

## تأثیر استفاده از پری بیوتیک اینولین در فرمولاسیون ناگت ماهی کم چرب بر ویژگی‌های کیفی محصول

سحرناز علیزاده، مسعود رضائی\*

گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

### چکیده

هدف از این تحقیق، تولید ناگت ماهی کم چرب و فراسودمند با استفاده از پری بیوتیک اینولین بود. در این مطالعه، از اینولین در غلظت‌های ۰، ۱/۵، ۳ و ۴/۵ درصد برای غنی‌سازی ناگت ماهی استفاده شد. نتایج نشان داد که افزایش غلظت اینولین موجب کاهش محتوای چربی در ناگت‌های ماهی می‌شود به طوری که بیشترین میزان کاهش چربی در تیمار حاوی ۴/۵ درصد اینولین (T3) مشاهده شد. همچنین ویژگی‌های کیفی ناگت‌های ماهی از جمله میزان رطوبت، افت پخت و چروکیدگی نیز با به کارگیری اینولین بهبود پیدا کردند. استفاده از غلظت‌های بالاتر اینولین باعث کاهش میزان روشنایی ( $L^*$ ) و زردی ( $b^*$ ) و افزایش میزان قرمزی ( $a^*$ ) در هر دو مرحله سرخ کردن مقدماتی و نهایی شد. اینولین باعث بهبود ویژگی‌های بافتی ناگت‌ها شد، به طوری که با افزایش غلظت اینولین، سختی، انسجام، قابلیت جویدن و صمغیت بافت کاهش یافت و در مقابل، ارتجاعیت و فنریت آن افزایش پیدا کرد. این مطالعه نشان داد که غنی‌سازی ناگت‌های ماهی با ۴/۵ درصد اینولین به طور مؤثری می‌تواند محتوای چربی را کاهش داده و کیفیت ناگت‌های ماهی سرخ شده را ارتقا بخشد.

**کلیدواژه‌ها:** اینولین، ناگت ماهی، ویژگی‌های کیفی، کاهش چربی، بهبود کیفیت

### مقدمه

توسعه زندگی ماشینی و شهری منجر به تغییرات زیادی در الگوهای غذایی، شیوه زندگی و عادات غذایی شده است و باعث شد تا تولید و مصرف فرآورده‌های لعاب دهی و سوخاری شده افزایش یابد که در میان محصولات گوشتی لعاب دهی و سوخاری شده، محصولات تولیدشده از گوشت ماهی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است [۱-۳]. ناگت ماهی تمام فواید موجود در ماهی را دارا می‌باشد و درعین حال یک راه حل عالی برای وارد کردن غذاهای دریایی بیشتر به رژیم غذایی افرادی می‌باشد که ممکن است طعم ماهی را دوست نداشته باشند [۴]. ناگت ماهی دارای بخش درونی آبدار و روکش خارجی ترد و طلایی رنگ است که محبوبیت زیادی در بین مصرف‌کنندگان سراسر دنیا دارد [۵]. سرخ کردن عمیق در روغن داغ رایج‌ترین روش استفاده از ناگت ماهی است [۱]. یک سوم از وزن کل غذاهای سرخ‌شده از چربی تشکیل شده است [۷]. علاوه بر این، در حین سرخ کردن، مقدار قابل توجهی از محتوای آب موجود در غذا تبخیر می‌شود و روغن جای آب ازدست‌رفته را می‌گیرد. در این راستا، غذاهایی با رطوبت اولیه بالاتر در طول فرآیند آب بیشتری از دست می‌دهند و روغن بیشتری جذب می‌کنند [۸]. بنابراین، توسعه راهکارهایی برای تولید غذاهای سرخ‌شده با محتوای چربی کاهش‌یافته درحالی که خواص حسی مطلوب آن‌ها حفظ شود، بسیار مهم است [۹]. علاوه بر کاهش جذب روغن طی سرخ شدن فرآورده‌های سوخاری، یکی دیگر از راه‌های افزایش ویژگی‌های تغذیه‌ای فرآورده‌های آماده به مصرف، افزودن ترکیبات فراسودمند مانند فیبر رژیمی به این محصولات می‌باشد [۱۰]. پری بیوتیک اینولین یکی از این فیبرهای رژیمی نامحلول است که در گیاهان مختلفی مانند

### نوع مقاله

#### مقاله پژوهشی اصیل

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۶

تاریخ چاپ الکترونیکی:

۱۴۰۳/۰۶/۳۰

\*نویسنده مسئول:

Rezai\_ma@modares.ac.ir

پیاز، کاسنی، مارچوبه، تره‌فرنگی و سیر یافت می‌شود [۱۱]. اینولین به دلیل عملکرد خوب و خواص تغذیه‌ای مفید مانند اثرات پری‌بیوتیکی، بهبود دهنده‌گی بافت، کاهش جذب روغن و جایگزین شکر و چربی به‌طور گسترده در سراسر جهان در غذاهای فراسودمند مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۲، ۱۳]. اینولین یک هیدروکلوئید می‌باشد و هنگامی که با مایعات مخلوط می‌شود، یک ژل و ساختار کرمی سفید تشکیل می‌دهد [۱۲]. خاصیت ژل‌کنندگی اینولین باعث افزایش توجه محققین به کاربرد آن در غذاهای سرخ‌شده به منظور کاهش جذب روغن و کاهش محتوای چربی شده است. در غذاهای سوخاری و سرخ‌شده اینولین به علت خاصیت هیدروکلوئیدی و جذب آب، باعث حفظ رطوبت موجود در محصول می‌شود و در طی سرخ کردن از طریق تشکیل ژل می‌تواند مانع از خروج آب موجود در محصول و نفوذ روغن و در نتیجه کاهش محتوای چربی فرآورده شود [۱۴، ۱۵]. هرچند خاصیت ژل‌کنندگی اینولین در مقایسه با سایر هیدروکلوئیدها چندان زیاد نیست ولی در مطالعات گزارش شده، کاهش جذب روغن تا حد مطلوبی مشاهده شده است؛ به‌طور مثال کاهش ۳۴ درصدی جذب روغن در ناگت بره [۱۴]، کاهش ۱۸ درصدی در ناگت مرغ [۱۳] و کاهش ۶/۵ درصدی در ناگت میگو [۱۶]. در ایران مجموع تولید کپور ماهیان در سال ۱۴۰۱ بالغ بر ۲۴۰ هزار تن تخمین زده شد و ماهی کپور نقره‌ای بیش از ۱۰ درصد کل تولیدات آبزی‌پروری در آب‌های داخلی را به خود اختصاص داده است [۱۷]. ماهی کپور نقره‌ای نسبت به ماهیان دریایی و بسیاری از ماهیان پرورشی دیگر قیمت مناسب‌تری دارد و استفاده از آن به‌منظور ماده اولیه فرآورده‌های جنبی شیلاتی از نظر اقتصادی و در دسترس بودن، مقرون‌بصرفه است [۱۸]. با توجه به پایین بودن سرانه مصرف ماهی در کشورهای در حال توسعه، تولید محصولات متنوع از ماهی می‌تواند منجر به افزایش نرخ مصرف شود. از آنجایی که ماهی کپور نقره‌ای دارای گوشت سفید و طعم شیرین است، برای تولید فرآورده‌های گوشتی با ارزش افزوده بالا مانند ناگت ماهی گزینه‌ی مناسبی است [۱۹]. بنابراین، هدف اصلی این مطالعه ارزیابی این می‌باشد که چگونه سطوح مختلف پری‌بیوتیک اینولین بر پارامترهای کیفی ناگت‌های ماهی مانند میزان جذب روغن، افت پخت، رنگ و ویژگی‌های بافتی ناگت در طول سرخ کردن عمیق تأثیر می‌گذارد.

## مواد و روش‌ها

### مواد مصرفی جهت تهیه ناگت ماهی

قالب‌های منجمد گوشت چرخ شده ماهی کپور نقره‌ای (هر کدام ۵۰۰ گرم) از مرکز تحقیقات فرآوری آبزیان (NFPRC، انزلی، گیلان، ایران) خریداری و در جعبه‌های یونولیتی همراه با یخ به آزمایشگاه فرآوری شیلات آورده شد و تا زمان آزمایش در دمای ۲۱- درجه سانتی‌گراد در فریزر نگهداری شد. اینولین مورد استفاده در این مطالعه از شرکت بنه بلژیک و دی‌اکسید سیلیکون ( $\text{SiO}_2$ ) از شرکت پیشگامان شیمی خریداری شدند. روغن آفتابگردان (شرکت اویلا، ایران)، آرد سوخاری صنعتی دانه متوسط (شرکت تردک) و همچنین ادویه‌جات از فروشگاه محلی تهیه شدند.

### تهیه ناگت ماهی

جدول (۱) فرمولاسیون ناگت ماهی غنی‌شده با اینولین را نشان می‌دهد. گوشت چرخ شده ماهی با افزودنی‌ها و طعم‌دهنده‌ها ترکیب گردید. سپس درصد‌های مختلف اینولین شامل ۰، ۱/۵، ۳ و ۴/۵ درصد به خمیر ناگت اضافه و به‌خوبی مخلوط شد. با توجه به مقدار متغیر اینولین، از سیلیکون دی‌اکسید ( $\text{SiO}_2$ ) به‌عنوان پرکننده خنثی استفاده شد [۲۰]. مخلوط به‌دست‌آمده در قالب‌های ۸×۲×۱ سانتی‌متر مکعب قالب‌گیری شد. وزن هر ناگت بعد از قالب‌گیری حدود بیست گرم بود. سپس فرآیند آرد زنی با استفاده از آرد گندم انجام گرفت [۲۱].

### آماده‌سازی لعاب ناگت ماهی

از روش Sahin و همکاران [۲۲] برای آماده‌سازی لعاب ناگت ماهی استفاده شد که از مخلوطی شامل ۸۰٪ آرد گندم، ۱۳٪ آرد ذرت، ۳/۵٪ نمک، ۳٪ بیکنینگ‌پودر و ۰/۵٪ فلفل قرمز تهیه گردید. ترکیبات خشک به نسبت ۱ به ۱/۵ با آب مقطر  $10^\circ\text{C}$  به مدت دو دقیقه با همزن دستی مخلوط شدند. در ادامه ناگت ماهی در لعاب آماده‌شده، به مدت یک دقیقه غوطه‌ور و به منظور حذف لعاب اضافی به مدت ۳۰ ثانیه بر روی یک توری مشبک قرار داده شد. سپس سطح نمونه‌ها توسط آرد سوخاری صنعتی دانه‌متوسط پوشانده شدند. پس از کامل شدن روکش، ناگت‌های تولیدی در روغن آفتابگردان مخصوص سرخ‌کردنی به‌صورت مقدماتی در سرخ کردن به مدت ۳۰ ثانیه در دمای  $190^\circ\text{C}$  سرخ شدند. بعد از خنک شدن

ناگت‌ها در دمای محیط در نایلون‌های زیپ کیپ بسته‌بندی و در فریزر در دمای  $^{\circ}\text{C} -21$  منجمد شدند. پس از اطمینان از انجماد ناگت‌های تولیدی پس از گذشت یک روز، ناگت‌ها از فریزر خارج شده و پس از انجماد زدایی در دمای محیط، به‌صورت نهایی سرخ شدند و آزمایش‌های مربوطه بر روی ناگت ماهی انجام گرفت.

### آنالیز تقریبی

از روش استاندارد AOAC برای تعیین میزان چربی، رطوبت، پروتئین و خاکستر استفاده گردید [۲۳].

### تعیین افت پخت

برای اندازه‌گیری میزان افت پخت، نمونه‌های ناگت ماهی ابتدا توسط ترازوی آزمایشگاهی با دقت یک‌هزارم وزن شده و سپس در دمای  $^{\circ}\text{C} 180$  به مدت ۳ دقیقه سرخ شدند. پس از سرخ شدن، نمونه‌ها به مدت ۵ تا ۸ دقیقه روی صافی قرار داده شدند تا روغن اضافی آن‌ها حذف گردد و سپس مجدداً وزن شدند. افت پخت با استفاده از رابطه‌ی (۲) محاسبه گردید [۲۴].

$$(2) \quad 100 * (\text{وزن نهایی ناگت} / \text{وزن اولیه ناگت} - \text{وزن نهایی ناگت}) = \text{درصد افت پخت}$$

### چروکیدگی

قطر و ضخامت ناگت هر تیمار قبل و بعد از سرخ کردن نهایی اندازه‌گیری شد و به کمک رابطه (۳) مقدار چروکیدگی ناگت‌ها محاسبه گردید [۲۵].

$$(3) \quad A (\%) = [(M-m) + (N-n)/(N+M)] \times 100$$

A: چروکیدگی M: ضخامت ناگت سرخ‌شده مقدماتی m: ضخامت ناگت سرخ‌شده نهایی N: قطر ناگت سرخ‌شده مقدماتی n: قطر ناگت سرخ‌شده نهایی

### رنگ سنجی

رنگ ناگت‌های سرخ‌شده توسط دستگاه رنگ‌سنج مورد آنالیز قرار گرفت و شاخص‌های روشنایی ( $L^*$ )، قرمزی ( $a^*$ ) و زردی ( $b^*$ ) برای هر تیمار اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها در سه نقطه به‌صورت تصادفی بر روی ناگت‌ها انجام گرفتند [۲۶].

### بافت سنجی

بافت سنجی ناگت‌های ماهی طبق روش بیان‌شده توسط Bourne و MC انجام شد [۲۷]. اندازه‌گیری ویژگی‌های بافتی ۳ ساعت پس از سرخ کردن عمیق ناگت‌ها به مدت ۳ دقیقه در دمای  $^{\circ}\text{C} 180$ ، با استفاده از دستگاه سنجش بافت TexVol Instruments, Model TVT-300 (XP, Sweden) انجام گرفت. برای تجزیه‌وتحلیل پروفایل بافت (TPA) از پروب صفحه‌ای به قطر ۱۰ سانتی‌متر استفاده شد. قطعات ناگت ماهی در اندازه‌های یکسان ( $1/5 \text{ Cm}^3$ ) در دو چرخه با لودسل ۲۵ کیلوگرمی با سرعت ۶۰ تا ۵۰ mm/min در ارتفاع اولیه‌ی نمونه فشرده شدند. پس از آن پروب به سمت بالا حرکت کرده و بعد از یک استراحت ۱۰ ثانیه‌ای مجدداً پروب به سمت نمونه حرکت داده شد و طبق روال قبل نمونه را فشرده کرد. منحنی نیرو در مقابل زمان برای هر نمونه ثبت شد و بالاترین نقطه نمودار را به‌صورت سختی گزارش نمود و شاخص‌های سختی، صمغیت، قابلیت جویدن، انسجام، ارتجاعیت و فنریت محاسبه شد.

### تجزیه‌وتحلیل آماری

داده‌های هر تیمار با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. طرح آماری مورد استفاده طرح کاملاً تصادفی ساده بود. با استفاده از آزمون کولموگراف-اسمیرنوف ابتدا از نرمال بودن داده‌ها اطمینان حاصل گردید. سپس به منظور تجزیه‌وتحلیل مقادیر کمی به‌دست‌آمده از آنالیزهای تکنولوژیکی و فیزیکی بین تیمارها از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه و برای اطمینان از وجود یا عدم وجود تفاوت معنادار بین تیمارها و مقایسه‌ی میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۵ درصد استفاده گردید. تمامی آنالیزها با سه تکرار به‌صورت میانگین  $\pm$  انحراف معیار ارائه گردید [۲۸].

جدول ۱- فرمولاسیون ناگت ماهی غنی‌شده با درصد‌های مختلف اینولین

T3	T2	T1	شاهد	ترکیبات (در ۱۰۰ گرم ناگت ماهی)
۸۲/۵	۸۲/۵	۸۲/۵	۸۲/۵	گوشت چرخ شده ماهی
۵	۵	۵	۵	آرد سوخاری
۵	۵	۵	۵	پیاز رنده شده
۱	۱	۱	۱	سیر رنده شده
۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	نمک
۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	فلفل قرمز
۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	جوز هندی
۰	۱/۵	۳	۴/۵	سیلیکون دی اکسید
۴/۵	۳	۱/۵	۰	اینولین

## نتایج

### ترکیبات تقریبی

ترکیبات تقریبی گوشت چرخ شده ماهی کپور نقره‌ای شامل  $76/54 \pm 1/39$  درصد رطوبت،  $3/8 \pm 0/67$  درصد چربی،  $16/35 \pm 0/96$  درصد پروتئین و  $2/31 \pm 0/76$  درصد خاکستر بود. میزان ترکیبات تقریبی ناگت ماهی حاوی سطوح مختلف اینولین بعد از سرخ کردن نهایی در جدول (۲) آورده شده است. با توجه به این جدول با افزایش غلظت اینولین کاهش متناظری در محتوای چربی ناگت‌های تولیدی بعد از سرخ کردن نهایی دیده شد. به گونه‌ای که تیمار T3 (حاوی ۴/۵٪ اینولین) کمترین میزان چربی را در بین تمامی تیمارها دارا بود ( $p < 0/05$ ). بیشترین مقدار چربی نیز در نمونه‌ی شاهد مشاهده شد ( $p < 0/05$ ). نتایج آزمون رطوبت نشان داد که میزان رطوبت با اضافه کردن فیبر اینولین افزایش پیدا کرد. به طوری که میزان آن بعد از سرخ کردن در تیمار شاهد و T3 به طور معناداری متفاوت بود ( $p < 0/05$ ). نتایج مطالعه پروتئین نشان داد که بین تیمارهای مختلف ناگت ماهی بعد از سرخ کردن نهایی تفاوت معناداری وجود ندارد ( $p > 0/05$ ). میزان خاکستر در تمامی تیمارها به طور قابل توجهی با یکدیگر متفاوت بود ( $p < 0/05$ ) به گونه‌ای که بیشترین مقدار آن در نمونه شاهد و کمترین مقدار آن در T3 مشاهده شد ( $p < 0/05$ ).

جدول ۲- درصد ترکیبات تقریبی ناگت‌های ماهی حاوی غلظت‌های مختلف اینولین بعد از سرخ کردن نهایی

ترکیبات (در ۱۰۰ گرم ناگت ماهی)	رطوبت	چربی	پروتئین	خاکستر
شاهد	$49/75 \pm 1/53^d$	$26/9 \pm 1/05^a$	$14/39 \pm 1/06^a$	$7/96 \pm 0/45^a$
T1	$51/91 \pm 0/53^c$	$24/83 \pm 0/99^b$	$14/72 \pm 1/39^a$	$6/88 \pm 0/5^b$
T2	$56/82 \pm 0/5^b$	$21/94 \pm 0/4^c$	$14/78 \pm 1/57^a$	$5/03 \pm 0/57^c$
T3	$59/76 \pm 0/54^a$	$19/92 \pm 0/28^d$	$14/88 \pm 1^a$	$3/82 \pm 0/45^d$

شاهد فاقد اینولین، T1 حاوی ۱/۵٪ اینولین، T2 حاوی ۳٪ اینولین و T3 حاوی ۴/۵٪ اینولین. داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار با  $\pm$  انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنادار میان تیمارهای مختلف می‌باشد.

### افت پخت

نتایج افت پخت در جدول (۳) آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که افزودن اینولین در غلظت‌های بالاتر باعث کاهش افت پخت محصول می‌گردد. به طوری که نمونه‌ی حاوی ۴/۵٪ اینولین (T3) کمترین میزان افت پخت و نمونه‌ی شاهد و T1 افت پخت بالاتری داشتند.

### چروکیدگی

با توجه به جدول (۳) بیشترین مقدار چروکیدگی در تیمار شاهد اتفاق افتاد و تیمارهای دیگر به مراتب میزان چروکیدگی کمتری داشتند. در تیمار حاوی ۴/۵٪ اینولین (T3) میزان چروکیدگی پایین‌تری مشاهده شد ولی دارای تفاوت معنادار با تیمارهای T1 و T2 نبود درحالی‌که با شاهد دارای اختلاف معنادار بود ( $p < 0.05$ ).

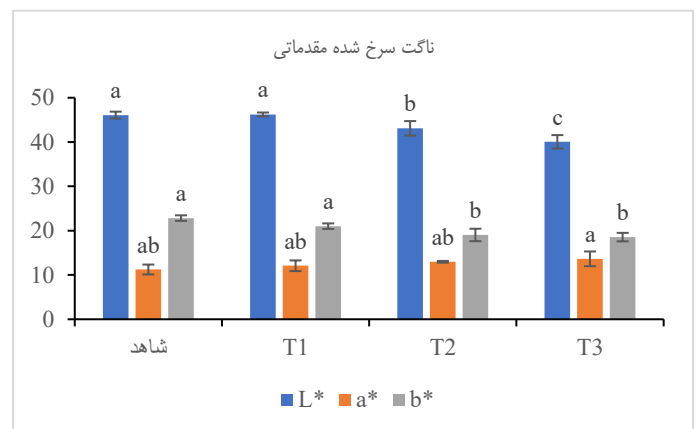
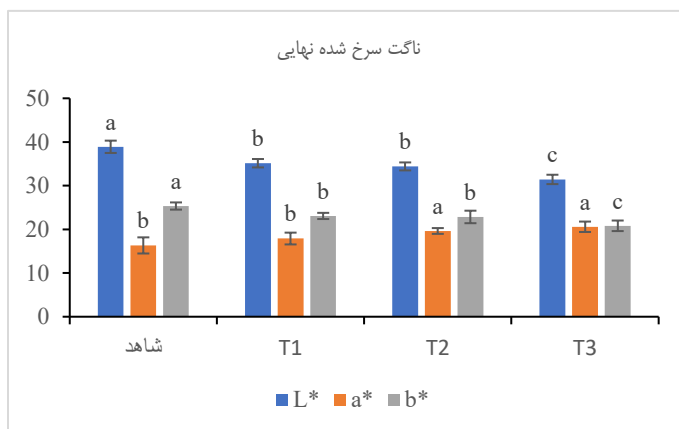
جدول ۳- درصد افت پخت و چروکیدگی ناگت‌های ماهی حاوی غلظت‌های مختلف اینولین

تیمارها	افت پخت	چروکیدگی
شاهد	۳۱/۹۵±۰/۸۹ <sup>ab</sup>	۶/۹±۰/۷۳ <sup>a</sup>
T1	۳۲/۹۳±۱/۴۹ <sup>a</sup>	۶/۰۲±۰/۰۹ <sup>ab</sup>
T2	۳۰/۲۹±۰/۸ <sup>b</sup>	۵/۸±۰/۴ <sup>b</sup>
T3	۲۸/۶۶±۰/۵۱ <sup>c</sup>	۵/۵۹±۰/۴۲ <sup>b</sup>

شاهد فاقد اینولین، T1 حاوی ۱/۵٪ اینولین، T2 حاوی ۳٪ اینولین و T3 حاوی ۴/۵٪ اینولین. داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار با  $\pm$  انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنادار میان تیمارهای مختلف می‌باشد.

### رنگ سنجی

شکل (۱) نتایج تغییرات رنگ سنجی ناگت‌های ماهی حاوی غلظت‌های مختلف اینولین را بعد از سرخ کردن مقدماتی و نهایی نشان می‌دهد. بعد از سرخ کردن نهایی میزان روشنایی ( $L^*$ ) در کلیه تیمارها کاهش و میزان قرمزی ( $a^*$ ) و زردی ( $b^*$ ) افزایش یافت. افزایش تدریجی درصد اینولین منجر به کاهش میزان روشنایی در ناگت‌های سرخ‌شده مقدماتی و نهایی شد. در هر دو مرحله سرخ کردن شاهد بالاترین میزان روشنایی و نمونه‌ی حاوی ۴/۵٪ اینولین (T3) کمترین میزان را داشت ( $p < 0.05$ ). بعد از سرخ کردن مقدماتی بین تیمارهای مختلف از نظر میزان قرمزی اختلاف معناداری مشاهده نشد ( $p > 0.05$ ) درحالی‌که بعد از سرخ کردن نهایی میزان قرمزی در تیمار T2 و T3 بالاتر از تیمار شاهد و T1 بود ( $p < 0.05$ ). میزان زردی بعد از سرخ کردن مقدماتی در تیمار شاهد و T1 بالاتر از بقیه تیمارها بود. میزان این شاخص بعد از سرخ کردن نهایی در تمامی تیمارها افزایش یافت و بالاترین مقدار را در تیمار شاهد و پایین‌ترین میزان را در تیمار T3 نشان داد ( $p < 0.05$ ).



شکل ۱. نتایج رنگ سنجی ناگت‌های ماهی حاوی غلظت‌های مختلف اینولین بعد از سرخ کردن مقدماتی و سرخ کردن نهایی. شاهد فاقد اینولین، T1 حاوی ۱/۵٪ اینولین، T2 حاوی ۳٪ اینولین و T3 حاوی ۴/۵٪ اینولین. داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار با  $\pm$  انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف متفاوت در شکل نشان‌دهنده تفاوت معنادار میان تیمارهای مختلف می‌باشد.

### بافت سنجی

نتایج تجزیه و تحلیل پروفایل بافت ناگت‌های ماهی حاوی غلظت‌های مختلف اینولین در جدول (۴) آورده شده است. همان‌طور که پیداست افزودن فیبر اینولین به ناگت‌های ماهی تأثیر قابل توجهی بر میزان سختی بافت ناگت‌ها داشت و یک رابطه معکوس بین افزایش تدریجی درصد فیبر

اینولین و سختی نمونه های ناگت مشاهده شد؛ به طوری که میزان سختی در تمامی تیمارها نسبت به نمونه ی شاهد کاهش یافت ( $p > 0.05$ ). تیمار حاوی ۴/۵٪ اینولین (T3) کمترین مقدار سختی را نشان داد. در مطالعه ی حاضر شاخص قابلیت جویدن و صمغیت در تیمار شاهد بالاترین مقدار را در بین کلیه تیمارها داشت ( $p < 0.05$ ) و با افزودن فیبر اینولین میزان این شاخص ها به تدریج کاهش یافت. در مطالعه ی پیش رو افزایش غلظت فیبر اینولین باعث کاهش انسجم و افزایش ارتجاعیت و فنریت در ناگت های ماهی شده بود به گونه ای که تیمار حاوی ۴/۵٪ اینولین کمترین میزان انسجم و بیشترین مقدار ارتجاعیت و فنریت را داشت و نمونه ی شاهد از انسجم بالاتر و ارتجاعیت و فنریت کمتری برخوردار بود.

جدول ۴- تجزیه و تحلیل پروفایل بافت (TPA) ناگت های ماهی حاوی غلظت های مختلف اینولین

تیمارها	سختی (g)	قابلیت جویدن (g/mm)	صمغیت (g/mm <sup>2</sup> )	انسجم	ارتجاعیت (mm)	فنریت (mm)
شاهد	۳۹/۵۲±۰/۸۳ <sup>a</sup>	۱۵/۷۱±۰/۴۳ <sup>a</sup>	۱۷/۰۱±۰/۶۳ <sup>a</sup>	۰/۴۹±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۰/۱۷±۰/۰۷ <sup>b</sup>	۰/۵۵±۰/۱۸ <sup>b</sup>
T1	۳۷/۵۴±۱/۳۷ <sup>b</sup>	۱۳/۸۹±۰/۱۷ <sup>b</sup>	۱۴/۹۸±۱/۰۶ <sup>b</sup>	۰/۴۹±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۱۸±۰/۰۴ <sup>ab</sup>	۰/۵۶±۰/۲۳ <sup>b</sup>
T2	۳۶/۵۲±۰/۸۵ <sup>bc</sup>	۱۰/۰۴±۰/۸۱ <sup>c</sup>	۱۴/۴۲±۰/۶۱ <sup>b</sup>	۰/۴۷±۰/۰۲ <sup>ab</sup>	۰/۱۹±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۰/۵۶±۰/۰۹ <sup>b</sup>
T3	۳۳/۹۱±۰/۸ <sup>d</sup>	۹/۸۵±۰/۲۵ <sup>c</sup>	۱۲/۸۷±۱/۰۲ <sup>c</sup>	۰/۴۶±۰/۰۲ <sup>b</sup>	۰/۱۹±۰/۰۶ <sup>a</sup>	۰/۶۰±۰/۱۱ <sup>a</sup>

شاهد فاقد اینولین، T1 حاوی ۱/۵٪ اینولین، T2 حاوی ۳٪ اینولین و T3 حاوی ۴/۵٪ اینولین. داده ها به صورت میانگین سه تکرار با  $\pm$  انحراف معیار بیان شده اند. حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنادار میان تیمارهای مختلف می باشد.

## بحث

علت کاهش محتوای چربی با افزایش غلظت اینولین (جدول ۲) می تواند از یک سو به پیوند شدن اینولین با مولکول های آب و جلوگیری از نفوذ روغن و خروج آب و جایگزینی آب با روغن باشد [۲۹]. از سوی دیگر درصد چربی و محتوای رطوبت نمونه ها ارتباط مستقیم با یکدیگر دارند و کاهش محتوای رطوبت، افزایش درصد چربی را به همراه دارد [۳۰]. افزایش رطوبت در غلظت های بالاتر اینولین (تیمار T3) به این دلیل است که مقداری آب در هنگام پخت از ماتریکس گوشت محصول آزاد می شود و این آب آزاد شده به وسیله ی فیبر موجود در محصول که دارای ظرفیت نگهداری آب بالایی می باشد، جذب می گردد [۳۰]. در واقع فیبر اینولین به دلیل ماهیت هیدرو کلئیدی و قابلیت اتصال به آب و خاصیت تشکیل ژل در طی حرارت دهی، قادر است از خروج رطوبت و نفوذ روغن به درون ماده غذایی جلوگیری نماید [۳۱]. در مطالعات جاسمیان فرد [۱۶] و عزیز و ناطقی [۱۳] افزایش غلظت فیبر اینولین به ترتیب باعث کاهش محتوای چربی و افزایش میزان رطوبت در ناگت میگو و ناگت مرغ شده بود که با نتایج مطالعه ی حاضر هم خوانی دارد. عدم تفاوت معنادار در میزان پروتئین های تیمارهای مختلف بعد از سرخ کردن نهایی در مطالعه ی Gadekar و همکاران [۱۴] و عزیز و ناطقی [۱۳] نیز مشاهده شد که به ترتیب اثرات افزودن اینولین به ناگت گوسفند و ناگت مرغ را بررسی کردند. تفاوت در مقدار خاکستر تیمارهای مختلف به علت وجود ترکیب معدنی سیلیکون دی اکسید (SiO<sub>2</sub>) می باشد که در نمونه شاهد بیشترین مقدار را داشت و نمونه T3 فاقد این ماده ی معدنی بوده است که باعث شده مقدار خاکستر در این تیمار کمترین مقدار باشد. Ferjančič و همکاران در سال ۲۰۲۱ طی بررسی دریافتند که افزایش غلظت اینولین در سوسیس مرغ تأثیری بر میزان خاکستر ندارد [۳۱]. افزودن فیبر غذایی به محصولات گوشتی منجر به کاهش افت پخت و pH و افزایش پایداری امولسیون می شود [۳۱]. فیبر اینولین با بهبود عملکرد پروتئین های میوفیبریل در نگهداری آب و همچنین جذب و نگهداری رطوبت داخل ناگت توانست مانع خروج آب و از دست رفتن وزن در طی فرآیند سرخ کردن شود. در نتیجه ناگت هایی که از درصد اینولین بالاتری برخوردار بودند، افت پخت کمتری داشتند که این امر در تیمار T3 به وضوح مشخص می باشد (جدول ۳). Han and Bertram [۳۲] نیز گزارش کردند که غنی سازی گوشت چرخ شده ی خوک با فیبرهای خوراکی مختلف از جمله اینولین باعث کاهش میزان افت پخت می شود که با مطالعه ی حاضر همسو می باشد. یک همبستگی خطی بین از دست دادن رطوبت و میزان چروکیدگی مواد غذایی وجود دارد [۳۳]. مقادیر بیشتر فیبر اینولین در تیمار T2 و T3 به دلیل جذب بالاتر رطوبت از هدر رفت آن در طی سرخ کردن جلوگیری کرد و تغییر شکل و چروکیدگی کمتری را در این ناگت ها ایجاد نمود (جدول ۳). Akesson و Jariyawaranugoon

[۳۴] در مطالعه‌ی خود گزارش کردند که افزودن ۲/۵٪ پودر بادمجان به‌عنوان فیبر خوراکی به ناگت مرغ به‌طور معناداری باعث افزایش بازدهی محصول و کاهش چروکیدگی ناگت‌های تولیدی می‌شود. افزودن فیبرهای خوراکی مانند اینولین به محصولات غذایی باعث جذب آب فرآورده و کاهش پراکنش نور می‌شود و در نتیجه، روشنایی محصول کاهش می‌یابد [۱۶]. در مطالعه حاضر جذب آب بیشتر و رطوبت بالاتر در تیمار T3 مشاهده شد که با توجه به مقدار رطوبت بالاتری که نسبت به سایر تیمارها داشت، دلیل کاهش روشنایی آن قابل توجیه می‌باشد (شکل ۱). جاسمیان فرد [۱۶]، Gadekar و همکاران [۱۴] و Ferjančič و همکاران [۳۱] مطالعه‌ی مشابهی را انجام دادند و گزارش کردند که میزان روشنایی محصولات سرخ‌شده با افزایش درصد فیبر اینولین کاهش می‌یابد. به عقیده‌ی پژوهشگران یکی دیگر از عوامل مؤثر بر رنگ فرآورده‌های سوخاری میزان جذب روغن می‌باشد [۳۵]. Nowak و همکاران [۳۶] در مطالعه‌ی خود بیان کردند که کاهش محتوای چربی رنگ فرآورده‌های گوشتی را تیره می‌کند که با مطالعه حاضر مطابقت دارد. افزایش میزان قرمزی می‌تواند به دلیل واکنش میلارد و فرآیند کاراملی شدن در روکش ناگت‌ها طی عمل سرخ کردن عمیق باشد [۳۷]. Kurt و Kılınççeker [۳۸] مطالعه‌ی مشابهی بر روی اثرات افزودن فیبر خوراکی اینولین به کوفته گوشت سرخ‌شده انجام دادند و گزارش کردند که افزایش درصد فیبر خوراکی اینولین به کوفته‌ی سرخ‌شده میزان قرمزی محصول را به‌طور معناداری افزایش و میزان روشنایی را کاهش داد. تغییرات میزان زردی تا حد زیادی متناسب با تغییرات میزان روشنایی می‌باشد و در مطالعات متعددی کاهش میزان روشنایی همراه با کاهش مقدار زردی گزارش شد [۳۷،۳۸،۳۹]. در مطالعه‌ی حاضر تیمار T3 بعد از سرخ کردن نهایی از رطوبت بالاتری برخوردار بود اما به علت غلظت بالای فیبر اینولین روشنایی و زردی پایین‌تری را نشان داد (شکل ۱). در مطالعه‌ی جاسمیان فرد [۱۶] برخلاف مطالعه‌ی حاضر افزودن فیبر اینولین به ناگت‌های میگو میزان روشنایی و قرمزی را کاهش و میزان زردی را افزایش داد. سختی بافت فرآورده‌های سوخاری به مقدار رطوبت باقی‌مانده در محصول بعد از فرآیند سرخ کردن بستگی دارد [۱۶]. پایین بودن میزان سختی در تیمار T3 را می‌توان به رطوبت بالای این نمونه و میزان جذب روغن کمتر نسبت داد (جدول ۴). از طرفی مربوط به وجود فیبر اینولین در هسته محصول است که می‌تواند با تأثیر بر قدرت اتصال آب و پروتئین منجر به تولید محصولی با رطوبت بیشتر و سختی کمتر شود. در مطالعه‌ی جاسمیان فرد [۱۶] و Ferjančič و همکاران [۳۱] افزایش درصد فیبر اینولین در فرآورده‌های سوخاری باعث کاهش سختی بافت شده بود. افزودن فیبرهای خوراکی به محصولات گوشتی سوخاری با حفظ رطوبت محصول و کاهش جذب روغن می‌تواند خواص بافتی را بهبود بخشد و سختی، قابلیت جویدن و صمغیت بافت محصول را کاهش دهد [۳۱]. تیمار حاوی ۴/۵٪ اینولین (T3) با رطوبت بیشتر و محتوای چربی کمتر، قابلیت جویدن و صمغیت کمتری را نسبت به نمونه‌ی شاهد و تیمارهای دیگر نشان داد. عزیزی و ناطقی [۱۳] نشان دادند که با افزایش غلظت فیبر اینولین در ناگت مرغ سختی، قابلیت جویدن و صمغیت بافت کاهش می‌یابد. Paredes و همکاران [۳۹] در مطالعه‌ی خود بیان کردند که غذاهایی که دارای بافت سخت‌تر هستند ارتجاعیت و فنریت کمتر و انسجام بیشتری دارند که یافته‌های مطالعه‌ی حاضر نیز این نتایج را تأیید می‌کند.

### نتیجه‌گیری

کاهش جذب روغن در محصولات لعاب دهی و سوخاری شده مانند ناگت ماهی یکی از پارامترهای مهم جهت تولید محصولی سالم و با کیفیت می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از اینولین در غلظت‌های بالاتر می‌تواند جذب روغن را در ناگت‌های ماهی سرخ‌شده کاهش دهد و میزان افت پخت، ویژگی‌های بافتی و رنگ آن را بهبود بخشد. علاوه بر آن، ارزش تغذیه‌ای محصول نیز به علت افزودن اینولین به ناگت ماهی نسبت به ناگت‌های معمولی افزایش پیدا می‌کند. به‌طور کلی، غنی‌سازی ناگت‌های ماهی با ۴/۵٪ اینولین گزینه‌ی مناسب‌تری برای تولید ناگت ماهی فراسودمند با محتوای چربی کاهش‌یافته بود. بنابراین، صنعت غذاهای سرخ‌کردنی می‌تواند از پری‌بیوتیک اینولین برای تأمین نیاز مصرف‌کنندگان آگاه به سلامت و افزایش ارزش غذایی استفاده کند.

**تشکر و قدردانی:** بدین‌وسیله از حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و دانشگاه تربیت مدرس (IG-39804) و همچنین حمایت مالی پارک علم و فناوری دانشگاه تربیت مدرس در انجام این تحقیق کمال تشکر و قدردانی را داریم.

**تعارض منافع:** نویسندگان اعلام می‌دارند هیچ‌گونه تعارض منافی وجود ندارد.

**منابع مالی:** پژوهش حاضر تحت حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و دانشگاه تربیت مدرس و همچنین حمایت مالی پارک علم و فناوری دانشگاه تربیت مدرس انجام شده است.

**سهام نویسندگان:** سحرناز علیزاده (نویسنده اول)، نگارنده مقاله/پژوهشگر اصلی (۵۰٪)؛ مسعود رضائی (نویسنده دوم)، روش شناس/تحلیل گر آماری (۵۰٪).

### منابع

- [1] Albert Á, Varela P, Salvador A, Fiszman SM. Improvement of crunchiness of battered fish nuggets. *Eur Food Res Technol.* 2009;228(6):923–30.
- [2] Varela-Moreiras G, Ávila JM, Cuadrado C, del Pozo S, Ruiz E, Moreiras O. Evaluation of food consumption and dietary patterns in Spain by the Food Consumption Survey: updated information. *Eur J Clin Nutr.* 2010;64(3):S37–43.
- [3] Gilbert PA, Khokhar S. Changing dietary habits of ethnic groups in Europe and implications for health. *Nutr Rev.* 2008;66(4):203–15.
- [4] Kundam DN, Acham IO, Girgih AT. Bioactive compounds in fish and their health benefits. *Asian Food Sci J.* 2018;4(4):1–14.
- [5] Phogat S, Dahiya T, Jangra M, Kumari A, Kumar A. Nutritional Benefits of Fish Consumption for Humans: A Review. *Int J Environ Clim Chang.* 2022;12(12):1443–57.
- [6] Alishahi AR, Ojagh SM, Shabanpour B, Izadi S. The use of chitosan and carboxy methyl cellulose to crispness enhancement of microwave-reheated fish nugget. *Iran J Food Sci Technol.* 2017;65(14):139–48.
- [7] Mellema M. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends food Sci Technol.* 2003;14(9):364–73.
- [8] Li J, Fan L. Reduction of oil absorption during frying. *Lipid Technol.* 2015;27(9):203–5.
- [9] Cui L, Chen J, Zhai J, Peng L, Hayes DG. Oil Penetration of Batter-Breaded Fish Nuggets during Deep-Fat Frying: Effect of Frying Oils. *Foods.* 2022;11(21):3369.
- [10] Yang Y yue, Ma S, Wang X xi, Zheng X ling. Modification and application of dietary fiber in foods. *J Chem.* 2017;2017.
- [11] Illippangama AU, Jayasena DD, Jo C, Mudannayake DC. Inulin as a functional ingredient and their applications in meat products. *Carbohydr Polym.* 2022;275:118706.
- [12] Kalyani Nair K, Kharb S, Thompkinson DK. Inulin dietary fiber with functional and health attributes—A review. *Food Rev Int.* 2010;26(2):189–203.
- [13] Azizi P, Nateghi L. Effect of Inulin and Microcrystalline Cellulose on Oil Absorption, Texture and Sensory Characteristics of Prebiotic Chicken Nuggets. *J Food Technol Nutr.* 2020;18(Winter 2021):71–82 (in Persian).
- [14] Gadekar YP, Shinde AK, Karim SA. Effect of inulin on physico-chemical, textural and sensory characteristics of reduced fat lamb nuggets. *Rumin Sci.* 2016;6:155–61.
- [15] Ronkart SN, Paquot M, Deroanne C, Fougnyes C, Besbes S, Blecker CS. Development of gelling properties of inulin by microfluidization. *Food Hydrocoll.* 2010;24(4):318–24.
- [16] Gasemeianfard H. Assessing quality of shrimp analogue product by addition of inulin. MSc Thesis. 2017;1–64 (in Persian).
- [17] Hosseinzadeh Sahafi H, Hafeziyeh M, Bahmani M, Vali Nasab T, Sharif Rouhani M. Comparison of Carp fishes breeding and cultivation in Iran with other countries. *Collect Publ Glob Exp Agric Nat Resour.* 2019;14:1–48 (in Persian).
- [18] Ojaq SM, Kazemina S, Jamshidi A, Shabannpour B. The effect of different preliminary frying temperatures in canola oil on the quality and oil absorption in different parts of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) nugget. *J Util Cultiv Aquat.* 2013;4:43–59 (in Persian).
- [19] Kamari S, Shabanpour B. Development and sensory evaluation of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fish based snack food. *World J Fish Mar.* 2013;5(6):670–3.
- [20] Jannat-Alipour H, Rezaei M, Shabanpour B, Tabarsa M. Edible green seaweed, *Ulva intestinalis* as an ingredient in surimi-based product: chemical composition and physicochemical properties. *J Appl Phycol.* 2019;31:2529–39.
- [21] Ojagh SM, Shabanpour B, Jamshidi A, Siyamiyan A. Study on the changes of approximate composition and physical parameters of nugget of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) during the initial frying in



- several vegetable oils at different temperature levels. *Iran Food Sci Technol Res J*. 2018;14(2):229-41 (in Persian).
- [22] Sahin S, Sumnu G, Altunakar B. Effects of batters containing different gum types on the quality of deep-fat fried chicken nuggets. *J Sci Food Agric*. 2005;85(14):2375-9.
- [23] AOAC. Official methods of analysis, 18th edition. Association of Official Analytical Chemists Washington, DC; 2005.
- [24] Hosseini F, Milani E, Bolurian S. Effect of microcrystalline cellulose as a fat replacer on physicochemical, textural and sensory properties of low fat hamburger. *J Food Ind*. 2011;3:371-8.
- [25] Modi VK, Sachindra NM, Nagegowda P, Mahendrakar NS, Narasimha Rao D. Quality changes during the storage of dehydrated chicken kebab mix. *Int J food Sci Technol*. 2007;42(7):827-35.
- [26] Dogan IS. Factors affecting wafer sheet quality. *Int J food Sci Technol*. 2006;41(5):569-76.
- [27] Bourne MC, MC B. Texture profile analysis. *J Food Sci*. 1978;32:62-7.
- [28] Snedecor GW, Cochran W. *Statistical Methods*. 7th Edition. Iowa state Univ. Press. Amer. Iowa USA; 1995. p. 45-97.
- [29] Haghshenas M, Hosseini H, Nayebzadeh K, Kakesh BS, Mahmoudzadeh M, Fonood RK. Effect of beta glucan and carboxymethyl cellulose on lipid oxidation and fatty acid composition of pre-cooked shrimp nugget during storage. *LWT-Food Sci Technol*. 2015;62(2):1192-7.
- [30] Foroughi M, Keramat J, Hashemi RM. The effect of the addition of potato dietary fiber on the chemical characteristics and organoleptic quality of beef sausage. *J Food Sci Nutr*. 2012;9(4):49-59 (in Persian).
- [31] Ferjančič B, Kugler S, Korošec M, Polak T, Bertonecelj J. Development of low-fat chicken bologna sausages enriched with inulin, oat fibre or psyllium. *Int J Food Sci Technol*. 2021;56(4):1818-28.
- [32] Han M, Bertram HC. Designing healthier comminuted meat products: Effect of dietary fibers on water distribution and texture of a fat-reduced meat model system. *Meat Sci*. 2017;133:159-65.
- [33] Ghaitaranpour A, Mohebbi M, Oleyaei SA. Effects of coating formulation on structural changes of turkey nugget during frying: MRI evaluation. *J Futur Foods*. 2024;4(2):142-8.
- [34] Akesowan A, Jariyawanugoon U. Optimization of salt reduction and eggplant powder for chicken nugget formulation with white button mushroom as a meat extender. *Food Res*. 2021;5:277-84.
- [35] Baixauli R, Salvador A, Fiszman SM, Calvo C. Effect of the addition of corn flour and colorants on the colour of fried, battered squid rings. *Eur Food Res Technol*. 2002;215(6):457-61.
- [36] Nowak B, Von Mueffling T, Grotheer J, Klein G, Watkinson B. Energy content, sensory properties, and microbiological shelf life of German bologna-type sausages produced with citrate or phosphate and with inulin as fat replacer. *J Food Sci*. 2007;72(9):S629-38.
- [37] Jamshidi A, Shabanpour B. Effect of Hydroxypropyl Methyl Cellulose (HPMC) added to the pre-dusting and battering of Saram fish nugget (*Scomberoides commersonianus*) on the amount of oil absorption and its quality during storage in the freezer (-18°C). *J Fish*. 2015;9(3):79-90 (in Persian).
- [38] Kurt Ş, Kılınççeker O. Effects of inulin, carrot and cellulose fibres on the properties of raw and fried chicken meatballs. *S Afr J Anim Sci*. 2018;48(1):39-47.
- [39] Paredes J, Cortizo-Lacalle D, Imaz AM, Aldazabal J, Vila M. Application of texture analysis methods for the characterization of cultured meat. *Sci Rep*. 2022;12(1):3898.

## The effect of using inulin prebiotic in the formulation of low-fat fish nuggets on the quality attributes of the product

Saharnaz Alizadeh, Masoud Rezaei\*

Seafood Processing Department, Marine Sciences Faculty, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

### ABSTRACT

The aim of this research was to produce low-fat and functional fish nuggets using the inulin prebiotic. In this study, inulin was used at concentrations of 0%, 1.5%, 3%, and 4.5% to enrich the fish nuggets. The results showed that increasing the concentration of inulin led to a reduction in fat content in the fish nuggets, with the greatest reduction observed in the treatment containing 4.5% inulin (T3). Additionally, the quality attributes of the fish nuggets, including moisture content, cooking loss, and shrinkage, were improved with the use of inulin. Higher concentrations of inulin resulted in a decrease in lightness ( $L^*$ ) and yellowness ( $b^*$ ) and an increase in redness ( $a^*$ ) during both pre-frying and final frying step. Inulin also improved the textural properties of the nuggets, such that with increasing inulin concentration, hardness, cohesiveness, chewiness, and gumminess decreased, while springiness and resilience increased. This study demonstrated that enriching fish nuggets with 4.5% inulin can effectively reduce fat content and enhance the quality of fried fish nuggets.

**KEYWORDS:** Inulin, Fish nugget, Quality attributes, Fat reduction, Quality enhancement

### ARTICLE TYPE

Original Research

### ARTICLE HISTORY

Received: 22 July 2024

Accepted: 05 Sept. 2024

ePublished: 20 Sept. 2024

\* Corresponding Author:

Email address: rezai\_ma@modares.ac.ir

Tel: +98 (11) 44553366

© Published by Tarbiat Modares University

ISSN: 2322-5513