(مقاله پژوهشی)

بررسی خواص رئولوژیکی، شیمیایی، پخت وحسی ماکارونی غنی شده با آرد دانه عدس

معصومه قطبی[۱]، لیلا امیدوار لنگرودی[۲*]، طیبه السادات حسینی[۳]

۱-استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران.

۲-استادیار، گروه مهندسی شیمی، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران.

۳-دانشجوی کارشناسی ارشد علوم وصنایع غذایی، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران.

تاریخ دریافت۱۳۹۸/۰۳/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۰۶

چکیده

امروزه بالا بردن ارزش غذایی ماکارونی اهمیت ویژه‌ای یافته است. عدس یکی از منابع اصلی تأمین مواد غذایی و پروتئین گیاهی است که سرشار از ویتامین‌ها بوده و خواص آنتی اکسیدانی بالایی دارد. در این تحقیق اثرات افزودن مقادیر ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد آرد دانه عدس بر اساس آرد سمولینا مصرفی بر ویژگیهای رئولوژیکی، شیمیایی، پخت و حسی ماکارونی بررسی شده است. آزمون‌های رئولوژیکی نشان داد با افزایش میزان آرد عدس پایداری خمیر، بیشینه قوام خمیر، میزان مقاومت شبکه گلوتن، میزان ژلاتیناسیون نشاسته، میزان قوام ژل تشکیل شده و میزان رتروگراداسیون نشاسته نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت اما میزان جذب آب روند مشخصی نداشت. نتایج آزمون‌های شیمیایی روی نمونه‌های ماکارونی تولیدی نشان داد که از لحاظ رطوبت، اختلاف معنی‌داری بین کلیه تیمارها وجود ندارد هرچند به لحاظ کمی تیمار شاهد از رطوبت بالاتر برخوردار بود اما میزان خاکستر، پروتئین و فیبر در نمونه‌های حاوی آرد دانه عدس با افزایش سطوح مصرف، زیادتر شد. نتایج آزمون پخت نشان داد که تیمارحاوی ۱۵ ٪ آرد دانه عدس دارای بیشترین و تیمار شاهد دارای کمترین زمان و عدد پخت می باشند. با آزمون حسی مشخص گردید که افزودن آرد دانه عدس در سطح ۵ ٪ می‌تواند در بهبود اکثر ویژگی‌های حسی نقش مؤثرتری داشته باشد. ماکارونی دارای ۵ ٪ آرد دانه عدس به لحاظ دارا بودن خواص شیمیایی، پخت و ویژگی‌های حسی مطلوب‌تر پیشنهاد می‌شود.

واژه های کلیدی: ماکارونی، آرد دانه عدس، غنی سازی.

*مسئول مکاتبات: omidvar_leila@iauc.ac.ir

۱-مقدمه

در سال های اخیر استفاده از غذاهای سالم دارای ارزش تغذیه‌ای بالا مورد توجه قرار گرفته است. ماکارونی یکی از فرآورده‌های مهم و پر مصرف غلات می باشد که به لحاظ خواص تغذیه‌ای بالا، ارزان بودن، سهولت تولید، حمل و نقل آسان و زمان ماندگاری طولانی، افزایش تقاضای مصرف کنندگان در جهان را بهمراه داشته است (۲۴،۱۵). ماکارونی پتانسیل خوبی به عنوان حامل مواد مغذی مانند پروتیین‌ها، ویتامین‌ها، مواد معدنی، فیبر و ... دارد و محققان بسیاری افزودن یک منبع ارزشمند غذایی به ماکارونی را مورد مطالعه قرار داده‌اند(۶). تاثیر افزودن ترکیبات مختلفی مانند آرد غلات (جوانه گندم، ذرت، جو و ....)، آرد حبوبات (نخود، لوبیا سفید و ..)، کنسانتره فیبر گوشت و پوست میوه ها (سیب، مرکبات، انبه و ...)، سبزیجات و پروتئین‌ها(سوریمی، سویا و ...) بر ویژگیهای رئولوژیکی، شیمیایی، پخت و حسی ماکارونی به منظور افزایش ارزش تغذیه‌ای و تنوع غذایی ماکارونی مورد بررسی قرار گرفته است (۲۲،۲۰،۱۸،۱۰،۵،۴،۲). یکی دیگر از افزودنی‌ها که در تولید ماکارونی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، آرد دانه عدس می باشد. عدس دارای عناصر غذایی متنوعی شامل مواد مغذی و ریزمغذی مانند پروتئین‌ها، مواد معدنی(کلسیم، آهن، فسفر، پتاسیم، منیزیم و روی) و ویتامین‌های گروه B می باشد. خانواده عدس یکی از منابع اصلی تأمین مواد غذایی و پروتئین گیاهی شامل اسید آمینه‌های مختلف مانند ایزولوسین، لوسین، لایزین، فنیل آلانین، تیروزین و والین به شمار می رود. با داشتن ویتامین‌ها و ترکیبات فنلی، خواص آنتی اکسیدانی بالا داشته که مصرف آن باعث کاهش خطر ابتلا به دیابت و چاقی می‌گردد. وجود پلی فنل ها در آن در جلوگیری از برخی سرطان‌ها مؤثر می‌باشد. فیبر قابل جذب آن علاوه بر تأثیرات مفید روی سیستم گوارشی و قلب، به تنظیم مقدار قندخون نیز کمک می‌کند. عدس نه تنها باعث سوخت آهسته کربوهیدراتهای پیچیده می شود بلکه باعث افزایش انرژی بدن با پر کردن ذخائرآهنی بدن می‌شود (۱۷،۱۱،۳). Zhao و همکاران (۲۵) تاثیر افزودن آرد نخود سبز، نخود زرد، عدس و نخودچی (۵٪ تا ۳۰٪) را بر خصوصیات کیفی ماکارونی مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج، افزودنیها گرچه باعث تیرگی رنگ ماکارونی شد اما بر وزن پخت تاثیر قابل توجهی نداشت. افت پخت و سفتی با افزایش سطوح مصرف آرد، افزایش یافت. مصرف‌کننده ها طعم ماکارونی بدون افزودنی را ترجیح دادند و آن ها ماکارونی با ۱۵٪ آرد عدس یا نخود سبز و ماکارونی با ۲۰٪ آرد نخودچی یا نخود زرد را کمی دوست داشتند. Bouasla و همکاران (۱۳) پاستای برنج را با آرد حبوبات(عدس، نخود زرد و نخودچی) غنی نمودند و خواص فیزیکوشیمیایی، بافت و حسی پاستای بدون گلوتن تهیه شده را بررسی نمودند. نتایج افزایش زردی، پایداری و چسبندگی، و کاهش سختی، درخشندگی و افت پخت را با افزودن آرد حبوبات نشان داد که از نظر حسی قابل قبول بوده است. نتایج آنها نشان داد پاستای برنج غنی شده از حبوبات تا ۳۰٪ دارای کیفیت خوبی بوده که می‌تواند با ارزش تغذیه ای بالا استفاده شود. هدف از این تحقیق تولید ماکارونی غنی از آرد عدس با رویکرد افزایش ارزش تغذیه‌ای، تنوع غذایی و سطح سلامت جامعه بوده که ویژگیهای رئولوژیکی، شیمیایی، پخت و حسی نمونه‌های تولید شده در مقایسه با نمونه شاهد مورد مطالعه قرار گرفته است.

۲-مواد و روشها

۲-۱- مواد اولیه

آرد گندم سمولینا از شرکت زر و آرد عدس از شرکت گل ها تهیه گردید. نتایج آزمون‌های شیمیایی به عمل آمده بر روی آرد گندم و آرد عدس مصرفی در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج نشان داد که آرد گندم سمولینا در تولید ماکارونی از ویژگی‌های مناسب برخوردار بوده و در محدوده استاندارد ملی ایران است. به علاوه آرد دانه عدس مصرفی نیز دارای ویژگی‌های شیمیایی مطلوبی بود.

جدول۱- نتایج ویژگی‌های شیمیایی نمونه‌های آرد سمولینا گندم و آرد عدس مصرفی در تولید ماکارونی

نوع ماده/ ویژگی	رطوبت (٪)	خاکستر (٪)	پروتئین (٪)	چربی (٪)	فیبر خام (٪)	گلوتن مرطوب (٪)	ایندکس گلوتن	آهن (mg/kg)	کلسیم (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)
آرد گندم	۱۲/۵۱	۰/۵۶۹	۱۲/۷۳	۰/۹۳	۱/۱٤	۳۱	۹٤	۲۲/۳٤	۳۵	۹۳۲/٤۸
آرد عدس	۱۰/۱٤	۲/۳۸	۲۳/۷۲	۰/۸	۸	–	–	۷۷/۳	۸٤	۳٦۲

۲-۲-تهیه نمونه ها

آرد عدس در مقادیر ۵،۱۰و۱۵ درصد وزنی آرد سمولینای مصرفی به آرد سمولینا افزوده شده و ماکارونی به صورت صنعتی در کارخانه زرماکارون تولید شد. جهت تهیه ماکارونی ابتدا مواد اولیه‌ی آرد سمولینا و آرد دانه عدس را وزن کرده و به مدت ۳ دقیقه داخل دستگاه هم‌زن مخلوط گردید. سپس آب به نسبت ۲۰ ٪ وزن آرد به فرمولاسیون اضافه شد و به مدت ۱۰ دقیقه عمل هم‌زدن ادامه یافته تا شبکه گلوتنی تشکیل گردد، در نهایت مخلوط تحت دمای ۴۵°C با قالب برنزی و تحت فشار ۰/۶ میلیمتر جیوه اکسترود شد. در طول فرآیند اکسترود، بخشی از دستگاه دو جداره بوده که آب سرد ۲۰ °C در آن جریان دارد تا پاستای خارج شده از قالب به هم نچسبد و شکل خود را از دست ندهد. ماکارونی‌های رشته ای خارج شده از قالب ابتدا بر روی سینی‌های پلاستیکی ریخته شده که فن موجود در زیر سینی جهت جلوگیری از بهم چسبیدن ماکارونی درطول فرآیند روشن می باشد. سپس ماکارونی رشته ای برای انتقال به خشک‌کن بر روی سینی‌های چوبی با توری پلاستیکی قرار گرفته و داخل خشک کن اتوماتیک خشک شد. فرآیند خشک کردن پاستا در ۲ مرحله انجام گرفت. مرحله اول در دمای پایین (حدود۵۰ °C) و رطوبت بالا (۵۵ ٪) به مدت ۲ ساعت انجام شده که این امر جهت جلوگیری از خشک شدن سریع سطح و در نتیجه پیش‌گیری از ترک خوردگی ماکارونی صورت می‌پذیرد. در مرحله دوم خشک کردن از دمای بالا (۷۵ °C) و رطوبت پایین (۲۰ تا ۳۰ ٪) استفاده شد. در انتهای فرآیند خشک کردن، رسیدن به رطوبت ۱۰ ٪ مورد نظر می‌باشد که به مدت ۳ ساعت زمان برای این منظور سپری شد. پاستا خشک شده پس از سرد شدن در سلوفان‌های پلی‌پرپیلن بسته‌بندی و تحت دمای ۱۸°C انبارداری شد.

۲-۳-روشها

برای اندازه گیری خصوصیات رئولوژیکی خمیر ماکارونی از دستگاه میکسولب ساخت شرکت شوپن فرانسه استفاده گردید. آزمونهای شیمیایی نمونه های ماکارونی تولیدی شامل اندازه گیری رطوبت، خاکستر، پروتئین و فیبر مطابق استاندارد بین المللی انجمن شیمی غلات امریکا(۸) به ترتیب با روش شماره های (۱۶-۴۴)، (۰۱-۰۸)، (۴۶-۱۲) و (۰۵-۳۲)انجام شد.آزمون های پخت شامل تعیین زمان پخت، عدد پخت و افت پخت (عدد لعاب) بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۱۳ انجام گردید.برای تعیین زمان پخت مناسب میزان ۲۰ گرم نمونه ماکارونی تولید شده را درون بشری که دارای۵۰۰ میلی‌لیتر آب در حال جوشیدن بود ریخته و با میله شیشه‌ای هر ۲ دقیقه یک‌بار هم زده شد. مدت زمان پخت مناسب از زمان ریختن ماکارونی تا وقتی که لکه سفید در بخش مرکزی ماکارونی از بین برود اندازه گیری شد که با له کردن نمونه در هر ۳۰ ثانیه یک بار بین دو صفحه شیشه‌ای مشخص‌گردید. برای تعیین عدد پخت میزان۲۰ گرم نمونه ماکارونی در ظرف فلزی استوانه‌ای با حجم ۱ لیترکه دارای ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر در حال جوش بود افزوده و به مدت ۱۵ دقیقه آن را جوشانده، سپس ماکارونی در بشر ۵۰۰ میلی لیتری که قبلاً به وزن ثابت رسیده و توزین شده بود، آبکشی می‌شود (آب محتوی بشر جهت آزمون اندازه‌گیری درصد کل مواد جامد در آب پخت مورد استفاده قرار خواهدگرفت). ماکارونی داخل آبکش با ۵۰ میلی لیتر آب سرد آبکشی شده و در فاصله زمانی

۵ ثانیه ۳ بار تکان داده شد سپس در پلیتی که قبلاً به وزن ثابت رسیده بود توزین شد. وزن محصول بعد از پخت از رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$A - B = C \quad (۱)$$

که در آن A وزن پلیت حاوی نمونه (g)، B وزن پلیت خالی (g)، C وزن نمونه بعد از پخت (g) می‌باشد . برای تعیین افت پخت بشر حاوی آب حاصل از پخت را بر روی منبع حرارتی یا حمام بخار آب تبخیر کرده سپس در اتوکلاو با دمای ^{o}C ۲±۱۰۵ قرار گرفت تاکاملاً خشک شود. بشر تا رسیدن به دمای اتاق درون دسیکاتور قرار داده شد و پس از آن وزن مواد جامد باقی مانده مطابق رابطه(۲) بر اساس وزن در ۱۰۰گرم تعیین شد:

$$S = (D-F)/W \times ۱۰۰ \quad (۲)$$

که در آن Dوزن بشرحاوی مواد جامد بعد از پخت (g)، F وزن بشر خالی (g)، W وزن نمونه (g)،S درصد مواد جامد درآب پخت می‌باشد. (موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۸). ارزیابی حسی از نظر بو، طعم و مزه، بافت، رنگ، چسبندگی و پذیرش کلی با پرکردن پرسشنامه توسط ۸ نفر از اعضای واحد تحقیق و توسعه کارخانه زرماکارون صورت پذیرفت. برای این منظور، نمونه‌های ماکارونی پس از پخت کدگذاری‌گردید و مورد ارزیابی قرار گرفت. ویژگی‌های حسی ماکارونی براساس روش هدونیک یا ۵ نقطه‌ای به صورت "خیلی بد، بد، متوسط، خوب، بسیار خوب" مورد امتیازدهی قرار گرفت. به طوریکه هر چه سطح امتیازدهی به طرف بسیار خوب و خوب باشد، مطلوبیت بیشتری خواهد داشت. ابتدا از ارزیابان درخواست شد تا مقداری آب نوشیده و طعم دهان خود را خنثی نمایند. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از آنالیز واریانس و نرم افزار SPSS 18 استفاده شد. همچنین برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون دانکن و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel نسخه ۱۸ استفاده شد.

۳- نتایج

۳-۱-نتایج آزمون های رئولوژی خمیر ماکارونی

نتایج مقایسه میانگین صفات آزمون میکسولب نمونه‌های خمیر ماکارونی از نظر میزان جذب آب، زمان پایداری خمیر، نیروی لازم برای رسیدن به بیشینه قوام خمیر، میزان مقاومت شبکه گلوتن، اندازه گیری میزان ژلاتیناسیون نشاسته، اندازه گیری میزان قوام ژل تشکیل شده، اندازه گیری میزان رتروگراداسیون نشاسته در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲-نتایج مقایسه میانگین آزمون‌های رئولوژیکی در نمونه‌های خمیر ماکارونی و حاوی آرد دانه عدس

نمونه (٪ آرد دانه عدس)	جذب آب (٪)	زمان پایداری (دقیقه)	بیشینه قوام خمیر (Nm)	مقاومت شبکه گلوتن (Nm)	ژلاتیناسیون نشاسته (Nm)	قوام ژل تشکیل شده (Nm)	رتروگراداسیون نشاسته (Nm)
۰ (شاهد)	۵۳/۷ ±۰/۸ ^{b}	۹/۹۷ ±۰/٤۱ ^{a}	۱/۰۹ ±۰/۰٤ ^{a}	۰/۵۱ ±۰/۰۳ ^{a}	۱/۹۹ ± ۰/۰۵ ^{a}	۱/۸۵ ± ۰/۰۳ ^{a}	۲/۷۸ ± ۰/۰۳ ^{a}
۵	۵٦/۳ ±۰/٦ ^{a}	۷/٤۵ ±۰/۲۵ ^{b}	۱/۱ ±۰/۳ ^{a}	۰/٤۲ ±۰/۰٦ ^{b}	۱/۸۱ ± ۰/۰۳ ^{b}	۱/۵ ± ۰/۰۳ ^{ab}	۲/۲ ± ۰/۰۱ ^{b}
۱۰	۵٦/٤ ±۰/۵ ^{a}	۵/٦۵±۰/٤ ^{c}	۱/۰٦ ±۰/۰۲ ^{a}	۰/۳۳ ±۰/۰۵ ^{c}	۱/٦٦ ± ۰/۰۱ ^{c}	۱/۳ ± ۰/۰٦ ^{b}	۱/۹۲ ± ۰/۰۲ ^{b}
۱۵	۵٤/۳ ±۰/٦ ^{b}	٤/۳۲±۰/٤ ^{d}	۱/۰۸±۰/۰۵ ^{a}	۰/۳۱ ±۰/۰٦ ^{c}	۱/٦٤ ± ۰/۰٦ ^{c}	۱/۳٦ ± ۰/۰۲ ^{b}	۱/۹۹ ± ۰/۰۳ ^{b}

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

۳-۱-۱-درصد جذب آب

نتایج حاصل از مقایسه میانگین میزان درصد جذب آب خمیر در جدول ۲ نشان می‌دهد، درصد جذب آب خمیر در محدوده بین۵۶/۳-۵۳/۷ قرار دارد. بیشترین درصد جذب آب متعلق به تیمار ۱۰ ٪ و پس از آن تیمارهای ۵ ٪، شاهد و ۱۵ ٪ بودند. بین تیمارهای شاهد و ۱۵ ٪ تفاوت

معنی داری وجود نداشت (P>۰/۰۵) اما با تیمارهای ۵ ٪ و ۱۰ ٪تفاوت معنی‌دار داشتند (P<۰/۰۵). اندازه ذرات آرد تاثیر زیادی در میزان جذب آب در حین مخلوط شدن آب با آرد دارد. هر چه ذرات آرد ریزتر باشد آب بیشتری جذب می‌کند. چنان چه ذرات آرد یکسان باشد میزان پروتئین، نشاسته آسیب دیده و ... بر میزان جذب آب تأثیرگذار است(۱۴). آرد گندم به دلیل دارا بودن پروتئین کمتر میزان جذب آب کمتری داشته است اما با افزایش آرد دانه عدس تا سطح ۱۰٪ این روند مؤثر بوده و با افزایش میزان آرد دانه عدس به ۱۵٪، میزان جذب آب کاهش یافته است. ظرفیت جذب آب در مواد غذایی به ترکیب اسیدهای آمینه، آرایش فضایی پروتئین، میزان آبدوستی و آبگریزی پروتئین، حضور کربوهیدراتهای آب دوست، درصد فیبر خام و میزان چربی بستگی دارد که این اتفاق را میتوان به ترکیب و ساختمان فیزیکوشیمیایی متفاوت پروتئین های عدس در مقایسه با گندم و عدم حضور گلوتن در آن ارتباط داد.

۳-۱-۲--مدت زمان پایداری

نتایج حاصل از مقایسه میانگین مدت زمان پایداری خمیر در جدول۲ نشان می‌دهد که مدت زمان پایداری در محدوده بین ۹/۹۷-۴/۴ قرار دارد. بیشترین مدت زمان پایداری متعلق به تیمار شاهد و دارای اختلاف معنی‌دار با سایر تیمارها و پس از آن تیمارهای ۵ ٪ و ۱۰ ٪ و کمترین آن مربوط به تیمار ۱۵ ٪ بود (P<۰/۰۵) می باشد. ثبات خمیر به طور عمده‌ای تحت تاثیرکیفیت گلوتن قرار می‌گیرد که بیان کننده مقاومت خمیر به نیروی اختلاط است. هر چه مدت زمان پایداری بیشتر باشد، خمیر قوی‌تر خواهد بود (۱۹). نتایج نشان داد مدت زمان پایداری در آرد گندم به دلیل دارا بودن شبکه گلوتنی بیشتر بوده است و با افزایش میزان آرد دانه عدس مدت زمان پایداری روند کاهش را داشته است

۳-۱-۳- میزان نیروی لازم جهت دستیابی به بیشینه قوام خمیر

نتایج حاصل از جدول ۲ نشان می‌دهد که میزان قوام خمیر در محدوده بین ۱/۱-۱/۰۶ قرار دارد. بین تیمار شاهد با تیمارهای دیگر در سطح ۵ ٪ اختلاف معنی داری وجود ندارد. با توجه به جدول۲ بالاترین میزان بیشینه قوام مربوط به تیمار ۵٪ آرد دانه عدس و کمترین میزان آن مربوط به تیمار۱۰٪ آرد دانه عدس می‌باشد. میزان قوام خمیر نشانگر میزان جذب آب آرد در حین مخلوط شدن می‌باشد. با توجه به اینکه هم زن میکسولب تحت نیروی گشتاور عمل اختلاط را انجام می‌دهد، میزان نیروی به کار رفته نیروی لازم را جهت رسیدن به میزان بیشینه قوام خمیر نشان می‌دهد. به طور کلی هر چه میزان پروتئین افزایش یابد میزان جذب آب نیز افزایش می‌یابد. بنابر این انتظار می‌رود آرد گندم محتوی آرد دانه عدس با محتوی پروتئین بالاتر جذب آب بالاتری نیز داشته باشد. از طرفی میزان جذب آب توسط آرد به دانه بندی و نرمی آرد بستگی دارد بطوری که ذرات نرم همیشه میل بیشتری به جذب آب دارند لذا میزان نیروی به کار رفته جهت اختلاط آنها نیز بالاتر می‌باشد. نتایج حاصل از بررسی های Brun و همکاران در سال ۲۰۰۸ نشان می دهد که میزان جذب آب بستگی به میزان ذرات آردها دارد که هر چه اندازه ذرات آرد ریزتر باشد میزان جذب آب بیشتر است، اما چنانچه ذرات آرد تقریبا" یکسان باشد هر چه محتوای پروتئین بالاتر باشد میزان جذب آب بالاتر است (۱۴).

۳-۱-٤- مقاومت گلوتن

نتایج حاصل در جدول ۲ نشان می‌دهد که مقاومت گلوتن در محدوده بین ۱/۹۹-۱/۶۴ قرار دارد. بیشترین مقاومت گلوتن متعلق به تیمار شاهد و کمترین آن مربوط به تیمار ۱۵ ٪ با تفاوت معنی دار (P<۰/۰۵) می باشد. مقاومت گلوتن عمدتاً تحت تاثیر مقدار و کیفیت گلوتن قرار می‌گیرد. در حقیقت این قسمت در هم شکستن شبکه پروتئینی خمیر در اثر حرارت را نشان می‌دهد. آردی که میزان گلوتن بالاتری دارد شبکه پروتئینی قوی‌تری دارد

بنابراین در هم شکستن این شبکه سخت تر می‌باشد و مقاومت گلوتن آن بالاتر می‌باشد. از آن جا که پروتئین آرد دانه عدس نسبت به آرد گندم گلوتن ندارد بنابراین با افزودن آرد دانه عدس به آرد گندم شبکه گلوتنی ضعیف‌تری ایجاد می‌شود که در مقابل اعمال نیروی مکانیکی و حرارت، مقاومت چندانی از خود نشان نمی‌دهد و شبکه پروتئینی آن ها نسبت به تیمار شاهد سریع‌تر شروع به در هم شکستن می‌کنند. بنابراین طبیعی است که هر چه نسبت آرد دانه عدس بیشتر شود مقاومت گلوتن نیز کاهش یابد وکمترین مقاومت گلوتن مربوط به تیمار ۱۵٪ آرد دانه عدس می‌باشد.

۳-۱-۵-میزان ژلاتیناسیون نشاسته

نتایج حاصل از اندازه گیری میزان ژلاتیناسیون نشاسته در جدول۲ نشان می‌دهد که میزان ژلاتیناسیون نشاسته در محدوده بین ۱/۹۹-۱/۶۴ قرار دارد. بیشترین میزان ژلاتیناسیون متعلق به تیمار شاهد و دارای اختلاف معنی دار با سایر تیمارها و کمترین آن مربوط به تیمار ۱۵ ٪ می باشد. معمولا" در اثر گرم کردن سوسپانسیون (نشاسته و آب)، دانه‌های نشاسته به علت هیدراته شدن پلی‌مرها (آبگیری)، متورم می‌شوند. در دمای بیش از حدود ۹۰ درجه سانتی‌گراد غشا پروتئینی متلاشی و پاره شده و در نتیجه آمیلوپکتین متورم و آمیلوز حل می‌شود. تمام نقاط کریستالیزه در اثر افزایش دما حل شده و دانه های نشاسته متلاشی می‌شود که در این حالت مولکول‌های حل شده در یکدیگر ادغام می‌گردد و تشکیل توده‌ی همگن و غلیظی را می‌دهند و نشاسته به صورت ژلاتینه در می‌آید. اصولا ژلاتینه شدن نشاسته به ویژگی نشاسته، کهنگی و تازگی، ابعاد و اندازه دانه‌های نشاسته، نحوه آسیاب کردن، درجه استخراج یا بازدهی آرد و سایر عوامل بستگی دارد (۱). با توجه به اینکه محتوی گلوتنی آرد حاوی ۱۵٪ آرد دانه عدس کمتر است لذا ژلاتیناسیون آن سریع تر رخ می‌دهد.

۳-۱-۶- قوام ژل تشکیل شده (فعالیت آمیلازی)

نتایج حاصل از جدول ۲ نشان می‌دهد که قوام ژل تشکیل شده در محدوده بین ۱/۸۵-۱/۳ قرار دارد. تیمار شاهد دارای بیشترین قوام ژل تشکیل شده است اما تفاوت معناداری با تیمار ۵ ٪ ندارد. در صورتیکه با تیمارهای ۱۰٪ و ۱۵٪ دارای اختلاف معنی دار می باشد (P<۰/۰۵). کمترین قوام ژل تشکیل شده متعلق به تیمار ۱۰٪ و عدم اختلاف معنی دار با تیمار ۱۵٪ است. آلفا و بتا آمیلاز از مهم ترین آنزیم های تجزیه کننده نشاسته در گندم بوده و عمدتا در جوانه قرار دارند. که این مقدار افزایش قوام در تیمار شاهد به فعالیت آمیلازی دانه گندم بر می گردد. بنابراین قوام ژل تشکیل شده وابستگی زیادی با محتوای پروتئین و میزان گلوتن ندارد و آردهای مختلف با محتوای پروتئینی متفاوت، چندان تفاوتی از این لحاظ ندارند. بنابراین همان طور که در جدول ۲ نشان داده شد فعالیت آمیلازی وابسته به مقدار پروتئین و یا کیفیت آن نمی‌باشد، در نتیجه در اینجا تیمارهای دارای ۱۰ و ۱۵٪ آرد دانه عدس فعالیت آمیلازی تقریبا" یکسانی را دارند. نتایج حاصل از مطالعات Gabriela و همکاران (۱۹) نیز نتایج بدست آمده در این بررسی را تایید می کند.

۳-۱-۷-میزان رتروگراداسیون نشاسته

میزان رتروگراداسیون نشاسته با توجه به نتایج جدول ۲ در محدوده بین ۲/۷۸-۱/۹۲ قرار دارد. تیمار شاهد با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی دار بود (P<۰/۰۵) اما بین تیمارهای دارای آرد دانه عدس اختلاف معنی دار وجود نداشت (P>۰/۰۵). بیشترین میزان رتروگراداسیون نشاسته متعلق به تیمار شاهد و کمترین آن مربوط به تیمار۱۰ ٪ بود. رتروگراداسیون نشاسته یک فرآیند دومرحله‌ای می‌باشد.مرحله‌ی اول سریع‌تر بوده و شامل کریستالیزاسیون پلیمر آمیلوز می‌باشد و مرحله دوم که آرام و تدریجی است شامل کریستالیزاسیون آمیلوپکتین می‌باشد. میزان نشاسته، نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین و متوسط اندازه زنجیره آمیلوز و آمیلوپکتین بر رتروگراداسیون موثر می‌باشند. از آن جایی که گرانول‌های نشاسته آرد گندم

توسط ماتریکس گلوتن احاطه شده‌اند، گلوتن مانع جذب آب توسط گرانول‌های نشاسته می‌شود. درحالی که گرانول‌های نشاسته در آرد دانه عدس در سطح قرار دارند و می‌توانند در اثر حرارت دادن سریع آب جذب کنند و ژلاتینه شوند، بالطبع رتروگراداسیون سریعتری دارند. همچنین پروتئین در جذب آب رقیب نشاسته است و از آن جا که نشاسته در ژلاتیناسیون و رتروگراداسیون نقش مهمی در جذب آب دارد، آردهایی که حاوی گلوتن پایین‌تری هستند سریعتر ژلاتینه می‌شوند و رترو گراداسیون سریعتر در آنها اتفاق می‌افتد. در اینجا نیز با توجه به جدول ۲ تیمارهای آرد دانه عدس که دارای محتوای گلوتن کمتری می‌باشند سریعتر نیز رتروگراداسیون می‌شوند و با تیمار شاهد نیز تفاوت معنی‌دار دارند.

۳-۲-نتایج آزمون های شیمیایی نمونه‌های ماکارونی

نتایج مقایسه میانگین صفات آزمون‌های شیمیایی نمونه‌های ماکارونی از نظر میزان رطوبت، خاکستر، پروتئین و فیبر در جدول ۳ نشان داده شده است، همچنین طی شکل های ۱ الی ۳ به تأثیر سطوح مختلف آرد عدس بر صفات مذکور در نمونه‌های ماکارونی اشاره گردیده است.

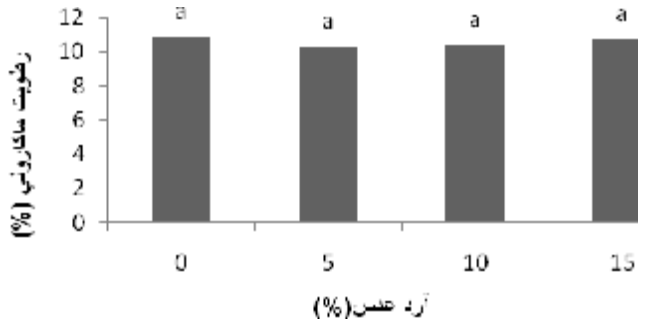
جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین صفات آزمون‌های شیمیایی نمونه‌های ماکارونی شاهد و حاوی آرد عدس

نمونه (٪ آرد دانه عدس)	رطوبت (٪)	خاکستر (٪)	پروتئین (٪)	فیبر (٪)
۰ (شاهد)	۱۰/۸۷ ± ۰/۸۰ ^{a}	۰/۵۸۷ ± ۰/۰۵ ^{d}	۱۲/۵۷ ± ۰/۱۹ ^{d}	۱/۲۲ ± ۰/۲۸ ^{d}
۵	۱۰/۳۰ ± ۰/۴۱ ^{a}	۰/۶۹۱ ± ۰/۲۷ ^{c}	۱۳/۵۱ ± ۰/۳۱ ^{c}	۱/۸۳ ± ۰/۱۵ ^{c}
۱۰	۱۰/۳۹ ± ۰/۹۳ ^{a}	۰/۷۴۶ ± ۰/۳۳ ^{b}	۱۴/۶۷ ± ۰/۲۸ ^{b}	۲/۶۱ ± ۰/۲۱ ^{b}
۱۵	۱۰/۷۳ ± ۰/۸۲ ^{a}	۰/۸۴۹ ± ۰/۴۸ ^{a}	۱۵/۷۷ ± ۰/۸۴ ^{a}	۳/۱۶ ± ۰/۱۱ ^{a}

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

۳-۲-۱-تاثیر افزودن سطوح مختلف آرد عدس بر درصد رطوبت نمونه‌های ماکارونی

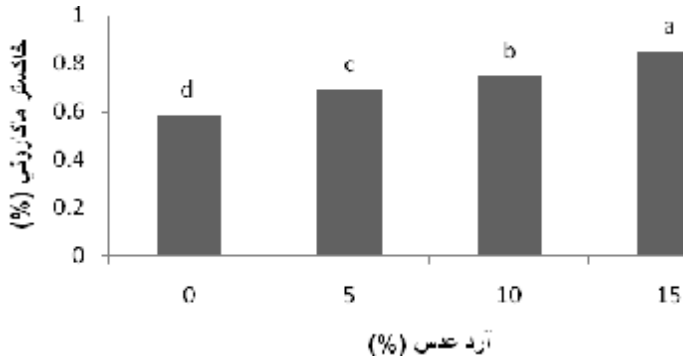
با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین درجدول ۳ و نیز شکل ۱ مشخص گردید که با جایگزینی آرد عدس با آرد گندم مصرفی، رطوبت ماکارونی‌های تولیدی روند مشخصی نداشته بطوری که بیشترین درصد رطوبت متعلق به تیمار۰٪ (ماکارونی شاهد) و کم ترین درصد رطوبت ماکارونی متعلق به تیمار ۵٪ آرد عدس بود. با افزایش جایگزینی آرد دانه عدس با آرد گندم سمولینا مصرفی، به لحاظ آماری در سطح ۱ ٪ هیچ گونه تفاوت معنی‌داری بین کلیه تیمارها مشاهده نشد ($P>0/01$).دلیل عدم تفاوت معنی‌دارشدن رطوبت ماکارونی‌های تولیدی به واسطه فرآیند یکنواخت خشک کردن ماکارونی توسط خشک‌کن‌ها بوده است. از سویی تفاوت‌های کمی رطوبت در تیمارهای مذکور مربوط به سطوح جایگزینی آرد دانه عدس با گلوتن آرد سمولینا بوده است. به عبارتی بین جذب رطوبت توسط گلوتن آرد گندم و ترکیبات جاذب رطوبت آرد دانه عدس نظیر پکتین، فیبر و پروتئین‌های مرکب آن نوعی رقابت حاصل شده و در این میان نمونه شاهد با درصد گلوتن بیشتر به لحاظ کمی، رطوبت بالاتری در قیاس با سایر تیمارها کسب نمود.



شکل۱-تاثیر سطوح مختلف آرد عدس بر مقدار رطوبت نمونه های ماکارونی ($p<0.05$)

۳-۲-۲-تاثیر افزودن سطوح مختلف آرد عدس بر درصد خاکستر نمونه‌های ماکارونی

با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین درصد خاکستر در جدول ۳ و نیز شکل ۲ مشخص گردید که با افزایش جایگزینی آرد عدس با آرد گندم مصرفی، خاکستر ماکارونی‌های تولیدی به طور کمی افزایش پیدا کرده به طوری که بیشترین درصد خاکستر متعلق به تیمار ۱۵٪ و کم ترین متعلق به تیمار شاهد با تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

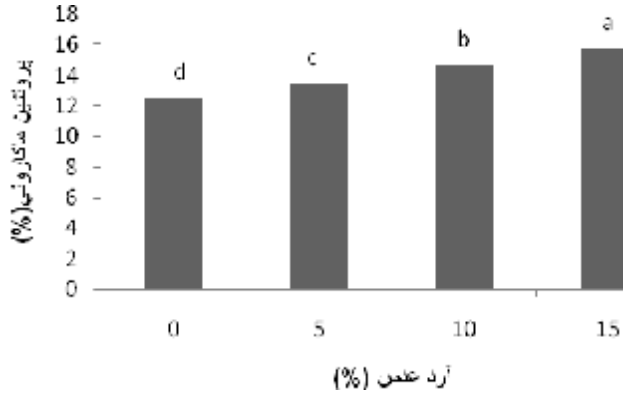


شکل ۲-تاثیر سطوح مختلف آرد عدس بر مقدار خاکستر نمونه های ماکارونی

از نظر ترکیب شیمیایی دانه عدس حاوی مقادیر قابل توجهی املاح معدنی می‌باشد و این امر دلیل افزایش میزان خاکستر در ماکارونی‌های حاوی آرد دانه عدس نسبت به شاهد بوده است.

۳-۲-۳-تاثیر افزودن سطوح مختلف آرد عدس بر درصد پروتئین نمونه‌های ماکارونی

با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین درصد پروتئین در جدول ۳ و نیز شکل ۳ مشخص گردید که با افزایش مقدار آرد عدس، پروتئین ماکارونی‌های تولیدی افزایش یافت به طوری که بیشترین درصد پروتئین متعلق به تیمارهای ۱۵٪ و سپس تیمارهای ۱۰٪ ، ۵٪ و شاهد (تفاوت معنی دار بایکدیگر) به ترتیب بوده است.

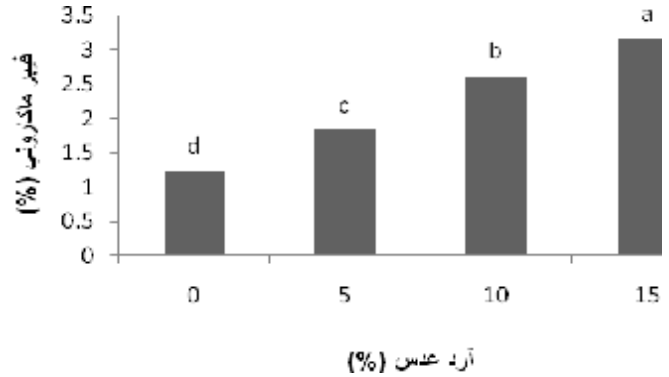


شکل ۳-تاثیر سطوح مختلف آرد عدس بر مقدار پروتئین نمونه‌های ماکارونی

با توجه به جدول ۱ میزان پروتئین آرد عدس در مقایسه با آرد سمولینا حدوداً دو برابر می باشد، افزودن آرد دانه عدس به آرد سمولینا باعث افزایش محتوی پروتئینی ماکارونی‌های حاصل از آن شده است.

۳-۲-٤-تاثیر افزودن سطوح مختلف آرد عدس بر درصد فیبر نمونه‌های ماکارونی

با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین درصد فیبر در جدول۳ و نیز شکل۴ مشخص گردید که با افزایش جایگزینی آرد عدس با آردگندم مصرفی، فیبر مارکارونی‌های تولیدی به طور کمی افزایش پیدا کرده به طوری که بیشترین درصد فیبر متعلق به تیمارهای ۱۵ ٪ و کم ترین میزان فیبر متعلق به تیمار شاهد می باشد ($P<۰/۰۵$). مواد اصلی آرد دانه عدس را مقادیر بالای مواد فیبری به خصوص سلولز و همی سلولز تشکیل داده است. آرد دانه عدس با داشتن حدود ۸ درصد فیبر خام، یکی از منابع با ارزش فیبر رژیمی محسوب می‌شود در نتیجه افزودن آن به آرد گندم منجر به افزایش محتوای فیبر محصولات می‌شود.



شکل ٤-تاثیر سطوح مختلف آرد عدس بر مقدار فیبر نمونه‌های ماکارونی

۳-۳- نتایج آزمون‌های کیفی (پخت) ماکارونی نتایج مقایسه میانگین صفات آزمون‌های کیفی نمونه‌های ماکارونی از نظر میزان زمان پخت، عدد پخت و افت پخت (عدد لعاب) در جدول ۴ نشان داده شده است.

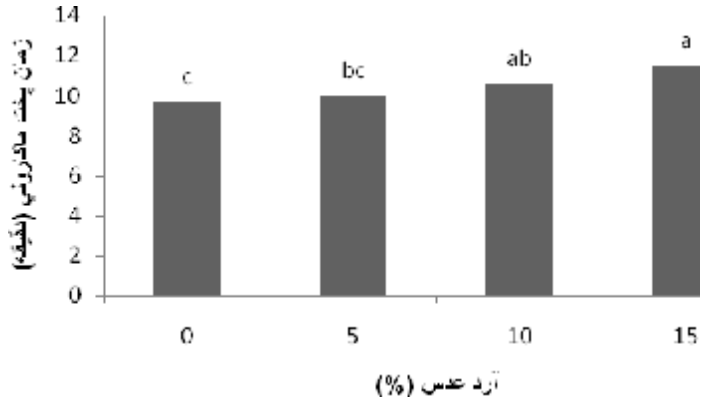
جدول ٤-نتایج مقایسه میانگین آزمون‌های کیفی (پخت) در نمونه‌های ماکارونی

نمونه (٪ آرد دانه عدس)	زمان پخت (دقیقه)	عدد پخت (٪)	افت پخت (٪)
۰ (شاهد)	۹/٦۷ ±۰/۵۷^{c}	۵۱/٤۲ ±۰/٦۷^{c}	۵/٤۹ ± ۰/۳^{b}
۵	۱۰ ±۰/۵ ^{bc}	۵۳/۷۳ ±۰/۳۷ ^{b}	٦/۳۵ ± ۰/٤۱^{b}
۱۰	۱۰/٦ ±۰/۲۸^{ab}	۵٤/٦۵ ±۰/۸۹^{b}	٦/۹۷ ± ۰/۲۱^{ab}
۱۵	۱۱/۵±۰/۵ ^{a}	۵٦/۱٤ ±۰/۱۹ ^{a}	۷/۱٦ ± ۰/٤۵ ^{a}

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری در سطح ۹۵٪ می‌باشند.

۳-۳-۱-تاثیر افزودن سطوح مختلف آرد دانه عدس بر زمان پخت نمونه‌های ماکارونی

با توجه به نتایج مقایسه میانگین آزمون‌های کیفی در جدول۴ و نیز شکل۵ مشخص گردید که با افزایش آرد عدس زمان پخت ماکارونی‌های تولیدی روند افزایشی را نشان داد. به طوری که بیشترین زمان پخت ماکارونی متعلق به تیمار ۱۵ ٪ و پس از آن تیمارهای ۱۰٪، ۵٪ و کم ترین آن مربوط به تیمار شاهد بود. بین تیمار ۵٪ با تیمارهای شاهد و ۱۰٪ اختلاف وجود داشت اما اختلافشان در سطح ۵ درصد معنی دار نبود اما تیمار شاهد و تیمار ۱۰٪ دارای تفاوت معنی دار بودند ($P<۰/۰۵$). افزایش زمان پخت ماکارونی‌های تولیدی در مقایسه با ماکارونی شاهد که فاقد آرد عدس بود مربوط به وجود مقادیر بالای فیبر و پروتئین در دانه عدس مصرفی می‌باشد ضمن آن که کمپلکس بین پروتئین آرد دانه عدس با گلوتن و نشاسته آرد سمولینا منجر به افزایش زمان پخت ماکارونی نیز شده است.

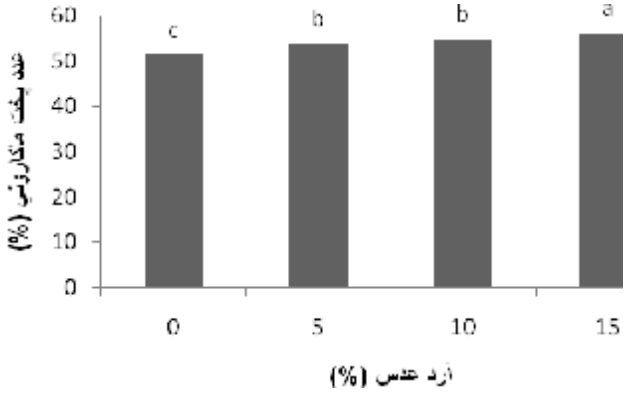


شکل ۵-تاثیر سطوح مختلف آرد دانه عدس بر زمان پخت نمونه‌های ماکارونی

۳-۳-۲-تاثیر افزودن سطوح مختلف آرد عدس بر عدد پخت نمونه‌های ماکارونی

باتوجه به نتایج مقایسه میانگین آزمون‌های کیفی (پخت) ماکارونی در جدول۴ و نیز شکل۶ مشخص گردید که با افزایش میزان آرد دانه عدس، عدد پخت ماکارونی‌های تولیدی افزایش یافت بطوری که بین تیمار شاهد و تیمارهای حاوی آرد دانه عدس تفاوت معنی‌دار وجود داشت ($P<۰/۰۵$). نتایج نشان داد کم ترین درصد عدد پخت متعلق به تیمار شاهد و پس از آن تیمارهای ۵٪، ۱۰٪ و بیشترین آن مربوط به تیمار ۱۵٪ بود. طبق تعریف استاندارد عدد پخت یا وزن پس از پخت عبارت از میزان آب جذب شده در زمان پخت بهینه ماکارونی است و هرچه زمان پخت افزایش یابد عدد پخت نیز افزایش

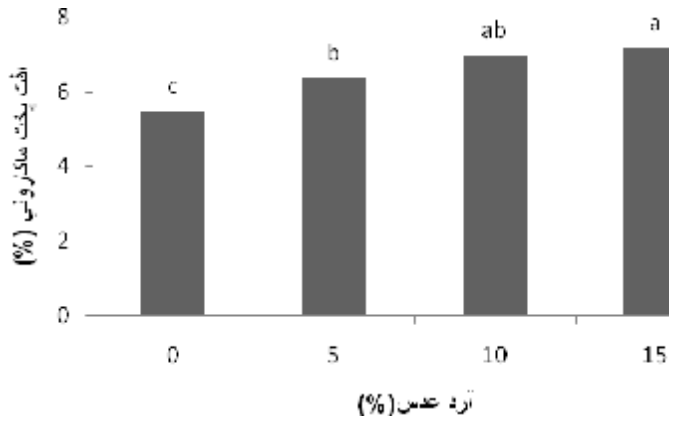
می‌یابد از طرفی افت پخت (لعاب) ماکارونی وابسته به این دو صفت است به عبارتی هرچه زمان پخت و عدد پخت افزایش یابد بعلت جذب آب بیشتر توسط رشته‌های ماکارونی، با از دست دادن مواد جامد محلول و غیر محلول در آب پخت، افت پخت بالاتر خواهد بود. با توجه به نتایج با افزایش میزان آرد دانه عدس، عدد پخت ماکارونی‌های تولیدی افزایش یافت و در مقایسه با نمونه شاهد افزایش قابل توجهی داشت. افزایش عدد پخت و افت پخت دو صفت بسیار مهم در تعیین خصوصیات کیفی ماکارونی می‌باشند و هرچه این دو خصوصیت بالاتر باشند کیفیت ماکارونی کاهش می‌یابد. این دو خصوصیت بسیار تحت تأثیر میزان پروتئین گلوتن و کیفیت آن هستند (۲۳،۷). با توجه به حضور ترکیبات معدنی به خصوص فیبر و مقادیر بالای پروتئین در آرد دانه عدس در ماکارونی‌های تولیدی، عدد پخت در نمونه‌های حاوی آرد عدس در مقایسه با نمونه شاهد با افزایش همراه بود. Islas-Rubio و همکاران (۲۱) در جایگزینی آرد سمولینا با آرد دانه تاج خروس نشان دادند که آرد دانه تاج خروس به عنوان منبع غنی از فیبر و پروتئین بر کیفیت عدد پخت ماکارونی‌های تولیدی تأثیر گذار است به طوری که ماکارونی‌های حاصل دارای افزایش عدد پخت، افزایش عدد لعاب و کاهش استحکام بودند.



شکل ٦-تاثیر سطوح مختلف آرد دانه عدس بر عدد پخت نمونه‌های ماکارونی

۳-۳-۳-تاثیر افزودن سطوح مختلف آرد دانه عدس بر افت پخت نمونه‌های ماکارونی

با توجه به نتایج مقایسه میانگین در جدول ۴ و نیز شکل ۷ مشخص گردید که با جایگزینی آرد دانه عدس با آرد سمولینا مصرفی، میزان افت پخت ماکارونی‌های تولیدی افزایش یافت. تیمار ۱۵٪ با بیشترین افت پخت و تیمار شاهد کمترین افت پخت داشت ($P<۰/۰۵$). تیمار ۱۰٪ نیز با تیمارهای ۵٪ و ۱۵٪ تفاوت داشت اما تفاوتشان معنی‌دار نبود. افت پخت به مقدار گرم ماده خشک محلول و غیرمحلول وارد شده به آب پخت ماکارونی بعد از طبخ و آبکشی گفته می‌شود. با توجه به نتایج مشخص گردید که با افزایش میزان آرد عدس، میزان افت پخت ماکارونی‌های تولیدی افزایش یافت، اما بکارگیری ۵٪ آرد دانه عدس در ماکارونی‌های تولیدی اثر منفی روی افت پخت نداشت که احتمالاً مصرف سطوح ۵ درصد تأثیر چندانی در رقت گلوتن محصول نهایی نداشته است و لذا از افت پخت کمتری برخوردار شده است. پروتئین گلوتن بالا به دلیل افزایش پیوندهای هیدروژنی مولکول آب و خاصیت امولسیون کنندگی عامل مؤثری درکاهش میزان لعاب ماکارونی می‌باشد (۱۲).



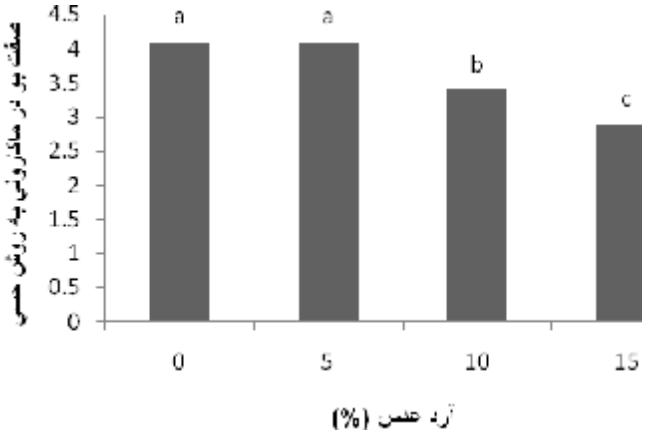
شکل ۷- تاثیر سطوح مختلف آرد دانه عدس بر افت پخت نمونه‌های ماکارونی

۳-٤-نتایج آزمون ویژگی‌های حسی نمونه‌های ماکارونی

آزمون های حسی از نظر بو، طعم و مزه، بافت، رنگ، چسبندگی و پذیرش کلی انجام شده که نتایج آن طی شکل های ۸ تا ۱۳ ارائه شده است.

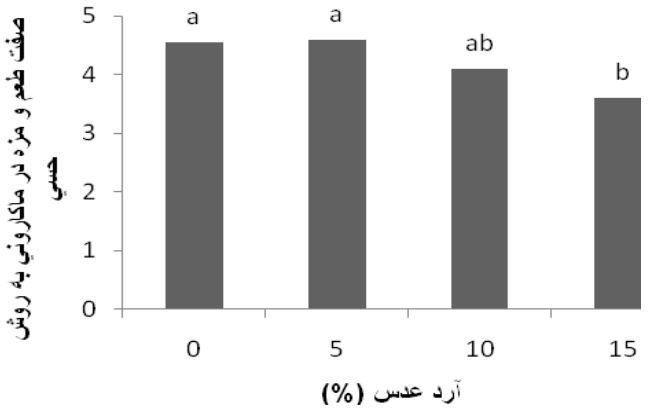
۳-٤-۱-تأثیر افزودن سطوح مختلف آرد عدس بر صفت طعم، مزه و بوی نمونه‌های ماکارونی

با توجه به نتایج مقایسه میانگین آزمون حسی ماکارونی در شکل ۸ مشخص گردید که جایگزینی آرد عدس با آرد سمولینا مصرفی، امتیاز صفت بو در ماکارونی‌های تولیدی با افزایش میزان آرد عدس کاهش یافت. نتایج تیمار شاهد با تیمارهای حاوی آرد عدس تفاوت معنی‌داری داشت اما بین تیمارهای ۱۰ ٪ و ۱۵ ٪ تفاوت معنی‌دار وجود نداشت .



شکل ۸-تاثیر سطوح مختلف آرد عدس بر صفت بو در نمونه‌های ماکارونی به روش حسی

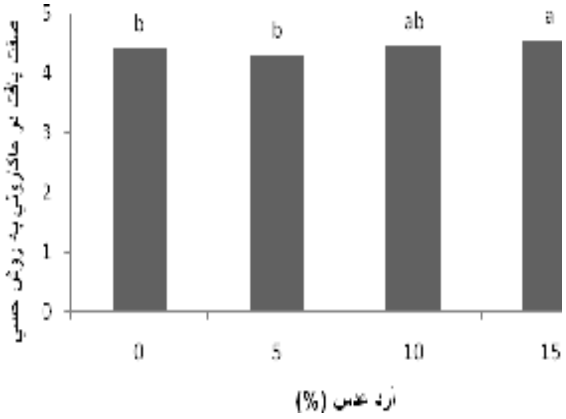
شکل۹ نشان می‌دهد که با افزایش درصد آرد عدس، امتیاز صفت طعم و مزه در ماکارونی‌های تولیدی تا سطح ۵٪ افزایش یافت اما با افزایش بیشتر میزان آرد دانه عدس کاهش یافت. تیمار شاهد و تیمار ۵٪ با تیمار ۱۰٪ اختلاف معنی‌داری نداشته اما با تیمار ۱۵ ٪ اختلاف معنی‌دار داشتند ($P<۰/۰۵$). دلیل کاهش طعم و مزه در نمونه‌های حاوی آرد دانه عدس ۱۰ و ۱۵ درصد در مقایسه با نمونه شاهد مربوط به طعم و مزه گس مانند دانه عدس مصرفی بود اما مقادیر کم آن در حدود ۵ درصد سبب کاهش امتیاز طعم و مزه محصول نگردید.



شکل۹-تاثیر سطوح مختلف آرد عدس بر صفت طعم و مزه در نمونه‌های ماکارونی به روش حسی

۳-٤-۲-تأثیر افزودن سطوح مختلف آرد عدس بر صفت بافت نمونه‌های ماکارونی به روش حسی

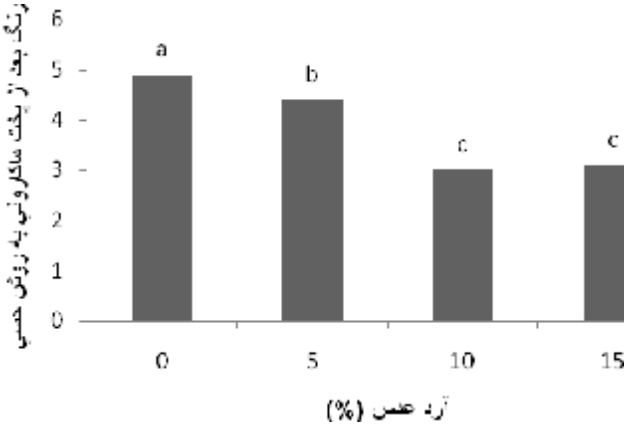
با توجه به نتایج آزمون‌های حسی ماکارونی در شکل ۱۰ مشخص گردید با جایگزینی آرد عدس، امتیاز صفت بافت در ماکارونی‌های تولیدی روند افزایشی داشت. بیشترین امتیاز صفت بافت متعلق به تیمار ۱۵٪ (تفاوت معنی دار با تیمارهای شاهد و ۵٪) و سپس تیمارهای ۱۰ ٪ و شاهد، وکم ترین آن مربوط به تیمار ۵ ٪ بود. علت بهبود کیفیت ایجاد کمپلکس پروتئین و نشاسته بوده که بافت محکم تری ایجاد کرده است. بنابراین با افزایش سطح جایگزینی آرد عدس با آرد سمولینا، امتیاز صفت بافت در تیمارهای ۱۰ و ۱۵٪ افزایش یافت اما تیمار ۵٪ آرد عدس بافت نرم تری نسبت به نمونه شاهد داشت.



شکل۱۰-تاثیر سطوح مختلف آرد عدس بر صفت بافت در نمونه‌های ماکارونی به روش حسی

۳-٤-۳-تأثیر افزودن سطوح مختلف آرد عدس بر صفت رنگ نمونه‌های ماکارونی

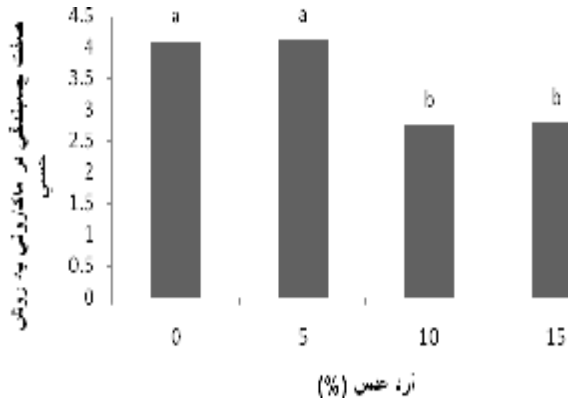
با توجه به نتایج مقایسه میانگین آزمون‌های حسی ماکارونی در شکل۱۱مشخص گردید که جایگزینی آرد عدس به آرد سمولینا مصرفی، صفت رنگ بعد از پخت در ماکارونی‌های تولیدی کاهش یافت، به طوری که بیشترین امتیاز متعلق به تیمار شاهد و سپس بترتیب تیمارهای ۵٪ و ۱۵٪ و کمترین آن مربوط به تیمار۱۰٪ بود. بین تیمار شاهد با تیمارهای دیگر تفاوت معنی‌دار وجود داشت ($P<0/05$). رنگ زرد ماکارونی یکی از مشخصه‌های بسیار مهم کیفیت این محصولات از نظر بسیاری از مصرف‌کننده‌هاست (۹).



شکل ۱۱-تاثیر سطوح مختلف آرد عدس بر رنگ نمونه‌های ماکارونی به روش حسی

۳-٤-٤-تأثیر افزودن سطوح مختلف آرد عدس بر صفت چسبندگی نمونه‌های ماکارونی

با توجه به نتایج مقایسه میانگین آزمون‌های حسی ماکارونی شکل۱۲ مشخص گردید که با افزایش میزان آرد عدس، صفت چسبندگی در ماکارونی‌های تولیدی نسبت به نمونه شاهدکاهش یافت. در ارزیابی صفت چسبندگی ماکارونی هر چه محصول دارای امتیاز بالاتری باشد از کیفیت بالاتری نیز برخوردار می‌باشد. بین تیمار شاهد با تیمارهای ۵ ٪ تفاوت معنی دار وجود نداشت اما با تیمارهای۱۰٪ و ۱۵٪ تفاوت معنی‌دار داشت (P<۰/۰۵). بطور کلی می‌توان گفت تیمارهای شاهد و ۵٪ با تیمارهای ۱۰٪ و ۱۵٪ دو به دو تفاوت معنی دار داشتند(P<۰/۰۵). چسبندگی ماکارونی به طور عملی با افت پخت در ارتباط است و افت پخت بالا، سبب چسبندگی بالای ماکارونی می‌شود. هر قدر میزان و قدرت شبکه پروتئینی بیشتر باشد مانع از خروج نشاسته و ایجاد چسبندگی می‌شود. در نتیجه در محصولاتی که محتوای پروتئین گلوتن بالاتری دارند مثل ماکارونی تولید شده از سمولینای کامل در آنها گلوتن همانند یک مانع عمل می‌کند و از خروج گرانول های نشاسته جلوگیری می‌کند و لعاب کاهش می‌یابد از آنجا که لعاب یکی از عوامل اصلی چسبندگی ماکارونی است با افزایش لعاب میزان چسبندگی نیز افزایش می‌یابد (۱۶). از آن جا که پروتئین، فیبر و ترکیبات دیگر در آرد دانه عدس وجود دارد تا حدودی می‌تواند نقش امولسیفایری را در خمیر ماکارونی ایفا کند و باعث کاهش چسبندگی ماکارونی شود از طرفی چنانچه این ترکیبات فیبری افزایش یابد بعلت جذب آب بالا رابطه معکوس ایجاد نموده و چسبندگی را افزایش می‌دهد. علاوه بر این با توجه به عدم وجود گلوتن در آرد عدس، افزایش میزان چسبندگی در ماکارونی‌های تولیدی توجیه پذیر است.

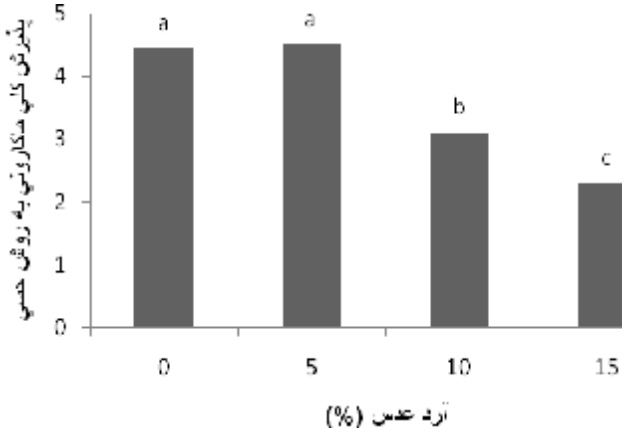


شکل ۱۲-تاثیر سطوح مختلف آرد عدس بر صفت چسبندگی* در نمونه‌های ماکارونی به روش حسی

*** امتیاز بیشتر= چسبندگی کمتر**

۳-٤-٥-تأثیر افزودن سطوح مختلف آرد عدس بر پذیرش کلی نمونه‌های ماکارونی به روش حسی

با توجه به نتایج مقایسه میانگین آزمون‌های حسی ماکارونی درشکل ۱۳مشخص گردید که با افزایش میزان آرد عدس، پذیرش کلی در ماکارونی‌های تولیدی روند مشخصی را نشان نداد. بیشترین امتیاز متعلق به تیمارهای ۵٪ (تفاوت معنی دار با تیمارهای آرد دانه عدس) بود و کم ترین امتیاز متعلق به تیمارهای ۱۵ ٪ (تفاوت معنی‌دار تیمارهای دیگر) بود (P<۰/۰۵). تیمارهای شاهد با تیمار ۵٪ تفاوت معنی دار نداشت اما با تیمار ۱۰٪ و ۱۵٪ تفاوت معنی دار داشت (P<۰/۰۵).از نظر پذیرش کلی ماکارونی تولیدی با ۵٪ آرد عدس دارای بیشترین قابلیت پذیرش از نظر ارزیابان بود. در کل می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از آرد عدس تا سطح ۵٪ از نظر حسی مورد تایید است و می‌توان محصول آن را برای مصرف به بازار عرضه نمود. دلیل بالاتر بودن امتیاز کلی در تیمار ۵ درصد آرد عدس در مقایسه با سایر تیمارها مربوط به حضور مقادیر محدود پروتئین‌ها و مواد معدنی به همراه آرد سمولینا در فرمولاسیون ماکارونی تولیدی و نقش مثبت ترکیبات موجود در آن بوده است.



شکل ۱۳-تاثیر سطوح مختلف آرد عدس بر پذیرش کلی نمونه‌های ماکارونی به روش حسی

٤- نتیجه گیری

نتایج تحقیق نشان داد که افزودن سطوح مختلف ۵، ۱۰ و ۱۵درصد آرد دانه عدس اثرات متفاوتی بر روی پارامترهای شیمیایی، کیفی (پخت) وحسی ماکارونی‌های تولیدی داشته است. بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر حاصل از نمونه شاهد (بدون آرد عدس) و ۳ نمونه حاوی آرد عدس در سطوح (۵٪، ۱۰٪ و ۱۵٪) نشان داد با افزایش میزان آرد عدس پایداری خمیر، نیروی لازم برای رسیدن به بیشینه قوام خمیر، میزان مقاومت شبکه گلوتن، اندازه گیری میزان ژلاتیناسیون نشاسته، اندازه گیری میزان قوام ژل تشکیل شده، اندازه گیری میزان رتروگراداسیون نشاسته نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت اما میزان جذب آب روند مشخصی را نشان نداد. نتایج آزمون‌های شیمیایی بر روی نمونه‌های ماکارونی تولیدی نشان داد که از لحاظ رطوبت، تیمار شاهد از بیشترین میزان رطوبت و تیمار حاوی ۵٪ آرد دانه عدس ازکم ترین آن در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند اما میزان خاکستر، پروتئین و فیبر در نمونه‌های حاوی آرد دانه عدس در مقایسه با نمونه شاهد افزایش یافت که تیمار ۱۵٪ آرد دانه عدس از بیشترین میزان ترکیبات مذکور و تیمار شاهد از کم ترین میزان برخوردار بودند. از نظر آزمون‌های کیفی (پخت) مشخص گردید افزودن آرد عدس سبب افزایش زمان پخت و عدد پخت و میزان مواد جامد در آب حاصل از پخت (افت) می‌شود. در نهایت مشخص گردید که افزودن آرد عدس در سطح ۵ ٪ در بهبود اکثر ویژگی‌های حسی بیشترین تأثیر را داشته است. نتایج بدست آمده، برتری خواص رئولوژیکی خمیر، کیفیت ماکارونی و ویژگیهای حسی برای سطح ۵٪ آرد عدس را نسبت به سطوح ۱۰٪ و ۱۵٪ ، و ارزش غذایی بالاتر نسبت به ماکارونی شاهد را نشان می‌دهد.

۵- منابع

۱. رجب زاده، ن.، تکنولوژی غلات، انتشارات دانشگاه تهران.۱۳۷۲، چاپ دوم.

۲. شاکری، و.، غیاثی طرزی، ب.، قوامی، م. ۱۳۹۱. اثرات افزودن جوانه گندم بر ویژگیهای شیمیایی، حسی، پخت و میکروبی پاستا. *مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران*، سال هفتم، شماره ۳، ۱۰۰-۸۹.

۳. عمرانی فر، ف.، احمدی گاولیقی، ح.، عزیزی، م.ح.، مناف زاده، ع. ۱۳۹۷. تاثیر آرد دال عدس و گلوتن بر خواص کیفی نان تست. *نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران*،جلد۱٤، شماره٤، ٤٨٣-٤٧٣.

٤. کلانتر مهدوی، م.، فضل آرا، ع.، یاسینی اردکانی، س.ع. ۱۳۹۵. بررسی ویژگیهای شیمیایی، حسی و پخت ماکارونی غنی شده با سوریمی. مجله علوم و صنایع غذایی، جلد۵۹، شماره۱۳، ۱٦۹-۱٦۱.

۵. محرابی، م.، جلالی، ح.، جوکار، م. .۱۳۹۲ بررسی تأثیر افزودن آرد جو بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر و کیفیت نهایی پاستا. بیست و یکمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی، شیراز، دانشگاه شیراز،

٦. موحد، س.، معصومی خواه، ز.، زرگری، ک. ۱۳۹۰. تاثیر افزودن آرد جوانه ذرت بدون چربی بر خواص رئولوژیکی و حسی ماکارونی. *مجله علوم غذایی و تغذیه*، سال نهم، شماره۱، ۳۱-۲۳.

۷. ناصحی، ب۱۳۹۳. ارزیابی و مقایسه ویژگی میکروبی، حسی و پخت اسپاگتی های تولیدی به روش قدیمی و مدرن. *نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران*،، جلد ۱۰، شماره۳، ۲۸۳-۲۷٦.

8. AACC (American Association of Cereal Chemists), Approved Methods of the AACC, 2000, tenth ed. St Paul, MN, USA.
9. Aalami, M., Rao, U.J.S., Leelavathi, K .2007. Physicochemical and biochemical characteristics of Indian

durum wheat varieties, relationship to semolina milling and spaghetti making quality. *Food Chemistry*, 102(4): 993-1005.
10. Ajila, C.M., Aalami, M., Leelavathi, K., Rao, U.J.S. 2010. Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(1): 219-224.
11. Amarowicz, R., Estrella, I., Hernandez, T., Duenas, M., Troszynska, A., Kosinska, A., Pegg, R.B. 2009. Antioxidant activity of a red lentil extract and its fraction. International Journal of Molecular Science10, 5513-5527.
12. Baselli, G., Cerutti, S., Civardi, S., Liberati, D., Lombardi, F., Malliani, A., Pagani, M. 1986. Spectral and cross-spectral analysis of heart rate and arterial blood pressure variability signals. *Computers and Biomedical Research*, 19(6): 520-534.
13. Bouasla, A., Wojtowicz, A., Zidoune, M. 2017. Gluten-free precooked pasta enriched with legumes flours: physical properties, texture, sensory attributes and microstructure, *LWT-Food Science and Technology*, 75: 569-577.
14. Brun, J., Geoffroy, S., Dubat, A., Sinnaeve, G. 2008. Measurment of water absorption rate in flours and rheological characteristic of dough during kneading. *Journal of Technica Molitoria International*, 59(6): 94-107.
15. Chillo, S., Laverse, J., Falcone, P. M., Protopapa, A., & Del Nobile, M. A. 2008. Quality of spaghetti in base amaranthus wholemeal four added with quinoa, broad bean and chick pea. *Journal of Food Engineering*, 84: 101-107.
16. Dexter, J.E., Matsuo, R.R. 1999. The effect of gluten protein fraction on pasta dough rheology and spaghetti-making quality. *Journal of Cereal Chemistry*, 55:44-57.
17. Erskine, W., Muehlbauer, F.J., Sarker, A., Sharma, B., The Lentil, London, CABI, 478-505.
18. Gabrilla, G., Bordei, D., Paslaru, V. 2008. The effects of different doses of gluten on rheological behavior of dough and bread quality. *Journal of Romanian Society of Biological Sciences*, 6: 37-42.
19. Figuerola, F., Hurtado, M. L., Estévez, A.M., Chiffelle, I., Asenjo, F. 2009. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry*, 91(3):395-401.
20. Gabriela, G., Mironeasa, S., Bordei, D., Leahu, A. 2010. Mixolab versus alveograph and falling number. Journal of Food Science, 3: 185-191.
21. Giménez, M. A., Drago, S. R., De Greef, D., Gonzalez, R. J., Lobo, M. O., Samman, N. C. 2012. Rheological, functional and nutritional properties of wheat/broad bean flour blends for pasta formulation. *Food Chemistry*, 134(1): 200-206.
22. Islas-Rubio, A. R., Calderón de la Barca, A. M., Cabrera-Chávez, F., Cota-Gastélum, A. G., & Beta, T. 2014. Effect of semolina replacement with a raw: popped amaranth flour blend on cooking quality and texture of pasta. *LWT-Food Science and Technology*, 57(1): 217-222.
23. Kaur, G., Sharma, S., Nagi, H.P.S., Ranote, P.S. 2013. Enrichment of pasta with different plant proteins. Journal of Food Science and Technology, 50(5): 1000-1005.
24. Keogh, G.F., Cooper, G.j., Mulvey, T.B., McArdle, B.H., Coles, G.D., Monro, J.A., Poppitt, S.D. 2003. Randomized controlled crossover study of the effect of a highly beta-glucan-enriched barley on cardiovascular disease risk factors in mildly hypercholesterolemic men. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78(4):711–718.
25. Riley, A.M. 1987. Breads and pasta in the United States diet. *Cereal Food World*, 32: 460-464.
26. Zhao, Y., Manthey, F., Chang ,S., Hou, H., Yuan, S. 2005. Quality characteristics of spaghetti as affected by green and yellow pea, lentil, and chickpea flours. *Journal of Food Science*, 70:371-376.

(Original Research Paper)

Investigation of the Cheological, Chemical, Cooking and Sensory Characteristics of Spaghetti Enriched with Lentil Flour

Masoumeh Ghotbi[1], Leila Omidvar Langaroudi[2*], Tayyebeh Hoseini[3]

1-Assistant professor, Department of Food Science and Technology, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, Iran.
2-Assistant professor, Department of Chemistry, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, Iran.
3-MS.c Student of Food Science and Technology, Master of science in food industry, Noor Branch, Islamic Azad University, Noor, Iran.

Received:13/06/2019 Accepted:28/08/2019

Abstract

Recently increasing the nutritional value of spaghetti is significantly important. Lentils are a good source of nutrients and protein. They contain high levels of vitamins and have antioxidant properties. In this work, spaghetti was made from semolina, containing 5%, 10%, 15% lentil flour. Rheological, chemical, cooking and sensory characteristics were measured. Rheological evaluations showed that by increasing the lentil, content of dough stability, starch gelatinization, the stability of the hot –formed gel, starch retrogradation, gluten strength increased. According to chemical analysis of spaghetti, increasing the level of lentil improved protein and fibre contents but moisture content did not changed significantly. Also by increasing the lentil, content of ash were increased. Results showed that the addition of lentil flour increased cooking time and cooking loss. Sensorial evaluation showed that the spaghetti enriched with lentil flour up to 5% had very good quality and this blend can successfully be used in nutritionally valuable spaghetti formulation.

Keywords: Spaghetti, Lentil Flour, Enrichment.

*Corresponding Author: omidvar_leila@iauc.ac.ir