/۷۳^{a}	۶/۵۸±۱/۲۸^{a}	۷/۲۵±۱/۵۱^{a}
آبدار بودن بافت	۷/۴۵±۱/۴۷^{a}	۷/۵۶±۰/۸۶^{a}	۸/۲۲±۰/۸۷^{a}	۸/۱۷±۰/۸۸^{a}	۸/۲۸±۰/۴۱^{a}	۸/۹۰±۰/۵۷^{a}
حالت ارتجاعی بافت	۷/۶۶±۱/۱۴^{a}	۷/۶۸±۱/۰۱^{a}	۷/۳۶±۰/۸۳^{a}	۸/۸۲±۱/۲۳^{a}	۸/۲۶±۰/۶۴^{a}	۹/۰۹±۰/۷۵^{a}

*حروف کوچک مشترک در هر ردیف نشان از عدم تفاوت معنی‌دار و حروف مختلف کوچک وجود تفاوت معنی‌دار در بین تیمارهای مختلف برای هر صفت موردبررسی می‌باشد.

باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی حسی می‌توان استنباط کرد که متغیرترین صفات درموردِ فراوردهٔ نهایی در تیمارهای مختلف صفات رنگ داخلی محصول، شیرینی و طعم ناشی از سرخ کردن است. در واقع در صفات گروه‌های بو و بافت تفاوت معنی‌داری ملاحظه نگردید، درحالی‌که در صفات مربوط به گروه‌های طعم و رنگ و به‌خصوص صفات ذکر شده اختلاف دیده می‌شود. این داده‌ها نشان‌دهندهٔ تأثیرگذاری افزودن آلژینات و سطوح مختلف اینولین بر طعم و رنگ پس از انجام فرایند سرخ کردن بوده و می‌توانند به‌عنوان صفات تأثیرگذار در پذیرش کلی این فراورده موردتوجه قرار گیرند. تفاوت در صفت رنگ داخلی محصول در تیمارهای مختلف می‌تواند ناشی از تأثیرگذاری اینولینِ فرمولاسیون پوشش طی سرخ کردن باشد، به‌طوری‌که رنگ داخلی محصول در نمونه‌های حاوی سطوح بالای اینولین نسبت به نمونه‌های سطوح پایین و بدون اینولین، تیره‌تر بود. درمورد صفت شیرینی که به‌طور خاص درمورد این فراورده می‌تواند عامل محدودکنندهٔ پذیرش کلی باشد، در سطوح بالای اینولین اثر خود را به‌خوبی نشان داده است. باتوجه‌به اینکه اینولین ترکیبی بی‌بو است، از لحاظ تأثیرگذاری بر روی بوی فراوردهٔ نهایی تقریباً بی‌اثر بوده است. در مجموع و بر اساس ارزیابی حسی صورت گرفته افزودن اینولین به فرمولاسیون پوشش خوراکی فیلهٔ ماهی و متعاقباً سرخ کردن فیلهٔ پوشش‌دار می‌توان نتیجه گرفت که این ترکیب بیشتر بر رنگ، ظاهر و مزهٔ فراوردهٔ نهایی تأثیر می‌گذارد و باتوجه‌به اینکه در این آزمایش جهت مشخص نمودن میزان اثرگذاری اینولین بر طعم و مزهٔ فراوردهٔ نهایی از هیچ‌گونه طعم‌دهنده‌ای استفاده نشد، طعم نسبتاً شیرین در پوشش‌های حاوی سطوح بالای اینولین می‌تواند به کمک مواد طعم‌دهنده‌ای نظیر نمک پوشانده و برطرف گردد.

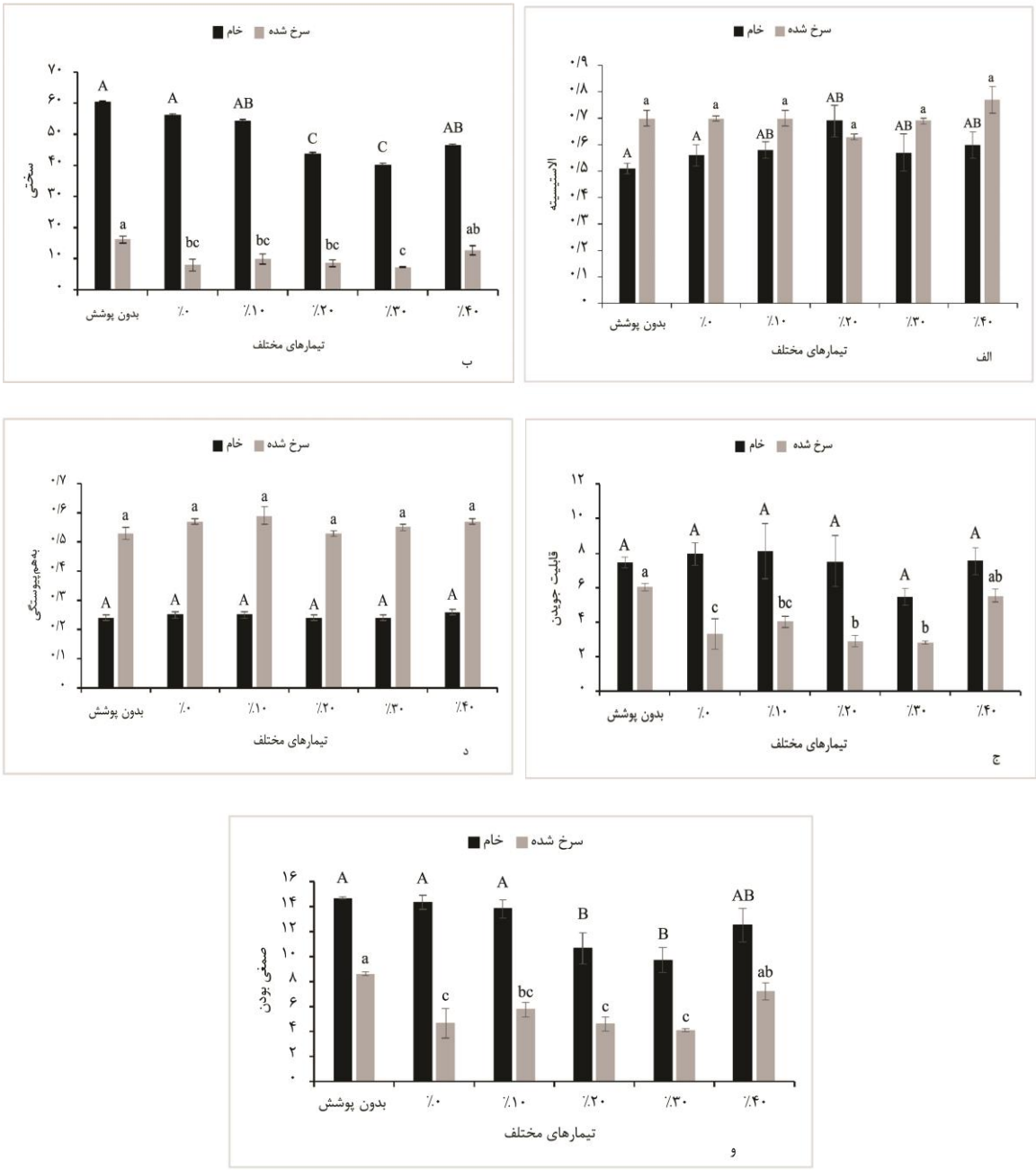
آنالیز ترکیب بافت فیله‌ها

نتایج مربوط به صفات موردِبررسی (تصاویر الف تا و) در آنالیز ترکیب بافت نمونه‌های مختلف در شکل ۲ مشاهده می‌شود. بافت یکی از مهم‌ترین پارامترها در ارزیابی کیفیت مادهٔ غذایی است. تغییرات بافتی طی سرخ کردن نتیجهٔ تغییرات فیزیکی و شیمیایی رخ داده در این فرایند بوده و دربرگیرندهٔ انتقال گرما و جرم با یکدیگر و واکنش‌های شیمیایی است (Chen *et al.*, 2014). نتایج صفات مختلف (تصاویر الف تا و) آزمون آنالیز بافت نمونه‌های خام و سرخ شده تیمارهای مختلف در شکل ۲ آورده شده است، همانطور که مشاهده می‌شود در بین نمونه‌های خام

www.SID.ir

Archive of SID

بیشترین سختی در نمونه‌های بدون پوشش وجود داشته و نمونه‌های دارای پوشش و بخصوص پوشش‌های حاوی اینولین سختی کمتری نشان دادند.



شکل ۲- اندازه‌گیری ویژگی‌های بافت نمونه‌های فیلهٔ ماهی خام و سرخ شده در تیمارهای مختلف شامل بدون پوشش و پوشش آلژینات سدیم حاوی سطوح ۰٪، ۱۰٪، ۲۰٪، ۳۰٪ و ۴۰٪ اینولین. (الف): الاستیسیته، (ب) سختی، (ج) قابلیت جویدن، (د) به‌هم‌پیوستگی، (و) صمغی‌بودن. تیرک‌های ترسیم شده نشان‌دهندهٔ خطای استاندارد میانگین داده‌های اندازه‌گیری شده است. حروف مشترک (بزرگ برای نمونه‌های خام و کوچک برای نمونه‌های سرخ شده) نشان‌دهندهٔ عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف و حروف متفاوت (بزرگ برای نمونه‌های خام و کوچک برای نمونه‌های سرخ شده) نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

در بین نمونه‌های سرخ شده تغییرات پارامتر سختی نامنظم بوده به‌طوری‌که بیشترین سختی در نمونه‌های بدون پوشش دیده شده و کمترین سختی مربوط به نمونهٔ تیمار آلژینات حاوی ۳۰٪ اینولین ملاحظه گردید. الاستیسیتهٔ نمونه‌های خام تیمارهای بدون پوشش و پوشش آلژینات بدون اینولین از سایر تیمارها کمتر بود. بین الاستیسیتهٔ نمونه‌های سرخ شده در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($P\geq$۰/۰۵)، درمورد صفت به‌هم‌پیوستگی در نمونه‌های خام تیمارهای مختلف نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود ($P\geq$۰/۰۵)، همین وضعیت درمورد نمونه‌های سرخ شده نیز وجود دارد. میزان قابلیت جویدن در بین نمونه‌های خام تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان نداد ($P\geq$۰/۰۵)، میزان قابلیت جویدن در نمونه‌های سرخ شده بدون پوشش نسبت به سایر نمونه‌ها دارای بیشتر بوده و نهایتاً میزان صمغی بودن نمونه‌های خام در بین تیمارهای مختلف تغییرات نامنظمی را نشان می‌دهد، به‌نحوی‌که بیشترین میزان صمغی بودن مربوط به تیمار بدون پوشش می‌باشد. در نمونه‌های سرخ شده این صفت تغییرات کمتری را نشان می‌دهد به‌طوری‌که بیشترین میزان مربوط به نمونه‌های بدون پوشش بوده و نمونه‌های سایر تیمارها میزان این صفت در سطح پایین‌تری است. بالا بودن میزان سختی و قابلیت جویدن در نمونه‌های سرخ شده بدون پوشش نسبت به سایر نمونه‌ها ارتباط این دو پارامتر با یکدیگر را نشان می‌دهد، چنانچه در تحقیق Chen و همکاران (۲۰۱۴) روند تغییرات دو پارامتر سختی و قابلیت جویدن در فیله‌های ماهی کپور علفخوار[1] طی سرخ کردن تحت خلأ شبیه هم و روند تغییرات الاستیسیته و سختی برخلاف هم گزارش شده است.

در تحقیق حاضر نیز این روند تقریباً مشابه می‌باشد. نتایج مربوط به صفات گروه بافت ارزیابی حسی شامل نرمی بافت، آبدار بودن بافت و حالت ارتجاعی بافت با نتایج حاصل از آنالیز دستگاهی بافت ازجمله صفات الاستیسیته و به‌هم‌پیوستگی مطابقت دارد. همچنین بالا بودن میزان سختی نمونه‌های سرخ شده بدون پوشش منطبق بر امتیاز پایین صفت نرم بودن بافت در نمونه‌های سرخ شده بدون پوشش می‌باشد.

[1] *Ctenopharyngodon idellus*

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق حاضر پوشش خوراکی بر پایهٔ آلژینات سدیم می‌تواند به‌عنوان حامل جزء پری‌بیوتیک اینولین در فیلهٔ ماهی به‌کاربرده شود، باتوجه‌به اینکه میزان جذب پوشش خوراکی توسط فیلهٔ ماهی نقش تعیین‌کننده‌ای در تعیین توان انتقال اینولین توسط پوشش خوراکی به فیلهٔ ماهی دارد، استفاده از اینولین در سطوح ۳۰ و ۴۰٪ می‌تواند میزان جزء بیشتری از اینولین را به فیلهٔ ماهی انتقال دهد؛ گرچه امکان دارد کیفیت پوشش‌دهی قدری افت داشته باشد. ویژگی‌های حسی و بافتی فیلهٔ ماهی پوشش داده شده با پوشش خوراکی حاوی اینولین پس از اعمال فرایند سرخ کردن عمیق تغییراتی را نشان دادند که بر اساس نتایج به‌دست‌آمده صفات گروه طعم و رنگ بیش از سایر صفات حسی تحت تأثیر افزودن اینولین در غالب پوشش خوراکی به فیله قرار گرفتند. از سویی دیگر نتایج آنالیز بافت فیله‌های سرخ شده نشان داد که مقادیر ثبت‌شدهٔ صفات سختی، قابلیت جویدن و صمغی بودن در نمونه‌های پوشش‌دار کمتر از نمونه‌های بدون پوشش بود و اختلاف قابل‌توجهی بین نمونه‌های پوشش داده شده با سطوح مختلف اینولین مشاهده نمی‌شود. به‌طورکلی در نمونه‌های سرخ شده روند تغییرات دو پارامتر سختی و قابلیت جویدن شبیه یکدیگر و برخلاف صفت الاستیسیته بود. باتوجه‌به نتایج این تحقیق افزودن اینولین در سطوح ۳۰ و ۴۰٪ به فرمولاسیون پوشش خوراکی بر پایهٔ آلژینات سدیم می‌تواند موجب انتقال مؤثر جزء پری‌بیوتیکی به فیلهٔ ماهی گردد، لیکن جهت برطرف نمودن اثرات ارگانولپتیکی ازجمله شیرینی و رنگ، طعم‌دار کردن فیله پیش از پوشش و کاهش زمان و یا دمای سرخ کردن توصیه می‌گردد. لازم به ذکر است که به دلیل محدودیت‌های ایجاد شده ازجمله عدم حل شدن مطلوب، ایجاد شبکهٔ ژلی توسط اینولین و ایجاد اثرات ارگانولپتیک ازجمله

www.SID.ir

Archive of SID

شیرینی، حداکثر میزان افزایش اینولین ۴۰٪ در نظر گرفته شد. در مجموع افزودن جزء پری‌بیوتیک اینولین به فیلهٔ ماهی از طریق پوشش خوراکی می‌تواند ارائه دهندهٔ روش نوینی در تولید غذاهای فراسودمند از منابع شیلاتی باشد.

منابع

۱- جعفرپور، ع. ۱۳۹۴. تأثیر روش‌های پخت بر روی ویژگی‌های فیزیکی و آنالیز حسی فیلهٔ ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). فصلنامهٔ علمی– پژوهشی علوم و فنون شیلات، ۴(۱): ۱۹-۳۱.

۲- حسینی‌نژاد، م.، نهاردانی، م. و الهامی‌راد، ا.ح. ۱۳۹۱. ارزیابی و مقایسهٔ کیفی اینولین استخراجی از کاسنی بومی ایران با اینولین حاصل از سایر منابع. نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی، ۱(۱).۳۹-۴۶.

3- Al-Sheraji, S.H., Ismail, A., Manap, M.Y., Mustafa, S., Yusof, R.M., & Hassan, F.A. 2013. Prebiotics as functional foods: a review. Journal of Functional Foods, 5(4):1542–1553.

4- Andres-Bello, A., Garcia-Segovia, P., & Martinez-Monzo, J. 2010. Vacuum frying process of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) fillets. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 11(4):630-636.

5- Bandarra, N. Stoknes, I. Larsen, E.H. (2008). Developing functional seafood products, 331-362. Borresen, T. Improving seafood products for the consumer, Woodhead Publishing, England, 585 P.

6- Betoret, E., Betoret, N., Vidal, D., & Fito, P. 2011. Functional foods development: rends and technologies. Trends in Food Science & Technology, 22(9):498-508.

7- Bigliardi, B., & Galati, F. 2013. Innovation trends in the food industry: the case of functional foods. Trends in Food Science & Technology, 31(2):118-129.

8- Borderias, A.J., & Perez-Mateos, M. 2013. Fibre-enriched seafood. P. 348-368. In Jan a. Delcour and kaisa poutanen (ed.) Fibre-rich and wholegrain foods. Woodhed publishing, Cambridge, UK.

9- Chen, H., Zhang, M., & Fang, Z. 2014. Vacuum Frying of desalted grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets. Drying Technology, 32(7):820-828.

10- Choe, E., & Min, D.B. 2007. Chemistry of deep-fat frying oils. Journal of Food Science, 72(5):77-86.

11- Gennadios, A., Hanna, M.A., & Kurth L.B. 1997. Application of edible coatings on meats, poultry and seafoods: a review. LWT-Food Science and Technology, 30(4):337-350.

12- Lemos, A.L.S.C., Nunes, D.R.M, & Viana, A.G. 1999. Optimization of the still-marinating process of chicken parts. Meat Science, 52(2):227-234.

13- Morita, K., Kubota, K., & Aishima, T. 2003. Comparison of aroma characteristics of 16 fish species by sensory evaluation and gas chromatographic analysis. Journal of the Science of Food and Agriculture, 83(4):289-297.

14- Osheba, A.S., Sorour, M.A., & Abdou E.S. 2013. Effect of chitosan nanoparticles as active coating on chemical quality and oil uptake of fish fingers. Journal of Agriculture and Environmental Sciences, 2(1):1-14.

15- Roble, C., Brunton, N., Gormley, R.T., Wouters, R., & Butler, F. 2011. Alginate coating as carrier of oligofructose and inulin and to maintain the quality of fresh-cut apples. Journal of Food Science, 76(1):19-29.

16- Rodriguez-Turienzo, L., Cobos, A., Moreno, V., Caride, A., Vieites, J.M., & Diaz, O. 2011. Whey protein-based coatings on frozen Atlantic salmon (*Salmo salar*): influence of the plasticiser and the moment of coating on quality preservation. Food Chemistry, 128(1):187-194.

17- Quigley, M.E., Hudson, G.J., & Englyst, H.N. 1999. Determination of resistant short-chain carbohydrates (non-digestible oligosaccharides) using gas-liquid chromatography. Food Chemistry, 65(3):381–390.

18- Sveinsdottir, K., Martinsdottir, E., Hyldig, G., & Sigurgisladottir, S. 2010. Sensory characteristics of different cod products. Journal of Sensory Studies, 25(2):294-314.

19- Urala, N., & Lahteenmaki, L. 2007. Consumers changing attitudes towards functional foods. Food Quality and Preference, 18(1):1–12.

20- Vasanthi, C., Venkataramanujam, V., & Dushyanthan, K. 2007. Effect of cooking temperature and time on the physico-chemical, histological and sensory properties of female cara beef (buffalo) meat. Meat Science, 76(2):274–280.

21- Zhong, Y., Cavender, G., & Zhao, Y. 2014. Investigation of different coating application methods on the performance of edible coatings on mozzarella cheese. LWT-Food Science and Technology, 56(1):1-8.

www.SID.ir

Archive of SID

Application of Inulin in Coating of the Fillet of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) using Alginate Sodium and its Effect on Sensory and Textural Properties of the Fried Product

Behrooz Mohammadzadeh[1], Masoud Rezaei[2*], Marzieh Hossininezhad[3], Mohsen Barzegar[4]

1- PhD Student, Seafood Processing Department, Marine Faculty, Tarbiat Modares University. Noor, Iran
2- Professor, Seafood Processing Department, Marine Faculty, Tarbiat Modares University. Noor, Iran
* Corresponding author (rezai_ma@modares.ac.ir)
3- Associate professor, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran
4- Professor, Food Science and Technology Department, Agriculture Faculty, Tarbiat Modares University, Iran

Abstract

In this research, application of prebiotic inulin compound in edible coating of fish fillet and its impact on the functional properties of the product was studied. Rainbow fillet was coated by 5% alginate and inulin in concentrations of 0, 10, 20, 30 and 40% (w/w). After deep frying, sensory properties were investigated by quantitative descriptive analysis and textural properties were tested by texture analyzer instrument via compression test. Based on sensory assessment more alteration was shown in flavor group attributes including flavor of frying, fish flavor and sweetness and also internal product color. Results of texture analyzing showed that maximum amounts of hardness, chewiness and gumminess was related to fillets with no coating. Cohesiveness and springiness changes of fried fillet in various treatments were not significant ($P \geq 0.05$) while changes observed in the trend of hardness and gumminess were similar and contrary to springiness. In conclusion adding functional ingredient of inulin to edible coating of fish fillet in 30 and 40% concentrations could be used without creating significant effects of sensory, taste and textural properties of the final fried product.

Keywords: Frying, Coating, Fish Fillet, Inulin

www.SID.ir