بررسی و مقایسه تأثیر نوع قالب، نوع آرد و دمای خشک کردن بر روی خصوصیات تکنولوژیکی و کیفی پاستا

متین یحیوی[1*]، لیلا کمالی روستا[2]، محمد حسین عزیزی تبریز زاد[3]، مهدی امینی[4]

1 کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، گروه توسعه صنعتی و پژوهشی زر
2 دکترای علوم و صنایع غذایی، گروه توسعه صنعتی و پژوهشی زر
3 دکترای علوم و صنایع غذایی، عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس
4 دکترای مدیریت، عضو هیأت مدیره گروه توسعه صنعتی و پژوهشی زر

(تاریخ دریافت: 97 /12/08 تاریخ پذیرش: 98/09/24)

چکیده

در حال حاضر فرآورده‌های پاستا به عنوان یکی از مقبول ترین غذاها در دنیا مصرف می‌شوند و جایگاه این محصول در سبد غذایی خانواده‌های ایرانی نیز به تدریج تثبیت گردیده است. در این پژوهش تأثیر جایگزینی سمولینای گندم دوروم با آرد گندم سخت به همراه دو نوع قالب تفلونی و برنزی در دماهای خشک کردن 65 و 80 درجه سانتی گراد بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، کیفی، بافتی، ویژگی‌های مرفولوژی (آزمون میکروسکوپ الکترونی روبشی) و ژلاتینه شدن مورد مطالعه قرار گرفت. از لحاظ آزمون‌های فیزیکوشیمیایی سمولینای گندم دوروم با اختلاف معنی دار، دارای مقدار پروتئین و اندیس گلوتن بالاتری نسبت به آرد گندم سخت بود، بنابراین شبکه پروتئینی قوی‌تر و در نتیجه کیفیت بهتر پاستا را موجب گردید. نتایج آزمون رطوبت نمونه‌های پاستای تولیدی نشان داد تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود داشت و با افزایش دما، میزان رطوبت کاهش یافت. با افزایش دما، عدد پخت و افت پخت کاهش یافت، به طوری که نوع قالب تفلونی باعث کاهش افت پخت نیز گردید. در آزمون‌های عدد پخت و افت پخت بهترین امتیاز متعلق به تیمار M_6 (گندم دوروم، قالب تفلونی و دمای خشک کردن 80^oC) و کمترین امتیاز متعلق به تیمار M_3 (گندم سخت، قالب برنزی و دمای خشک کردن 65^oC) بود. نتایج آزمون بافت سنجی و آزمون میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان داد قالب تفلونی باعث بهبود بافت تیمارها گردید. از نظر آزمون پراش اشعه ایکس تفاوت معنی داری بین نمونه‌ها وجود نداشت. بطور کلی تیمار M_6، بهترین تیمار از لحاظ ویژگی‌های تکنولوژیکی و کیفی بود.

کلید واژگان: پاستا، گندم دوروم، گندم سخت، قالب تفلونی، قالب برنزی، دمای خشک کردن

* مسئول مکاتبات: m-yahyavi@zarmacaron.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-06-01]

[DOI: 10.52547/fsct.17.102.103]

1- مقدمه

پاستا یکی از فرآورده‌های مهم گندم است که به دلیل ارزان قیمت بودن، آسانی حمل و نقل، سادگی پخت، اشکال متنوع، عمر انبارمانی بالا و امکان مصرف آن در کنار سایر غذاها، دارای جذابیت و طرفداران بسیاری در سرتاسر دنیا می‌باشد. تولید پاستا و فرآورده‌های مشابه آن بر اساس فرآیند اکستروژن استوار است. برای تولید اشکال متنوع پاستا، قبل از مرحله خشک کردن، خمیر مورد نظر تحت فشار از قالب‌های مخصوص عبور داده می‌شود که بسته به نوع قالب مورد استفاده، شکل نهایی را به خود می‌گیرد. در واقع طراحی و ساخت قالب‌های گوناگون امکان تولید اشکال متنوع پاستا را فراهم آورده است. بدیهی است مواد تشکیل دهنده قالب می‌تواند تأثیر به سزایی بر خصوصیات سطحی و بافتی محصول نهایی داشته باشد [1].

فلز مس به دلیل رسانایی گرمایی بالا، شکل پذیری و قابلیت چکش خواری، اولین ماده‌ای بود که در ساخت قالب‌ها به کار رفت. یکی از پیشرفت‌ها در زمینه ساخت قالب‌ها، استفاده از برنز بود که نسبت به مس از قدرت بسیار بیشتری برخوردار است و همچون آن رسانایی گرمایی خوبی نیز دارد. برنز در واقع آلیاژی از دو فلز مس و روی می‌باشد. انقلاب دیگر در صنعت ساخت قالب‌ها استفاده از تفلون در نقطه تزریق در هر دو سطح بیرونی و در صورت نیاز درونی بوده است [2].

پس از مرحله اکستروژن، خشک کردن از جمله مهمترین و دشوارترین مراحل برای تولید پاستا بوده که هدف اصلی آن، افزایش پایداری و قابلیت نگهداری محصول نهایی می‌باشد. خشک کردن پاستا مرحله به مرحله صورت می‌گیرد. به گونه‌ای که در هر مرحله، دما، رطوبت نسبی و زمان با یکدیگر هماهنگ است. اصولاً بین درجه حرارت، شدت جریان هوا، جهت هوادهی و رطوبت نسبی هوا در خشک کن رابطه نزدیکی برقرار است. با افزایش دمای خشک کردن، رطوبت نسبی افزایش یافته و با کاهش آن رطوبت هوای خشک کن باید کاهش یابد [3].

پژوهشگران به بررسی ویژگی‌های نمونه‌های اسپاگتی تهیه شده با قالب‌هایی از جنس تفلون، پلی پروپیلن، پلی کربنات، آلومینیوم و برنز پرداختند. مشاهدات حاصل از بزرگنمایی میکروسکوپی 200 برابر این نمونه‌ها نشان داد اسپاگتی‌های تهیه شده با قالب‌های تفلونی، پلی پروپیلنی و پلی کربناتی دارای سطحی صاف بودند. این در حالی است که نمونه‌هایی که توسط قالب‌های آلومینیومی و برنزی تولید شدند، سطحی ناهموار و غیر یکنواختی داشتند. از سوی دیگر نتایج تحقیقات این پژوهشگران نشان داد که نوع مواد تشکیل دهنده قالب‌های اسپاگتی می‌تواند بر روی سرعت اکستروژن خمیر، سفتی سطح محصول و همچنین دانسیته حجمی مؤثر باشد؛ اما دمای ژلاتینه شدن نشاسته تحت تأثیر مواد تشکیل دهنده قالب قرار نمی‌گیرد [4]. محققان در بررسی اثر به کارگیری دماهای بالای خشک کردن بر ویژگی‌های تکنولوژیکی پاستا به این نتیجه رسیدند که کلیه نمونه‌های پاستای فرآوری شده با دماهای پایین (50° C) دارای کمترین امتیاز کیفی به دست آمده از نتایج ارزیابان حسی بود. استفاده از دماهای بالا سبب بهبود کیفیت پخت و تشدید اندیس زردی و در نتیجه امتیاز حسی بالاتر در مقایسه با نمونه به دست آمده از خشک کن با دمای پایین بود [5]. نتایج حاصل از تحقیقات به عمل آمده بر روی نمونه‌های پاستای خشک شده در دماهای مختلف نشان داد وقتی درجه حرارت مرحله خشک کردن بیشتر از دمای ژلاتینه شدن باشد، گرانول‌های نشاسته ژلاتینه شده در سطح پاستا قرار می‌گیرند و از انتشار آب به درون قسمت‌های داخلی محصول

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-06-01]

[DOI: 10.52547/fsct.17.102.103]

ممانعت به عمل می‌آورد. بر همین اساس پاستای خشک شده با دمای پایین، در وضعیت یکسان پخت دارای بیشترین میزان جذب آب در مقایسه با شرایط خشک کردن در دمای بالا بود. افزایش درجه حرارت خشک کردن موجب افزایش ویژگی هیگروسکوپیک شبکه گلوتن و همچنین افزایش تشکیل کمپلکس آمیلوز – لیپید شد. تشکیل این کمپلکس می‌تواند منجر به کاهش جذب آب در محصول نهایی گردد [6]. فرآیند اکستروژن در شرایط دمایی پایین‌تر از درجه حرارت لازم برای غیرمحلول شدن پروتئین‌ها صورت می‌گیرد؛ چرا که وقتی درجه حرارت مرحله اکستروژن بیشتر از 50 درجه سانتی گراد باشد، گرانول‌های نشاسته شروع به تورم غیرعادی کرده و انعقاد پروتئین‌ها رخ می‌دهد. فشار اعمال شده بر روی قالب پاستا در حین مرحله اکستروژن در حدود 10 MPa می‌باشد اما بسته به جنس مواد تشکیل دهنده قالب‌ها و همچنین شکل نهایی پاستا، این میزان می‌تواند بین 13-14 MPaمتغیر باشد. اکستروژن در شرایط دمایی 35-40° C تأثیر معنی داری بر روی قابلیت محلول بودن پروتئین‌ها ندارد [7].

هدف از این پژوهش، بررسی اثرات استفاده از دو نوع آرد گندم سخت و گندم دوروم با کاربرد قالب‌های تفلونی و برنزی در دو دمای خشک کردن 65 و 80 درجه سانتی‌گراد بر روی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، کیفی، بافت، رنگ، ویژگی‌های ارگانولپتیکی و مرفولوژی پاستا می‌باشد.

2- مواد و روش‌ها

در این تحقیق از آرد گندم سخت و سمولینای گندم دوروم تولید شده توسط شرکت آرد زر، قالب‌های تفلونی و برنزی ساخته شده توسط شرکت انسلمو[1] ایتالیا (که در خطوط تولید پاستای شرکت زرماکارون به کار گرفته شده است) مورد استفاده قرار گرفت.

2-1- روش تولید پاستا

به منظور تولید پاستا، ابتدا آرد مورد نظر (آرد گندم سخت یا سمولینای گندم دوروم) وزن شده، سپس با آب به نسبت 20 درصد وزن آرد به مدت 10 دقیقه داخل دستگاه هم‌زن پایلوت شرکت انسلمو ساخت کشور ایتالیا مخلوط گردید تا شبکه گلوتنی تشکیل گردد. در نهایت مخلوط تحت دمای 45° C با قالب برنزی و تفلونی به فرم سدانو[2] و تحت فشار 0/6 میلیمتر جیوه اکسترود[3] می‌گردد. در طول فرآیند اکستروژن، دمای خمیر خارج شده از قالب تحت جریان دمای آب 20° C تنظیم شده است تا پاستای خارج شده از قالب به هم نچسبد و شکل خود را از دست ندهد. پاستای خارج شده از قالب ابتدا بر روی سینی-های پلاستیکی ریخته شده و فن موجود در زیر سینی جهت جلوگیری از به هم چسبیدن پاستا در طول فرآیند به طور مداوم روشن می‌باشد. سپس پاستا برای انتقال به خشک کن بر روی سینی‌های چوبی با توری پلاستیکی قرار گرفته و داخل خشک کن اتوماتیک (خشک کن کابینتی، شرکت انسلمو- ساخت کشور ایتالیا) خشک گردید. فرآیند خشک کردن پاستا با دماهای 65 و 80 درجه سانتی گراد انجام شد. پاستای خشک شده پس از سرد شدن در سلفون‌های پلی پروپیلن جهت دار شده[4] بسته‌بندی و تحت دمای 18° C انبارداری شدند. پس از دو ساعت آزمایشات تکنولوژیکی و حسی بر روی نمونه‌ها انجام پذیرفت. در جدول 1

1. Anselmo
2. Sedano
3. Extrude
4. Oriented Poly Propylene

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-06-01]

[DOI: 10.52547/fsct.17.102.103]

تیمارهای مورد بررسی در این تحقیق مشخص شده‌اند.

Table 1 The Treatments Studied in this Research

Code	Description
M_1	Pasta made from hard wheat flour, Teflon die, at drying temperature of 65 ° C
M_2	Pasta made from hard wheat flour, Teflon die, at drying temperature of 80 ° C
M_3	Pasta made from hard wheat flour, Bronze die, at drying temperature of 65 ° C
M_4	Pasta made from hard wheat flour, Bronze die, at drying temperature of 80 ° C
M_5	Pasta made from Durum wheat flour, Teflon die, at drying temperature of 65 ° C
M_6	Pasta made from Durum wheat flour, Teflon die, at drying temperature of 80 ° C
M_7	Pasta made from Durum wheat flour, Bronze die, at drying temperature of 65 ° C
M_8	Pasta made from Durum wheat flour, Bronze die, at drying temperature of 80 ° C

2-2- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

آزمون‌های فیزیکوشیمیایی آردهای مورد استفاده در این پژوهش (شامل رطوبت، خاکستر، پروتئین، گلوتن و ایندکس گلوتن) مطابق با استاندارد AACC به ترتیب با شماره‌های 16-44، 01-80، 46-12، 39-10 انجام شد. میزان رطوبت، نمونه‌های پاستای حاصل نیز توسط استاندارد AACC، شماره 16-44، اندازه‌گیری شد.

3-2- آزمون‌های پخت

آزمون عدد پخت (وزن بعد از پخت) و افت پخت (درصد کل مواد جامد در آب پخت) طبق استاندارد ملی ایران به شماره 213 انجام شد.

4-2- آزمون بافت نمونه‌های پاستا

بافت نمونه‌های پاستای پخته شده، با استفاده از دستگاه بافت سنج (مدل 83100 IX، ساخت انگلیس) بر طبق استاندارد AACC شماره 52-66 اندازه گیری شد.

5-2- آزمون میزان ژلاتینه شدن نمونه‌های پاستا

آزمون میزان ژلاتینه شدن نمونه‌های پاستا با استفاده از دستگاه پراش پرتو ایکس[1] (مدل pts 3003 ، ساخت آلمان) اندازه‌گیری شد. جهت آماده‌سازی نمونه‌ها، لازم است تیمارهای خشک شده را آسیاب کرده سپس مقدار 0/02 ± 1/10 گرم از نمونه پاستا آسیاب شده با دانه بندی 106 میکرون را در ظرف نمونه‌گیری دستگاه طیف سنج پراش پرتوایکس با قطر 27 میلی‌متر ریخته سپس ظرف نمونه‌گیری را در محل دستگاه[2] قرار داده، پرتوهای نوری برخوردی و بازتابش اشعه به ترتیب در محدوده زاویه‌ای 2θ و 10 تا 30 درجه با بکارگیری لامپ از نوع مس (لاندا-1/54 انگستروم) تنظیم شده طول هر گام[3] در آنالیز برابر 0/02 درجه می‌باشد [8].

6-2- آزمون مورفولوژی نمونه‌های پاستا

نمونه‌های پاستا با روکشی از جنس طلا به ضخامت 30 nm پوشش داده شدند و در حداکثر ولتاژ 15 kv با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل LEO 1450 VP ساخت کشور آلمان بررسی شدند [9].

7-2- طرح و روش تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این تحقیق، هشت تیمار مورد بررسی قرار گرفتند و آزمون‌های مربوطه با سه بار تکرار انجام شدند. از این رو حجم نمونه در این پژوهش 24 بود. میانگین هر پارامتر، توسط آنالیز یک طرفه واریانس (ANOVA) با آرایش فاکتوریل و با استفاده از نرم افزار SPSS 22.0 آنالیز شدند. تفاوت بین تیمارها، در آزمون دانکن، در سطح 95% (p<0/05) بیان گردید و نمودارهای مربوطه با Excel 2013 رسم شدند.

1. X-Ray Diffraction (XRD)

2. Sample changer

3. Step size

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-06-01]

[DOI: 10.52547/fsct.17.102.103]

3- نتایج و بحث

3-1- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی آرد

در جدول 2 آنالیز فیزیکوشیمیایی آرد گندم سخت و سمولینای گندم دوروم مورد استفاده نشان داده شده است. نتایج نشان داد سمولینای حاصل از گندم دوروم با اختلاف معنی دار، دارای میزان پروتئین و اندیس گلوتن بالاتری در مقایسه با آرد گندم سخت بود، بنابراین شبکه پروتئینی قوی‌تر و در نتیجه کیفیت بهتر پاستا را موجب گردید.

Table 2 Comparison of Physicochemical properties of flours

Flour	Moisture (%)	Total ash (%)	Protein (%)	Wet Gluten (%)	Gluten Index (%)
Durum wheat Flour	13.86±0.0232 [a]	0.615±0.0307 [a]	12.67±0.0040 [a]	31.23±0.0024 [a]	95.8±0.0163 [a]
Hard Wheat Flour	13.62±0.0208 [a]	0.702±0.0058 [a]	11.11±0.0212 [b]	29.17±0.1707 [a]	89.26±0.1056 [b]

The same letters are considered to be statistically not significantly different at P>0.05.

3-2- آزمون‌های فیزیکی پاستا

نتایج مقایسه فاکتورهای آزمون‌های فیزیکی نمونه‌های پاستا از نظر میزان رطوبت، عدد پخت و افت پخت طی شکل‌های 1، 2 و 3 نشان داده شده است.

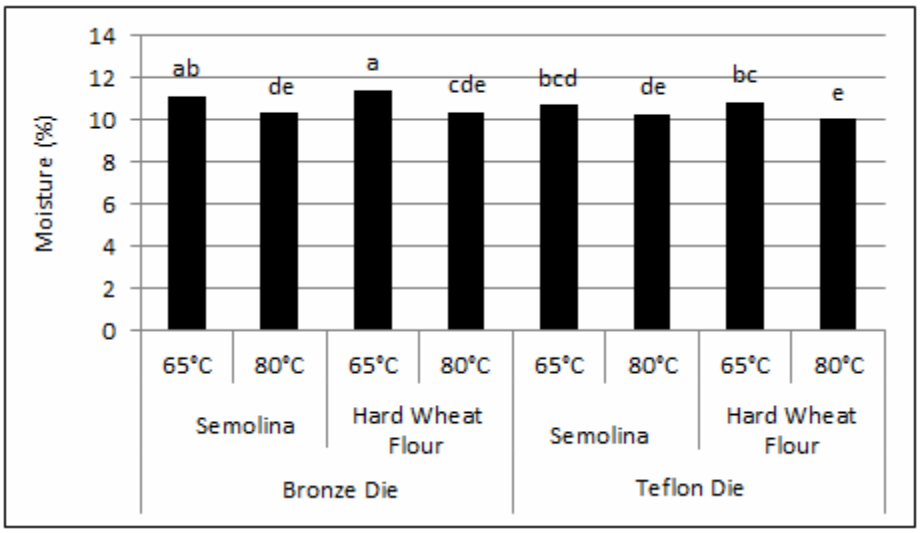

Fig 1 Comparison of the average moisture of treatments
The same letters are considered to be statistically not significantly different at P>0.05.

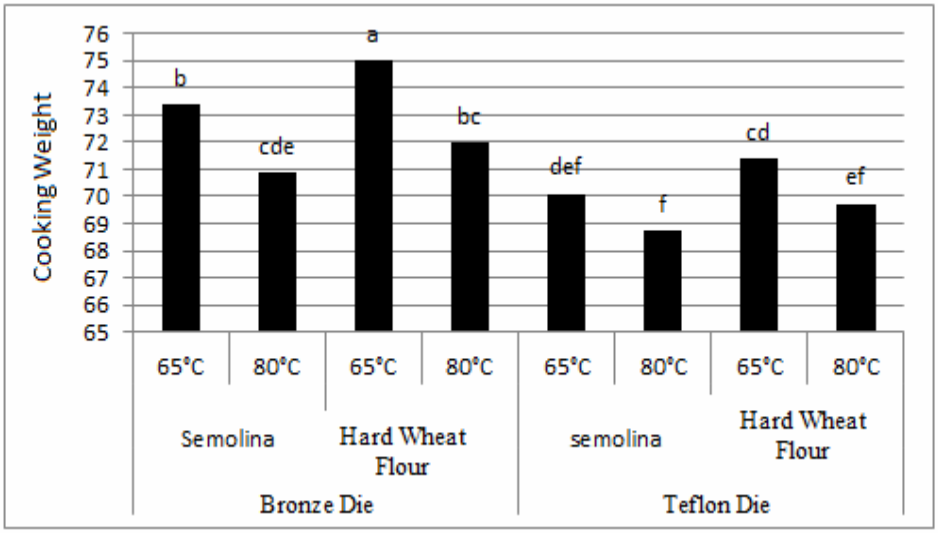

Fig 2 Comparison of the average Cooking weight of treatments
The same letters are considered to be statistically not significantly different at P>0.05.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-06-01]

[DOI: 10.52547/fsct.17.102.103]

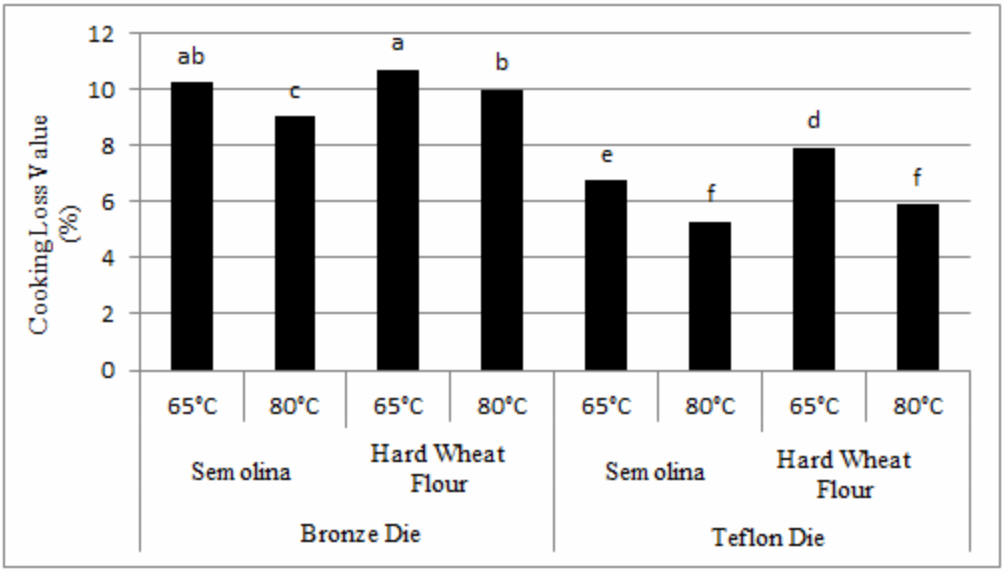

Fig 3 Comparison of the average Cooking Loss value of treatments
The same letters are considered to be statistically not significantly different at P>0.05.

3-3- نتایج میزان رطوبت نمونه‌های پاستا

مقدار رطوبت نمونه های پاستا در محدوده 10/05-11/44 درصد متغیر می‌باشد. از لحاظ آماری بین میزان رطوبت برخی نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (P<0/05). بیشترین میزان رطوبت متعلق به تیمار M_3 (قالب برنزی، آرد گندم سخت، دمای خشک کردن 65° C) و کمترین آن مربوط به تیمار M_8 (قالب تفلونی، آرد گندم سخت، دمای خشک کردن 80° C) و سپس تیمار M_6 (قالب تفلونی، سمولینای گندم دوروم و دمای خشک کردن 80° C) بود که با یکدیگر اختلاف معنی نداشتند. کاربرد شرایط خشک کردن تحت دمای بالا و زمان کوتاه، برای نخستین بار در سال 1974 آغاز شد و پس از آن به تدریج درجه حرارت‌های بالاتر (تا 90° C) نیز مورد استفاده قرار گرفت؛ به طوری که امکان خشک کردن پاستا در مدت زمانی برابر با 2 الی 3 ساعت را میسر نمود. بر این اساس محققان به این نتیجه رسیدند که اعمال درجه حرارت‌های بالا در مرحله خشک کردن پاستا می‌تواند موجب بهبود ویژگی‌های پخت محصول نهایی گردد. بهترین نتیجه ممکن در خصوص افزایش کیفیت پاستا را می‌توان با کاربرد درجه حرارت‌های پایین در مرحله ابتدایی خشک کردن پاستا به منظور کاهش رطوبت آن و سپس بالا بردن درجه حرارت خشک کردن به دست آورد. هر چند که درجه حرارت‌های بسیار بالا می‌تواند منجر به افزایش آسیب دمایی پاستا و متعاقب آن رنگ نامناسب، طعم نامطلوب، کاهش ارزش تغذیه‌ای پروتئین‌ها و همچنین تشکیل ترکیبات غیرطبیعی ناخواسته گردد [2].

4-3- نتایج اندازه گیری عدد پخت و افت پخت نمونه‌های پاستا

با توجه به نتایج به دست آمده در شکل 2 مشخص گردید عدد پخت نمونه‌ها در محدوده 68/7-74/9 درصد متغیر می‌باشد. بیشترین عدد پخت متعلق به تیمار M_3 (قالب برنزی، آرد گندم سخت، دمای خشک کردن 65° C)، دارای اختلاف معنی‌دار با سایر تیمارهای دیگر و کمترین آن به ترتیب مربوط به تیمار M_6 (قالب تفلونی، سمولینای گندم دوروم، دمای خشک کردن ^{o} 80C) و سپس تیمار M_2 (قالب تفلونی، آرد گندم سخت، دمای خشک کردن 80° C) بود که با یکدیگر اختلاف معنی داری نداشتند (P<0/05).

با تغییر دمای خشک کن، نوع قالب و نوع گندم مصرفی، میزان افت پخت پاستاهای تولیدی تغییر می‌یابد، به طوری که بیشترین درصد افت پخت مربوط به تیمار M_3 (قالب برنزی، آرد گندم سخت، دمای خشک کردن 65° C) و کمترین آن به ترتیب مربوط به تیمار M_8 (قالب تفلونی، سمولینای گندم دوروم، دمای خشک کردن 80° C) و تیمار M_2 (قالب تفلونی، آرد گندم سخت، دمای خشک کردن 80° C) بود که با یکدیگر اختلاف

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-06-01]
[DOI: 10.52547/fsct.17.102.103]

معنی‌داری نداشتند (P<0/05). طبق تعریف استاندارد، عدد پخت یا وزن پس از پخت عبارت است از میزان آب جذب شده در زمان پخت بهینه پاستا که این میزان آب جذب شده به عواملی نظیر نشاسته، پروتئین و فیبر موجود در پاستا بستگی دارد. با توجه به اینکه با افزایش میزان گلوتن از جذب آب توسط نشاسته جلوگیری می‌شود، آردهایی که دارای میزان پروتئین بالاتری هستند به علت تشکیل شبکه گلوتنی از جذب آب کمتری برخوردار می‌باشند. افزایش عدد پخت و افت پخت (لعاب) دو صفت بسیار مهم در تعیین خصوصیات کیفی پاستا می‌باشند و هرچه این دو خصوصیت بالاتر باشند کیفیت پاستا کاهش می‌یابد. این دو خصوصیت بسیار تحت تأثیر میزان پروتئین گلوتن و کیفیت آن هستند. در گندم‌های دوروم به دلیل گلوتن بالا، یک ساختمان پروتئینی فشرده منجر به تشکیل یک شبکه پروتئینی پایدار شده به طوری که سفتی و خصوصیات سطحی پاستا را بهبود می‌بخشد. به عبارت دیگر شبکه گلوتنی حاصل، گرانول‌های نشاسته ژلاتینه شده را به دام انداخته و از شکستگی سطح پاستا و خروج کربوهیدرات‌ها و پروتئین به داخل آب پخت و در نتیجه افزایش میزان افت پخت جلوگیری می‌کند، لذا توانایی گندم‌های دوروم نسبت به سایر گندم‌ها برای تشکیل یک شبکه غیرمحلول در طی پخت بالاتر بوده و کیفیت محصولات خمیری حاصل از آن نیز بهتر می‌شود [10].

محققان نتیجه گرفتند تأثیر پروتئین گلوتن بر کیفیت پخت پاستای حاصل مؤثر می‌باشد. بطوری که با افزایش کمی و کیفی گلوتن خواص فیزیکوشیمیایی، کیفی و حسی بهبود می‌یابد. خشک کردن پاستا تحت شرایط دمایی مختلف در میزان جذب آب موثر است، بطوری که با افزایش دما در خشک کن میزان جذب آب نیز کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج به دست آمده کمترین میزان جذب آب متعلق به تیمارهای با دمای خشک کردن $80\ ^{o}C$ بودند [11]. تحقیقات انجام شده توسط پژوهشگران نشان داد، خشک کردن پاستا تحت شرایط دمایی مختلف بر روی اندازه گرانول‌های نشاسته موثر می‌باشد. در شرایط دمایی بسیار بالا در مقایسه با دمای بالا و پایین، گرانول‌های نشاسته به دلیل بالا بودن سرعت ژلاتینه شدن نشاسته دارای اندازه بزرگتری می‌باشد. آن‌ها بر این باورند که تغییرات ایجاد شده در ساختار نشاسته تحت شرایط دمایی بسیار بالا از انتشار آب به بخش‌های داخلی جلوگیری می‌کند. بنابراین از طریق ممانعت از ورود آب به بافت داخلی پاستا و افزایش خاصیت هیدروفوبیک در شبکه گلوتنی در کاهش عدد پخت و یا میزان آب جذب شده توسط پاستا موثر می‌باشد. تحت شرایط دمایی بسیار بالا به علت پیوستگی و تراکم شبکه گلوتنی، امکان جذب آب توسط گرانول‌های نشاسته در مقایسه با دمای پایین کاهش می‌یابد. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت تحت شرایط دمایی $80\ ^{o}C$ به علت تغییرات ایجاد شده در ساختار گرانول‌های نشاسته و امکان جذب آب کمتر توسط آن‌ها، افزایش استحکام شبکه گلوتنی در مقایسه با دمای $65\ ^{o}C$، قابلیت جذب آب در پاستا کاهش می‌یابد. از طرفی کاهش جذب آب توسط پاستا باعث کاهش افت پخت نیز می‌گردد [12].

3-5- نتایج آزمون بافت نمونه‌های پاستا

آزمون بافت نمونه‌های پاستا به روش دستگاهی با اینستران انجام گردید. با تغییر نوع قالب و نوع گندم مصرفی، میزان نیروی شکست پاستاهای تولیدی تغییر یافت. بیشترین میزان نیروی شکست متعلق به تیمار M_6 (قالب تفلونی، سمولینای گندم دوروم، دمای خشک کردن $80^{o}C$) و کمترین آن نیز به ترتیب مربوط به تیمار M_3 (قالب برنزی، آرد گندم سخت، دمای خشک کردن $65\ ^{o}C$) بود و سپس تیمار M_7 (قالب برنزی، سمولینای گندم دوروم و دمای خشک کردن $65^{o}C$) بود که با یکدیگر اختلاف معنی داری نداشتند (P<0/05).

نتایج بررسی‌ها نشان داد که نیروی مورد نیاز برای شکستن نمونه های پاستا با تغییر نوع قالب و دمای خشک کردن تغییر می‌کند. به طوری که تیمارهای حاصل از قالب تفلونی در مقایسه با قالب برنزی و همچنین تیمارهای خشک شده با دمای $80^{o}C$ در مقایسه با دمای خشک کردن $65\ ^{o}C$ نیاز به نیروی بیشتری برای شکستن داشت. استفاده از درجه حرارت خشک کردن بالاتر موجب دناتوراسیون بیشتر پروتئین‌های گلوتن، برقراری پیوند عرضی بین گلوتنین و گلیادین و در نتیجه ایجاد ساختار مستحکمتری در پاستای حاصل می‌شود. اکسترود کردن پاستا با قالب برنزی موجب بافتی شکننده‌تر در پاستا شد.

بافت شکننده‌تر دارای حجم بیشتری از سلول‌های هوا در ماتریکس خود می‌باشد که در نتیجه به نیروی کمتری برای شکستن نیاز دارد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-06-01]

[DOI: 10.52547/fsct.17.102.103]

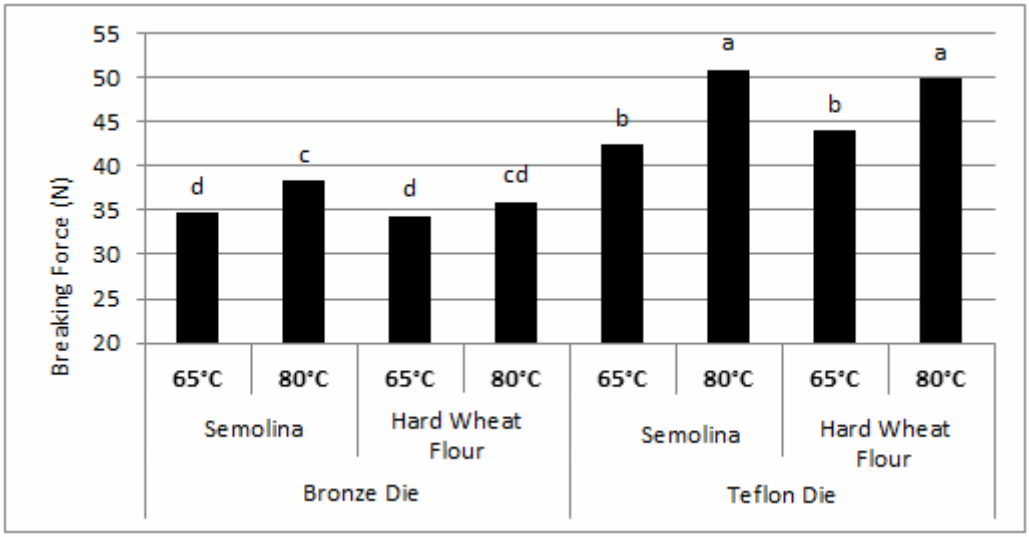

Fig 4 Comparison of the average Texture Analyzing of treatments
The same letters are considered to be statistically not significantly different at P>0.05.

به طور کلی برای ارزیابی ویژگی‌های بافتی مواد غذایی عمدتاً از دستگاه‌های تحلیل گر بافت استفاده می‌شود. نیروی برشی می‌تواند به عنوان عاملی برای تعیین سختی فرآورده‌های پاستا در ارزیابی تلقی گردد [13].. بافت پاستا به میزان پروتئین، رطوبت خمیر، شرایط حرارتی و همچنین مقدار فشار بکار رفته در پروسه تولید بستگی دارد [14].

6-3- نتایج آزمون میزان ژلاتینه شدن نمونه‌های پاستا

با توجه به نتایج مقایسه در الگوهای پراش نمونه‌های پاستا، فاکتور شدت (Intensity)، در زاویه $2\theta = 18°$ در حالت ماکزیمم می‌باشد که نشان دهنده تغییرات فیزیکوشیمیایی در طول فرآیند خشک کردن پاستا می‌باشد. این پیک به تشکیل کمپلکس آمیلوز-لیپید دلالت می‌کند. مقادیر بالای این کمپلکس در درجه حرارت بالای خشک کردن تشکیل می‌شود. باتوجه به نتایج مقایسه میانگین شکل 5 مشخص گردید که با تغییر دمای خشک کن، نوع قالب و نوع آرد گندم مصرفی، تفاوت معنی داری بین تیمارها وجود نداشت (P>0/05).

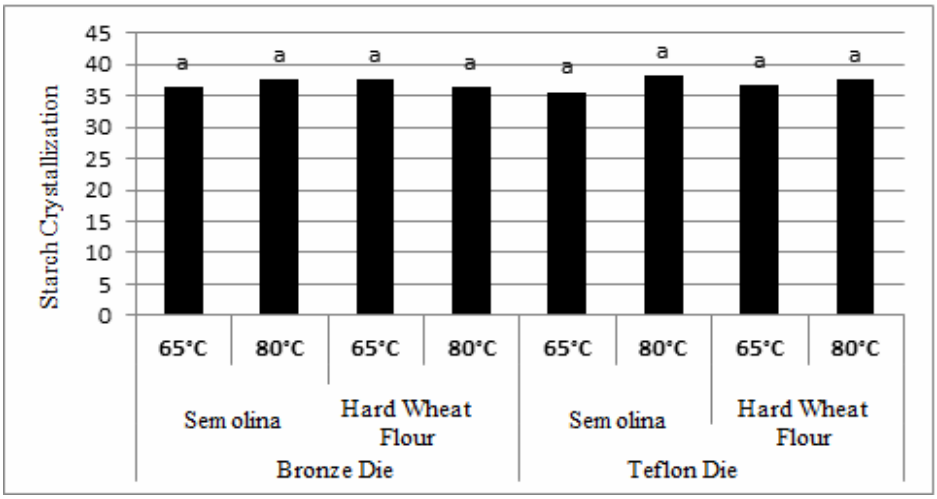

Fig 5 Comparison of the average Starch Crystallization of Treatments
The same letters are considered to be statistically not significantly different at P>0.05.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-06-01]

[DOI: 10.52547/fsct.17.102.103]

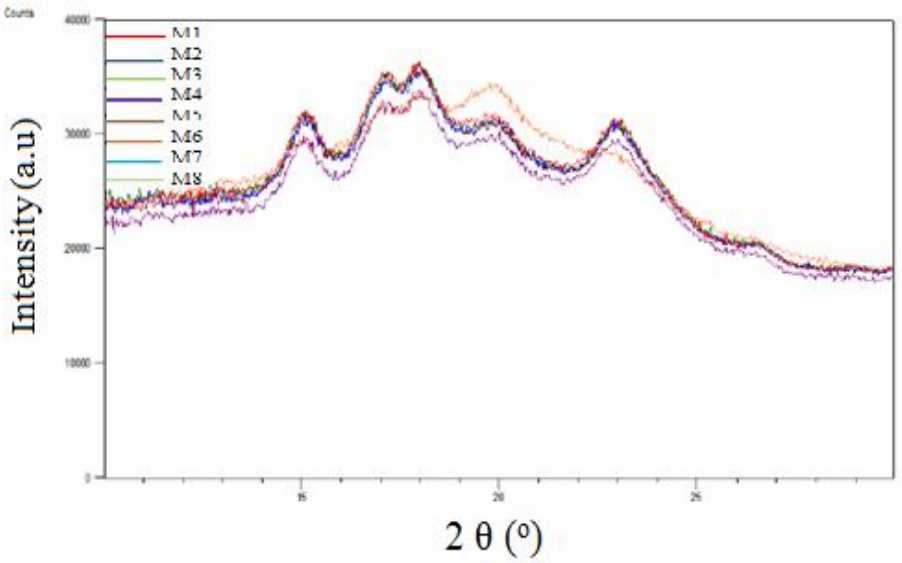

Fig 6 Comparison of the Diffractograms of Treatments

ارزش تغذیه‌ای و ویژگی‌های حسی فرآورده‌های خمیری به میزان ژلاتینه شدن نشاسته بستگی دارد. شدت تیمار حرارتی محصولات نشاسته را می‌توان با میزان ژلاتینه شدن نشاسته سنجید در طول این آزمون درجه ژلاتینه شدن نشاسته متفاوت خواهد بود. حداکثر ژلاتینه شدن نشاسته مهمترین فاکتور برای کاهش افت پخت می‌باشد، به این صورت که گرانول‌های نشاسته به ماتریکس پروتئین دناتوره متصل شده و از شکنندگی محصول و افت پخت آن جلوگیری می‌کند، در نتیجه بافت محکمتری را موجب می‌گردد. فرآیند خشک کردن موجب ذوب جزئی نشاسته و تشکیل کمپلکس آمیلوز-لیپید می‌گردد. تأثیر مرحله خشک کردن بر روی آنتالپی ژلاتینه شدن هنوز به طور دقیقی مشخص نشده است؛ به طوری‌که تفاوت معنی داری در مورد آنتالپی ژلاتینه شدن بین پاستاهای خشک شده مشاهده نگردید، البته نتایج پژوهش نشان داد که افزایش درجه حرارت خشک کردن، افزایش دمای ژلاتینه شدن و آنتالپی را به دنبال داشت. محققان به این نتیجه رسیدند که خشک کردن پاستا با درجه حرارت‌های بسیار بالا موجب جانمایی مولکولی مناسب پلیمرهای نشاسته می‌شود [15]. در طول فرآیند پخت، پاستای خشک شده با درجه حرارت‌های پایین، آمیلوز بیشتری را به درون آب منتقل می‌کند که در نتیجه این امر موجب کاهش تشکیل کمپلکس آمیلوز-لیپید و در نهایت افزایش جذب آب توسط آمیلوپکتین می‌گردد. این در حالی است که افزایش تشکیل کمپلکس آمیلوز-لیپید در پاستاهای خشک شده با درجه حرارت‌های بالا و بسیار بالا موجب کاهش جذب آب مربوط به آمیلوپکتین می‌شود. همچنین نتایج تحقیقات محققان نشان داد الگوهای پراش نمونه‌های پاستای خشک شده با درجه حرارت‌های بالا و بسیار بالا مشابه نمونه سمولینا بود و از الگوی A پیروی می‌کرد؛ هرچند که در هر دو نوع خشک کردن، یک پیک کوچک در زاویه 2θ وجود داشت که نشان دهنده تشکیل الگوی V بود. بر طبق یافته‌های این محققان، اسیدهای چرب و فسفولیپیدهای موجود در گندم می‌تواند به همراه آمیلوز تشکیل کمپلکس مارپیچی داده و در نهایت الگوی V را در الگوی پراش موجب گردد. ارتفاع این پیک در پاستای خشک شده تحت شرایط خشک کردن با دمای بالا بیشتر از نمونه پاستای خشک شده با درجه حرارت بسیار بالا بود که علت آن را می‌توان به مقادیر بالاتر تشکیل کمپلکس آمیلوز – لیپید در شرایط خشک کردن با دمای بالا نسبت داد [16]. از طرفی سایر محققان نیز اعلام کردند که جنس قالب، تأثیر چندانی بر روی فرآیند ژلاتینه شدن نمونه‌های اسپاگتی نداشت [17].

3-7- نتایج آزمون مورفولوژی نمونه‌های پاستا

یکی دیگر از فاکتورهای اصلی برای تعیین تغییرات فرآورده‌های خمیری در طول فرآیند تولید، ارزیابی ساختار میکروسکوپی آن با

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-06-01]
[DOI: 10.52547/fsct.17.102.103]

میکروسکوپ الکترونی است. از آن جایی که دمای خشک کردن 80° C در مقایسه با دمای 65° C ویژگی‌های بافتی مطلوبتری را در پاستا موجب گردید، بنابراین برای ارزیابی خصوصیات مورفولوژی نمونه‌های پاستا و انجام آزمون میکروسکوپ الکترونی روبشی از تیمارهای پاستا با شرایط خشک کردن ^{o}80C استفاده شد. در تصاویر تهیه شده از نمونه‌ها گرانول‌ها به صورت یک ماتریس در هم پیچیده مشخص شده‌اند. تصاویر به دست آمده نشان داد نمونه پاستای تولیدی با قالب تفلونی و سمولینای گندم دوروم دارای سطحی صاف و گرانول‌هایی یکنواخت‌تری نسبت به نمونه تولیدی با قالب برنزی و آرد گندم سخت بود.

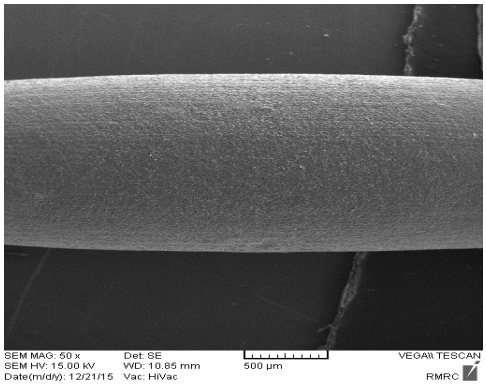

Fig 7 Surface of Pasta made from Durum wheat flour, Teflon die, at drying temperature of 80 ° C (Magnify: 50X)

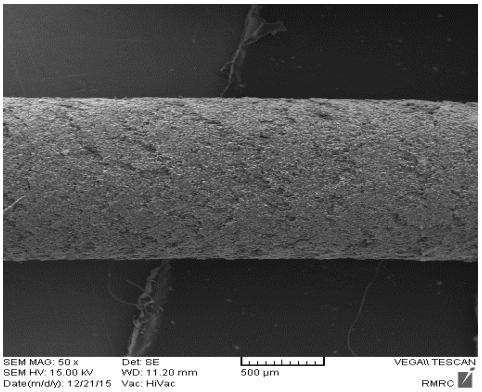

Fig 8 Surface of Pasta made from hard wheat flour, Bronze die, at drying temperature of 80 ° C (Magnify: 50X)

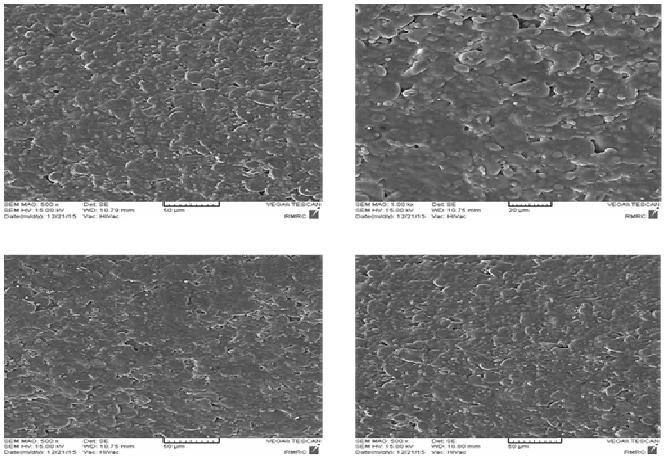

Fig 9 Inner Structure of Pasta made from Durum wheat flour, Teflon die, at drying temperature of 80 ° C (Magnify: 50X)

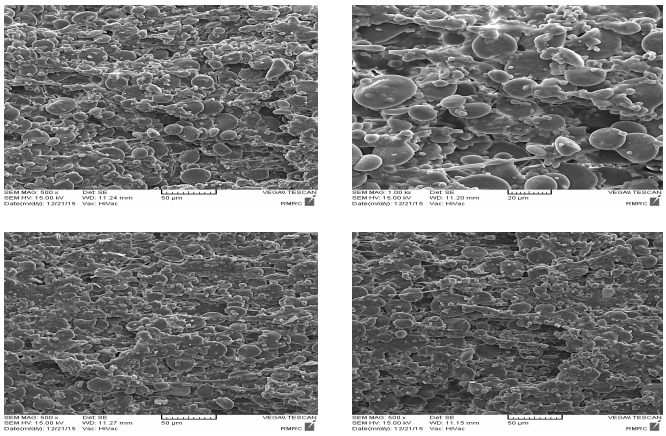

Fig 10 Inner Structure of Pasta made from hard wheat flour, Bronze die, at drying temperature of 80 ° C (Magnify: 50X)

بر روی سطح پاستای اکسترود شده با قالب برنزی و آرد گندم سخت، ترک‌های بسیار زیادی مشاهده گردید. استفاده از قالب برنزی، تخلخل زیادی را در لایه‌های خارجی محصول نهایی ایجاد می‌کند به صورتی که با نزدیک شدن به سمت مرکز محصول، این خلل و فرج به تدریج کاهش یافت. سطح پاستای اکسترود شده با قالب برنزی و آرد گندم سخت، خلل و فرج بیشتری داشت و ترک‌های بیشتری نیز بر روی این پاستا مشاهده گردید؛ این در حالی است که سطح پاستای حاصل از قالب تفلونی و سمولینای گندم دوروم در مقایسه با قالب برنزی و آرد گندم سخت بسیار هموارتر بود. استفاده از قالب تفلونی و سمولینای گندم دوروم موجب تولید محصولی با ساختار بسیار متراکم شد، به طوری که گرانول‌های نشاسته و ماتریکس

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-06-01]
[DOI: 10.52547/fsct.17.102.103]

پروتئینی در یکدیگر ادغام شدند و فضای مشخصی در بین آن‌ها وجود نداشت؛ اما در محصول تولید شده با قالب برنزی و آرد گندم سخت، به دلیل وجود گلوتن‌های منظم که تنها بخشی از آن‌ها با گرانول‌های نشاسته محصور شده بود، حفره‌های کوچک بسیاری در ساختار محصول وجود داشت [18]. بر طبق بررسی‌های به عمل آمده توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی، نمونه تولید شده با قالب تفلونی و سمولینای گندم دوروم ساختار داخلی متراکمی از گرانول‌های نشاسته دارد که به صورت فشرده‌ای در ماتریکس پروتئینی به دام افتاده و به صورت منظمی جهت‌گیری شده‌اند [19]. با توجه به این که سمولینای گندم دوروم دارای اندیس گلوتن و کیفیت پروتئینی بالاتری نسبت به آرد گندم سخت بود، بنابراین موجب تشکیل ماتریکس مستحکمتری از گلوتن و نشاسته و در نتیجه بافت متراکمتری در پاستای حاصل شد.

4- نتیجه‌گیری کلی

نتایج تحقیق نشان داد که نوع آرد (سمولینای گندم دوروم و آرد گندم سخت)، نوع قالب (تفلونی و برنزی) و دمای خشک کردن (65° C و 80° C) دارای اثرات متفاوتی بر پارامترهای فیزیکوشیمیایی، کیفی (پخت)، بافت سنجی، ژلاتینه شدن و ویژگی‌های مرفولوژی پاستای تولیدی داشته است. نتایج آزمون‌های فیزیکوشیمیایی انجام شده بر روی سمولینا و آرد گندم سخت نشان داد سمولینای حاصل از گندم دوروم با اختلاف معنی دار، دارای میزان پروتئین و اندیس گلوتن بالاتری در مقایسه با آرد گندم سخت بود، بنابراین شبکه پروتئینی قوی‌تر و در نتیجه کیفیت بهتر پاستا را موجب گردید. نتایج آزمون رطوبت نمونه‌های پاستای تولیدی نشان داد تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود داشت و با افزایش دما، میزان رطوبت کاهش یافت. بیشترین میزان رطوبت متعلق به تیمار M_3 (قالب برنزی، گندم سخت، دمای خشک کردن 65° C) و کمترین آن مربوط به تیمار M_8 (قالب تفلونی، گندم سخت، دمای خشک کردن 80° C) بود. از نظر آزمون‌های کیفی (پخت) مشخص گردید با افزایش دما، عدد پخت و افت پخت کاهش یافت. همچنین نوع قالب تفلونی باعث کاهش عدد پخت و افت پخت گردید. بیشترین میزان عدد پخت و افت پخت متعلق به تیمار M_3 و کمترین آن مربوط به تیمار M_6 (قالب تفلونی، گندم دوروم، دمای خشک کردن 80° C) بود. نتایج آزمون بافت سنجی نشان داد نیروی مورد نیاز برای شکستن نمونه های پاستا با تغییر نوع قالب و دمای خشک کردن تغییر کرد. قالب تفلونی در مقایسه با قالب برنزی و دمای خشک کردن 80° C نیز در مقایسه با دمای ^{o} 65C موجب بهبود شرایط بافتی تیمارها شد. در ارزیابی آزمون پراش اشعه ایکس، نوع آرد، نوع قالب و دماهای مختلف خشک کردن به کار رفته در این تحقیق، اختلاف معنی داری بر روی ژلاتینه شدن نشاسته تیمارهای پاستا نداشت. آزمون میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان داد قالب تفلونی موجب سطحی صاف، یکنواخت و بدون ترک خوردگی در محصول پاستا شد. از آن جایی که سمولینای گندم دوروم دارای مقدار پروتئین و همچنین کیفیت پروتئینی بالاتری در مقایسه با آرد حاصل از گندم سخت بود، ماتریکس قوی‌تری از گلوتن و نشاسته تشکیل و در نتیجه بافت متراکم‌تری را در محصول پاستا ایجاد نمود. به طور کلی از لحاظ کلیه آزمون‌های انجام شده فیزیکوشیمیایی، کیفی (پخت)، بافت سنجی، آزمون پراش اشعه ایکس و میکروسکوپ الکترونی روبشی، تیمار M_6 (سمولینای گندم دوروم، قالب تفلونی و دمای خشک کردن 80° C) به عنوان تیمار برتر شناخته شد.

5- تقدیر و سپاسگزاری

از واحدهای محترم تحقیق و توسعه، تولید و کنترل کیفیت شرکت زرماکارون که در انجام این پژوهش کمال همکاری را داشتند سپاسگزاریم.

6- منابع

[1] Fardet, A., Baldwin, P. M., Bertrand, D., Bouchet, B., Gallant, D. J., & Barry, J. L. (1998). Textural images analysis of pasta protein networks to determine influence of technological processes. *Cereal chemistry*, *75*(5), 699-704.

[2] Mercier, S. Louis-Philippe, D.M., Sébastien, V., & Mathieu, F. (2011). Effect of die material on engineering properties of dried pasta. 11th International Congress on

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-06-01]

[DOI: 10.52547/fsct.17.102.103]

Engineering and Food. 557-562.

[3] Cauvain S. 2005. Using cereal science and technology for the benefit of consumers. Proceeding of the 12th International ICC Cereal and Bread Congress. UK,23-26 May.

[4] Yoshino, M., Ogawa, T., & Adachi, S. (2013). Properties and water sorption characteristics of spaghetti prepared using various dies. Journal of Food Science, 78(4), 750-841.

[5] De Stefanis, E., & Sgrulletta, D. (1999). Effects of high-temperature drying on technological properties of pasta. Journal of Cereal Science, 12(1), 97-104.

[6] Zhang, L., Nishizu, T., Hayakawa, S., Nakashima, R., & Goto, K. (2013). Effects of different drying conditions on water absorption and gelatinization properties of pasta. Food and Bioprocess Technology, 6(8), 2000-2009.

[7] Sicignano, A., Di Monaco, R., Masi, P., & Cavella, S. (2015). From raw material to dish: pasta quality step by step. Journal of the Science of Food and Agriculture, 95(13), 2579-2587.

[8] Manno, D., Filippo, E., Serra, A., Negro, C., De Bellis, L., & Miceli, A. (2009). The influence of inulin addition on the morphological and structural properties of durum wheat pasta. *International journal of food science & technology*, *44*(11), 2218-2224.

[9] Petitot, M., Abecassis, J., & Micard, V. (2009). Structuring of pasta components during processing: impact on starch and protein digestibility and allergenicity. Trends in food science & technology, 20(11), 521-532.

[10] De Noni, I., & Pagani, M. A. (2010). Cooking properties and heat damage of dried pasta as influenced by raw material characteristics and processing conditions. Critical reviews in food science and nutrition, 50(5), 465-472.

[11] Cubadda, R. E., Carcea, M., Marconi, E., & Trivisonno, M. C. (2007). Influence of gluten proteins and drying temperature on the cooking quality of durum wheat pasta. Cereal Chemistry, 84(1), 48-55.

[12] Zweifel, C., Handschin, S., Escher, F., & Conde-Petit, B. (2003). Influence of high-temperature drying on structural and textural properties of durum wheat pasta. Cereal Chemistry, 80(2), 159e167.

[13] Wójtowicz, A., & Mościcki, L. (2014). Influence of legume type and addition level on quality characteristics, texture and microstructure of enriched precooked pasta. *LWT-Food Science and Technology*, *59*(2), 1175-1185.

[14] Marti, A., & Pagani, M. A. (2013). What can play the role of gluten in gluten free pasta?. *Trends in Food Science & Technology*, *31*(1), 63-71.

[15] Heneen, W. K., & Brismar, K. (2003). Structure of cooked spaghetti of durum and bread wheats. Starch-Starke, 55(12), 546e557.

[16] Güler, S., Köksel, H., & Ng, P. K. W. (2002). Effects of industrial pasta drying temperatures on starch properties and pasta quality. Food Research International, 35(5), 421-427.

[17] Yoshino, M., Ogawa, T., & Adachi, S. (2013). Properties and water sorption characteristics of spaghetti prepared using various dies. Journal of Food Science, 78(4), 750-841.

[18] Sung, W. C., & Stone, M. (2005). Microstructural studies of pasta and starch pasta. Journal of Marine Science and Technology, 13(2), 83-88.

[19] Ominami, Y., Sakaue, M., & Takaoka, S. (2016). Features and applications of Hitachi AeroSurf 1500 tabletop atmospheric scanning electron microscope.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-06-01]

[DOI: 10.52547/fsct.17.102.103]

Evaluation of the Effect and Comparison of Die type, Flour type and Drying Temperature on Technological Characteristics and Quality of Pasta

Yahyavi, M. [1*], Kamali Rousta, L. [2], Azizi Tabrizzad, M. H. [3], Amini, M. [4]

1. MSc in food science and technology, Zar Research and Industrial Development Group
2. Ph.D. in food science and technology, Zar Research and Industrial Development Group
3. Ph.D. in food science and technology, Associate professor, Tarbiat Modares University
4. Ph.D. in management, Board member, Zar Research and Industrial Development Group

(Received: 2019/02/27 Accepted:2019/12/15)

Nowadays pasta products are consumed as one of the most popular foods in the world and the position of this product in the food basket of Iranian families is gradually increasing. In this research, the effect of replacement of durum wheat semolina with hard wheat flour with two Teflon and bronze die at temperatures of 65 and 80°C on physicochemical, qualitative, texture properties, morphological characteristics, gelatinization and organoleptic features were studied. In terms of physicochemical tests, durum wheat semolina had higher protein content and gluten index with significant difference in comparison with hard wheat flour. There was a significant difference in moisture content between treatment and with an increase in temperature amount, moisture content decreased. With an increase in temperature amount, cooking value and cooking loss decreased, so the type of Teflon die also reduced the cooking loss. In the cooking value and cooking loss tests, the best score belonged to treatment M_6 (Durum wheat semolina, Teflon die and drying temperature of 80° C) and the lowest score belonged to treatment M_3 (Hard wheat flour, bronze die and drying temperature of 65° C). The result of texture analysis and scanning electron microscopy test showed that teflon die improved the texture of the treatments. There was no significant difference in X-ray diffraction test between treatments. Generally, treatment M_6 was the best treatment in terms of technological and qualitative characteristics.

Keywords: Pasta, Durum wheat, Teflon die, Bronze die, Drying Temperature

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-06-01]

[DOI: 10.52547/fsct.17.102.103]

* Corresponding Author E-Mail Address: m-yahyavi@zarmacaron.com