دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته علوم و صنایع غذایی

بررسی امکان بهبود کیفیت ماکارونی تولیدی از آردهای غیرسمولینا با استفاده از هیدروکسی پروپیل سلولز (HPC) و گلوتن

توسط:

راحله استوان

استاد راهنما:

دکتر مهسا مجذوبی

مرداد ۱۳۸۸

به نام خدا

بررسی امکان بهبود کیفیت ماکارونی تولیدی از آردهای غیرسمولینا با استفاده از هیدروکسی پروپیل سلولز (HPC) و گلوتن

به وسیله ی:

راحله استوان

پایان نامه
ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی
از فعالیت های تحصیلی لازم برای اخذ درجه ی کارشناسی ارشد

در رشته ی:

مهندسی کشاورزی- علوم و صنایع غذایی

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی شده توسط کمیته ی پایان نامه با درجه ی: عالی

دکتر مهسا مجذوبی، استادیار بخش علوم و صنایع غذایی (رئیس کمیته) .....
دکتر عسگر فرحناکی، استادیار بخش علوم و صنایع غذایی .....
مهندس غلامرضا مصباحی، مربی بخش علوم و صنایع غذایی .....
دکتر محمد هادی اسکندری، استادیار بخش علوم و صنایع غذایی .....

مرداد ۱۳۸۸

تقدیم به

مادر عزیزم، او که برایم مظهر نیکی و مهر است، او که یاد مهربانیش برایم قوت قلب است و چون کوه به استقامتش و دریا به بزرگی اش افتخار می کنم

پدر بزرگوارم، او که تجلی گاه پاکی، شرافت و انسانیت است. پدر عزیزی که به من درس زندگی آموخت و تقدس کلامش، امید به زندگی را در وجودم زنده می کند

و برادران بسیار عزیزم که محبت پاکشان زمینه ساز پیشرفت و وجود پر مهرشان گرمی بخش زندگی من است

سپاسگزاری

من آموخته ام با تو بودن چقدر آسان است، من آموختـه ام در کنـار تـو بـودن یعنـی همـه چیـز، مـن آموخته ام تو را صدا کردن یعنی آرامش خاطر، کمکم کن تا بیاموزم این زندگی را که تو بـه مـن هدیـه کرده ای، شاداب تر و سالم تر بسازم و خدایا من آموخته ام که در هر لحظه به درگاه تو نیـایش کـنم و شکرگذار دریای بیکران رحمت تو باشم.

اینک بر خود لازم می دانم از استاد راهنمای بزرگوار خود سرکار خانم دکتر مهـسا مجـذوبی بـه خـاطر تمام صمیمیتهایشان، رهنمودهای ارزنده اشان و همراه همیشگی من در تمامی مراحل انجام این رساله، تشکر کرده و نهایت سپاسگذاری را داشته باشم. بدون تردید محبتهای فراوان ایشان همیـشه در خـاطر باقی می ماند.

همچنین از اساتید مشاور گرانقدرم جناب آقای دکتر عسگر فرحناکی، جنـاب آقـای مهنـدس غلامرضـا مصباحی و جناب آقای دکتر محمد هادی اسکندری بخاطر زحمات و مساعدتهای ارزنده شـان در طـول انجام این تحقیق کمال سپاسگذاری را دارم.

از مدیر عامل کارخانه دنا ماکارون، جنای آقای اسدی و مدیر فنی کارخانه، خانم مهندس خادمی که در تهیه و تولید ماکارونی های این رساله با من همکاری کردند تشکر می نمایم.

در پایان از دیگر اساتید مجرب بخش علوم و صنایع غذایی جناب آقای دکتر محمود امین لاری، جنـاب آقای دکتر جلال جمالیان، جناب آقای دکتر مهرداد نیاکوثری، سرکار خانم دکتر مرضیه موسوی نسب و سرکار خانم مهندس رقیه رمضانی و کلیه کارشناسان و کارکنان محتـرم بخـش علـوم و صـنایع غـذایی سرکار خانم مهندس محسنی، سرکار خانم مهندس شفیعی، سرکار خانم کشت کاران، سرکار خانم علی قنبری، جناب آقای مصطفی اسفندیاری، جناب آقـای زارع و سـرکار خـانم سـلیمانی نهایـت سـپاس و قدردانی را به عمل می آورم.

چکیده

بررسی امکان بهبود کیفیت ماکارونی تولیدی از آردهای غیرسمولینا با استفاده از هیدروکسی پروپیل سلولز (HPC) و گلوتن

به وسیله ی:

راحله استوان

به منظور تولید ماکارونی با کیفیت مطلوب، معمولا آرد سمولینا که از گندم داروم بدست می آید به کار می رود. از آنجا که سطح زیر کشت گندم داروم در ایران محدود می باشد، لذا تولید آرد سمولینا جهت مصرف در کلیه کارخانجات ماکارونی در کشور امکان پذیر نمی باشد. لذا اکثر کارخانجات ماکارونی از آرد نول که نوعی آرد ضعیف است جهت تهیه ماکارونی استفاده می کنند. در نتیجه ماکارونی حاصل کیفیت مطلوبی نداشته و خصوصا جهت صادرات مناسب نمی باشد. اهداف این تحقیق بهبود کیفیت ماکارونی تهیه شده از آرد نول با استفاده از هیدروکلوئیدهای هیدروکسی پروپیل سلولز (HPC) به میزان ۰/۵ درصد وزنی- وزنی و گلوتن در سه سطح ۰/۵، ۱/۵ و ۳٪ وزنی- وزنی آرد بود. پس از مخلوط سازی HPC و گلوتن به طور جداگانه با آرد و سپس افزودن آب تا رسیدن به رطوبت ۳۳٪، خمیر ماکارونی توسط دستگاه فارینوگراف مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزودن HPC و درصدهای مختلف گلوتن، زمان رسیدن خمیر به بالاترین قوام و پایداری آن نسبت به نمونه شاهد افزایش می یابد. نمونه حاوی HPC دارای خصوصیات فارینوگرافی تقریبا مشابه با نمونه حاوی ۰/۵٪ گلوتن بود. نتایج آزمون کریپ انواع خمیر نشان داد که نمونه شاهد دارای کمترین الاستیسیته و بیشترین ویسکوزیته در میان سایر نمونه ها بود، در حالی که با افزایش HPC و درصدهای مختلف گلوتن الاستیسیته بیشتر و ویسکوزیته کمتر می شد. پس از تولید ماکارونی به شکل اسپاگتی، بخشی از نمونه که بلافاصله از اکسترودر خارج شده بودند به عنوان ماکارونی تازه و بخش دیگر پس از خشک شدن و رسیدن به رطوبت زیر ۱۲٪ به عنوان ماکارونی خشک تهیه گردید و خصوصیات مختلف آنها مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصل از پخت ماکارونی در آب مقطر و آب نمک ۲٪ نشان داد که نمونه شاهد نسبت به سایر نمونه ها دارای کمترین زمان مناسب پخت و نمونه حاوی ۳٪ گلوتن دارای بیشترین زمان پخت بود. جذب آب کلیه نمونه ها در هر دو شرایط پخت نسبت به نمونه شاهد بیشتر و افت پخت آنها کمتر بود. پخت نمونه ها در آب نمک باعث افزایش جذب آب و افت پخت آنها گردید. افزودن HPC و درصدهای مختلف گلوتن باعث بهبود بافت ماکارونی از طریق تعدیل سفتی و کاهش چسبندگی آن گردید. مطالعه ساختار میکروسکوپی نمونه ها نشان داد افزایش HPC و گلوتن می تواند همانند شبکه ای در سطح ماکارونی باعث استحکام بافت آن گردد و در نتیجه کیفیت محصول بهبود یابد. گروه ارزیابی چشایی، نمونه شاهد را از لحاظ بافت، رنگ، طعم و مزه و پذیرش کلی در سطح متوسط ارزیابی نمودند در حالی که با افزودن HPC و گلوتن نتایج ارزیابی در کلیه موارد بهبود یافت. بهترین نتیجه با افزودن ۳٪ گلوتن و HPC بدست آمد که نمونه ها در سطح بسیار خوب و عالی ارزیابی شدند.

در نهایت افزودن HPC و گلوتن می تواند باعث بهبود خصوصیات کیفی ماکارونی تهیه شده از آرد نول گردد. افزودن HPC در سطح ۰/۵٪ از نظر ارزیابی کلی حسی نتایج مشابهی با نمونه ۳٪ گلوتن نشان داد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱- مقدمه ۱

۱-۱- ماکارونی و انواع آن ۱
۱-۲- اهمیت ماکارونی در تغذیه انسان ۲
۱-۳- مواد لازم در تهیه ماکارونی ۳
۱-۳-۱- آرد گندم ۴
۱-۳-۲- آب ۵
۱-۴- فرایند تولید ماکارونی ۶
۱-۴-۱- مخلوط کردن اجزاء خمیر ۶
۱-۴-۲- ورز دان خمیر ۷
۱-۴-۳- دستگاه رشته ساز ۸
۱-۴-۴- قالب‌های ماکارونی ۸
۱-۴-۵- ماکارونی تازه ۹
۱-۴-۶- خشک کردن ماکارونی ۹
۱-۴-۶-۴-پهن کردن ماکارونی بر روی میله یا سینی ۹
۱-۴-۶-۲- گرمخانه ماکارونی ۹
۱-۴-۷- برش و بسته بندی ماکارونی ۱۰
۱-۵- کنترل کیفیت ماکارونی ۱۰
۱-۵-۱- کنترل ایمنی ۱۰
۱-۵-۲- کنترل فرآورده خام ۱۱
۱-۵-۳- کنترل کیفیت ماکارونی پخته شده ۱۲
۱-۶- گلوتن ۱۴
۱-۶-۱- گلیادینها ۱۵
۱-۶-۱-۱- α , β گلیادین ۱۶
۱-۶-۱-۲- γ گلیادین ۱۶
۱-۶-۱-۳- ω گلیادین ۱۶
۱-۶-۲- گلوتنین‌ها ۱۷

عنوان **صفحه**

۱-۶-۲-۱- گلوتنینهای با وزن مولکولی بالا ۱۹
۱-۶-۲-۲- گلوتنینهای با وزن مولکولی پایین ۱۹
۱-۷- هیدروکسی پروپیل سلولز ۲۰

۲- مروری بر مطالعات پیشین ۲۲

۳- مواد و روشها ۳۰

۳-۱- مواد و وسایل مورد استفاده ۳۰
۳-۱-۱- مواد مورد استفاده ۳۰
۳-۱-۲- وسایل و دستگاههای مورد استفاده ۳۰
۳-۲- روشهای انجام آزمایشات و انجام تیمارها ۳۲
۳-۲-۱- آزمایش‌های مواد اولیه ۳۲
۳-۲-۱-۱- آزمایش های مربوط به آرد گندم ۳۲
۳-۲-۱-۱-۱- اندازه‌گیری رطوبت آرد ۳۲
۳-۲-۱-۱-۲- اندازه‌گیری خاکستر آرد ۳۲
۳-۲-۱-۱-۳- اندازه‌گیری پروتئین آرد ۳۳
۳-۲-۱-۱-۴- اندازه‌گیری چربی آرد ۳۴
۳-۲-۱-۱-۵- اندازه‌گیری فیبر آرد ۳۴
۳-۲-۱-۱-۶- اندازه‌گیری میزان گلوتن مرطوب و خشک آرد ۳۵
۳-۲-۱-۱-۷- آزمون سدیمانتاسیون یا زلنی آرد ۳۶
۳-۲- -۱-۱-۸- تهیه ماکارونی ۳۶
۳-۲-۱-۱-۸-۱- تهیه خمیر ماکارونی ۳۶
۳-۲-۱-۱-۸-۲- تهیه ماکارونی تازه ۳۷
۳-۲-۱-۱-۸-۳- تهیه ماکارونی خشک ۳۷
۳-۲-۱-۱-۹- اندازه‌گیری خواص رئولوژیکی خمیر ماکارونی توسط دستگاه فارینوگراف ۳۸
۳-۲-۱-۱-۹-۱- تفسیر منحنی فارینوگرام ۳۹
۳-۲-۱-۱-۱۰- بررسی خصوصیات رئولوژیکی خمیر ماکارونی با استفاده از دستگاه بافت سنج ۴۰
۳-۲-۱-۱-۱۰-۱- طرز کار با دستگاه بافت سنج جهت آزمون کریپ ۴۱
۳-۲-۱-۱-۱۰-۲- تفسیر منحنی آزمون کریپ ۴۲

عنوان **صفحه**

۳-۲-۲- آزمونهای کیفی انجام شده بر روی مارکارونی های تازه و خشک ۴۲
۳-۲-۲-۲- تعیین رطوبت انواع ماکارونی ۴۲
۳-۲-۲-۲- تعیین رنگ ۴۳
۳-۲-۲-۳- تعیین زمان اپتیمم پخت ۴۴
۳-۲-۲-۴- تعیین افت پخت ۴۴
۳-۲-۲-۵- تعیین درصد جذب آب ۴۴
۳-۲-۲-۶- تعیین سفتی بافت ۴۵
۳-۲-۳- آزمونهای زیر به طور اختصاصی در مورد نمونه‌های ماکارونی‌های خشک انجام شد ۴۵
۳-۲-۳-۱- بررسی خواص ظاهری رشته‌های ماکارونی ۴۵
۳-۲-۳-۲- تعیین pH ۴۹
۳-۲-۳-۳- تعیین انحناء پذیری یا مقاومت به خمش به کمک دستگاه بافت سنج مدل TA-TX2 ..... ۴۹
۳-۲-۳-۳-۱- طرز کار با دستگاه بافت سنج جهت تعیین آزمون انحناء پذیری ماکارونی ۵۰
۳-۲-۴- آزمونهای زیر به طور اختصاصی در مورد نمونه‌های ماکارونی بعد از پخت انجام شد ۵۱
۳-۲-۴-۱- آزمون برش پذیری ماکارونی ۵۱
۳-۲-۴-۲- آزمون TPA ۵۳
۳-۲-۴-۳- آزمون تعیین نیرو در نقطه شکست ۵۵
۳-۲-۴-۴- درصد تغییرات قطر ۵۶
۳-۲-۵- استفاده از دستگاه میکروسکوپ الکترونی ۵۷
۳-۲-۶- ارزیابی حسی ۵۸
۳-۲-۶-۱- انتخاب و آموزش اعضای گروه ارزیابی حسی ۵۸
۳-۲-۶-۲- خصوصیات ماکارونی خوب ۵۸
۳-۲-۷- برنامه آماری مورد استفاده ۵۹

۴- نتایج و بحث ۶۰

۴-۱- نتایج تجزیه شیمیایی جهت تعیین مواد تشکیل دهنده آرد ۶۰
۴-۲- نتایج حاصل از آزمونهای مختلف بر روی خمیر ۶۲
۴-۲-۱- فارینوگراف ۶۲

عنوان **صفحه**

۴-۲-۲- بررسی نتایج آزمون کریپ ۶۶
۴-۳- نتایج حاصل از آزمونهای مختلف بر روی ماکارونی تازه ۶۸
۴-۳-۱- رنگ ۶۸
۴-۳-۲- رطوبت ۷۵
۴-۳-۳- جذب آن ۷۶
۴-۳-۴- افت پخت ۷۸
۴-۳-۵- سفتی بافت ۸۱
۴-۴- نتایج حاصل از آزمونهای مختلف بر روی ماکارونی خشک ۸۴
۴-۴-۱- رنگ ۸۴
۴-۴-۲- رطوبت ۸۷
۴-۴-۳- pH ۸۸
۴-۴-۴- انحناء پذیری یا مقاومت به خمش ۸۸
۴-۴-۵- بررسی خواص ظاهری رشته های ماکارونی ۸۹
۴-۵- نتایج حاصل از آزمونهای مختلف بر روی ماکارونی پخته شده در آب مقطر و در حضور ۲ درصد نمک ۹۱
۴-۵-۱- رنگ ۹۱
۴-۵-۲- زمان اپتیمم پخت ۹۵
۴-۵-۳- جذب آرد ۹۶
۴-۵-۴- افت پخت ۹۸
۴-۵-۵- سفتی بافت ۱۰۱
۴-۵-۶- برش پذیری ماکارونی ۱۰۴
۴-۵-۷ – پیوستگی ۱۰۹
۴-۵-۸- چسبندگی ۱۱۱
۴-۵-۹- حالت فنریت ۱۱۵
۴-۵-۱۰- نیرو در نقطه شکست ۱۱۶
۴-۵-۱۱- قطر ۱۱۸
۴-۶- نتایج میکروسکوپ الکترونی ۱۲۱
۴-۷- نتایج ارزیابی حسی ۱۲۷
نتیجه‌گیری کلی ۱۳۰
پیشنهادات برای ادامه تحقیق ۱۳۱
منابع ۱۳۲
پیوست ۱۳۹
چکیده انگلیسی ۱۶۲

فهرست جدول ها

عنوان و شماره **صفحه**

جدول ۱-۱- ترکیبات شیمیایی ماکارونی در ۱۰۰ گرم ۳
جدول ۱-۲- خصوصیات سمولینای مناسب جهت تهیه ماکارونی ۴
جدول ۱-۳- مشکلات احتمالی در تولید ماکارونی و راه حل آنها ۱۳
جدول ۳-۱- وضعیت ظاهری ماکارونی خشک و ضرایب مربوط به ارزیابی آن‌ها ۴۶
جدول ۳-۲- نحوه محاسبه میزان امتیاز ویژگی ترک خوردگی ۴۷
جدول ۳-۳- نحوه محاسبه میزان امتیاز ویژگی لکه‌های سیاه و برجستگی‌های تیره برای بسته‌بندی‌های ۱۵۰۰-۱۰۰۱ گرمی ۴۷
جدول ۳-۴- نحوه محاسبه میزان امتیاز ویژگی رنگ ۴۸
جدول ۳-۵- نحوه محاسبه میزان امتیاز ویژگی بو ۴۸
جدول ۴-۱- ترکیبات شیمیایی موجود در دو نوع آرد گندم مورد استفاده (بر حسب وزن خشک) ۶۰
جدول ۴-۲- زمان ماکزیمم قوام، ماکزیمم قوام، مدت زمان پایداری خمیر و پهنای باند فارینوگراف بعد از ۵ دقیقه خمیرهای کنترل، کارخانه، حاوی HPC و حاوی درصدهای مختلف گلوتن که توسط نمودار فارینوگراف بدست آمد ۶۳
جدول ۴-۳- میز ان سفتی بافت، الاستیسیته و ویسکوزیته خمیر انواع ماکارونی که به کمک دستگاه بافت سنج LFRA تعیین شد ۶۷

فهرست شکل ها

عنوان و شماره **صفحه**

شکل ۱-۱- تصاویر انواع ماکارونی که به اشکال مختلف تهیه شده‌اند ۱
شکل ۱-۲- تصویری از دستگاه رشته‌ساز (الف) و قالب‌های شکل‌دهی به ماکارونی (ب) ۸
شکل ۱-۳- چگونگی اتصال گلیادین و گلوتنین و تشکیل گلوتن ۱۴
شکل ۱-۴- ساختار گلوتن سمت چپ، گلیادین با قابلیت اتساع در وسط و گلوتنین با قابلیت کشش‌پذیری سمت راست ۱۵
شکل ۱-۵- الگوی الکتروفورتیکی SDS-PAGE پروتئین‌های گلیادین گونه‌های مختلف گندم ۱۷
شکل ۱-۶- تصویری از الگوی ژن گلوتنین و مناطق تکرارپذیر در ساختار ژن آنها ۱۸
شکل ۱-۷- تصویری از الگوی الکتروفورتیکی گلوتنین‌ها: در قسمت بالای الکتروفورز گلوتنین‌های با وزن مولکولی بالا و قسمت پایین الکتروفورز گلوتنین‌های با وزن مولکولی کم ۱۹
شکل ۱-۸- ساختار سلولز که از واحدهای گلوکز با اتصالات (۴-۱) β تشکیل شده است ۲۰
شکل ۳-۱- نمایی از دستگاه فارینوگراف برابندر ۳۸
شکل ۳-۲- منحنی فارینوگرام برای خمیر ماکارونی با جذب آب ۳۲ درصد توسط دستگاه فارینوگراف برابندر ۴۰
شکل ۳-۳- نمایی از دستگاه بافت سنج موجود در آزمایشگاه بافت مواد غذایی بخش علوم و صنایع غذایی ۴۱
شکل ۳-۴- الگوی تغییرات نیرو- زمان زمون کریپ نمونه‌های خمیر ماکارونی ۴۲
شکل ۳-۵- دستگاه بافت سنج مدل TA-TX2 با پروب مناسب آزمون انحناءپذیری ۵۰
شکل ۳۶- الگوی تغییرات نیرو-مسافت آزمون انعطاف پذیری نمونه‌های ماکارونی خشک ۵۱
شکل ۳-۷- دستگاه بافت سنج مدل TA-TX2 با پروب مناسب آزمون برش ۵۲
شکل ۳-۸- الگوی تغییرات نیرو- مسافت آزمون برش نمونه های ماکارونی ۵۳
شکل ۳-۹- دستگاه بافت سنج TA-TX2 با پروب مناسب آزمون TPA ۵۴
شکل ۳-۱۰- الگوی تغییرات نیرو- زمان آزمون TPAنمونه‌های ماکارونی ۵۴
شکل ۳-۱۱- دستگاه بافت سنج مدل TA-TX2 با پروب مناسب آزمون تعیین نیرو در نقطه شکست ۵۵
شکل ۳-۱۲- الگوی تغییرات نیرو – زمان آزمون تعیین نیرو در نقطه شکست نمونه‌های ماکارونی ۵۶
شکل ۳-۱۳- نمایی از نمونه‌های ماکارونی بر روی استب‌ها، پیش از ورود به دستگاه لایه نشانی (سمت چپ)، دستگاه لایه نشانی طلا (سمت راست) ۵۷
شکل ۳-۱۴- نمایی از دستگاه میکروسکوپ الکترونی نگاره ۵۷
شکل ۴-۱- پارامتر رنگ سنجی روشنایی (L- Value) انواع ماکارونی تازه (شکل الف) و انواع ماکارونی‌های پخته شده در آب مقطر (شکل ب) و در آب نمک (شکل ج) ۷۰
شکل ۴-۲- پارامتر رنگ سنجی قرمزی- سبزی (a-Value) انواع ماکارونی تازه (شکل الف) و انواع ماکارونی‌های پخته شده در آب مقطر (شکل ب) و در آب نمک (شکل ج) ۷۲

عنوان و شماره **صفحه**

شکل ۴-۳- پارامتر رنگ سنجی آبی – زردی (b- Value) انواع ماکارونی تازه (شکل الف) و انواع ماکارونی‌های پخته شده در آب مقطر (شکل ب) و در آب نمک (شکل ج) ۷۴
شکل ۴-۴- درصد رطوبت انواع ماکارونی‌های تازه ۷۵
شکل ۴-۵- روند جذب آب انواع ماکارونی پخته شده در آب مقطر (شکل الف) و در آب نمک (شکل ب)..... ۷۷
شکل ۴-۶- درصد افت پخت انواع ماکارونی های پخته شده در آب مقطر (شکل الف) و در آب نمک (شکل ب)۷۹
شکل ۴-۷- سفتی بافت انواع ماکارونی های تازه (شکل الف) و انواع ماکارونی های پخته شده در آب مقطر (شکل ب) و در آب نمک (شکل ج) ۸۲
شکل ۴-۸- پارامتر رنگ سنجی روشنایی (L – Value) انواع ماکارونی خشک ۸۵
شکل ۴-۹- پارامتر رنگ سنجی قرمزی - سبزی (a – Value) انواع ماکارونی خشک ۸۶
شکل ۴-۱۰- پارامتر رنگ سنجی آبی - زردی (b – Value) انواع ماکارونی خشک ۸۶
شکل ۴-۱۱- درصد رطوبت انواع ماکارونی های خشک ۸۷
شکل ۴-۱۲- pH انواع ماکارونی های خشک ۸۸
شکل ۴-۱۳- فشار لازم جهت ایجاد خمش در انواع ماکارونی های خشک ۸۹
شکل ۴-۱۴- امتیاز خصوصیات ظاهری انواع ماکارونی های خشک ۹۰
شکل ۴-۱۵- پارامتر رنگ سنجی روشنایی (L – Value) انواع ماکارونی های پخته شده در آب مقطر (شکل الف) و در آب نمک (شکل ب) ۹۲
شکل ۴-۱۶- پارامتر رنگ سنجی قرمزی - سبزی (a – Value) انواع ماکارونی های پخته شده در آب مقطر (شکل الف) و در آب نمک (شکل ب) ۹۳
شکل ۴-۱۷- پارامتر رنگ سنجی آبی - زردی (b – Value) انواع ماکارونی های پخته شده در آب مقطر (شکل الف) در آب نمک (شکل ب) ۹۴
شکل ۴-۱۸- زمان مناسب پخت انواع ماکارونی های پخته شده در آب مقطر (شکل الف) و در آب نمک (شکل ب)۹۶
شکل ۴-۱۹- جذب آب انواع ماکارونی های پخته شده در آب مقطر (شکل الف) و در آب نمک (شکل ب) در زمانهای مختلف پخت ۹۷
شکل ۴-۲۰- درصد افت پخت انواع ماکارونی های پخته شده در آب مقطر (شکل الف) و در آب نمک (شکل ب) در زمانهای مناسب پخت انواع ماکارونی ۹۹
شکل ۴-۲۱- درصد افت پخت انواع ماکارونی های پخته شده در آب مقطر (شکل الف) و در آب نمک (شکل ب) در زمان ثابت پخت (۱۳دقیقه) ۱۰۰
شکل ۴-۲۲- سفتی بافت انواع ماکارونی های پخته شده در آب مقطر (شکل الف) و در آب نمک (شکل ب) در زمانهای مناسب پخت انواع ماکارونی ۱۰۲

عنوان و شماره **صفحه**

شکل ۴-۲۳- سفتی بافت انواع ماکارونی های پخته شده در آب مقطر (شکل الف) و در آب نمک (شکل ب) در زمان ثابت پخت (۱۳دقیقه) ۱۰۳

شکل ۴-۲۴- ماکزیمم نیروی لازم برای برش انواع ماکارونی های پخته شده در آب مقطر (شکل الف) و در آب نمک (شکل ب) در زمانهای مناسب پخت انواع ماکارونی ۱۰۵

شکل ۴-۲۵- ماکزیمم نیروی لازم برای برش انواع ماکارونی های پخته شده در آب مقطر (شکل الف) و در آب نمک (شکل ب) در زمان ثابت پخت (۱۳دقیقه) ۱۰۶

شکل ۴-۲۶- شیب نمودار برش انواع ماکارونی های پخته شده در آب مقطر (شکل الف) و در آب نمک (شکل ب) در زمانهای مناسب پخت انواع ماکارونی ۱۰۷

شکل ۴-۲۷- شیب نمودار برش انواع ماکارونی های پخته شده در آب مقطر (شکل الف) و در آب نمک (شکل ب) در زمان ثابت پخت (۱۳دقیقه) ۱۰۸

شکل ۴-۲۸- پیوستگی انواع ماکارونی های پخته شده در آب مقطر (شکل الف) و در آب نمک (شکل ب) در زمانهای مختلف پخت ۱۱۰

شکل ۴-۲۹- adhesivness انواع ماکارونی های پخته شده در آب مقطر (شکل الف) و در آب نمک (شکل ب) در زمانهای مختلف پخت ۱۱۲

شکل ۴-۳۰- stringyness انواع ماکارونی های پخته شده در آب مقطر (شکل الف) و در آب نمک (شکل ب) در زمانهای مختلف پخت ۱۱۳

شکل ۴-۳۱- حالت فنریت انواع ماکارونی های پخته شده در آب مقطر (شکل الف) و در آب نمک (شکل ب) در زمانهای مختلف پخت ۱۱۶

شکل ۴-۳۲- نیرو در نقطه شکست انواع ماکارونی های پخته شده در آب مقطر (شکل الف) و در آب نمک (شکل ب) در زمانهای مختلف پخت ۱۱۷

شکل ۴-۳۳- درصد تغییرات قطر انواع ماکارونی های پخته شده در آب مقطر (شکل الف) و در آب نمک (شکل ب) در زمانهای مناسب پخت انواع ماکارونی ۱۱۱۹۲۳

شکل ۴-۳۴- درصد تغییرات قطر انواع ماکارونی های پخته شده در آب مقطر (شکل الف) و در آب نمک (شکل ب) در زمان ثابت پخت (۱۳دقیقه) ۱۲۰

شکل ۴-۳۵- تصاویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) ماکارونی کنترل (A) و کارخانه (B) با بزرگنمایی ۵۰ میکرومتر ۱۲۲

شکل ۴-۳۶- تصاویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) ماکارونی کنترل (A) و گلوتن ۰/۵٪ (B) با بزرگنمایی ۵۰ میکرومتر ۱۲۳

شکل ۴-۳۷- تصاویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) ماکارونی کنترل (A) و گلوتن ۱/۵٪ (B) با بزرگنمایی۵۰ میکرومتر ۱۲۴

عنوان و شماره **صفحه**

شکل ۴-۳۸- تصاویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) کنترل (A) و گلوتن ۳٪ (B) با بزرگنمایی ۵۰ میکرومتر ۱۲۵
شکل ۴-۳۹- تصاویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) ماکارونی کنترل (A) و HPC ۰/۵٪ (B) با بزرگنمایی ۵۰ میکرومتر ۱۲۶
شکل ۴-۴۰- ارزیابی کلی حسی ۴ نوع ماکارونی کنترل، ۰/۵، ۱/۵ و ۳ درصد گلوتن ۱۲۷
شکل ۴-۴۱- ارزیابی کلی حسی ۴ نوع ماکارونی کنترل، ۰/۵٪ HPC، کارخانه و ۳درصد گلوتن ۱۲۸
شکل ۴-۴۲- ارزیابی کلی حسی ۴ نوع ماکارونی کنترل، کارخانه، ۰/۵٪ HPC و ۰/۵٪ گلوتن ۱۲۹

۱ – مقدمه

۱ – ۱ - ماکارونی و انواع آن

ماکارونی یکی از فراورده های مهم گندم است که تولید اولیه آن را به چینی ها نسبت داده اند و مورخین عقیده دارند که این محصول در قرن سیزدهم میلادی توسط مارکوپولو از چین به اروپا و از آنجا به سایر کشورها برده شده است (پایان، ۱۳۸۰). ماکارونی از نظر تکنولوژی جزء فراورده هایی به نام پاستا[1] است که در ایران اخیرا به نام فراورده های خمیری نامیده می شود و شامل اسپاگتی[2]، ورمیشل[3]، نودل[4]، لازانیا[5] و راویولی[6] می باشد. اختلاف این فراورده ها در شکل ظاهری و حالت فیزیکی آنها است که در شکل شماره ۱ – ۱ برخی از آنها نشان داده شده است.

شکل ۱– ۱) تصاویر انواع ماکارونی که به اشکال مختلف تهیه شده اند (پایان، ۱۳۸۰).

[1] Pasta
[2] Spaghetti
[3] Vermicelli
[4] Noodles
[5] Lazania
[6] Ravioli

به طور کلی ماکارونی را می توان از لحاظ شکل ظاهری به دو دسته زیر تقسیم کرد (شهیدی و همکاران، ۱۳۸۶و پایان، ۱۳۸۰):

ا لف) انواع ماکارونی بلند که شامل:

- ماکارونی مطلق که لوله ای، بلند، میان خالی با جدار صاف یا مخطط به طول ۲۵ سانتیمتر است و قطر خارجی آن ۳ میلی متر و قطر حفره وسط آن ۱ میلی مترمی باشد.

- ماکارونی بلند میان پر، تخت و پهن که دارای پهنای ۸ – ۳ میلی متر و طول ۱۵ - ۵ سانتیمتر است. برای مثال می توان به رشته آشی و نودل اشاره کرد.

- ماکارونی بلند مانند اسپاگتی که میان پر و میله ای است و دارای شعاع ۵/۲ – ۱ میلی متر و طول ۵۰ - ۲۰ سانتیمتر می باشد.

- ماکارونی بلند میله ای نازک به شعاع ۰/۸ – ۰/۵ میلی متر به اسم ورمیشل و با طول ۲۵۰ میلی متر که ممکن است رشته های آن به حالتهای متنوعی مانند مستقیم، مارپیچ یا پیچیده وجود داشته باشد.

ب) انواع ماکارونی کوتاه و پهن

- ماکارونی کوتاه که به اشکال مختلفی مانند صدفی، حلزونی، ریسمانی، صاف و... دیده می شود.

- ماکارونی ریز که بیشتر برای سوپ به کار می رود و می تواند به اشکال مختلفی مثل برنجی، ستاره ای، مثلث، عدسی و ... تولید گردد.

یک نوع ماکارونی دیگر به نام ماکارونی کمانی[1] وجود دارد که در این نوع ماکارونی کوتاه، رشته های خمیر بوسیله قالب های ویژه خمیده و کمانی می شوند. این نوع ماکارونی دارای قطر ۶ - ۴ میلی متر و طول ۴۰ - ۲۰ میلی متر است و ضخامت دیواره آن حدود ۱ میلی متر است. علاوه بر انواع ماکارونی های ذکر شده، امروزه انواع ماکارونی تازه مانند راویولی که بالشتک مانند است، با مغزی دارای گوشت و انواع سس نیز تولید می شود که بدون خشک کردن به صورت منجمد و یا تازه به بازار عرضه می شود (پایان، ۱۳۸۰ و رجب زاده، ۱۳۷۵).

۱ – ۲ - اهمیت ماکارونی در تغذیه انسان

در حال حاضر ماکارونی یکی از فراورده های پر مصرف در بسیاری از کشورهای اروپایی است. مصرف سرانه سالیانه کشور ایتالیا سالیانه ۳۲ کیلوگرم، آلمان ۱۲ کیلوگرم، یونان ۹

[1] Elbows

کیلوگرم، فرانسه و پرتقال۶ کیلوگرم، انگلستان ۰/۵ کیلوگرم و در ایران ۹ کیلوگرم می باشد (آراسته، ۱۳۷۰و رجب زاده، ۱۳۷۵).

این فراورده ها مانند سایر فراورده های غلات، مقادیر زیادی کربوهیدرات دارند و قسمت اعظم انرژی حاصل از آنها از کربو هیدرات و پروتئین به دست می آید (شهیدی و همکاران، ۱۳۸۶) . البته فراورده خمیری هیچگاه به تنهایی مصرف نمی شود و ارزش تغذیه ای آنها به غذایی وابسته است که همراه آن مصرف می شود. به طور کلی هر۱۰۰ گرم فراورده پخته حاوی حدود ۱۱۷ کالری انرژی است و حدود ۴/۳ درصد پروتئین است. ماکارونی نیز نظیر سایر فراورده های غلات دارای کمبود اسید آمینه لیزین، تریپتوفان و متیونین است. همچنین این فراورده ها قادر به تأمین برخی ویتامین ها مانند A، B_{12}، C و کلسیم نمی باشند (شهیدی و همکاران، ۱۳۸۶; Bourne, 2002). جدول ۱ – ۱ ترکیبات شیمیایی ماکارونی را به صورت خشک و پس از پخت نشان می دهد.

جدول۱- ۱) ترکیبات شیمیایی ماکارونی در ۱۰۰ گرم (شهیدی و همکاران، ۱۳۸۶).

ترکیب شیمیایی	ماکارونی خشک	ماکارونی پخته
رطوبت (گرم)	۹/۸	۷۱/۵
خاکستر(گرم)	۰/۷	۰/۱۸
کربوهیدرات (گرم)	۷۵/۱	۲۵/۲
پروتئین (گرم)	۱۲/۸	۴/۳
چربی (گرم)	۱/۶	۰/۶
فیبر (گرم)	۱/۸	۰/۶
انرژی (کالری)	۳۳۶	۱۱۷

۱- ۳ - مواد لازم در تهیه ماکارونی

ترکیبات ماکارونی عمدتا شامل آرد گندم و آب می باشد (Bourne, 2002) که در زیر به خصوصیات آنها اشاره می شود:

۱- ۳ - ۱- آرد گندم

بهترین ماکارونی از سمولینا[1] بدست می آید. سمولینا ازگندم داروم[2] که نوعی گندم سخت و مخصوص نقاط سردسیر و خشک مثل روسیه است، تولید می شود که در کشورهایی مثل ایران، عراق و سوریه نیز به خوبی رشد می کند. این گندم از لحاظ بافت بسیار سخت، از نظر طول بلندتر از حد معمول و دارای رنگ زرد و کمی براق می باشد. همچنین مقدار کربوهیدراتهای ساده و پروتئین و گلوتن آن بیشتر از سایر گونه های گندم است (ایرانی، ۱۳۷۷ و شهیدی و همکاران، ۱۳۸۶). سمولینا شامل ذرات درشت اندوسپرم به صورت خالص یا همراه مقدار کمی پوسته و جوانه است. خصوصیات سمولینا در جدول ۱-۲ داده شده است.

جدول ۱- ۲) خصوصیات سمولینای مناسب جهت تهیه ماکارونی (پایان، ۱۳۸۰).

خصوصیات سمولینا	حد استاندارد
اندازه ذرات	۴۸۸ -۱۴۲میکرون
رطوبت	۱۴درصد
پروتئین	۱۳-۱۳/۵ درصد وزن خشک
خاکستر	۷۱/. – ۵۵/. درصد وزن خشک
درصد استخراج	۶۵ درصد
رنگ	زرد روشن و تند

بخش قابل توجه ای از فراورده های خمیری مصرفی دنیا، از سمولینای حاصل از گندم داروم خالص تولید می شوند (شهیدی و همکاران، ۱۳۸۶). مقدار پروتئین آرد مصرفی در تهیه ماکارونی باید حداقل ۱۲ درصد باشد. در بسیاری از کشورها از جمله ایران به دلیل کمبود سمولینا از آردهای دیگر نظیر ستاره، نول و فارینا که یک نوع آرد با دانه های در حد سمولینا است ولی از گندم نانوایی بدست می آید، استفاده می شود و برای جبران میزان پروتئین آن، توسط افزودن پروتئین

[1] Semolina
[2] Durum

مانند پروتئین سویا و گلوتن، آرد مصرفی را غنی سازی می کنند (برادران راد، ۱۳۷۵؛ Delnobil *et al*., 2005; Dexter and Matsuo, 1978).

۱- ۳- ۲ - آب

مقدار آب مورد نیاز برای تهیه خمیر، حدود ۳۰ – ۲۵ درصد وزن خشک سمولینا است، در این صورت مقدار رطوبت خمیر حاصل ۳۲ – ۳۰ درصد خواهد بود. این در حالی است که رطوبت محصول نهایی زیر ۱۲/۵ درصد می باشد. دمای مناسب آب مصرفی حدود $35\ ^{\circ}C$ می باشد و دمای خمیر حاصله $38\ ^{\circ}C$ – ۳۵ است (پایان، ۱۳۸۰ ; شهیدی و همکاران، ۱۳۸۶).

آب لازم باید دارای شرایط آب آشامیدنی باشد و از آن جا که در مرحله خشک کردن ماکارونی از دمای بالایی استفاده نمی شود، کلیه مواد اولیه از جمله آب، بایستی در شرایط مناسب بهداشتی باشند. از طرفی وجود یونها می تواند باعث اثرات نامطلوبی بر روی رنگ محصول شود. پس باید مقدار آنها در آب کنترل شود. به طور کلی سرب، ارسنیک، کروم حداکثر۰/۰۵ میلی گرم در لیتر، سلنیوم و کادمیوم حداکثر ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر، آهن ۰/۳ میلی گرم در لیتر و مس حداکثر ۱ میلی گرم در لیتر مجاز است (استاندارد شماره ۱۰۵۳; شهیدی و همکاران، ۱۳۸۶).

سایر ترکیبات مصرفی شامل نمک (۲ – ۱ درصد وزنی) که موجب بهبود شبکه گلوتن و خصوصیات الاستیسیته ماکارونی می شود و علاوه بر این نقش طعم دهندگی نیز دارد، ال – سیستئین هیدروکلرید (۱۵۰ – ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم) که باندهای گوگردی را افزایش می دهد و موجب اصلاح ویژگی های شبکه گلوتن می شود و همچنین فرم پذیری رشته ها را بهبود می بخشد، منو و دی گلیسرید ها (۰/۴۵ – ۰/۲۵ درصد وزنی) که مانع نشت آمیلوز از نشاسته و ورود آن به سطح رشته می شوند و در نتیجه از چسبندگی رشته ها جلوگیری می کنند و اثر روان کنندگی روی شبکه گلوتن و فرم پذیری رشته ها دارند، که این ترکیبات هر یک بر خواص عملکردی ماکارونی موثر می باشند (پایان، ۱۳۸۰ ; شهیدی و همکاران، ۱۳۸۶).

اسفناج و سایر سبزیجات و همچنین ترکیباتی نظیر بتا کاروتن، پودر و رب گوجه فرنگی به منظور بهبود رنگ ماکارونی استفاده می شوند (برادران راد، ۱۳۷۵; Pereira *et al*., 1999). همچنین به منظور بهبود عطر و طعم از پودر پیاز، سیر و سایر ادویه جات استفاده می شود. به منظور بهبود عطر و طعم، رنگ و ارزش غذایی ماکارونی از تخم مرغ به میزان ۶ – ۵ درصد وزنی استفاده می شود (Alamprese *et al*., 2007; Alamprese and Rossi, 2004). علاوه بر

ایـــن از پـــودر قـــارچ و آرد ســـویا نیـــز بـــرای بهبـــود ارزش غـــذایی اســـتفاده مـــی شـــود (Limroongreungrat and Huang, 2005).

جهت غنی سازی ماکارونی از ویتامین هایی نظیر ویتامین های B، A، آهن، مس، کلسیم نیز استفاده می شود (Clydesdale and Wiener, 1985). جهت بهبود عملکردی آرد و نیز تا حدودی بهبود ارزش تغذیه ای می توان از پودر گلوتن نیز استفاده نمود، که میزان مصرفی در سطوح ۱ ، ۳ ، ۵ درصد و حتی فراورده های خمیری رژیمی برای بیماران دیابتی، حاوی ۲۵ درصد گلوتن فعال است. البته برای تولید این فراورده ها به تجهیزات مخصوصی نیاز است، زیرا با افزایش الاستیسیته خمیر، عبور آن از اکسترودر مشکل می شود (برادران راد، ۱۳۷۵; Dexter and Matsuo, 1978 ;Matsuo and Irvine, 1970).

۱ – ۴ - فرایند تولید ماکارونی

به طور کلی برای تولید ماکارونی ابتدا آرد با آب مخلوط می شود. اگر آرد تازه تولیـد شـده باشـد، باید مدتی در سیلو یا مخازن مربوطه نگهداری شود تا تغییراتی جهت بهبود کیفیت در آن ایجاد شود. برای تولید از دو روش غیر مداوم و یا روش مداوم استفاده می شود:

در روش غیر مداوم، برای تهیه خمیر، ابتدا برای حذف ناخالصی های احتمـالی و یکنواخـت شـدن دما، رطوبت و باز شدن کلوخه های موجود، آرد سمولینا الک می شود و سـپس توسـط یـک سیـستم نقاله تحت عنوان آردکش به خمیر کن منتقل مـی شـود. در آن قـسمت بـا حـدود ۳۰ – ۲۵ درصـد وزنی آن، آب ولرم (°C ۳۸ – ۳۲) مخلـوط مـی شـود (Kill and Turnbull, 2001; شـهیدی و همکاران، ۱۳۸۶).

۱- ۴ – ۱ - مخلوط کردن اجزاء خمیر

عمل مخلوط کردن در مخلوط کن های ویژه ای که به شکل استوانه نـاقص از جـنس فـولاد ضـد زنگ، برنز یا تفلون است، انجام می گیرد که مجهز به محوری است که روی آن تیغه هایی کم و بیش باریکی تعبیه شده است. مخلوط کن ها دارای ظرفیت حـدود ۲۰۰ – ۵۰ کیلـو اسـت و بـا ۵۰ – ۳۰ دور در دقیقه (rpm)[1] کار می کند و به آن ترن شفت[1] گویند. برای خمیر کردن آردهـای قـوی، دور

[1] Revolution Per Minute (rpm)