

## بهبود کیفیت خمیر و ماکارونی تازه تولید شده از آرد نول با استفاده از هیدروکسی پروپیل سلولز

مهسا مجذوبی<sup>1\*</sup>، راحله استوان<sup>2</sup>، عسگر فرحناکی<sup>1</sup>، غلامرضا مصباحی<sup>3</sup>، محمد  
هادی اسکندری<sup>1</sup>

1- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

2- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

3- مربی آموزشی بخش علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

(تاریخ دریافت: 88/2/2 تاریخ پذیرش: 88/10/24)

### چکیده

به منظور تولید ماکارونی با کیفیت مطلوب، معمولاً آرد سمولینا که از گندم دوروم بدست می آید به کار می رود. از آنجا که آرد سمولینا جهت مصرف در کلیه کارخانجات ماکارونی در کشور در دسترس نمی باشد. لذا اکثر کارخانجات ماکارونی از آرد نول که از گندم نانویی بدست می آید (فارینا) جهت تهیه ماکارونی استفاده می کنند. در نتیجه ماکارونی حاصل کیفیت مطلوبی نداشته و خصوصاً جهت صادرات مناسب نمی باشد. اهداف این تحقیق بهبود کیفیت خمیر و اسپاگتی تهیه شده از آرد نول با استفاده از هیدروکلئید هیدروکسی پروپیل سلولز (HPC) به میزان 0/5 درصد وزنی/ وزنی بود. پس از تهیه خمیر با رطوبت 31/5% خصوصیات رئولوژیکی آن توسط دستگاه فارینوگراف مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزودن HPC، زمان رسیدن خمیر به بالاترین قوام و پایداری آن نسبت به نمونه شاهد افزایش می یافت. نتایج آزمون کریپ (با استفاده از دستگاه بافت سنج) نشان داد که با افزایش HPC، الاستیسیته بیشتر و ویسکوزیته کمتر می شد. نتایج حاصل از پخت اسپاگتی تازه در آب مقطر و آب نمک 2% نشان داد نمونه HPC دارای زمان مناسب پخت بالاتری بود. جذب آب نمونه حاوی HPC در هر دو شرایط پخت نسبت به نمونه شاهد بیشتر و افت پخت آنها کمتر بود. افزودن HPC باعث بهبود بافت اسپاگتی از طریق تعدیل سفتی و کاهش چسبندگی آن گردید. افزودن نمک به آب پخت باعث افزایش جذب آب و افت پخت نمونه ها گردید.

کلید واژگان: اسپاگتی، آرد نول، هیدروکسی پروپیل سلولز، ماکارونی تازه، خمیر ماکارونی

### 1- مقدمه

کم می باشد، در حالی که غنی از کربوهیدراتهای پیچیده است که به تدریج در بدن به انرژی تبدیل می گردند [1]. (اجزاء اصلی سازنده خمیر) و شکل گیری خمیر به اشکال مختلف توسط قالب دستگاه اکستروژن، معمولاً ماکارونی

ماکارونی به دلیل آسانی حمل و نقل، سادگی پخت، اشکال جذاب و امکان مصرف آن در کنار سایر غذاها دارای جذابیت و طرفداران بسیاری در سراسر دنیا می باشد. از نظر تغذیه ای ماکارونی حاوی چربی و سدیم

\* مسئول مکاتبات: [majzooobi@shirazu.ac.ir](mailto:majzooobi@shirazu.ac.ir)

تواند عدم دسترسی به آرد سمولینا، تولید محصولی با ارزش غذایی بالاتر، محصولی رژیمی یا تولید ماکارونی با طعم و مزه جدید باشد. اگرچه در این صورت کیفیت ماکارونی تحت تاثیر قرار می گیرد و ماکارونی حاصل ممکن است دارای رنگ نامطلوب، افت پخت و چسبندگی بیشتری باشد که تمام این موارد از بازارپسندی ماکارونی می کاهد. اگرچه راهکارهای متعددی جهت بهبود کیفیت ماکارونی تهیه شده از آرد های غیر از سمولینا معرفی شده اند. به عنوان مثال جهت بهبود کیفیت ماکارونی تهیه شده از آرد برنج از مخلوطی از صمغ گوار، کازئین و سفیده تخم مرغ استفاده شده است [5]. همچنین هیدروکلئیدهای کربوکسی متیل سلولز و نشاسته ذرت پری ژلاتینه شده برای بهبود کیفیت ماکارونی تولید شده با آرد آمارانتوس به کار رفته اند [8]. با توجه به نتایج گزارش شده، به نظر می رسد استفاده از هیدروکلئیدها می تواند روشی برای بهبود کیفیت ماکارونی مورد توجه باشد.

هیدروکلئیدها ترکیبات طبیعی هستند که به دلیل ساختار شیمیایی خاص خود دارای قابلیت جذب و نگهداری آب بسیاری دارند و به همین دلیل در صنایع غذایی، دارویی و شیمیایی کاربردهای بسیاری دارند. از جمله هیدروکلئیدهای پر مصرف در صنایع غذایی سلولز و مشتقات آن مانند هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و کربوکسی متیل سلولز می باشد [9]. هیدروکسی پروپیل سلولز (HPC) یکی دیگر از مشتقات سلولز است گزارشات کمتری از کاربرد آن در محصولات غذایی وجود دارد. HPC به صورت پودر سفید رنگ، بدون بو و مزه است که از جایگزینی هیدروکسی پروپیل بر روی یک گروه OH (عمدتا شماره 3) مربوط به واحدهای گلوکز سازنده سلولز تهیه می شود. این ماده در آب سرد محلول است در حالی که در دمای بالاتر از 45°C محلول نمی باشد و باعث افزایش ویسکوزیته می گردد. این ماده مانند هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و متیل سلولز فعالیت سطحی قابل توجهی دارد. برای مثال در محلول مایع 0/1 درصد، کشش سطحی برابر با 43/6 dyn/cm<sup>2</sup> دارد. این ماده دارای نقش امولسیفایری و فیبر رژیمی نیز هست و قابلیت خوبی برای تشکیل فیلمهای خوراکی دارد که در برابر عبور هوا و روغن مقاوم است. نمونه ای از کاربردهای HPC در صنایع غذایی در تهیه غذاهای اکستروود شده و تولید خامه با قابلیت زدن بالا و

حاصل به اتاق خشک کن منتقل می گردد و در آنجا خشک می شود و با رطوبت حدود 12 درصد بسته بندی شده و به فروش می رسد. در این صورت و در شرایط مناسب نگهداری ماکارونی دارای ماندگاری طولانی (تا یک سال) می باشد. روش دیگری تولید ماکارونی، تهیه ماکارونی تازه است. به این معنا که ماکارونی پس از شکل گیری و خروج از اکستروود برش می خورد و با رطوبت حدود 31% بسته بندی و به فروش می رسد. ماکارونی تازه که طرفداران بسیاری در دنیا دارد بایستی پیش از مصرف در یخچال نگهداری شود و دارای زمان ماندگاری کوتاهی (در حدود یک هفته) می باشد. از مزایای ماکارونی تازه، زمان پخت و آماده سازی بسیار کوتاه (در حد چند دقیقه) است و لذا جهت استفاده در رستورانها، سلف سرویسیها و مدارس جهت سرعت بخشیدن به عملیات تهیه غذا بسیار مفید می باشد. از این نوع ماکارونی در تهیه انواع سوپها و سالادها نیز می توان استفاده کرد [1 و 2].

ماکارونی به طور معمول از آرد گندم دوروم (سمولینا) تهیه می شود که در اینصورت دارای کیفیت مطلوب و بازار پسندی بسیاری است. این امر به دلیل سختی دانه، پروتئین بالا (حدود 16%)، رنگ زرد کهربایی و پائین بودن فعالیت آنزیمی (خصوصا لپوکسی ژناز) می باشد [3]. هر چند که تولید گندم دوروم به دلیل شرایط آب و هوایی مورد نیاز آن در تمام مناطق دنیا امکان پذیر نیست. به عنوان مثال در برخی کشورهای اروپایی مانند کشور لهستان تولید گندم دوروم بسیار محدود است [4]. در ایران، با وجود مناسب بودن شرایط آب و هوایی جهت رشد و نمو گندم دوروم، به دلیل اختصاص یافتن بخش وسیعی از مزارع به کاشت گندم نانوائی، مقدار گندم دوروم تولیدی جهت استفاده در تمامی کاخانجات ماکارونی کافی نمی باشد. از طرفی تولید آرد سمولینا نیاز به آسیابانی مناسب دارد و به دلیل سختی بالای دانه گندم، آسیاب کردن گندم دوروم با گندمهای سخت معمولی یا گندمهای نرم متفاوت می باشد [2]. لذا تعداد بسیاری از کارخانجات ماکارونی در ایران و نیز برخی مناطق دنیا از آرد گندم نانوائی (آرد نول ماکارونی) جهت تهیه ماکارونی استفاده می کنند. در برخی مناطق دنیا از آرد سایر غلات به جز گندم (مانند ذرت و برنج) [5]، آرد حبوبات [6]، آرد سویا [7] و غیره به صورت جایگزینی نسبی یا کامل با آرد سمولینا جهت تهیه ماکارونی استفاده می شود. دلیل آن می

40 °C، با فشار 120 – 80 بار کار می‌کرد. پس از خروج ماکارونی از قالب خروجی با مقطع دایره ای شکل و با قطر 1/8 میلی متر، ماکارونی به شکل اسپاگتی تولید شد. از آنجا که هدف مورد نظر در این تحقیق بررسی خصوصیات ماکارونی تازه بود، در این مرحله ماکارونی به طول 30 سانتی متر برش خورد و درون کسبه های پلی اتیلنی با ضخامت 0/5 میلی متر بسته بندی شد و تا زمان انجام آزمایشات بعدی در یخچال در دمای 4 °C نگهداری شد. جهت تهیه ماکارونی حاوی HPC مانند نمونه شاهد عمل شد، با این تفاوت که HPC به میزان 0/5% (وزنی/وزنی بر پایه آرد) ابتدا کاملاً با آرد نول مخلوط شد و سپس از آن خمیر تهیه گردید.

## 2-2-2 آزمایشهای مربوط به خمیر ماکارونی

پس از تهیه خمیر ماکارونی (پیش از اکسترودر) مقداری از آن از قسمت مخلوط کن برداشته شد و در ظرف شیشه ای درب دار ریخته و جهت انجام آزمونهای بعدی در یخچال در دمای 4 °C نگهداری شد. به دلیل امکان تغییر در کیفیت خمیر در اثر ماندگاری، کلیه آزمایشات خمیر بلافاصله پس از تهیه آن انجام شد که حد اکثر 12 ساعت به طول انجامید. آزمونهای انجام شده بر روی خمیر ماکارونی شامل تعیین خصوصیات فارینوگرافی توسط دستگاه فارینوگراف (مدل FE022N، Brabender آلمان) که طبق روش دکستر و ماتسو (1980) انجام شد [12] و نیز آزمون کریپ که به کمک دستگاه بافت سنج (مدل Stevens-LFRA، ساخت کشور انگلستان) صورت گرفت. در آزمون کریپ ابتدا خمیر ماکارونی به صورت قطعات استوانه ای شکل یکسان توسط یک لوله استوانه ای توخالی به قطر 1 سانتیمتر و طول 3 سانتیمتر تهیه شد. این قطعات بر روی صفحه نگهدارنده دستگاه قرار داده شد. سپس جهت انجام آزمون کریپ، پروب دستگاه به قطر 2/5 سانتی متر و با سرعت 2 میلی متر بر ثانیه شروع به حرکت به سمت نمونه کرد و پس از تماس با سطح نمونه، به عمق 5 میلی متر در داخل نمونه فرو رفت و پس از آن با توجه به خاصیت برگشت پذیری (الاستیکی) خمیر و با توجه به توقف پروب، خمیر نیرویی به پروب وارد می نمود که این نیرو در مقابل زمان از روی صفحه نمایش دستگاه، بر حسب لود- گرم ثبت شد. این عمل برای هر نمونه 5 بار تکرار شد و سپس

تولید کف زیاد می باشد [9 و 10]. با توجه به خصوصیات شیمیایی HPC خصوصاً عدم حلالیت در دمای بالا، این ماده می تواند در فرمولاسیون ماکارونی بکار رود. زیرا در حین پخت ماکارونی که از دمای جوش آب استفاده می گردد، HPC به صورت نامحلول بوده و درون ماکارونی باقی می ماند. لذا می تواند در ایجاد بافت و ساختار ماکارونی کارایی داشته باشد. این در حالی است که در صورت استفاده از سایر هیدروکلوئیدهای محلول در آب، این ترکیبات در هنگام پخت به صورت محلول در آمده و از ماکارونی خارج می شوند و نمی توانند عملکرد مناسبی داشته باشند.

هدف اصلی از این تحقیق تولید ماکارونی تازه با استفاده از آرد نول به عنوان یک محصول غذایی جدید در ایران، بررسی خصوصیات این نوع ماکارونی و بررسی امکان بهبود کیفیت آن با استفاده از HPC بود.

## 2-مواد و روشها

### 2-1-مواد

آرد نول ماکارونی با درجه استخراج 78/5% (طبق اطلاعات سازنده آن) از کارخانه آرد سپیدان واقع در استان فارس تهیه گردید که دارای 0/25 ± 13/47% پروتئین و 0/01 ± 0/56% خاکستر (بر اساس وزن خشک) بود که طبق روش استاندارد AACCC تعیین شد [11]. میزان خاکستر بدست آمده تأیید کننده درصد استخراج گزارش شده توسط کارخانه آرد و قرار گرفتن این آرد در دسته آرد نول بود. HPC (E 463) از شرکت استغان کشور هندوستان تهیه شد و سایر مواد شیمیایی لازم از شرکت مرک کشور آلمان خریداری شد.

### 2-2-روشها

#### 2-2-1-تهیه ماکارونی

در این تحقیق، ماکارونی تازه به شکل اسپاگتی در کارخانه دنا ماکارون واقع در جاده شیراز- بوشهر تولید شد. به منظور تهیه نمونه شاهد ابتدا آب در دمای 35 °C و آرد نول به مدت 20 دقیقه و با سرعت 30 – 50 دور در دقیقه تا رسیدن به رطوبت 31/5% در مخلوط کن کاملاً مخلوط شدند تا خمیر ماکارونی شکل گیرد. سپس خمیر وارد دستگاه اکسترودر تک ماریچی (مدل میکرون ساخت کشور ایران) شد که در دمای

دستگاه، عدد مورد نظر بر حسب لود - گرم ثبت گردید. این عمل برای هر ماکارونی 5 بار تکرار شد و پس از تعیین میانگین، نتایج حاصل برای هر نمونه گزارش گردید. میانگین نیروی لازم برای فشردن بافت رشته ماکارونی، به عنوان سفتی بیان می شود.

#### تعیین رنگ ماکارونی

برای بدست آوردن خصوصیات رنگ انواع ماکارونی پیش و پس از پخت در آب مقطر و آب نمک 2%، از روش یمام و پاپاداکیس (2004) [13] با استفاده از روش عکسبرداری دیجیتال با استفاده از دوربین دیجیتال 2 مگاپیکسل و سپس آنالیز پارامترهای رنگ با استفاده از برنامه فتوشاپ 8 استفاده شد.

#### 2-2-4 آنالیزهای آماری

طرح آماری به کار گرفته شده در این تحقیق به صورت طرح کاملا تصادفی بود. آزمایش ها به طور عمده در سه تکرار و برخی آزمایشات در 5 تکرار انجام شد، سپس میانگین و انحراف معیار بدست آمد. جهت مطالعه وجود اختلاف آماری معنی دار بین تیمارهای مختلف، از آنالیز واریانس (ANOVA) و آزمون چند دامنه ای دانکن استفاده گردید. در تمام مراحل، تجزیه و تحلیل آماری داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS 16 صورت پذیرفت.

### 3- نتایج و بحث

#### 3-1 نتایج مربوط به تعیین خصوصیات خمیر

##### ماکارونی

با استفاده از فارینوگرامهای بدست آمده اعداد مربوط به بیشترین قوام خمیر و زمان لازم برای رسیدن به آن، زمان پایداری و پهنای نمودار 5 دقیقه پس از رسیدن به بیشینه قوام تعیین گردید که در جدول 1 نشان داده شده است. نتایج حاصل نشان می دهد که زمان رسیدن به بالاترین قوام خمیر در مورد نمونه های شاهد و نمونه حاوی HPC مساوی و برابر با یک دقیقه بود. بیشترین قوام خمیر نمونه شاهد برابر با 720 BU و کمتر از نمونه HPC (740/0 BU) بود. به عبارت دیگر افزودن HPC باعث افزایش قوام خمیر گردید. این امر می تواند به دلیل قابلیت حفظ و نگهداری آب بالای HPC باشد

نمودار آن بر حسب زمان - نیرو رسم شد و مقدار جزء الاستیک و ویسکوز با استفاده از نمودار بدست آمد.

#### 2-2-3 تعیین خصوصیات ماکارونی تازه

##### تعیین زمان پخت مناسب ماکارونی

زمان مناسب پخت ماکارونی در آب مقطر و آب نمک 2% با استفاده از روش استاندارد AACCC و تا زمانی که گچی بودن مرکز ماکارونی در اثر پخت و فشردن رشته ماکارونی در بین دو صفحه شیشه ای مشاهده نشود تعیین شد [11].

##### تعیین افت پخت ماکارونی

افت پخت ماکارونی هم در آب مقطر و هم در آب نمک 2% تعیین گردید. به این منظور، 100 گرم نمونه در 300 میلی لیتر آب جوش در یک بشر 500 میلی لیتری تا رسیدن به زمان مناسب پخت برای ماکارونی های تازه (که توسط آزمون قبل تعیین گردید) غوطه ور گردید، سپس ماکارونی ها از بشر خارج شده و آب پخت درون بشر در یک آون در دمای  $115^{\circ}\text{C}$  قرار داده شد تا آب آن کاملا تبخیر شود. ماده خشک باقیمانده توزین شد و به عنوان درصد ماده از دست رفته در هر زمان پخت بیان گردید [11].

##### تعیین میزان جذب آب ماکارونی

جهت تعیین جذب آب ماکارونی، 100 گرم رشته ماکارونی در 300 میلی لیتر آب جوش (آب مقطر و آب نمک 2 درصد)، غوطه ور گردید. بعد از پخت ماکارونی در زمان مناسب پخت، ماکارونی ها خارج شده و بعد از خنک شدن به مدت 5 دقیقه در دمای اتاق، توزین شدند و درصد جذب آب آنها از مقدار افزایش وزن محاسبه گردید [11].

##### تعیین سفتی بافت ماکارونی پس از پخت

برای تعیین سفتی بافت ماکارونی پخته شد در آب مقطر یا آب نمک 2% در زمان مناسب پخت، از دستگاه بافت سنج، (مدل Stevens-LFRA ساخت کشور انگلستان)، استفاده شد. این آزمون بر اساس تست کریپ انجام شد. در این روش ابتدا دکمه تنظیم نوع آزمایش برای انجام آزمون بافت تنظیم گردید، در این آزمایش پس از قرار گرفتن نمونه بر روی صفحه نگهدارنده، با زدن دکمه شروع، پروب دستگاه به قطر 0/5 سانتی متر و با سرعت 1 میلی متر بر ثانیه شروع به حرکت کرد و پس از تماس با سطح نمونه، به میزان 1 میلی متر در داخل نمونه فرو رفت و پس از بازگشت این مسیر، از روی صفحه نمایش

به دلیل افزایش این ترکیبات می باشد [7 و 8 و 14]. ایجاد قوام در خمیر به جذب و نگهداری آب توسط گلوتن مربوط می باشد [14]. افزودن هیدروکلوئیدهای پروتئینی یا پلی ساکارییدی به دلیل توانایی در جذب آب می تواند باعث افزایش قوام و پایداری خمیر گردد.

شکل 1 نمودار حاصل از انجام آزمون کریپ را نشان می دهد که با استفاده از آن خصوصیات رئولوژیکی تعیین گردید که در جدول 2 نشان داده شده است. بیشینه نیروی لازم برای فشردن خمیر ماکارونی شاهد کمتر از نمونه ماکارونی حاوی HPC بود. همچنین خصوصیات الاستیسیته و ویسکوزیته نمونه شاهد به ترتیب کمتر و بیشتر از نمونه حاوی HPC بود. این نتایج نشان می دهد که خمیر حاوی HPC دارای قوام و سفتی بافت بیشتری می باشد و نیز قابلیت پهن شدن این خمیر بیش از نمونه شاهد است، در حالی که نمونه شاهد قابلیت برگشت پذیری بیشتری دارد.

که باعث افزایش قوام خمیر می گردد. همچنین مشاهده شد که مدت زمان پایداری نمونه حاوی HPC و شاهد به ترتیب برابر با 4/7 و 3/0 دقیقه بود. این امر نشان می دهد که خمیر حاوی HPC مدت زمان بیشتری با بیشترین قوام خود باقی می ماند. همچنین پهنای نمودار فارینوگراف 5 دقیقه بعد از نقطه بیشینه قوام که شاخصی از پایداری خمیر در اثر افزایش زمان مخلوط شدن است برای نمونه شاهد کمتر از نمونه حاوی HPC بود (BU 153/3 در برابر BU 126/7). این نتایج بیانگر این است که افزودن HPC باعث افزایش قوام و پایداری خمیر می گردد. مطالعات نشان داده اند که از میان پارامترهای مختلف مربوط به فارینوگراف، پهنای نمودار 5 دقیقه بعد از بیشینه قوام آن

دارای بیشترین ارتباط مثبت با خواص پخت ماکارونی می باشد [12]. تحقیقات نشان داده اند که افزودن گلوتن، پودر سویا و تخم مرغ به خمیر ماکارونی باعث افزایش قوام خمیر می گردد که به دلیل افزایش نگهداری آب توسط خمیر

جدول 1 خصوصیات فارینوگرافی خمیر ماکارونی که توسط دستگاه فارینوگراف تعیین گردید<sup>1</sup>.

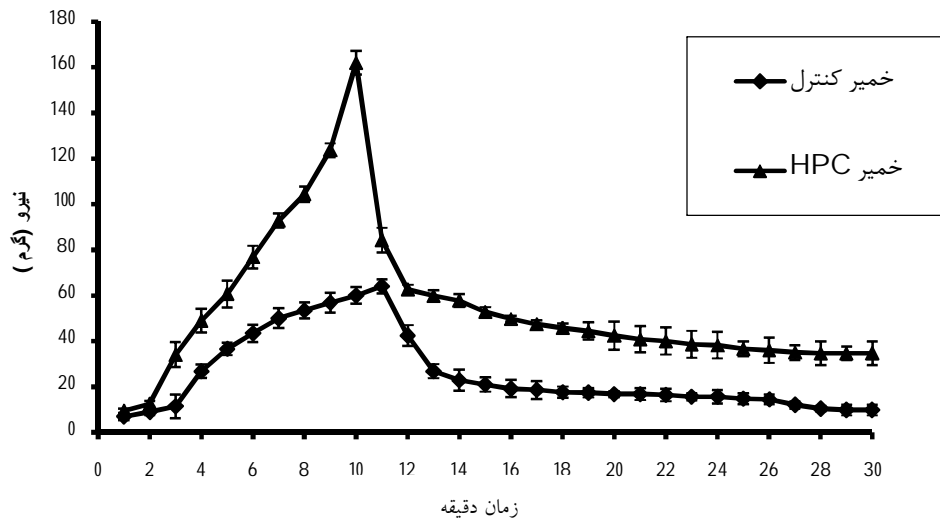
نوع خمیر	زمان رسیدن به بالاترین قوام خمیر (دقیقه)	ماکزیمم قوام خمیر (BU)	مدت زمان پایداری خمیر (دقیقه)	پهنای باند فارینوگراف بعد از 5 دقیقه (BU)
شاهد	1 ± 0 <sup>a</sup>	720/0 ± 0/0 <sup>a</sup>	3/0 ± 5/8 <sup>a</sup>	126/7 ± 11/5 <sup>a</sup>
HPC	1 ± 0 <sup>a</sup>	740/0 ± 0/0 <sup>b</sup>	4/7 ± 28/9 <sup>b</sup>	153/3 ± 11/5 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> اعداد نشان دهنده میانگین 3 تکرار ± انحراف معیار هستند. حروف متفاوت در ستون نشانه وجود اختلاف آماری معنی دار (p < 0/05) می باشند.

جدول 2 میزان سفتی بافت، جزء الاستیک و ویسکوز خمیر ماکارونی که به کمک دستگاه بافت سنج تعیین شد<sup>1</sup>.

نوع خمیر	بیشینه نیرو (نود- گرم)	درصد جزء الاستیک	درصد جزء ویسکوز
شاهد	64/0 ± 3/6 <sup>a</sup>	14/00 ± 0/03 <sup>a</sup>	85/00 ± 0/03 <sup>a</sup>
HPC	162/0 ± 5/2 <sup>b</sup>	21/00 ± 0/03 <sup>b</sup>	78/00 ± 0/03 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> اعداد جدول نشان دهنده میانگین 5 تکرار ± انحراف معیار هستند. حروف متفاوت در هر ستون نشانه وجود اختلاف آماری معنی دار (p < 0/05) می باشند.



شکل 1 نمودار مربوط به آزمون کرپ خمیر ماکارونی که به کمک دستگاه بافت سنج انجام شد. نقاط میانگین  $\pm$  تکرار 5 انحراف معیار

### 2-3 نتایج مربوط به خصوصیات پخت ماکارونی

در حین پخت ماکارونی در آب، گرانولهای نشاسته شروع به جذب آب و ژلاتینه شدن می نمایند. به طوری که تعداد زیادی از گرانولهای نشاسته ژلاتینه می شوند. همزمان با ژلاتینه شدن نشاسته، در اثر حرارت گلوتن دناتورده می شود. اگرچه تا حدی قابلیت جذب آب خود را حفظ می کند. مناسبترین زمان پخت هنگامی است که تعداد زیادی از گرانولهای نشاسته ژلاتینه شده باشند. در این حالت ساختار گچی میان رشته های اسپاگتی در اثر فشرده شدن قابل مشاهده نمی باشند. نتایج این تحقیق (جدول 3) نشان می دهد زمان پخت نمونه حاوی HPC بیشتر از نمونه کنترل بود. این امر می تواند به دلیل تاثیر HPC بر دمای ژلاتینه شدن نشاسته باشد. تحقیقات نشان داده اند که برخی از هیدروکلوئیدها مانند صمغ گوار باعث افزایش دمای ژلاتینه شدن نشاسته می گردد [15 و 16]. به نظر می رسد HPC نیز باعث افزایش دمای ژلاتینه شدن نشاسته می گردد. در نتیجه زمان طولانی تری لازم است تا نشاسته کاملاً ژلاتینه گردد و ساختار گچی اسپاگتی از بین برود. بعلاوه نتایج بدست آمده نشان می دهد که پخت ماکارونی در آب نمک باعث افزایش زمان پخت محصول می گردد. این امر می تواند به دلیل افزایش دمای ژلاتینه شدن نشاسته در اثر وجود نمک در

محیط باشد که قبلاً توسط ریچاردسون و همکاران (2004) گزارش شده بود [17]. نتایج این تحقیق با نتایج گزارش شده توسط سوزر و کایا (2003) و پرسینی و همکاران (2000) در مورد افزایش زمان پخت ماکارونی در آب نمک مطابقت دارد [2 و 18].

یکی از وقایع مهم در ژلاتینه شدن گرانولهای نشاسته افزایش جذب آب آنها می باشد. این امر به دلیل تخریب تدریجی ساختار کریستالی نشاسته درون گرانولها و تورم تدریجی آنها است. در جذب آب ماکارونی در حین پخت، گرانولهای نشاسته عامل اصلی می باشند. در حالی که شبکه گلوتن به دلیل دناتورده شدن آن در هنگام پخت ماکارونی قابلیت جذب آب خود را تا حد زیادی از دست می دهد [19]. نتایج بدست آمده (جدول 3) نشان می دهد با افزودن HPC جذب آب محصول افزایش یافت. این امر به دلیل قابلیت جذب آب HPC می باشد. بعلاوه، برخی از هیدروکلوئیدها می توانند قدرت تورم و جذب آب گرانولهای نشاسته را افزایش دهند. با توجه به نتایج بدست آمده، به نظر می رسد HPC چنین تاثیری بر نشاسته داشته باشد.

بافت ماکارونی پس از پخت بایستی تا حدی مستحکم باشد به گونه ای که به یکدیگر نچسبد و رشته ها از هم جدا باشند. در صورت نرمی بیش از حد ماکارونی، مصرف آن مشکل می گردد [20]. نتایج مطالعه سفتی بافت (جدول 3)

ماکارونی در آب نمک باعث سفتی بافت آن می گردد. این امر می تواند به دلیل تاثیر نمک بر دمای ژلاتینه شدن نشاسته و نیز بر شبکه گلوتن باشد به طوری که باعث افزایش دمای ژلاتینه شدن نشاسته و استحکام شبکه گلوتنی می گردد [22]. در نتیجه بافت ماکارونی سفت تر می گردد.

نشان می دهد که افزودن HPC باعث افزایش سفتی ماکارونی می شود. این امر می تواند به دلیل افزایش قوام ماکارونی در اثر افزودن HPC باشد. افزایش سفتی بافت ماکارونی در اثر افزودن هیدروکلوئیدهایی مانند نشاسته مقاوم یا پروتئینهای موجود در آرد نخود گزارش شده است [6 و 21]. پخت

جدول 3 خصوصیات مختلف انواع ماکارونی پخته شده در آب مقطر و آب نمک<sup>1</sup>.

نمونه	زمان مناسب پخت (دقیقه)	افت پخت (%)	جذب آب (%)	سفتی بافت (لود-گرم)
شاهد پس از پخت در آب مقطر	2/4 <sup>a</sup> ± 0/1	5/1 <sup>a</sup> ± 0/1	17/7 <sup>a</sup> ± 0/3	63/6 <sup>a</sup> ± 3/9
HPC پس از پخت در آب مقطر	3/0 <sup>b</sup> ± 0/5	3/4 <sup>b</sup> ± 0/1	24/8 <sup>b</sup> ± 0/4	80/0 <sup>b</sup> ± 4/1
شاهد پس از پخت در آب نمک	3/0 <sup>b</sup> ± 0/4	7/3 <sup>c</sup> ± 0/1	24/9 <sup>b</sup> ± 0/6	80/8 <sup>b</sup> ± 5/0
HPC پس از پخت در آب نمک	3/5 <sup>c</sup> ± 0/3	4/7 <sup>d</sup> ± 0/1	34/1 <sup>c</sup> ± 0/4	96/4 <sup>c</sup> ± 4/5

<sup>1</sup> اعداد جدول نشان دهنده میانگین 5 تکرار ± انحراف معیار هستند. حروف متفاوت در هر ستون نشانه وجود اختلاف آماری معنی دار (p<0/05) می باشند.

جدول 4 خصوصیات رنگ سنجی ماکارونی پیش از پخت، پس از پخت در آب مقطر و در آب نمک<sup>1</sup>.

نمونه	L-value	a-value	b-value
شاهد پیش از پخت	80/6 ± 0/5	-1/4 ± 0/7	42/0 ± 0/8
HPC پیش از پخت	79/0 ± 0/7	-0/7 ± 0/1	42/9 ± 0/7
شاهد پس از پخت در آب مقطر	82/9 ± 0/7	-5/2 ± 0/6	24/4 ± 0/7
HPC پس از پخت در آب مقطر	83/0 ± 0/5	-4/0 ± 0/7	28/5 ± 0/5
شاهد پس از پخت در آب نمک	84/0 ± 0/8	-3/9 ± 0/6	28/9 ± 0/8
HPC پس از پخت در آب نمک	82/1 ± 0/8	-3/3 ± 0/7	33/3 ± 0/7

<sup>1</sup> اعداد جدول نشان دهنده میانگین 5 تکرار ± انحراف معیار هستند.

به عنوان شاخص چسبندگی آن بکار رود. تحقیقات ارتباط مستقیمی میان مقدار آمیلوز نشاسته و میزان چسبندگی ماکارونی را نشان داده اند [23]. در آب پخت علاوه بر نشاسته، پروتئینهای و سایر کربوهیدراتهای محلول در آب نیز

چسبندگی ماکارونی که یکی از خصوصیات نامطلوب آن بشمار می آید، به دلیل خروج مولکولهای نشاسته خصوصاً آمیلوز از گرانولهای نشاسته در حین ژلاتینه شدن آنها در اثر پخت می باشد. بنابراین تعیین افت پخت ماکارونی می تواند

شود که این امر با نتایج ارائه شده توسط سوزر و کایا (2003) مطابقت دارد [18].

#### 4- نتیجه گیری

بررسی نتایج بدست آمده نشان داد که با استفاده از HPC می توان از آردهای ضعیف و غیر قابل کاربرد در صنعت نان و ماکارونی، در تهیه ماکارونی به عنوان یک محصول غذایی پر مصرف در کشور استفاده کرد. استفاده از HPC در مقدار بسیار کم (0/5%) به عنوان یک هیدروکلئید که کاربرد آن در صنعت ماکارونی جدید می باشد می تواند باعث بهبود بسیاری از خواص ماکارونی خصوصاً بافت آن گردد. ماکارونی مورد بررسی در این تحقیق ماکارونی تازه (پیش از خشک شدن) بود که یکی از انواع پر مصرف ماکارونی در دنیا است. استفاده از HPC بر روی رنگ ماکارونی های پیش از پخت تاثیر چندانی نداشت ولی پس از پخت تا حدی باعث بهبود رنگ آن نسبت به نمونه شاهد شد. همچنین با توجه به خصوصیات فیزیکی شیمیایی بیان شده در رابطه با HPC، افزودن این ماده باعث افزایش قوام، سفتی بافت خمیر و الاستیسیته و ویسکوزیته آن می شوند. همچنین حضور این ماده باعث افزایش جذب آب، سفتی و سختی بافت و همزمان منجر به کاهش افت پخت و چسبندگی ماکارونی می شوند. اگرچه نتایج بدست آمده از این تحقیق می تواند بیانگر اثرات مثبت احتمالی HPC بر کیفیت ماکارونی خشک هم باشد که می تواند موضوع تحقیقات آینده قرار گیرد.

#### 5- منابع

- [1] Marchylo BA, Dexter JE. Pasta production. In G. Owens, Cereals Processing Technology. CRC Press. Boston, 2001;
- [2] Peressini D, Sensidoni A, Pollini CM. Rheology of wheat dough for fresh pasta production: Influence of semolina-flour blend and salt content. J. Texture Studies 2000; 31: 163-182.
- [3] Feillet P, Dexter JE. Quality requirements of durum wheat for semolina milling and pasta production. In Kruger JE, Matsuo RB,

وجود دارند. تحقیقات نشان داده اند که افت پخت ماکارونی غنی شده با آرد نخود به دلیل مقدار آمیلوز بیشتر آن نسبت به نمونه شاهد، افزایش یافته است [6]. نتایج این تحقیق (جدول 3) نشان می دهد در اثر افزودن HPC میزان چسبندگی ماکارونی کاهش می یابد. این امر می تواند به دلیل تشکیل یک لایه فیلم مانند توسط HPC بر روی رشته های ماکارونی باشد به طوری که این لایه از ورود آمیلوز و سایر ترکیبات محلول در آب به آب پخت جلوگیری می کند و در نتیجه افت پخت آن کاهش می یابد. علاوه پخت ماکارونی در آب نمک باعث افزایش افت پخت می گردد که دلیل این امر افزایش حلالیت برخی از پروتئینهای موجود در ماکارونی در حضور آب نمک است [18].

#### 3-3- نتایج تعیین رنگ ماکارونی

رنگ ماکارونی که معمولاً زرد کهربایی است به دلیل وجود ترکیبات کاروتن و زانتوفیل آرد ایجاد می گردد [1]. نتایج بدست آمده از رنگ سنجی نمونه های ماکارونی تازه پیش از پخت (جدول 3) نشان می دهد که افزودن HPC تاثیر معنی داری بر فاکتورهای رنگ سنجی محصول نداشت است. این امر می تواند به دلیل بی رنگ بودن ماده HPC و مقدار کم مصرف آن باشد به گونه ای که تاثیری بر ماکارونی پیش از پخت نداشت است. اگرچه پس از پخت ماکارونی در آب مقطر و آب نمک این فاکتورها تا حدی تحت تاثیر قرار گرفتند (جدول 3). به طوری که مقدار روشنایی (L-value) نمونه حاوی HPC کمتر از نمونه شاهد بود و مقدار فاکتور آبی-زردی (b-value) و مقدار فاکتور قرمزی-سبزی (a-value) افزایش یافته بود. علاوه بر این نمونه های پخته شده در حضور آب نمک نیز مقدار L-value کمتر، قرمزی-سبزی (a-value) و آبی-زردی (b-value) بیشتری نسبت به نمونه های پخته شده در آب مقطر نشان دادند. دلیل تغییر در فاکتورهای رنگ سنجی ماکارونی پس از پخت می تواند مربوط به ایجاد یک فیلم محافظتی بر سطح بیرونی رشته های اسپاگتی توسط HPC باشد که این لایه از خروج ترکیبات رنگی طبیعی موجود در ماکارونی جلوگیری می کند. لذا ماکارونی حاوی HPC دارای رنگی تیره تر و در مجموع زردتر از ماکارونی شاهد است. وجود املاح معدنی مانند نمک طعام در آب می تواند باعث کدر شدن بیشتر رنگ ماکارونی



- [15] Funami T, Kataoka Y, Omoto T, Goto Y, Asai I, Nishinari K. Food hydrocolloids control the gelatinization and retrogradation behavior of starch. 2a. Functions of guar gums with different molecular weights on the gelatinization behavior of corn starch. *Food Hydrocol* 2005; 19: 15-24.
- [16] Barcenas ME, De La O-Keller J, Rosell CM. Influence of different hydrocolloids on major wheat dough components (gluten and starch). *J Food Eng* 2009; 94: 241-247.
- [17] Richardson G, Sun Y, Langton M, Hermansson AM. Effects of Ca- and Na-lignosulfonate on starch gelatinization and networkformation. *Carbohydr. Polym* 2004; 57: 369-377.
- [18] Sozer N, Kaya A. Changes in cooking and textural properties of spaghetti cooking with different levels of salt in the cooking water. *J Texture Studies* 2003; 34: 381-390.
- [19] Delcour JA, Vansteelandt J, Hythier MC, Abecassis J. Fractionation and reconstitution experiments provide insight into the role of starch gelatinization and pasting properties in pasta quality. *J Agric Food Chem* 2000; 48: 3774-3778.
- [20] Edwards NM, Izydorczyk MS, Dexter JE, Biliaderis CG. Cooked pasta texture: comparison of dynamic viscoelastic properties to instrumental assessment of firmness. *Cereal Chem* 1993; 70: 122-126.
- [21] Sozer N, Dalgic AC, Kaya A. Thermal, textural and cooking properties of spaghetti enriched with resistant starch. *J Food Eng* 2007; 81: 476-484.
- [22] Ukai T, Matsumura Y, Urade R. Disaggregation and reaggregation of gluten proteins by sodium chloride. *J Agric Food Chem* 2008; 56: 1122-1130.
- [23] Dexter JE, Matsuo RR, Morgan BC. Spaghetti stickiness: Some factors influencing stickiness and relationship to other cooking quality characteristics. *J Food Sci* 1983; 48: 1545-1551, 1559.
- Dick JW (Eds). *Pasta and Noodle Technology*. AACC. Minnesota, 1996
- [4] Ocieczek A. Comparison of sorption properties of semolina and farina. *Acta Agrophysica* 2007; 9: 135-145.
- [5] Sozer N. Rheological properties of rice pasta dough supplemented with proteins and gums. *Food Hydrocol* 2009; 23: 849-855.
- [6] Sabanis D, Makri E, Doxastakis G. Effect of durum flour enrichment with chickpea flour on the characteristics of dough and lasagna. *J Sci Food Agric* 2006; 86: 1938-1944.
- [7] Shogren RL, Hareland GA, Wu YV. Sensory evaluation and composition of spaghetti fortified with soy flour. *J Food Sci* 2006; 71: 428-S432.
- [8] Chillo S, Laverse J, Falcone PM, Del Nobile MA. Effect of carboxymethyl cellulose and pregelatinized corn starch on the quality of amaranthus spaghetti. *J Food Eng* 2007; 83: 492-500.
- [9] Murray, J. C. F. Celluloseics. In Phillips GO, Williams PA (Eds). *Handbook of Hydrocolloids*, CRC Press. London, 2000.
- [10] Michon C, Vizza A, Cash MJ, Boudin D, Cuvelier G. Use of hydroxypropyl cellulose to improve the whipping quality of dairy whipped cream. In Phillips GO, Williams PA (Eds). *Gums and Stabilisers for The Food Industry*, (Vol. 13) CRC Press. London, 2006.
- [11] American Association of Cereal Chemists Approved Methods of the AACC, 10<sup>th</sup> ed. The Association. S. Paul, MN, 2000.
- [12] Dexter JE, Matsuo RR. Relationship between durum wheat protein properties and pasta rheology and spaghetti cooking quality. *J Agric Food Chem* 1980; 28: 899-902.
- [13] Yam KL, Papadakis SE. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *J Food Eng* 2004; 61: 137-142.
- [14] Del Nobile MA, Baiano A, Conte A, Mocchi G. Influence of protein content on spaghetti cooking quality. *J Cereal Sci* 2005; 41: 347-356.

## Quality improvement of dough and fresh pasta made by farina using hydroxypropyl cellulose

Majzooobi, M. <sup>1\*</sup>, Ostovan, R. <sup>2</sup>, Farahnaky, A. <sup>1</sup>, Mesbahi, G. <sup>3</sup>, Skandari, M. H. <sup>1</sup>

1- Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Shiraz University

2- Graduate Student, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Shiraz University

3- Academic Instructor, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Shiraz University

(Received:88/2/2 Accepted:88/10/24)

Department of Food Science and Technology, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, I. R. Iran

In order to produce high quality pasta, semolina; the durum wheat flour, is generally used. However, semolina is not available for every pasta factories in Iran. Hence, many of these factories use bread wheat flour (farina) to produce pasta. Consequently, the pasta may be of low quality and not suitable for export. The objectives of this study is to improve the quality of dough and the resultant spaghetti produced from farina using 0.5% (w/w, flour basis) hydroxypropyl cellulose (HPC). After preparation of dough with moisture content of 31.5%, the rheological properties of the dough were tested using Brabender Farinograph. The results showed that addition of HPC increased the dough development and stability times. The results of creep test (using Texture Analyser) revealed that addition of HPC increased the elasticity of the dough while its viscosity decreased. The results of cooking tests in distilled and salted water (2% w/w) showed that the HPC sample had longer optimum cooking time. Moreover, the HPC sample had higher water absorption and lower cooking loss than the control. Addition of HPC could improve the texture of the cooked spaghetti. Addition of salt to the cooking water increased both water absorption and cooking loss of the samples.

**Keywords:** Spaghetti; Farina; Hydroxypropyl cellulose; Fresh pasta; Pasta dough

---

\*Corresponding Author E-mail address: [majzooobi@shirazu.ac.ir](mailto:majzooobi@shirazu.ac.ir)