دانشکده علوم و صنایع غذایی

پایان‌نامه جهت أخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته
علوم و صنایع غذایی- شیمی مواد غذایی

تخمین پایداری بادام در مقابل اکسایش با استفاده از آزمون تسریع یافته

پژوهش و نگارش:
مرضیه رئیسی

استاد راهنما:
دکتر محمد قربانی

اساتید مشاور:
دکتر علیرضا صادقی‌ماهونک
دکتر مهدی کاشانی‌نژاد

تابستان ۱۳۹۲

تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه‌های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت‌های علمی- پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود؛ بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

۱- قبل از چاپ پایان نامه خود، مراتب را قبلا به طور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع داده و کسب اجازه نمایند.
۲- قبل از چاپ پایان نامه در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد، ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.
۳- انتشار نتایج پایان نامه باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب **مرضیه رئیسی** دانشجوی رشته **علوم و صنایع غذایی** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

تقدیم به

خدایی که آفرید

جهان را، انسان را، عقل را، علم را، عشق را

و

پدر و مادر عزیزم

که شاد دیدنشان دلگرمی لحظه های سخت بود.

تشکر و قدردانی

سپاس بی کران یگانه خالقم که مرا به رفیع ترین روشنایی ها هدایت کرد و راهم را به نور همیشه فروزان دانش، روشن ساخت. . بر خود لازم می دانم که مراتب سپاس را از عزیزانی که در پیمودن این مسیر یاریم نمودند بجا آورم.

از استاد راهنمای بردبارم، دکتر محمد قربانی که تمام روزهایی که تحت نظارت ایشان مشغول به کار بودم سرشار از آموختن علم بود، نهایت تشکر را دارم. در پرتو روحیه پر از امید ایشان بود که تمام دلسردی ها رنگ می باخت و در سایه وجود همتگی ناپذیرشان، پرسش های گاه و بی گاهم پاسخ می یافت.

از اساتید مشاور بزرگوارم آقایان دکتر علیرضا صادقی ماهونک و دکتر مهدی کاشانی نژاد که با همراهی های دلسوزانه شان در تکمیل این پایان نامه نقش مهمی را ایفا نمودند.

از آقای دکتر محمد امان ضیایی فرکه داوری این پایان نامه را پذیرفته اند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

در پایان از دوستان خوبم که در طول انجام این تحقیق پشتیبان من بودند، نهایت تشکر و قدردانی را دارم، امید دارم که همیشه سربلند و شادکام باشند.

و از پدر و مادر عزیزم به خاطر تمام مهربانی ها و فداکاری هایشان تشکر می نمایم و خاضعانه دست هایشان را می بوسم.

چکیده

آجیل‌های درختی و روغن آن‌ها حاوی مواد زیست فعال‌اند و نقش حیاتی در بهبود سلامت انسان دارند. فساد و کاهش کیفیت آجیل‌ها از جمله بادام که چربی زیادی دارد مربوط به اکسیداسیون می‌باشد. در این پژوهش پایداری اکسایشی بادام به مدت ۱۰ ماه در شرایط واقعی بررسی شد. اثر دما، نوع اتمسفر و شکل فیزیکی محصول (مغز کامل/ پودر شده) بر پایداری اکسایشی توسط شاخص‌های پراکسید، دی‌ان مزدوج، تری‌ان مزدوج و تیوباربیتوریک‌اسید مورد ارزیابی قرار گرفت. مغز کامل و پودر شده بادام نیز در شرایط تسریع شده (دمای ٤٥، ٦٠ و ٧٥ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند و با استفاده از معادله عمرماندگاری آرنیوس، میزان پایداری آن‌ها در شرایط واقعی تخمین زده شد. طبق نتایج اثر دما، نوع اتمسفر و شکل فیزیکی در تمامی شاخص‌ها در شرایط واقعی معنی‌دار بود. در انتهای دوره نگهداری مغز پودرشده بادام در دمای محیط و در معرض اتمسفر هوای معمولی با عدد پراکسید ۳/٤۱۷ میلی‌اکی‌ولان بر کیلوگرم، دارای کمترین پایداری اکسایشی و مغز کامل بادام تحت اتمسفر خلا در دمای یخچال با عدد پراکسید ۰/٦۹٤ میلی‌اکی‌ولان بر کیلوگرم دارای بیشترین پایداری اکسایشی بود. زمان رسیدن عدد پراکسید به ۲میلی‌اکی‌ولان بر کیلوگرم به عنوان مقاومت اکسایشی در نظر گرفته شد، بیشترین زمان لازم مربوط به مغز کامل در دمای ٤٥ درجه، ۹/۵۵ روز و کمترین زمان لازم مربوط به مغز پودر شده در دمای ۷۵ درجه، ۲/۵۹ روز بود. همبستگی مناسبی بین شاخص تیوباربیتوریک‌اسید با عدد تری‌ان‌مزدوج و عدد پراکسید با عدد دی‌ان مزدوج در دماهای تسریع شده بدست آمد. بیشترین و کمترین عامل تسریع ($Q_{۱۰}$) به‌ترتیب ۱/۸٦ و۱/۳ برای عدد دی‌ان‌مزدوج و شاخص تیوباربیتوریک‌اسید تعیین شد. بر اساس نتایج، عدد دی‌ان مزدوج مناسب‌ترین شاخص استفاده شده در آزمون عمرماندگاری تسریع یافته در پیش‌بینی عمرماندگاری بادام بود.

واژه‌های کلیدی: بادام، پایداری اکسایشی، انرژی فعال‌سازی، عدد پراکسید، عمرماندگاری

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱-۱- مقدمه و کلیات ۲
۱-۱-۱- بادام و جایگاه آن ۲
۱-۱-۲- خواص تغذیه‌ای بادام ۳
۱-۱-۳- نگهداری بادام ٤
۱-۱-٤- فساد بادام ٤
۱-۱-۲- اتواکسیداسیون (اکسیداسیون خود به خودی) ٥
۱-۱-۲-۱- مکانیسم واکنش اتواکسیداسیون ٥
۱-۱-۲-۲- محصولات اکسیداسیون ٦
۱-۱-۲-۳ – روش‌های اندازه‌گیری اکسایش ۷
۱-۱-۳- پایداری اکسیداتیو ۱۰
۱-۱-٤- عمرماندگاری ۱۱
۱-۱-٤-۱- عوامل موثر بر عمرماندگاری ۱۱
۱-۱-٤-۲- اندازه گیری عمرماندگاری ۱۲
۱-۱-٤-۳-روش های برآورد عمرماندگاری ۱٤
۱-۱-٥-آزمون عمرماندگاری تسریع یافته ۱٥
۱-۱-٥-۱- کاربرد آزمون تسریع یافته ۱٦
۱-۱-٥-۲- اصول اساسی آزمون تسریع یافته ۱٦
۱-۱-٥-۳- فرضیه های مربوط به آزمون تسریع یافته ۱۷
۱-۱-٥-٤- عوامل تسریع ۱۹
۱-۲-٥-٥-ایرادات وارده به آزمون عمرماندگاری تسریع یافته ۲۱
۱-۲- فرضیات تحقیق ۲۱
۱-۳- هدف تحقیق ۲۲
۱-٤- ضرورت انجام تحقیق ۲۲

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۲-۱- ترکیبات شیمیایی بادام ۲٤
۲-۲- اکسایش دانه‌های روغنی ۲٦
۲-۳- عمرماندگاری در شرایط واقعی ۲۷
۲-۳-۱- بادام ۲۷
۲-۳-۲-گردو ۳۱
۲-۳-۳- پسته ۳۲
۲-۳-٤- فندق ۳٤
۲-٤- تخمین عمرماندگاری با استفاده از آزمون تسریع یافته ۳٤
۳-۱- مواد و تجهیزات مورد استفاده ٤۲
۳-۱-۱- ماده ی اولیه ٤۲
۳-۱-۲- مواد شیمیایی ٤۲
۳-۱-۳- تجهیزات ٤۳
۳-۲- آزمون‌های اولیه ٤۳
۳-۲-۱- خصوصیات شیمیایی ٤٤
۳-۲-۱-۱- اندازه‌گیری رطوبت ٤٤
۳-۲-۱-۲- اندازه‌گیری چربی(درصد روغن) ٤٤
۳-۲-۱-۳- اندازه‌گیری پروتئین ٤٤
۳-۲-۱-٤- اندازه‌گیری فیبر ٤٥
۳-۲-۱-٥- اندازه‌گیری کربوهیدرات ٤٥
۳-۲-۲- خصوصیات فیزیکی ٤٥
۳-۲-۲-۱- خصوصیات هندسی ٤٥
۳-۲-۲-۲- قطر هندسی و درصد کرویت ٤٥
۳-۲-۲-۳- چگالی ٤٦
۳-۲-۲-٤- درصد جرمی پوست و مغز ٤٦
۳-۲-۲-٥- رنگ ٤۷

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۳-۳- آماده‌سازی نمونه‌ها ٤٧
۳-۳-۱- آماده‌سازی نمونه‌ها در شرایط طبیعی ٤٧
۳-۳-۲- آماده‌سازی نمونه‌ها در شرایط تسریع یافته ٤٩
۳-٤- استخراج روغن ٥٠
۳-٥- آزمون‌های انجام گرفته بر روی روغن استخراج شده ٥١
۳-٥-۱ اندازه‌گیری عدد پراکسید ٥١
۳-٥-۲- اندازه‌گیری عدد اسید تیوباربیتوریک ٥١
۳-٥-۳- اندازه‌گیری جذب فرابنفش (عدد دی و تری ان مزدوج) ٥٢
۳-٥-٦- اندازه‌گیری ضریب شکست ٥٣
۳-٦- تجزیه و تحلیل داده‌ها ٥٣
۳-۷- تجزیه و تحلیل آماری ٥٥
٤-۱- خصوصیات بادام ٥٨
٤-۱-۱- خصوصیات شیمیایی ٥٨
٤-۱-۲- خصوصیات فیزیکی ٥٩
٤-۱-۳- شاخص‌های شیمیایی و فیزیکی ٦٠
٤-۲- شرایط نگهداری طبیعی ٦١
٤-۲-۱- دما و رطوبت نسبی محل نگهداری ٦١
٤-۲-۲- رطوبت نمونه‌ها در طی شرایط نگهداری ٦١
٤-۳- اثر تیمارها بر پایداری اکسایشی بادام در طی ۱۰ ماه نگهداری ٦٢
٤-۳-۱- اثر دما، اتمسفر، شکل فیزیکی و زمان بر عدد پراکسید ٦٢
٤-۳-۲- اثر متقابل شکل فیزیکی و زمان، دما و زمان، اتمسفر و زمان بر عدد پراکسید ٦٥
٤-۳-۳- اثر دما، اتمسفر، شکل فیزیکی و زمان بر عدد دی ان مزدوج ٦٧
٤-۳-٤- اثر متقابل شکل فیزیکی و زمان، دما و زمان، اتمسفر و زمان بر عدد دی ان مزدوج ٦٧
٤-۳-٥- اثر دما، اتمسفر، شکل فیزیکی و زمان بر شاخص تیوباربیتوریک اسید ٧٠
٤-۳-٦- اثر متقابل شکل فیزیکی و زمان، دما و زمان، اتمسفر و زمان بر شاخص تیوباربیتوریک اسید ٧٢

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

٤-٣-٧- اثر دما، اتمسفر، شکل و زمان بر عدد تری ان مزدوج ٧٤
٤-٣-٦- اثر متقابل شکل و زمان، دما و زمان، اتمسفر و زمان بر عدد تری ان مزدوج ٧٤
٤-٤- اثر متقابل اتمسفر و دما بر شاخص‌های اندازه‌گیری ٧٧
٤-٥- مقایسه پایداری اکسایشی نمونه‌های مختلف بادام طی ١٠ ماه نگهداری ٧٩
٤-٥-١- مقایسه میانگین عدد پراکسید برای نمونه‌های مختلف بادام طی ١٠ ماه نگهداری ٧٩
٤-٥-٢-مقایسه میانگین عدد دی ان مزدوج برای نمونه‌های مختلف بادام طی١٠ ماه نگهداری ٨٣
٤-٥-٣- مقایسه میانگین شاخص تیوباربیتوریک اسید برای نمونه‌های مختلف بادام طی١٠ماه نگهداری ٨٧
٤-٥-٤-مقایسه میانگین عدد تری ان مزدوج برای نمونه‌های مختلف بادام طی ١٠ ماه نگهداری ٩٠
٤-٥-٥- مقایسه میانگین ضریب شکست برای نمونه‌های مختلف بادام طی ١٠ ماه نگهداری ٩٣
٤-٦- آزمون عمرماندگاری تسریع یافته ٩٣
٤-٦-١- پایداری اکسایشی مغز بادام کامل و مغز بادام پودر شده طی نگهداری تسریع یافته ٩٣
٤-٦-١-١- تشکیل هیدروپراکسیدها در شرایط نگهداری تسریع یافته ٩٤
٤-٦-١-٢- تشکیل دی ان های مزدوج در شرایط نگهداری تسریع یافته ٩٦
٤-٦-١-٣- تشکیل شاخص مواد واکنش دهنده با تیوباربیتوریک اسید طی نگهداری تسریع یافته ٩٧
٤-٦-١-٤- تشکیل تری ان‌های مزدوج در شرایط نگهداری تسریع یافته ٩٩
٤-٦-١-٥- تغیرات ضریب شکست در شرایط نگهداری تسریع یافته ١٠١
٤-٦-٢- مقاومت اکسایشی مغز بادام کامل و مغز بادام پودر شده ١٠٥
٤ ٧- همبستگی بین شاخص‌ها ١٠٨
٤-٧-١- همبستگی بین عدد پراکسید و دی ان مزدوج ١٠٨
٤-٧-٢- همبستگی بین شاخص تیوباربیتوریک اسید و تری ان مزدوج ١٠٩
٤-٨- پیش بینی عمرماندگاری ١١٠
٥-١- نتیجه‌گیری کلی ١٢٤
٥-٢- پیشنهادها ١٢٧
٥-٢-١- پیشنهادهای پژوهشی ١٢٧
٥-٢-٢- پیشنهادهای اجرایی ١٢٧
منابع ١٣٠

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱: مکانسیم و مراحل واکنش اکسیداسیون خود به خودی..... ٦
جدول ۳-۱: مشخصات مواد مورد استفاده در پژوهش ٤٢
جدول ۳-۲: مشخصات لوازم و دستگاه‌های مورد استفاده ٤٣
جدول ۳-۳: نمونه‌های نگهداری شده در شرایط واقعی.....٤٩
جدول ۳-٤: نمونه‌های نگهداری شده در شرایط تسریع ٥٠
جدول ٤-۱: خصوصیات شیمیایی بادام.....٥٨
جدول ٤-۲: خصوصیات فیزیکی بادام.....٥٩
جدول ٤-۳: خصوصیات فیزیکی مغز بادام ٥٩
جدول ٤-٤: شاخص‌های شیمیایی در نمونه شاهد.....٦٠
جدول ٤-٥: میانگین تغییرات دمای ماهیانه در طی ۱۰ دوره نگهداری.....٦١
جدول ٤-٦: میانگین تغییرات رطوبت در نمونه ها در طی ۱۰ ماه نگهداری ٦٢
جدول ٤-۷: اثر متقابل شکل و زمان، دما و زمان، اتمسفر و زمان بر عدد پراکسید در طی ۱۰ ماه نگهداری ...٦٤
جدول ٤-۸: اثر متقابل شکل و زمان، دما و زمان، اتمسفر و زمان بر عدد دی ان مزدوج در طی ۱۰ ماه نگهداری ٦٨
جدول ٤-۹: اثر متقابل شکل و زمان، دما و زمان، اتمسفر و زمان بر شاخص تیوباربیتوریک اسید طی ۱۰ ماه نگهداری ٧١
جدول ٤- ۱۰: اثر متقابل شکل و زمان، دما و زمان، اتمسفر و زمان بر عدد تری ان مزدوج در طی ۱۰ ماه نگهداری ٧٥
جدول ٤-۱۱: اثر متقابل اتمسفر و دما بر شاخص‌های اندازه گیری ٧٨
جدول ٤-۱۲: میانگین عدد پراکسید (میلی‌اکی والان بر کیلوگرم) نمونه‌های مختلف بادام در طی ۱۰ ماه نگهداری و نتایج تجزیه و تحلیل آماری.....٨٠
جدول ٤-۱۳: میانگین عدد دی ان مزدوج (میکرومول بر گرم) نمونه‌های مختلف بادام در طی ۱۰ ماه نگهداری و نتایج تجزیه و تحلیل آماری ٨٤

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ٤-١٤: میانگین شاخص تیوباربیتوریک اسید نمونه‌های بادام در طی ۱۰ ماه نگهداری و نتایج تجزیه و تحلیل آماری ۸۸
جدول ٤-١٥: میانگین عدد تری ان مزدوج (میکرومول بر گرم) نمونه‌های بادام در طی ۱۰ ماه نگهداری و نتایج تجزیه و تحلیل آماری ۹۱
جدول ٤-١٦: معادلات هیدروپراکسیدهای تشکیل شده در دماهای تسریع یافته در مغز بادام کامل و مغز پودر شده ۹۵
جدول ٤-١٧: معادلات دی ان های مزدوج تشکیل شده در دماهای تسریع یافته در مغز بادام کامل و مغز پودر شده ۹۷
جدول ٤-١٨: معادلات مواد واکنش دهنده با تیوباربیتوریک اسید در دماهای تسریع یافته در مغز کامل و مغز پودر شده ۹۹
جدول ٤-١٩: معادلات عدد تری ان مزدوج (میکرومول بر گرم) در دماهای تسریع یافته در مغز کامل و مغز پودر شده ۱۰۰
جدول ٤-٢٠: اثر دما بر مدت زمان مقاومت اکسایشی مغز کامل و مغز پودر شده بادام در شرایط تسریع ۱۰۵
جدول ٤-٢١: اثر شکل فیزیکی بادام بر مدت زمان مقاومت اکسایشی مغز کامل و مغز پودر شده بادام در شرایط تسریع ۱۰۶
جدول ٤-٢٢: اثر متقابل دما و شکل بر مدت زمان مقاومت اکسایشی مغز کامل و مغز پودر شده در شرایط تسریع ۱۰۷
جدول ٤-٢٣: تجزیه و تحلیل همبستگی خطی بین عدد دی ان مزدوج و عدد پراکسید مغز کامل و مغز پودر شده بادام ۱۰۹
جدول ٤-٢٤: تجزیه و تحلیل همبستگی شاخص تیوباربیتوریک اسید و عدد تری ان مزدوج در مغز کامل و مغز پودر شده ۱۱۰
جدول ٤-٢٥: معادله عمرماندگاری آرنیوس مغز کامل و مغز پودر شده بادام و انرژی فعالسازی ۱۱۲
جدول ٤-٢٦: معادله عمرماندگاری مغز کامل و مغز پودر شده بادام در شرایط تسریع یافته و Q_{10} ۱۱٤
جدول ٤-٢٧: پیش‌بینی ثابت سرعت واکنش در شرایط واقعی توسط معادله عمرماندگاری آرنیوس ۱۱۵

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ٤-٢٨: عمرماندگاری پیش‌بینی شده توسط معادله آرنیوس برای مغز بادام کامل در دمای محیط طی شرایط واقعی ۱۱۷
جدول ٤-٢٩: عمرماندگاری پیش‌بینی شده توسط معادله آرنیوس برای مغز پودر شده در دمای محیط طی شرایط واقعی ۱۱۸
جدول ٤-٣٠: عمرماندگاری پیش‌بینی شده توسط معادله آرنیوس برای مغز بادام کامل در دمای یخچال طی شرایطواقعی ۱۱۹
جدول ٤-٣١: عمرماندگاری پیش‌بینی شده توسط معادله آرنیوس برای مغزپودر شده در دمای یخچال طی شرایط واقعی ۱۲۰

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ٤ -١: اثر اتمسفر در طی زمان بر عدد پراکسید ٦٥
شکل ٤ -٢: اثر شکل فیزیکی در طی زمان بر عدد پراکسید ٦٦
شکل ٤ -٣: اثر دما درطی زمان بر عدد پراکسید ٦٦
شکل ٤ -٤: اثر اتمسفر در طی زمان بر عدد دی ان مزدوج ٦٩
شکل ٤ -٥: اثر شکل فیزیکی در طی زمان بر عدد دی ان مزدوج ٦٩
شکل ٤- ٦: اثر دما در طی زمان برعدد دی ان مزدوج ٧٠
شکل ٤ -٧: اثر اتمسفر در طی زمان بر شاخص تیوباربیتوریک اسید ٧٢
شکل ٤- ٨: اثر شکل فیزیکی در طی زمان بر شاخص تیوباربیتوریک اسید ٧٣
شکل ٤ -٩: اثر دما در طی زمان بر شاخص تیوباربیتوریک اسید ٧٣
شکل ٤ -١٠: اثر اتمسفر در طی زمان بر عدد تری ان مزدوج ٧٤
شکل ٤ -١١: اثر شکل فیزیکی در طی زمان بر عدد تری ان مزدوج ٧٦
شکل ٤- ١٢: اثر دما در طی زمان بر عدد تری ان مزدوج ٧٧
شکل ٤ -١٣: عدد پراکسید (میلی اکی والان بر کیلوگرم) طی شرایط تسریع یافته در مغز کامل و مغز پودر شده بادام ٩٤
شکل ٤ -١٤: عدد دیان مزدوج (میکرومول بر گرم) طی شرایط تسریع یافته درمغز کامل بادام و مغز پودر شده بادام ٩٧
شکل ٤ -١٥: شاخص مواد واکنش دهنده با تیوباربیتوریک اسید طی شرایط تسریع یافته در مغز کامل و مغز پودر شده ٩٨
شکل ٤- ١٦: عدد تری ان مزدوج (میکرومول بر گرم) طی شرایط تسریع یافته در مغز کامل و مغز پودر شده بادام ١٠٠
شکل ٤ -١٧ : تغییرات ضریب شکست مغز بادام کامل در دمای ٤٥ درجه سانتی گراد ١٠٢
شکل ٤ -١٨: تغییرات ضریب شکست مغز بادام پودر شده در دمای ٤٥ درجه سانتی گراد ١٠٢
شکل ٤ -١٩: تغییرات ضریب شکست مغز بادام کامل در دمای ٦٠ درجه سانتی گراد ١٠٣
شکل ٤ -٢٠: تغییرات ضریب شکست مغز بادام پودر شده در دمای ٦٠ درجه سانتی گراد ١٠٣

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ٤-٢١: تغییرات ضریب شکست مغز بادام کامل در دمای ٧٥ درجه سانتی گراد ١٠٤
شکل ٤-٢٢: تغییرات ضریب شکست مغز بادام پودر شده در دمای ٧٥ درجه سانتی گراد ١٠٤
شکل ٤-٢٣ : همبستگی خطی بین عدد دی ان مزدوج و عدد پراکسید مغز کامل و مغز پودر شده بادام ...١٠٨
شکل ٤-٢٤: همبستگی خطی بین شاخص تیوباربیتوریک اسید عدد تری ان مزدوج در مغز کامل و مغز پودر شده بادام ١١٠
شکل ٤-٢٥: منحنی آرنیوس عددپراکسید، دی ان مزدوج، تری ان مزدوج و شاخص تیوباربیتوریک اسید در مغزکامل و مغز پودر شده بادام ١١١
شکل ٤-٢٦: منحنی عمرماندگاری عددپراکسید، دی ان مزدوج، تری ان مزدوج و مواد واکنش دهنده باتیوباربیتوریک اسید در مغز کامل و پودر شده بادام ١١٣

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه و کلیات

۱-۱-۱- بادام و جایگاه آن

بادام با نام علمی *Prunus amygdalus*، متعلق به خانواده‌ی گلسرخیان[۱]، زیرخانواده‌ی پرونوییده[۲] و جنس پرونوس[۳] می‌باشد، پرونوس نیز تقسیم‌بندی شده و گونه‌های متعلق به این جنس در آن گنجانده شده است (احمد، ۲۰۱۰). اسپاچ بادام را در پنج بخش که ۲۲ گونه را در بر می‌گیرند، تقسیم‌بندی کرد. این بخش‌ها شامل *Lycioides*، *Spartioides*، *Euamygdalus*، *Leptopos* و *Chamaeamygdalus* بودند، این تقسیم‌بندی توسط محققین دیگر هم مورد استفاده قرار گرفته است. *Euamygdalus* شامل گونه‌هایی است که نزدیک به بادام‌های زراعی بوده و از آسیای مرکزی تا جنوب اروپا و قسمت‌های جنوبی اردن گسترش یافته‌اند (دنیسو، ۱۹۸۷؛ راحمی و همکاران، ۱۳۹۰). کشت بادام از مناطق خشک کوهستانی آسیای مرکزی منشا می‌گیرد و بومی این مناطق می‌باشد. چندین گونه وحشی بادام در مناطق کوهستانی در چین، بیابان‌های افغانستان، ایران و عراق، نیز رشد می‌کنند (مارتینز- گومز و همکاران، ۲۰۰۷). امروزه مناطق عمده کشت بادام در سه ناحیه دنیا شامل آسیا، حوزه مدیترانه و آمریکا (ایالت کالیفرنیا) متمرکز بوده و مناطق اصلی درگیر در تولید آن کالیفرنیا و منطقه مدیترانه، به خصوص اسپانیا و ایتالیا می‌باشد (تازی و همکاران، ۲۰۰۹b). کشت بادام از دیر باز در ایران نیز رایج بوده است، به‌طوری که ایران به‌عنوان یکی از قدیمی‌ترین کشورهای مهم تولیدکننده و یکی از خاستگاه‌های بادام وحشی شناخته شده است. بادام به صورت دیم و آبی در ایران با سطح زیر کشت ۲۲۳۸۷۰ هکتار، تولید ۱٦٤۱۵۱ تن در سال و با عملکرد ۱۸۰۹ کلیوگرم در هکتار یکی از مهمترین محصولات باغی کشور است که علاوه بر مصرف در داخل همه ساله مقداری از آن به خارج صادر می‌شود (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۰). حدود نوزده گونه بادام در نقاط سردسیری و نیمه سردسیری ایران پراکنده هستند. بر همین اساس برخی از دانشمندان گیاه‌شناس موطن اصلی این گیاه را به ایران نسبت می‌دهند. پرورش بادام در اکثر مناطق ایران انجام می‌شود، اما مهم‌ترین مراکز تولید از نظر سطح زیر کشت و تولید محصول استان‌های خراسان، فارس، آذربایجان

---

[۱] Rosaceae
[۲] Pronoideae
[۳] Prunus

شرقی، چهارمحال بختیاری، یزد، کرمان، اصفهان و آذربایجان غربی است (زین العابدینی و همکاران، ۱۳۹۱).

۱-۱-۲- خواص تغذیه‌ای بادام

مطالعات زیادی بر روی فواید سلامتی مغزها[۱] در رابطه با چربی خون، اثرات محافظت از قلب و سلامت متابولیک، انجام شده است. آجیل‌های درختی و روغن آنها حاوی مواد زیست فعال و ارتقاء دهنده سلامت هستند که مدت زیادی است به‌عنوان اجزای مهم در رژیم غذایی انسان مطرح شده‌اند. شواهد اپیدمیولوژیکی نشان می‌دهد که مصرف آجیل‌های درختی اثرات محافظتی بر روی قلب اعمال می‌کنند که این به علت اجزای لیپید شامل اسیدهای چرب اشباع نشده به ویژه اسید اولئیک، فیبر رژیمی، ویتامین E، فیتواسترول‌ها و چندین ریز مغذی کلیدی دیگر می‌باشد (یدا و همکاران، ۲۰۱۱؛ ازکان و همکاران، ۲۰۱۱). همچنین در ماه ژوئیه سال ۲۰۰۳ سازمان مدیریت غذا و داروی آمریکا[۲] تصویب کرد ادعای سلامتی مشروط به مصرف ٤٢ گرم از اکثر آجیل‌های درختی در روز می‌باشد که خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی را کاهش می‌دهد (میرعلی‌اکبری و شهیدی، ۲۰۰۸). بادام یک منبع غنی از مواد مغذی، پروتئین (۲۱/۲۲٪)، چربی(٤۹/٤۲٪)، مونو وپلی‌اسیدهای چرب اشباع نشده (به ترتیب ۳۰/۸۸و ۱۲/۰۷٪)، ویتامین، مواد معدنی و فیبرهای رژیمی (۱۲/۲۰٪) می‌باشد که در فرمولاسیون‌های مختلف و برای مقاصد رژیم غذایی انسان استفاده می‌شود (برانسو و همکاران، ۲۰۰۳). بادام سرشار از ویتامینE، منگنز، منیزیم، مس، فسفر، فیبر، ریبوفلاوین، اسیدهای چرب اشباع نشده و پروتئین می‌باشد. همچنین بادام دارای شاخص گلایسمیک، پایینی است و کنترل دیابت را آسان‌تر می‌کند. بادام یک منبع عالی از آلفاتوکوفرول می‌باشد علاوه‌بر این، ترکیباتی پلی‌فنلی نیز به تازگی شناخته شده‌اند که دارای خواص آنتی‌اکسیدانی در بادام می‌باشند. اگر چه نزدیک به ۵۰٪ از وزن بادام چربی است، اما مصرف بیش از ۷ گرم در روز از آجیل‌های درختی، به خصوص اگر در چارچوب رژیم‌های غذایی توصیه شده باشد، باعث کاهش غلظت لیپوپروتئین با چگالی پایین[۳] یا کلسترول بد خون تا ۱ درصد، می‌شود. مصرف بادام منجر به افزایش وزن نمی‌شود و گنجاندن آن در رژیم‌های غذایی در مقایسه با

---

[۱] Nuts
[۲] FDA
[۳] LDL

کربوهیدرات‌های کم‌کالری، باعث کاهش وزن بیشتری می‌شود (چن و همکاران، ۲۰۰٦). بادام، زمانی‌که در رژیم غذایی گنجانیده شود، باعث کاهش خطر ابتلا به سرطان روده در موش صحرایی، افزایش لیپوپروتئین با چگالی بالا[۱] یا کلسترول خوب و کاهش سطح کلسترول بد در انسان می‌شود (جهانبان و همکاران، ۲۰۱۰). بنابراین مصرف روزانه بادام برای کاهش کلسترول بد توصیه می‌شود و اثرات مفید آن مربوط به کاهش خطر ابتلا به بیمارهای قلب و عروقی می‌باشد (میکسز وکونتومیناس، ۲۰۱۰).

۱-۱-۳- نگهداری بادام

واریته بادام نقش مهمی در مدت زمان ماندگاری محصول دارد. محتوای توکوفرول، مقادیر پراکسید، چربی، همچنین خاک و شرایط آب و هوایی که بادام در آن رشد کرده نیز نقش تعیین‌کننده در نگهداری آن دارند (گارسیا-پاسکال و همکاران، ۲۰۰۳). کیفیت بادام‌های نگهداری شده به رطوبت دانه، درجه حرارت نگهداری، رطوبت نسبی، سطح اکسیژن، بسته‌بندی و فرم آجیل نگهداری شده (همراه با پوسته، پوست کنده، بو داده، و غیره) بستگی دارد. متعادل نکردن رطوبت آجیل به همراه رطوبت نسبی محل نگهداری و عدم کنترل محیط‌های نگهداری باعث زوال کیفی مغز مثل از دست دادن وزن، بافت، رنگ، عطر یا طعم، توسعه بیات شدن، تند شدن، بیماری و آسیب دیدن توسط حشرات می‌شود. پوسته بادام به‌صورت یک مانع در برابر رطوبت و تبادل اکسیژن عمل می‌کند، بنابراین پوسته‌ی آجیل‌ها بیشتر در معرض تغییر وضعیت آب و اکسیداسیون هستند و به همین دلیل چربی در بادام بدون پوسته، سریع‌تر تخریب می‌شود (کازانتیزس و همکاران، ۲۰۰۳).

۱-۱-٤- فساد بادام

فساد و تخریب آجیل‌ها از جمله بادام همانند محصولاتی که چربی زیادی دارند تا حد زیادی مربوط به اکسیداسیون چربی‌ها می‌باشد. طی اکسایش، اکسیژن به چربی‌های غیر اشباع حمله کرده و تغییر رنگ، بد طعمی و گاهی اوقات مواد سمی را ایجاد می‌کند. اکسایش توسط عوامل فیزیکی و شیمیایی مانند درجه حرارت، درجه غیر اشباعیت، فعالیت آبی[۲]، نور و فلزات واسطه رخ می‌دهد و از

[۱] HDL
[۲] aw

نظر مصرف‌کننده ظاهر، پذیرش حسی، ایمنی محصول و همچنین ارزش غذایی آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد (برانسو و همکاران، ۲۰۰۳). به‌طور کلی، مواد غذایی با مقادیر بالاتری از اسیدهای چرب اشباع نشده بیشتر مستعد تند شدن هستند که به دنبال آن ترکیبات با عطر و طعم نامطلوب تولید می‌شود و عمرماندگاری کوتاه‌تری، خواهند داشت (یانگ و همکاران، ۲۰۱۳). غلظت اکسیژن یکی از مهم‌ترین عوامل بیرونی مؤثر بر اکسیداسیون چربی آجیل‌ها است. اکسیداسیون ممکن است با قرار گرفتن در معرض نور (فوتواکسیداسیون) و درجه حرارت بالا در طی نگهداری افزایش یابد. علت اصلی اکسیداسیون لیپیدها و توسعه عطر و طعم نامطلوب آجیل‌ها به دلیل محتوای بالای اسیدهای چرب غیر اشباع و وجود ریبوفلاوین به‌عنوان یک حساس‌کننده نوری در فتواکسیداسیون، می‌باشد. علاوه بر این، نسبت افزایش سطح در وزن واحد آجیل‌ها ممکن است اکسیداسیون محصول را افزایش دهد (میکسز و کونتومیناس، ۲۰۰۹a).

۱-۱-۲- اتواکسیداسیون (اکسیداسیون خود به خودی)

۱-۱-۲-۱- مکانیسم واکنش اتواکسیداسیون

- مرحله اول: مرحله آغاز

در مرحله آغاز یا شروع، روغن‌ها در واکنش با یک آغازگر، یک هیدروژن رادیکالی از کربن خود را از دست داده و رادیکال آلکیل[۱]، رادیکال الکوکسی[۲] و رادیکال پراکسی[۳] را تشکیل می‌دهند. آغازگرها رادیکال‌های آزادی هستند که از تجزیه شیمیایی در اثر حرارت، شکستن پیوندهای کووالانسی ناشی از گرما یا به علت حضور آنزیم‌ها، نور، یون‌های فلزی و واکنش گونه‌های اکسیژن تشکیل می‌شوند.

- مرحله دوم: تکثیر و انتشار

در این مرحله رادیکال آزاد با اکسیژن مولکولی واکنش داده و رادیکال پراکسی را تشکیل می‌دهد. رادیکال پراکسی حاصل با یک مولکول غیر اشباعی دیگر واکنش داده و تبدیل به هیدروپراکسید[۴] شده

---

[۱] R
[۲] RO
[۳] ROO
[۴] ROOH