افزایش انبارمانی آرد ارزن با استفاده از تیمارهای حرارتی–رطوبتی و مایکروویو

سیما مهاجر خراسانی، مهران اعلمی[۲*]، مهدی کاشانی نژاد، هدی شهیری طبرستانی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- دانشیار دانشکده علوم و صنایع غذایی،دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- استاد دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
٤- استادیار دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: ۹۷/۰۳/۰٦ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۹)

چکیده

ارزن یکی از غلات مورد استفاده در تهیه فرآورده‌های بدون گلوتن برای بیماران مبتلا به سلیاک می‌باشد. روش‌های اصلاح فیزیکی نظیر تیمارهای حرارتی–رطوبتی و مایکروویو می‌توانند برای بهبود عملکرد آردهای بدون گلوتن در صنایع پخت مورد استفاده قرار گیرند. دانه ارزن به دلیل دارا بودن میزان نسبتاً زیاد چربی و فعالیت زیاد آنزیم لیپاز، در شرایط معمول نگه‌داری دارای انبارمانی محدودی است. در این مطالعه به منظور غیر فعال‌سازی آنزیم لیپاز و در نتیجه افزایش انبارمانی آرد حاصل، تیمارحرارتی–رطوبتی در سطوح مختلف رطوبت (۱۱، ۱۵و۲۰ درصد) و دو دمای مختلف (۹۰ و۱۱۰ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۳ ساعت در آون وتیمارمایکروویو نیز در سطوح مختلف رطوبت (۱۱، ۱۵و۲۰ درصد) و در زمان‌های مختلف (۳۰،٦۰ و ۹۰ ثانیه) با توان ثابت ۹۰۰ وات بکار گرفته شدند. سپس به منظور اطمینان از تاثیر تیمارهای فوق، میزان اسیدهای چرب آزاد آردهای تیمار شده هر ۱۰ روز یک بار و همچنین میزان فعالیت لیپاز در روز ابتدایی و بعد از۳۰ روز اندازه‌گیری شد. طبق نتایج به دست آمده، در تیمار حرارتی–رطوبتی با افزایش هم‌زمان رطوبت و دمای آون و همچنین در تیمار مایکروویو با افزایش هم‌زمان رطوبت و زمان مایکروویو، میزان غیر فعال‌سازی آنزیم لیپاز افزایش یافته و در نتیجه میزان اسیدهای چرب آزاد آرد طی ۳۰ روز نگه‌داری در شرایط محیطی کاهش یافت. بیشترین میزان غیر فعال‌سازی آنزیم لیپاز و کمترین تغییر در میزان اسیدهای چرب آزاد آرد در تیمارهای حرارتی–رطوبتی و مایکروویو، به ترتیب در تیمار با رطوبت ۲۰ درصد و دمای۱۱۰ درجه سانتی‌گراد و تیمار با رطوبت ۲۰ درصد و زمان۹۰ ثانیه مشاهده شد.

کلید واژگان: ارزن، حرارتی–رطوبتی، مایکروویو، فعالیت لیپاز، اسیدچرب آزاد

* مسئول مکاتبات: mehranalami@gau.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2022-01-29]

۱- مقدمه

ارزن گیاهی از زیر خانواده پانیکوئیده[1]، جنس پانیاسه[2] و دارای انواع مختلفی مانند ارزن انگشتی، مرواریدی، دم روباهی و معمولی است. ارزن در مقایسه با غلات اصلی، مقاوم به آفت و بیماری، دارای فصل رشد کوتاه و قابل تولید در شرایط خشکسالی می‌باشد. ارزن معمولا در بیشتر کشورهای آسیایی و آفریقایی و بخش‌هایی از اروپا و آمریکا رشد می‌کند و توسط مردم مناطق گرمسیر خشک و نیمه‌خشک جهان به عنوان غذای اصلی مصرف می‌شود[۱]. ارزن معمولی(ارزن پروسو)[3] (*Penicummiliaceum*) قدیمی‌ترین نوع ارزن کشت شده است و کشت آن در ایران رایج می‌باشد. این دانه غنی از فیبرهای غذایی، پروتئین، موادمعدنی و ویتامین بوده و از این لحاظ با غلات متداول قابل مقایسه است[۲]. دانه‌های ارزن علاوه بر ارزش تغذیه‌ای دارای پتانسیل بهبود سلامت انسان از جمله جلوگیری از سرطان و بیماری‌های قلبی-عروقی، کاهش شیوع تومور، کاهش فشارخون، کلسترول و سرعت جذب چربی و همچنین یک غذای مناسب برای بیماران نیازمند به رژیم بدون گلوتن می‌باشد [۳]. بنابراین با توجه به اینکه دانه ارزن از غلات مقاوم به خشکی بوده و با توجه به خشکسالی و کاهش منابع آبی در ایران، استفاده از آن امری توجیه‌پذیر می‌باشد.

از طرفی دانه ارزن دارای مقدار چربی نسبتاً زیادی (حدود ۳-۲/۷ درصد) است و آرد حاصل از آن دارای انبارمانی پایینی می‌باشد و درطول ذخیره سازی تلخ و فاسد می‌گردد که دلیل عمده آن فعالیت آنزیم لیپاز می‌باشد. آنزیم لیپاز باعث تجزیه تری‌گلیسریدها و در نتیجه افزایش اسیدهای چرب آزاد می‌شود. آنزیم لیپاز در بسیاری از غلات مانند برنج، گندم، ذرت، جو، یولاف و ارزن یافت می‌شود به‌طوری‌که یولاف و ارزن فعالیت لیپاز نسبتاً زیادی درمقایسه با دیگر غلات دارند. بیشترین فعالیت لیپاز در دانه غلات در سلول‌های آلورون، جوانه و سبوس می‌باشد. در آرد و فرآورده‌های آردی تجزیه چربی سریع‌تر از دانه غلات صورت می‌گیرد، به همین دلیل قابلیت نگه‌داری آن‌ها در مقایسه با غلات کم بوده و به میزان لیپید و شرایط نگه‌داری بستگی دارد. دامنه pH بهینه آنزیم لیپاز حدود ۸-۷ و دمای بهینه آن حدود ۳۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. هیدرولیز چربی‌ها منجر به تغییرات نامطلوب در حین پخت، تغییرات حسی، ظاهری، تغذیه‌ای و ایجاد طعم تلخ به واسطه تولید اسیدهای چرب آزاد و کاهش انبارمانی محصول می‌شود. بنابراین غیرفعال‌سازی آنزیم‌لیپاز قبل از فرآیند ضروری است [٤]. روش‌های اصلاح فیزیکی نظیر تیمارهای حرارتی خشک، حرارتی-رطوبتی، مایکروویو و... می‌توانند برای غیرفعال‌کردن آنزیم‌ها مورد استفاده قرارگیرند. تاثیر تیمارهای حرارتی به این گونه است که حرارت باعث تغییرشکل ساختمان پروتئینی آنزیم شده و لذا فعالیت آن‌ها را کاهش می‌دهد. تاکنون روش‌های مختلف تیمار حرارتی خشک و تیمار حرارتی-رطوبتی برای غلات مختلف به منظور غیرفعال‌سازی آنزیم لیپاز وکاهش اکسیدشدن آرد درطی نگه‌داری به‌کارگرفته شده است. پیشنهاد شده است که تیمارحرارتی-رطوبتی اثر غیرفعال‌سازی بیشتری نسبت به تیمار حرارتی خشک دارد [٥و٦]. تیمار حرارتی-رطوبتی یک روش اصلاح فیزیکی ایمن و کم‌هزینه می‌باشد که شامل تیمار نمونه‌ها (دانه یا نشاسته) در رطوبت‌های کمتر از ۳۵ درصد و دمای بین ۱۲۰-۸٤ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه تا ۱٦ ساعت می‌باشد. تحت این شرایط به دلیل محتوی رطوبت کم ژلاتینه‌شدن نشاسته اتفاق نمی‌افتد [۷].

امواج مایکروویو بخشی از طیف الکترومغناطیسی با طول موج کمتر از امواج رادیویی و بیشتر از امواج فروسرخ هستند که در بازه فرکانسی بین ۳۰۰ مگاهرتز تا۳۰۰ گیگاهرتز قرار دارند. در یک آون مایکروویو، حرارت نتیجه‌ای از واکنش یک میدان مغناطیسی با ترکیبات شیمیایی موجود در مادهغذایی می‌باشد که این مساله به دلیل اصطحکاک مولکولی ایجاد حرارت داخلی می‌نماید. مزیت مهم حرارت‌دهی با مایکروویو سرعت و کارایی بالا، کنترل دقیق‌تر حرارت در طی عملیات در مقایسه با روش‌های دیگر، زمان کوتاه و فرآیند مقادیر زیادی محصول در زمان کوتاه‌تر، بدون هیچ گونه اثر سوء بر مواد مغذی و سلامت انسان می‌باشد[۸].

آرورا و همکاران (۲۰۰۲) تاثیر تیمار حرارت‌دهی خشک را در افزایش انبارمانی آرد ارزن مرواریدی بررسی کردند، نتایج نشان داد حرارت‌دهی دانه‌های ارزن مرواریدی قبل از آسیاب به‌طور قابل‌توجهی میزان فعالیت لیپاز و اسیدهای‌چرب آزاد را طی نگه‌داری نسبت به نمونه شاهد، بدون هیچ‌گونه اثر سوء بر مقبولیت آن کاهش می‌دهد [۹]. گانگ و همکاران (۲۰۱۳) اثر

1. Panicoideae
2 . Paniacea
3. Proso

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2022-01-29]

تیمار حرارتی خشک را بر انبارمانی سبوس برنج مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان داد تیمار با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۲ دقیقه میزان فعالیت لیپاز را کاهش داده و باعث افزایش انبارمانی آن شده است [۱۰]. گیوردانو و همکاران (۲۰۱٦) تاثیر تیمار حرارتی خشک بر فعالیت لیپاز و ارزش تغذیه‌ای جوانه ذرت را مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج بدست‌آمده استفاده از تیمار با دمای ۱٤۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه توانست میزان فعالیت لیپاز را بدون تغییر در ارزش تغذیه‌ای و رنگ کاهش دهد [۱۱].

ناکامورا و همکاران (۲۰۱۷) با مطالعه‌ای بر آرد برنج قهوه‌ای نشان دادند تیمار حرارتی-رطوبتی با افزایش محتوی رطوبت و همچنین دما و زمان قرارگیری در آون، باعث کاهش فعالیت لیپاز و اسیدیته چربی می‌شود و نمونه تیمارشده با این روش انبارمانی بالاتری داشته است [۱۲]. زیگلر و همکاران (۲۰۱۷) با مطالعه‌ای برروی دانه یولاف نشان دادند که تیمار حرارتی-رطوبتی با افزایش میزان رطوبت و همچنین زمان قرارگیری در آون (٦۰-۱۵ دقیقه) در دمای ثابت ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، باعث کاهش فعالیت لیپاز به میزان بیشتر از ٦۰ درصد شده است [۱۳].

وتریمانی و همکاران (۱۹۹۲) اثر حرارت‌دهی مایکروویو با توان ۷۵۰ وات و زمان بین۸۰-۳۰ ثانیه را بر غیرفعال‌سازی آنزیم لیپاز و لیپوکسیژناز در جوانه گندم، سبوس برنج و سویا بررسی کردند. نتایج نشان داد با افزایش زمان قرارگیری در معرض اشعه مایکروویو میزان غیرفعال‌سازی آنزیم‌های لیپاز و لیپوکسیژناز افزایش می‌یابد [۱٤]. یاداو وهمکاران (۲۰۱۲) مطالعه‌ای را به‌منظور افزایش انبارمانی آرد ارزن مرواریدی ازطریق تیمار مایکروویو با توان ثابت ۹۰۰ وات، زمان ۱۰۰-٤۰ ثانیه و در رطوبت‌های مختلف ۱۸-۱۲ درصد انجام دادند. طبق نتایج بدست آمده با افزایش زمان قرارگیری در معرض مایکروویو و افزایش محتوی رطوبت، میزان غیرفعال‌سازی آنزیم لیپاز افزایش یافته است [۱۵]. زو و همکاران (۲۰۱۳) اثر افزایش توان و زمان قرارگیری در معرض تیمار مایکروویو را بر انبارمانی جوانه گندم مورد بررسی قرار داده، طبق نتایج افزایش توان و همچنین زمان قرارگیری در معرض مایکروویو، میزان فعالیت لیپاز را کاهش داده و باعث افزایش انبارمانی جوانه گندم شده است [۱٦].

نکته بسیار مهم و قابل توجه این است که در سال‌های اخیر از انواع تیمارهای حرارتی-رطوبتی از جمله تیمارهای حرارتی خشک، حرارتی-رطوبتی، مایکروویو و... به منظور بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و عملکردی آردها و نشاسته‌های بدون گلوتن به منظور ارتقای کیفیت فرآورده‌های بدون گلوتن استفاده شده است. . لذا در صورتی‌که از تیمارهای حرارتی برای افزایش انبارمانی آرد ارزن استفاده شود، به طور هم‌زمان می‌توان بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و عملکردی آرد را نیز ایجاد نمود. اخیرا فتحی و همکاران (۲۰۱٦) مطالعه‌ای را به منظور تاثیر تیمارحراتی-رطوبتی، در مقادیر رطوبت ۲۰ و۳۰ درصد و دماهای ۱۰۰ و۱۲۰ درجه سانتی‌گراد بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آرد ارزن، خمیر و کیک حاصل از آن انجام دادند. نتایج نشان داد تیمارحرارتی-رطوبتی باعث کاهش ویسکوزیته خمیری شدن، تغییر الگوی پراش اشعه ایکس، ایجاد فرورفتگی و منفذ در سطح گرانول‌های نشاسته بعد از تیمار آرد ارزن می‌شود. همچنین با افزودن آرد تیمار شده به آرد ارزن معمولی قوام خمیر کیک و حجم مخصوص کیک افزایش یافت[۱۷] .

براساس بررسی‌های انجام شده، پژوهش‌های بسیار محدودی درخصوص مقایسه تاثیر فرآیندهای حرارتی-رطوبتی و مایکروویو بر دانه کامل ارزن پوست‌گیری شده و تاثیرآن‌ها بر انبارمانی آرد حاصل انجام شده است. دراین مطالعه به منظور غیرفعال‌سازی آنزیم لیپاز در آرد حاصل از ارزن معمولی پوست‌گیری شده از تیمارحرارتی-رطوبتی در رطوبت‌های ۱۱، ۱۵ و۲۰ درصد و در دو سطح دمایی ۹۰ و۱۱۰ درجه سانتی‌گراد و همچنین تیمار مایکروویو در سطوح مختلف رطوبت ۱۱، ۱۵و۲۰ درصد و زمان۳۰،٦۰ و۹۰ ثانیه استفاده شد. سپس به منظور اطمینان از تاثیر تیمارهای فوق، میزان اسیدهای چرب آزاد هر ۱۰ روز به مدت یک ماه و همچنین میزان فعالیت لیپاز بعد از مدت یک ماه اندازه‌گیری شد.

۲- مواد و روش‌ها

ارزن مورد استفاده در این مطالعه از نوع ارزن معمولی بوده که توسط آسیاب سایشی پوست‌گیری و سپس درون کیسه‌های پلی‌اتیلن بسته‌بندی و به منظور استفاده در آزمایشات بعدی در یخچال نگه‌داری شد. تری استین از شرکتSamchun

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2022-01-29]

(اسپانیا)، حلال‌ها از شرکت آروین شیمی و سایر مواد شیمیایی از شرکت تتراکم تهیه شدند.

۲-۱- ویژگی‌های شیمیایی دانه ارزن

دانه‌های ارزن توسط آسیاب برقی (آسان طوس شرق، مدل ۱۰۰۰)، به مدت ۳۰ ثانیه آسیاب و برای آزمون‌های شیمیایی آماده شدند. آزمون‌های شیمیایی آرد ارزن بر اساس استاندارد AACC(۲۰۰۰)، شامل رطوبت (۱۵-٤٤)، خاکستر (۰۱-۰۸)، پروتئین (۱۲-٤٦) وچربی (۱۰-۳۰) انجام شدند[۱۸] . میزان کربوهیدرات نیز بصورت تفریق میزان رطوبت، خاکستر، پروتئین و چربی از ۱۰۰ محاسبه شد.

۲-۲- تعدیل رطوبت دانه‌ها جهت اعمال رطوبت در تیمارهای حرارتی-رطوبتی و مایکروویو

برای تنظیم رطوبت دانه‌های ارزن به ۱۵ و۲۰ درصد، مقدار محاسبه شده‌ای از آب مقطر بر روی دانه‌ها اسپری شد وکاملا مخلوط گردید. سپس برای به تعادل رسیدن رطوبت، دانه‌های ارزن در ظروف شیشه‌ای دربسته به مدت یک شب در یخچال (دمای ٤ درجه سانتی‌گراد) نگه‌داری شدند.

۲-۳- تیمار حرارتی-رطوبتی

به منظور تیماردهی، دانه‌های ارزن پس از تعدیل رطوبت درون ظرف شیشه‌ای در یک آون هوای داغ (Memmert، مدل UFE500، آلمان) در دماهای مختلف (۹۰ یا ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۳ ساعت حرارت داده شدند.

۲-٤- تیمار مایکروویو

به‌منظور تیماردهی، دانه‌های ارزن پس از تعدیل رطوبت درون ظرف شیشه‌ای در آون مایکروویو (Smary،مدل-MWS 280) در توان ۹۰۰ وات و زمان‌های مختلف (۳۰،٦۰ و۹۰ ثانیه) قرارداده شد.

۲-۵- نگه‌داری نمونه‌ها بعد از تیماردهی

بعد از تیماردهی دانه‌ها را از ظرف خارج کرده و سپس در آون ٤۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به رطوبت حدود ۱۱ درصد خشک شدند. سپس در دمای محیط سرد شده و پس از آسیاب دانه‌ها، آرد حاصل از آن در کیسه‌های پلی‌اتیلنی بسته بندی و به منظور انجام آزمون‌های شیمیایی مورد استفاده قرارگرفتند.

۲-٦- علائم اختصاری تیمارها

جهت سهولت در به‌کارگیری اسامی تیمارها در متن، از علائم اختصاری برای آن‌ها استفاده خواهیم نمود. تیمارها در جداول زیر نام‌گذاری شدند. جدول ۱ علائم اختصاری مربوط به تیمارهای حرارتی-رطوبتی و جدول ۲ مربوط به علائم اختصاری تیمارهای مایکروویو می‌باشد.

Table1 Abbreviations used for different heat-moisture treatments

Heat moisture treatment	Name
Moisture 11% and Temperature 90°C	HMT*11-90
Moisture 11% and Temperature 110°C	HMT 11-110
Moisture 15% and Temperature 90°C	HMT 15-90
Moisture 15% and Temperature 110°C	HMT15-110
Moisture 20% and Temperature 90°C	HMT 20-90
Moisture 20% and Temperature 110°C	HMT 20-110

*Heat moisture treatment

Table 2 Abbreviations used for different microwave treatments

Microwave treatment	Name
Moisture 11% and time 30 S	MT*11-30
Moisture 11% and time 60 S	MT 11-60
Moisture 11% and time 90 S	MT 11-90
Moisture 15% and time 30 S	MT 15-30
Moisture 15% and time 60 S	MT 15-60
Moisture 15% and time 90 S	MT 15-90
Moisture 20% and time 30 S	MT 20-30
Moisture 20% and time 60 S	MT 20-60
Moisture 20% and time 90 S	MT 20-90

*Microwave treatment

۲-۷- اندازه‌گیری فعالیت آنزیم لیپاز

برای اندازه‌گیری فعالیت لیپاز از روش تیتراسیون استفاده شد [۱۹]. برای این منظور مقدار ۰/۵ گرم آرد را در یک ارلن مایر۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته، و سپس۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر، ۲میلی‌لیتر تولوئن، ۱ میلی‌لیتر سوبسترا (تری استین) و۱۰ میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱مولار با pH= ۷/٦ اضافه شد و ارلن حاوی این مخلوط به مدت ۲٤ ساعت در دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شد. بعد از گرمخانه‌گذاری، با افزودن ۱۰۰ میلی‌لیتر از مخلوط استون و دی‌اتیل‌اتر (با نسبت

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2022-01-29]

۳ به ۱) به ارلن مایر، مواد داخل آن در برابر فنل فتالئین با سود ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ صورتی تیتر شد. درصد آنزیم لیپاز باقی مانده در آرد تیمار شده توسط فرمول زیر محاسبه گردید:

= درصد فعالیت لیپاز باقیمانده بعد از تیماردهی

$$\frac{\text{فعالیت لیپاز نمونه تیمار شده}}{\text{فعالیت لیپاز نمونه شاهد}} \times 100$$

۲-۸- اندازه‌گیری اسیدچرب آزاد

محتوی اسیدچرب آزاد آرد نیز توسط روش سوامیناتان و همکاران (۲۰۱۵) اندازه‌گیری شد. به این صورت که ابتدا ۱۰ گرم آرد به همراه ۵۰ میلی‌لیتر هگزان در یک ظرف دربسته ریخته شده و به مدت یک شب برروی شیکر اربیتالی (نور صنعت فردوس، مدل Shaker-M) قرار گرفت. سپس مایع فوقانی با کاغذ صافی واتمن (شماره٤۲) صاف شد. ۱۵میلی‌لیتر از این محلول صاف شده به همراه ۱۵ میلی‌لیتر الکل خنثی گرم (pH=۷ و دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد) در یک ارلن ریخته شده و محتویات ارلن در برابر فنل فتالئین با سود ۰/۰۱ نرمال تا ظهور رنگ صورتی تیتر گردید. مقدار اسیدچرب آزاد (برحسب اولئیک اسید) با فرمول زیر محاسبه شد[۲۰]:

= درصد اسید چرب آزاد

$$\frac{\text{نرمالیته سود مصرفی} \times \text{سود مصرفی (ml)} \times ۲۸۲}{\text{گرم نمونه} \times ۱۰۰۰} \times ۱۰۰$$

۲۸۲= وزن مولکولی اسیداولئیک

۲-۹- انبارمانی آردها

نمونه‌های آرد (تیمارشده و تیمارنشده) در کیسه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی شدند و در دمای اتاق (۲٤±۲C°) به مدت ۳۰ روز نگه‌داری شدند. میزان اسیدچرب آزاد هر۱۰ روز و میزان لیپاز در روز ابتدایی (بعد از تیمار) و روز ۳۰ اندازه‌گیری شدند.

۲-۱۰- تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق کلیه آزمون‌ها در سه تکرار انجام گرفت. داده‌های حاصل از آزمایش‌ها، با استفاده از طرح کاملا تصادفی در قالب فاکتوریل تجزیه و تحلیل شدند. آنالیز واریانس و مقایسه تیمارها با استفاده از نرم افزار SAS انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن درسطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ویژگی‌های شیمیایی دانه ارزن

دانه ارزن پوست‌گیری شده دارای رطوبت ۱۱ درصد، پروتئین ۱۱/۱ درصد، چربی ۲/۸۵ درصد، خاکستر ۰/۹۵ درصد و کربوهیدرات ۷٤/۱ درصد بود.

۳-۲- فعالیت لیپازدر تیمارحرارتی-رطوبتی

شکل ۱ میزان فعالیت آنزیم لیپاز باقی‌مانده بعداز تیمار حرارتی-رطوبتی (دردما و رطوبت‌های مختلف) را نشان می‌دهند. همان طور که در شکل۱ نشان داده شده است با افزایش دما و رطوبت میزان غیرفعال‌سازی آنزیم لیپاز به طور معناداری($P< 0.05$) افزایش پیدا کرده است. بیشترین میزان این غیرفعال‌سازی مربوط به تیمار ۱۱۰-۲۰ HMT می‌باشد که آنزیم لیپاز به میزان ۸۰/۱ درصد نسبت به نمونه شاهد (تیمارنشده) کاهش پیداکرده است. همچنین کمترین میزان غیرفعال‌سازی آنزیم لیپاز مربوط به تیمار۹۰-۱۱HMT می‌باشد. همان طورکه از نتایج بدست آمده مشخص است هرچه میزان محتوی رطوبت و دمای قرارگیری در آون بیشتر باشد میزان غیرفعال‌سازی آنزیم لیپاز افزایش می‌یابد. این نتایج نشان دهنده این است که فعالیت لیپاز هم به دما و هم به رطوبت وابسته می‌باشد. در تیمار حرارتی-رطوبتی با حضور آب و افزایش مقدار آب، اثرات آنزیمی نسبت به روش‌های حرارتی خشک افزایش می‌یابد. آب موجود در تیمار حرارتی-رطوبتی به عنوان یک انتقال دهنده حرارتی عمل می‌کند. همچنین تخریب سلول‌ها در رطوبت و دماهای بالا رخ می‌دهد و در نتیجه غیرفعال‌شدن آنزیم‌ها را تسهیل می‌کند [۱۳]. زیگلر و همکاران (۲۰۱۷) نیز طی مطالعه‌ای بر دانه‌های یولاف توانستند با استفاده از تیمار حرارتی-رطوبتی در رطوبت‌های۱۳، ۱۵، ۳۰ و ٤۵ درصد و دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت، میزان فعالیت لیپاز دانه‌ها را به میزان بیشتر از ٦۰ درصد کاهش دهند [۱۳]. ناکامورا و همکاران (۲۰۱۷) طی مطالعه‌ای بر آرد برنج قهوه‌ای نشان دادند تیمار حرارتی-رطوبتی با افزایش محتوی رطوبت و همچنین دما و زمان قرارگیری در آون، باعث کاهش فعالیت لیپاز و اسیدیته چربی نمونه تیمارشده می‌شود [۱۲].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2022-01-29]

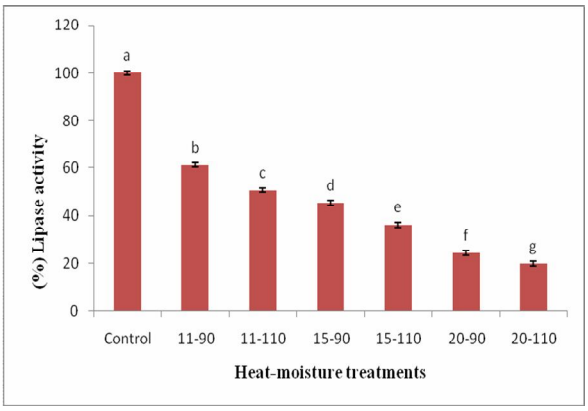

Fig 1 Percentage of remaining lipase activity in millet flour after heat-moisture treatments
Significant letters have been used to compare the effect of each treatment on lipase activity (P ‹ 0.05)

۳-۳- فعالیت لیپاز در تیمار مایکروویو

شکل ۲ میزان فعالیت آنزیم لیپاز باقی‌مانده بعداز تیمار مایکروویو (در زمان و رطوبت‌های مختلف) را نشان می‌دهند. همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است با افزایش رطوبت و همچنین زمان تیماردهی با مایکروویو، میزان غیرفعال‌سازی آنزیم لیپاز به طور معناداری (P ‹ 0.05) افزایش پیدا کرده است. طبق نتایج بدست آمده میزان غیرفعال‌سازی آنزیم لیپاز در تیمارهای۶۰-MT۱۵و۳۰-MT۲۰ و همچنین تیمارهای ۹۰-۱۵ MT و تیمار ۶۰-۲۰ MT اختلاف معناداری (P ‹ 0.05)وجود ندارد. بیشترین میزان این غیرفعال‌سازیمربوط به تیمار ۹۰-۲۰ MT ثانیه می باشد که آنزیم لیپاز به میزان ۷۷/۶۱ درصد نسبت به نمونه تیمارنشده کاهش پیدا کرده است. همچنین کمترین میزان غیرفعال‌سازی آنزیم لیپاز مربوط به تیمار۳۰-MT۱۱ می‌باشد. این نتایج نشان دهنده این است که فعالیت لیپاز هم به رطوبت و هم به زمان مایکروویو بستگی دارد. طبق نتایج بدست آمده با افزایش رطوبت و زمان قرارگیری در معرض اشعه مایکروویو (در یک توان ثابت)، میزان غیرفعال‌سازی آنزیم لیپاز افزایش می‌یابد. غیرفعال‌سازی آنزیم لیپاز در تیمار مایکروویو ممکن است به دلیل افزایش دمای بدست آمده در نمونه از طریق تبدیل انرژی مایکروویو به انرژی حرارتی باشد[۱۵]. همچنین مایکروویو با کاهش فعالیت آب در دسترس از فعالیت کاتالیزوری لیپاز جلوگیری می‌کند. تفاوت در میزان غیرفعال‌سازی آنزیم لیپاز می‌تواند به دلیل تفاوت سطوح فعالیت آب در دسترس ناشی از فرآیند مایکروویو باشد [۱۶]. وتریمانیو همکاران (۱۹۹۲) اثر حرارت‌دهی مایکروویو را برروی غیرفعال‌سازی آنزیم لیپاز و لیپوکسیژناز در جوانه گندم، سبوس برنج و سویا بررسی کردند. نتایج نشان داد تیمار مایکروویو (توان۷۵۰ وات،۱۸۰-۳۰ ثانیه) منجربه غیرفعال‌سازی میزان قابل‌توجهی از لیپاز و لیپوکسیژناز می‌شود [۱۴]. یاداو وهمکاران (۲۰۱۲) مطالعه‌ای را به منظور افزایش انبارمانی آرد ارزن مرواریدی ازطریق تیمار مایکروویو انجام دادند. نتایج نشان داد در دانه‌های ارزن مرواریدی تیمارشده توسط مایکروویو، فعالیت لیپاز بطورقابل‌توجهی کاهش یافته است [۱۵]. زو و همکاران (۲۰۱۳) اثر تیمار مایکروویو را بر انبارمانی جوانه گندم مورد بررسی قرار دادند، طبق نتایج تیمار با توان ٤ کیلووات و مدت زمان ۸ دقیقه میزان فعالیت لیپاز را به میزان ۸۵/۹ درصد کاهش داده و باعث افزایش انبارمانی آن شده است. نتایج حاصل از این محققین با نتایج مطالعه ما مطابقت داشت [۱۶].

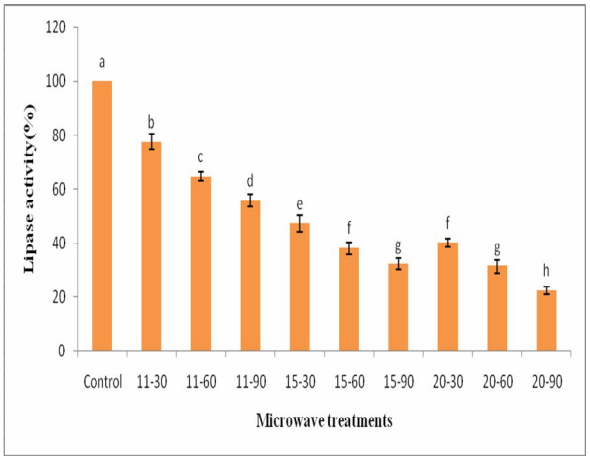

Fig 2 Percentage of remaining lipase activity in millet flour after microwave treatments
Significant letters have been used to compare the effect of each treatment on lipase activity (P ‹ 0.05)

۳-۳- انبارمانی آرد

۳-۳-۱- فعالیت لیپاز طی نگه‌داری در تیمار حرارتی-رطوبتی و مایکروویو

فعالیت آنزیم لیپاز دانه‌های تیمارشده در روز ابتدایی(بعدازتیمار) و همچنین بعداز ۳۰ روز اندازه‌گیری شد.شکل۳ و٤ به ترتیب مقایسه بین فعالیت آنزیم لیپاز بعد از تیمار حرارتی-رطوبتی و مایکروویو، در روز ابتدایی و بعداز ۳۰ روز نگه‌داری آرد در شرایط محیطی را نشان می‌دهد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد میزان فعالیت آنزیم لیپاز آردهای حاصل از تیمار طی ۳۰ روز نگه‌داری، به میزان کمی افزایش یافته که این میزان(P ‹ 0.05)معنادار نبوده است اما میزان

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2022-01-29]

افزایش فعالیت لیپاز آرد تیمارنشده (P ‹ 0.05)معنادار بوده است. این میزان افزایش فعالیت لیپاز می‌تواند به دلیل افزایش رطوبت یا دمای محیط در طی نگه‌داری آرد ارزن در شرایط محیطی باشد. زو و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که میزان فعالیت لیپاز جوانه گندم تیمارشده با مایکروویو درطی ٦۰ روز نگه‌داری در شرایط محیطی، به میزان کمی افزایش یافته است که می‌تواند به دلیل تغییر فعالیت آبی جوانه گندم درطی نگه‌داری در شرایط محیطی باشد و از این لحاظ با نتایج حاصل از مطالعات ما مطابقت داشت [١٦].

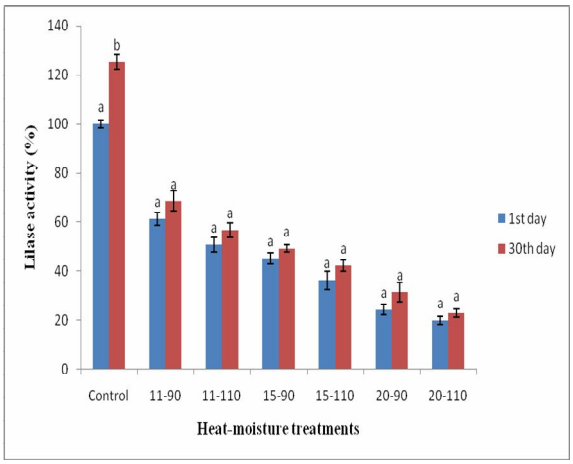

Fig 3 Percentage of remaining lipase activity after heat-moisture treatment on the first day and after 30 days of storage
Significant letters were used to compare the effect of each treatment on the first day and the 30th day (P ‹ 0.05)

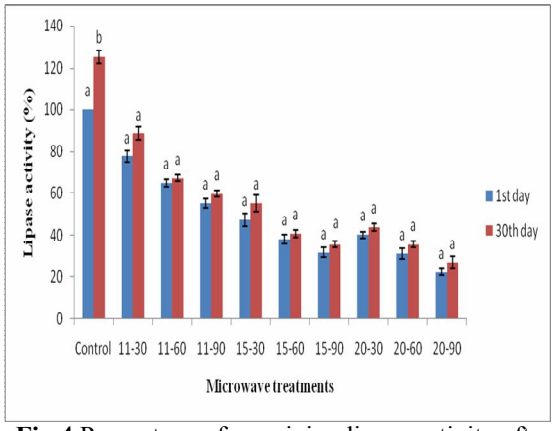

Fig 4 Percentage of remaining lipase activity after microwave treatment on the first day and after 30 days of storage
Significant letters were used to compare the effect of each treatment on the first day and the 30th day (P ‹ 0.05)

۳-۳-۲- اندازه‌گیری اسیدچرب آزادطی نگه‌داری در تیمار حرارتی-رطوبتی

شکل ۵ میزان افزایش اسیدچرب آزاد آردهای حاصل از دانه‌های تیمار شده به روش‌حرارتی-رطوبتی طی نگه‌داری در شرایط محیطی را نشان می‌دهد. همان طور که درشکل ۵ نشان داده شده است میزان اسیدچرب آزاد طی سی روز برای نمونه شاهد (تیمار نشده) و همچنین نمونه‌های تیمارشده به فاصله‌ی هر ده روز اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد میزان افزایش اسید چرب آزاد درهمه‌ی تیمارها طی ۳۰ روز معنادار (P ‹ 0.05) بوده است اما این میزان افزایش اسیدچرب آزاد در نمونه‌های تیمار شده کمتر از نمونه‌ی شاهد بوده است. در بین نمونه‌های تیمار شده بیشترین میزان افزایش اسیدچرب آزاد در طی ۳۰ روز نگه‌داری در شرایط محیطی مربوط به تیمار ۹۰-۱۱ HMT و کمترین میزان تغییر اسیدچرب آزاد مربوط به تیمار ۱۱۰-۲۰ HMT بوده است. به عبارت دیگر هرچه میزان فعالیت لیپاز آرد کمتر بوده، میزان افزایش اسیدچرب آزاد درطی نگه‌داری نیز کمتر بوده است. همچنین مقایسه میزان اسیدچرب آزاد همه‌ی تیمارها در روز اول، ۱۰، ۲۰ و۳۰ انجام شد. نتایج نشان داد میزان اسید چرب آزاد در روز اول برای نمونه شاهد و نمونه‌های تیمارشده (P ‹ 0.05) اختلاف معناداری نداشتند اما مقایسه میزان اسیدچرب آزاد همه‌ی تیمارها در روز ۱۰، ۲۰ و ۳۰ نشان داد که اختلاف معناداری وجود دارد. به عبارت دیگر با کاهش میزان فعالیت لیپاز باقی‌مانده در آردهای تیمارشده میزان اسیدچرب آزاد در طی نگه‌داری(P ‹ 0.05) در روزهای ۲۰،۱۰ و۳۰ به‌طور معناداری کاهش یافته است. بیشترین میزان افزایش اسیدچرب آزاد مربوط به نمونه شاهد می‌باشد که از ۰/۳٤ تا ۰/۷۰ افزایش یافته است و کمترین میزان تغییر در اسیدچرب آزاد مربوط به تیمار۱۱۰-۲۰ HMT می‌باشد که از ۰/۳۳ درصد تا ۰/۳۸درصد افزایش یافته است. افزایش میزان اسید چرب آزاد طی انبارمانی در شرایط محیطی می‌تواند به دلیل میزان فعالیت لیپاز باقی‌مانده در آرد بعدازتیمار، دما و رطوبت محیط نگه‌داری می‌باشد. طبق نتایج به دست آمده، افزایش مقدار اسیدچرب آزاد طی نگه‌داری نمونه‌ها عمدتا به دلیل واکنش هیدرولیز می‌باشد که توسط آنزیم‌های حاصل از دانه کاتالیز می‌شود. این نتایج با مشاهدات ناکامورا و همکاران (۲۰۱۷) که برروی اثر تیمار حرارتی- رطوبتی بر خصوصیات آرد برنج قهوه‌ای انجام شده بود [۱۲] و همچنین با نتایج

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2022-01-29]

حاصل از میرا و همکاران (۲۰۱۱) که برروی ماندگاری آرد سورگوم انجام شده بود مطابقت داشت [۲۱] .

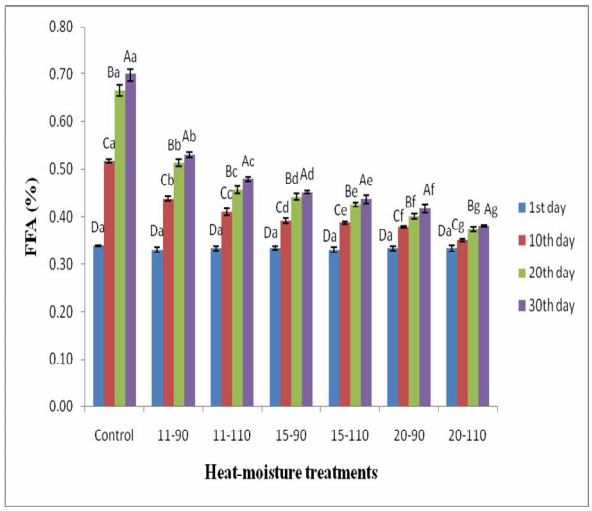

Fig 5 Increase in free fatty acid content of heat-moisture treated millet flours during 30 days of storage
The small Significant letters related to the comparison between treatments in a given day and capital letters are related to the comparison of the effect of a treatment within 30 days of storage
(P ‹ 0.05)

۳-۳-۳- اندازه‌گیری اسیدچرب آزاد طی نگه‌داری در تیمار مایکروویو

شکل ٦ میزان افزایش اسیدچرب آزاد آردهای حاصل از دانه‌های تیمار شده به روش‌مایکروویو طی نگه‌داری در شرایط محیطی را نشان می‌دهد. نتایج بدست آمده در شکل ٦ نشان می‌دهد میزان افزایش اسید چرب آزاد درهمه‌ی تیمارهای مایکروویو طی ۳۰ روز (P ‹ 0.05) معنادار بوده است اما این میزان افزایش اسیدچرب آزاد در نمونه‌های تیمارشده کمتر از نمونه شاهد بوده است. همچنین میزان افزایش اسیدهای چرب آزاد در تیمارهای ٦٠-١٥ MT و ٣٠-٢٠ MT و همچنین تیمارهای ٩٠-١٥ MT و ٦٠-٢٠ MT تفاوت معناداری (P ‹ 0.05)نداشتند، که این به دلیل این است که میزان فعالیت لیپاز باقی مانده در این تیمارها مشابه هم بوده و تفاوت معناداری باهم نداشتند. در بین نمونه‌های تیمارشده بیشترین میزان تغییر اسیدچرب آزاد در طی نگه‌داری مربوط به تیمار ٣٠-١١ MT بوده است و کمترین میزان تغییر اسیدچرب آزاد مربوط به تیمار ٩٠-٢٠ MT بوده است که این به دلیل میزان فعالیت لیپاز باقی‌مانده در آرد بعدازتیمار، دما و رطوبت محیط نگه‌داری می‌باشد. به‌عبارت دیگر هرچه میزان فعالیت لیپاز آرد کمتر بوده میزان افزایش اسیدچرب آزاد درطی نگه‌داری نیز کمتر بوده است. همچنین مقایسه میزان اسیدچرب آزاد همه‌ی تیمارها در روز اول، ١٠، ٢٠ و٣٠ انجام شد. نتایج نشان داد میزان اسید چرب آزاد در روز اول برای نمونه شاهد و نمونه‌های تیمارشده (P ‹ 0.05) اختلاف معناداری نداشتند اما مقایسه میزان اسیدچرب آزاد همه‌ی تیمارها در روز ١٠، ٢٠ و ٣٠ نشان داد که اختلاف معناداری (P ‹ 0.05)وجود دارد (به جز نمونه های تیمارشده ٦٠-١٥ MT و٣٠-٢٠ MTو همچنین تیمارهای با ٩٠-١٥ MT و٦٠-٢٠ MT که فعالیت لیپاز مشابهی داشتند. به عبارت دیگر با کاهش میزان فعالیت لیپاز باقی‌مانده در آردهای تیمارشده میزان اسیدچرب آزاد در طی نگه‌داری در روزهای ١٠،٢٠ و٣٠ به‌طور معناداری کاهش یافته است. بیشترین میزان تغییر اسیدچرب آزاد مربوط به نمونه شاهد می‌باشد که از ٠/٣٤ تا ٠/٧٠ افزایش یافته است و کمترین میزان تغییر مربوط به تیمار ٩٠-٢٠ MT می‌باشد که از ٠/٣٤ درصد تا ٠/٣٩ درصد افزایش یافته است. آب یک عامل مهم در واکنش هیدرولیز می‌باشد. با کاهش فعالیت آبی در فرآیند مایکروویو میزان واکنش هیدرولیز کاهش یافته و در نتیجه میزان اسیدچرب آزاد طی نگه‌داری کاهش می‌یابد. این نتایج با مشاهدات یاداو و همکاران (۲۰۱۲) که برروی اثر تیمار مایکروویو بر انبارمانی ارزن مرواریدی انجام شده بود [١٥] و همچنین با نتایج حاصل از زو و همکاران (۲۰۱۳) که برروی افزایش انبارمانی جوانه گندم از طریق تیمار مایکروویو انجام شده بود مطابقت داشت [١٦].

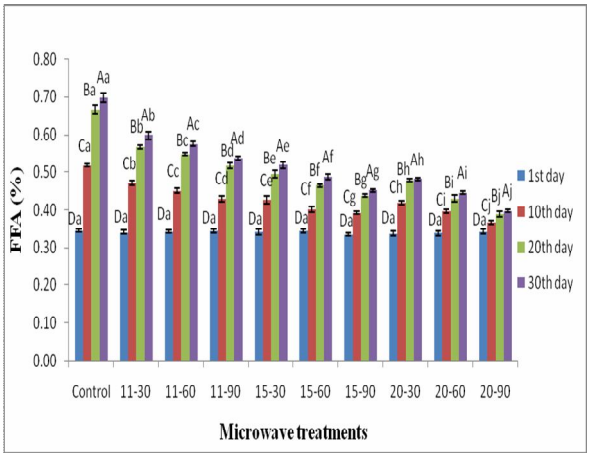

Fig 6 Increase in free fatty acid content of microwave treated millet flours during 30 days of storage
The small Significant letters related to the comparison between treatments in a given day and capital letters are related to the comparison of the effect of a treatment within 30 days of storage
(P ‹ 0.05)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2022-01-29]

٤- نتیجه گیری کلی

با توجه به اینکه ارزن یکی از غلات بدون گلوتن مورداستفاده در تهیه محصولات بدون گلوتن برای بیماران مبتلا به سلیاک می‌باشد، از این رو توجه به ویژگی‌ها و همچنین نگه‌داری آرد حاصل از آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از آن‌جایی که آرد ارزن دارای چربی و فعالیت آنزیم لیپاز نسبتاً بالایی است، دارای انبارمانی پایینی است و در طی نگه‌داری تلخ و فاسد می‌گردد. از همین رو در این تحقیق استفاده از تیمار حرارتی-رطوبتی که یکی از روش‌های نوین برای غیرفعال‌سازی آنزیم لیپاز و افزایش انبارمانی آرد می‌باشد، مورد مطالعه قرار گرفته است. با توجه به آزمایشات صورت‌گرفته می‌توان نتیجه گرفت که اثر تیمار حرارتی-رطوبتی و تیمار مایکروویو بر کاهش فعالیت آنزیم لیپاز مثبت تلقی می‌شود که بر حسب میزان رطوبت، دمای آون و زمان قرارگیری در معرض مایکروویو میزان غیرفعال‌سازی متفاوت است. نتایج نشان داد بیشترین میزان غیرفعال‌سازی آنزیم لیپاز و کمترین تغییر اسیدهای چرب آزاد طی ۳۰ روز نگه‌داری در شرایط محیطی مربوط به تیمارهای حرارتی-رطوبتی با رطوبت ۲۰ درصد و دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد و تیمار مایکروویو با رطوبت ۲۰ درصد و زمان ۹۰ درجه سانتی‌گراد بوده است. طبق نتایج بدست آمده تیمار حرارتی-رطوبتی با رطوبت ۲۰ درصد و دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد میزان فعالیت آنزیم لیپاز را به میزان ۸۰/۱ درصد و تیمار مایکروویو با رطوبت ۲۰ درصد و زمان ۹۰ درجه سانتی‌گراد فعالیت آنزیم لیپاز را به میزان ۷۷/٦۱ درصد به‌طور معناداری ($P < 0.05$)کاهش داد و میزان تغییراسیدچرب آزاد نمونه‌های حاصل از این تیمارها در طی ۳۰ روز نگه‌داری در شرایط محیطی به طور معناداری ($P < 0.05$)کمتر از آرد تیمار نشده بود. همچنین میزان اسیدهای چرب آزاد طی ۳۰ روز به طور معناداری ($P < 0.05$) کاهش یافت که به علت غیرفعال شدن آنزیم لیپاز می‌باشد.طبق نتایج حاصل از این تحقیق، میزان غیرفعال‌سازی آنزیم لیپاز در روش تیماردهی مایکروویو به میزان بیشتری بوده است. از طرف دیگر در روش مایکروویو زمان تیماردهی کمتر از روش حرارتی-رطوبتی می‌باشد و ارزش موادغذایی توسط مایکروویو بیشتر حفظ می‌شود. همچنین به دلیل سرعت زیاد و شوکی که به یکباره به دانه‌ها وارد می‌شود، ساختمان آنزیمی دستخوش تغییرات شدیدی می‌شود و آنزیم فرصت کمتری برای بازسازی خود دارد.

از آن جایی که این تحقیق به نگه‌داری آرد برای مدت طولانی‌تر در شرایط محیطی، بدون تغییر قابل ملاحظه‌ای در کیفیت آن کمک می‌کند، می‌تواند مورد توجه محققین، تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان قرار گیرد. همچنین با استفاده از اعمال این تیمارهای بهبود دهنده کیفیت، می‌توان دانه ارزن را بعداز تیمار نگه‌داری کرده و در زمان استفاده تبدیل به آرد کرد. ازآن‌جایی که دانه ارزن دارای ارزش تغذیه‌ای و درمانی مفیدی است، این مطالعه می‌تواند مصرف‌کنندگان را به استفاده از دانه ارزن که استفاده از آن در کشورمان غیرمعمول است تشویق کند.

۵- منابع

[1] Arendt, E. and Dal Bello, F. eds., 2011. Gluten-free cereal products and beverages. London, Academic Press, 1-27.

[2] Devi, P.B., Vijayabharathi, R., Sathyabama, S., Malleshi, N.G. and Priyadarisini, V.B., 2014. Health benefits of finger millet (Eleusinecoracana L.) polyphenols and dietary fiber: a review. *Journal of Food science and technology*, 51: 1021-1040.

[3] Saleh, A.S., Zhang, Q., Chen, J. and Shen, Q., 2013. Millet grains: nutritional quality, processing, and potential health benefits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12: 281-295.

[4] Srivastava, A.K., Sudha, M.L., Baskaran, V. andLeelavathi, K., 2007. Studies on heat stabilized wheat germ and its influence on rheological characteristics of dough. *European Food Research and Technology*, 224: 365-372.

[5] Qingci, H., Well, H., Yong, Z. and Chongyr, C., 1999. Experimental study on the storage of heat-stabilized rice bran.In *Proceedings of the 7th international working conference on stored-product protection,* 2: 1685-1688.

[6] Barber, S., 1980. Rice bran: Chemistry and technology. Rice: Production and utilization.AVI Publishing Company., Westport, NY. 791.

[7] Hoover, R., 2010. The impact of heat-moisture treatment on molecular structures and properties of starches isolated from

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2022-01-29]

different botanical sources. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50: 835-847.

[8] Sultana, B., Anwar, F. and Przybylski, R., 2007. Antioxidant potential of corncob extracts for stabilization of corn oil subjected to microwave heating. Food Chemistry, 104: 997-1005.

[9] Arora, P., Sehgal, S. and Kawatra, A., 2002.The role of dry heat treatment in improving the shelf life of pearl millet flour.Nutrition and health, 16: 331-336.

[10] Gong, Z., Yu, G. P., Dou, C. R., &Xu, M. X. 2013.Effect of Heating Treatment of Fresh Rice Bran on Stabilization.Journal of Advanced Materials Research, 602: 1200-1205.

[11] Giordano, D., Vanara, F., Reyneri, A. and Blandino, M., 2016.Effect of dry‐heat treatments on the nutritional value of maize germ.International Journal of Food Science & Technology, 51: 2468-2473.

[12] Nakamura, S., Okumura, H., Sugawara, M., Noro, W., Homma, N. and Ohtsubo, K.I., 2017.Effects of different heat–moisture treatments on the physicochemical properties of brown rice flour.Bioscience, biotechnology, and biochemistry, 81: 2370-2385.

[13] Ziegler, V., Ferreira, C.D., Silva, J., Zavareze, E., Dias, A.R.G., Oliveira, M. and Elias, M.C., 2017.Heat‐moisture treatment of oat grains and its effects on lipase activity and starch properties.Starch‐Stärke. 70: 1-26.

[14] Vetrimani, R., Jyothirmayi, N., HaridasRao, P. and Ramadoss, C.S., 1992. Inactivation of lipase and lipoxygenase in cereal bran, germ and soybean by microwave treatment.LebensmittelWissenschaft und Technologie, 25: 532-535.

[15] Yadav, D.N., Anand, T., Kaur, J. and Singh, A.K., 2012. Improved storage stability of pearl millet flour through microwave treatment.Agricultural Research, 1: 399-404.

[16] Xu, B., Zhou, S.L., Miao, W.J., Gao, C., Cai, M.J. and Dong, Y., 2013. Study on the stabilization effect of continuous microwave on wheat germ. Journal of Food Engineering, 117: 1-7.

[17]Fathi, B., Aalami, M., Kashaninejad, M. and SadeghiMahoonak, A., 2016. Utilization of Heat Moisture Treated Proso Millet Flour in Production of Gluten‐Free Pound Cake. Journal of food quality, 39: 611-619.

[18] AACC, I., 2000. Approved Methods of the AACC, 10th ed. Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota.

[19] Sullivan, B. and Howe, M.A., 1933. Lipases of wheat. I. Journal of the American Chemical Society, 55: 320-324.

[20] Swaminathan, I., Guha, M., Hunglur, U.H. and Rao, D.B., 2015. Optimization of infrared heating conditions of sorghum flour using central composite design. *Food Science and Biotechnology*, 24: 1667-1671.

[21] Meera, M.S., Bhashyam, M.K. and Ali, S.Z., 2011. Effect of heat treatment of sorghum grains on storage stability of flour.*LWT-Food Science and Technology*, 44: 2199-2204.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2022-01-29]

Increasing the shelf life of millet flour by using heat-moisture and microwave treatments

Mohajerkhorasani, S. [1], Alami, M. [2*], kashaninejad, M. [3], Shahiritabarestani, H. [4]

1. MSc student of Faculty of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,
2. Associate Professor of Faculty of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,
3. Professor of Faculty of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
4. Assistant Professor of Faculty of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

(Received: 2018/05/27 Accepted:2019/01/19)

Millet is one of the cereals that used in the preparation of gluten-free products for celiac patients. Physical modification methods such as heat-moisture treatmentsand microwave canbe used to improve the performance of gluten-free flours in the baking industry. Millet seeds have limited shelf life in normal storage condition due to its relatively high fat content and high activity of lipase enzymes. In this study Heat-moisture treatments at different levels of moisture (11,15 and 20%) and two different temperatures (90 and 110°C) for 3 hoursin oven and microwave treatment at different levels of moisture (11,15and 20%) were used at different times (30,60 and 90S) with a constant power of 900 W. Then, in order to ensure the effect of the above treatments, the amount of free fatty acids of the treated flours was measured every 10 days as well as the level of lipase activity on the first day and after 30 days. In the heat-moisture treatment, the rate of inactivation of the lipase enzyme increased with simultaneous increase of moisture and temperature of the oven as well as in the microwave treatment with simultaneous increase of moisture and microwave time and the amount of free fatty acid flour during 30 days of storage was reduced. The highest rate of inactivation of lipase enzyme and the least change in the free fatty acid content of flour in heat-moisture and microwave treatments were observed in treatment with 20% moisture content and 110°C, and treatment with 20% moisture and 90S.

Key words: Free fatty acid, Heat-moisture, Lipase activity, Microwave, Millet.

* Corresponding Author E-Mail Address: mehranalami@gau.ac.ir،

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2022-01-29]