

مطالعه امکان تولید برگه موز توسط روش خشک کردن ترکیبی هوای داغ و مایکروویو

لیلا زیرجانی^{*۱} - حمید توکلی پور^۲

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۱

تاریخ پذیرش: ۸۹/۶/۱

چکیده

نمونه های موز از یک بازار محلی خریداری شدند و در طول انجام آزمایشات در دمای °C ۱۰- ۵ نگه داری می شدند. در این تحقیق ۳۶ نمونه در سه تکرار آماده شدند به این صورت که از موزها پس از پوست گیری در سه ضخامت ۳، ۵ و ۱۰ mm برش تهیه شد و این برشها توسط سه روش پیش فرآیند تیمار شدند. پیش فرآیند (T₁): بلانچ شیمیایی در محلول ۱ درصد متابی سولفیت سدیم، پیش فرآیند (T₂): ابتدا بلانچ با آب جوش و سپس بلانچ شیمیایی در محلول ۱ درصد متابی سولفیت سدیم، پیش فرآیند (T₃): ابتدا بلانچ با آب جوش و سپس بلانچ شیمیایی در محلول ۱ درصد مخلوط یک به یک اسید سیتریک و اسید آسکوربیک و پیش فرآیند (T₀): نمونه شاهد بدون هیچ تیماری. تمام ۳۶ نمونه پس از آماده سازی ابتدا در هوای داغ °C ۶۰ تا رسیدن به رطوبت بحرانی خشک شدند و سپس به آن میکروویو با توان ۳۰۰ W منتقل شده و تا رسیدن به رطوبت نهایی خشک شدند. در نهایت نمونه های خشک شده از نظر پارامترهای کیفی مانند: رنگ، میزان قند و ویتامین ث، جذب مجدد آب و آهنگ و زمان خشک کردن مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که پیش فرآیندها آهنگ خشک کردن را افزایش داده و زمان خشک کردن را کاهش دادند و با افزایش ضخامت زمان خشک کردن نیز افزایش یافت. همچنین پیش فرآیندها پارامترهای کیفی چپس موز را بهبود دادند.

واژه های کلیدی: موز، خشک کردن ترکیبی، خشک کردن با مایکروویو، خشک کردن با هوای داغ، فاکتورهای کیفی

مقدمه

یکی از قدیمی ترین و در عین حال گسترده ترین فرآیندهای مورد استفاده جهت حفظ مواد غذایی در مقابل فساد، فرآیند خشک کردن است، که با کاهش فعالیتهای میکروبی و آنزیمی و تقلیل سرعت فعل و انفعالات شیمیایی، زمان ماندگاری محصول را افزایش و با کاهش وزن و حجم مواد، بسته بندی، حمل و نقل و انبارداری محصولات را سهولت می بخشد. این فرآیند باید به گونه ای اعمال گردد که در کنار حفظ مواد غذایی در مقابل فساد، به شاخص های کیفی فرآورده از جمله ارزش غذایی، طعم، عطر، رنگ و بافت کمترین صدمه ممکن وارد گردد (۴).

تاریخچه تولید فرآورده های خشک در ایران به دوران بسیار قدیم باز می گردد، با گذشت سالیان طولانی در بخش فرآوری این محصولات، تغییرات عمده ای پدیدار نشده و هنوز هم به طور غالب

در ایران از روش های سنتی (آفتابی) استفاده می گردد. خشک کردن آفتابی^۳ دارای نارسایی های متعددی است که عمده مشکلات آن مواردی مانند قرار گرفتن محصولات در محیطی که بر روی پارامترهای آن کنترلی وجود ندارد، آلودگی محصول و آسیب های وارده به آن به علت کند بودن فرآیند، را در بر می گیرد، در مقابل روش صنعتی آن با هزینه کمتری صورت می پذیرد، فرآورده های تولیدی در این روش از لحاظ بهداشتی و اقتصادی مطلوب نبوده و قادر به برآورده کردن شاخص های کیفی مورد انتظار نمی باشد (۳).

فرآیند خشک کردن در شرایط کنترل شده (در سیستم صنعتی) روندی رو به رشد را نشان می دهد که ریشه در انتظارات مصرف کنندگان دارد. در این روش فرآیند خشک کردن محصولات در فضایی با شرایط کنترل شده و بدون وابستگی به شرایط جدی انجام می پذیرد، پارامترهای مؤثر بر روی شاخص های کیفی محصول (مانند درجه حرارت، سرعت جابه جایی هوا و رطوبت نسبی) تحت کنترل، فرآیند را پشت سرمی گذارد. در بازار عرضه و فروش فرآورده

۱) کارشناس ارشد و استادیار علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد

سبزوار

(*) نویسنده مسئول : (Email: Leilazirjani58@gmail.com)

مایکروویو مشاهده شد. همچنین موز خشک شده با روش ترکیبی رنگ روشن تر و مقدار جذب مجدد آب بیشتری داشت. تغییر در میزان رنگ، وابسته به شدت مایکروویو نبود و تغییرات رنگ در روش جابجایی هوا بیشتر از دو روش دیگر بوده و هیچ یک از نمونه های خشک شده مجدداً رطوبت اولیه خود را بدست نیاوردند.

در تحقیقی که در سال ۲۰۰۳ توسط تورهان و دمیرال (۷) انجام شد، رفتار خشک کردن دو گونه موز دووآرف کاوندیش^۱ و گروس میشل^۲ را به صورت تیمار شده و تیمار نشده مورد بررسی قرار دادند. آنها در آزمایشات خود برشهای موز ۲ mm تهیه کرده و از تیمارهای بی سولفیت سدیم ۱ درصد و مخلوط اسید آسکوربیک و سیتریک ۰/۱ درصد استفاده کردند و یک نمونه تیمار نشده نیز به عنوان شاهد در نظر گرفتند و نمونه‌ها را در حرارت‌های ۴۰ تا ۸۰ °C خشک کردند. نتایج نشان داد که تیمارهای اعمال شده بر روی موز، سرعت خشک کردن را افزایش می دهد، اما روی چروکیدگی بافت موز های خشک شده تأثیری ندارد و نمونه های موز کاوندیش نسبت به نمونه های موز میشل در شرایط مشابه چروکیدگی بیشتری نشان دادند.

راک داندامروننگراک و همکارانش (۱۶) در سال ۲۰۰۲ از تیمارهای بلانچ کردن، خنک کردن و فریز کردن و ترکیب بلانچ کردن و فریز کردن استفاده کردند و رفتار خشک کردن موزهای تیمار شده را در یک خشک کن پمپ حرارتی در دمای ۵۰ °C و با ۳/۱ m/s سرعت عبور هوا مورد بررسی قرار دادند و مشخص شد که تیمارهای فریز کردن و ترکیب فریز کردن و بلانچ کردن سرعت خشک کردن را افزایش می دهند و از دو مدل ریاضی پیچ^۳ و مدل تجربی دو جمله ای^۴ برای شرح دادن رفتار خشک کردن استفاده کردند.

در تحقیقی که توسط بودهیرو و همکارانش (۱۵) در سال ۲۰۰۲ انجام شد، خواص رئولوژیکی برشهای موز طی خشک کردن مورد بررسی قرار گرفت و چون درجه رسیدگی اثر قابل توجهی روی رئولوژی موز خشک دارد، نمونه‌ها قبل از خشک کردن دو هفته در انبار کنترل شده نگهداری و سپس با ضخامت ۵ mm و سرعت جریان هوای گرم ۲ m/s خشک شدند. نتایج آزمایشات خشک کردن نشان داد که با افزایش درجه حرارت سرعت خشک کردن افزایش می‌یابد و موزهای رسیده زودتر خشک می‌شوند.

چو و همکارانش (۱۱) در سال ۲۰۰۲ برای خشک کردن موز از خشک کن پمپ حرارتی استفاده کردند که یک خشک کن دو مرحله ای با هوای داغ است و مشخص شد که اگر دمای هوا، در ابتدای خشک کردن بالاتر باشد و بتدریج در حین فرآیند خشک کردن کاهش یابد، رنگ محصول بهبود یافته و زمان خشک کردن کاهش

های خشک در سطح جهانی، هنگامی کشور ما می تواند حضور داشته باشد و با دیگر کشورهای تولید کننده به رقابت بپردازد که قادر باشد با به کارگیری روش های نوین و طبق استاندارد های قابل قبول محصولات خود را تولید و عرضه نماید (۳).

موز محتوای قند بالایی دارد، و آبیگری از مواد غذایی دارای میزان قند بالا به دلیل برقراری اتصالات محکم بین مولکولهای آب و قند دشوارتر است، لذا فرایند خشک کردن در زمان طولانی تری انجام می‌شود، که ممکن است باعث صدمات جدی به طعم، رنگ، مواد مغذی، کاهش دانسیته حجمی و ظرفیت آبیگری مجدد در محصولات خشک شده شود (۱۴). در خشک کن های با هوای گرم به خاطر اینکه هدایت حرارتی پایین است و انتقال حرارت به قسمتهای داخلی ماده غذایی محدود شده است، راندمان انرژی پایین می آید و مدت زمان طولانی تری برای خشک کردن لازم است. برای رفع این مشکل و جلوگیری از کاهش کیفیت و دست یابی به یک فرآیند حرارتی مؤثر از مایکروویو برای خشک کردن مواد غذایی استفاده شده است. مثال های متعددی از کاربردهای خشک کردن مایکروویو وجود دارد که مایکروویو مزیت های قابل توجهی را فراهم کرده است. کاربرد مایکروویو در خشک کردن گستره وسیعی از صنایع شامل صنایع غذایی، صنایع شیمیایی، اتومبیل سازی و غیره را دربر می گیرد. در هر مورد سیستم های خشک کردن مایکروویو، زمان خشک کردن را به طور قابل توجهی کاهش داده اند بدون اینکه اثر منفی بر روی کیفیت محصول بگذارند. در خشک کردن مایکروویو، گرما، حاصل از تبدیل انرژی مایکروویو به انرژی حرارتی در درون مواد مرطوب است و فشار و دمای مطلوب را برای خشک کردن سریع مواد فراهم می کند. گرمایش حجمی ناشی از نفوذ مایکروویو و کاهش هزینه های فرآیند، مایکروویو را به منبع جذاب انرژی حرارتی تبدیل کرده است. زمان های کوتاهتر فرآوری، به میزان قابل توجهی هزینه های تولید برخی محصولات را کاهش می دهد (۳). مایکروویو یک روش سریع خشک کردن مواد غذایی است و انرژی آن قابل مقایسه با روش خشک کردن با هوای گرم است، در خشک کردن با مایکروویو خروج رطوبت سریع تر است و هم چنین به خاطر تمرکز انرژی، سیستم مایکروویو فقط ۲۰ تا ۳۵ درصد نسبت به سایر روش های خشک کردن نیاز به فضا دارد و چون نتایج تحقیقات نشان داده که کاربرد نادرست مایکروویو باعث تولید محصولات با کیفیت بد شده پیشنهاد شده که انرژی مایکروویو باید در مرحله محتوای رطوبتی پایین، در انتهای عمل خشک کردن استفاده شود (۱۴).

در تحقیقی که توسط مسکن (۱۴) در سال ۲۰۰۰ انجام شد، موزهای رسیده در سه روش خشک کردن با جابجایی هوا و خشک کردن با مایکروویو و ترکیب این دو روش خشک شدند و نتایج نشان داد که زمان خشک کردن در روش جابجایی هوا طولانی تر از دو روش دیگر بود و سرعت های خشک کردن بالاتر در توانهای بالاتر

1- Dwarf Cavendish
2- Gros michel
3- Page
4- Two termexpantial

می یابد.

علاوه بر مطالعات فوق در سالهای اخیر تحقیقاتی نیز در مورد خشک کردن موز به روش اسمزی و خشک کردن انجمادی انجام شده که طی این مطالعات رفتار خشک کردن موز مورد بررسی قرار گرفته است (۹، ۱۰ و ۱۷).

در تحقیق حاضر، برشهای موز ابتدا در خشک کن جابه جایی هوای گرم تا رسیدن به رطوبت بحرانی خشک شد و سپس نمونه‌ها وارد مایکروویو شده و تا رسیدن به رطوبت نهایی خشک شدند و تأثیر پیش فرآیندها و ضخامت‌های مختلف، روی رفتار خشک کردن موز و بر روی رنگ، جذب مجدد آب، میزان قند و ویتامین ث در محصول خشک شده مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

موزهای رسیده واریته کاوندیش نوع بلند با رنگ پوست زرد و سبز با نام تجاری چیکوتا برای این آزمایشات از یک بازار محلی در شهرستان سبزوار خریداری و در یخچال با دمای ۵ تا ۱۰ °C تا زمان انجام آزمایشات نگه داری شدند. موزها با دست پوست گیری شده و سپس بوسیله یک چاقوی تیز روی یک تخته برش از جنس پلی اتیلن برشهایی با ضخامت ۳، ۵ و ۱۰ میلی‌متر تهیه شد. بعد از آماده سازی، نمونه‌ها به صورت تصادفی در چهار گروه، برای انجام روشهای پیش فرآیند تقسیم شدند.

پیش فرآیندها

سه روش پیش فرآیند قبل از خشک کردن روی برشهای موز صورت گرفت و یک نمونه تیمار نشده (T_0) نیز به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. پیش فرآیندهایی که استفاده شدند شامل (T_1): بلانچ شیمیایی در محلول ۱ درصد متابی سولفیت سدیم، پیش فرآیند (T_2): ابتدا بلانچ با آب جوش و سپس بلانچ شیمیایی در محلول ۱ درصد متابی سولفیت سدیم، پیش فرآیند (T_3): ابتدا بلانچ با آب جوش و سپس بلانچ شیمیایی در محلول ۱ درصد مخلوط یک به یک اسید سیتریک و اسید آسکوربیک که جزئیات هر روش در زیر توضیح داده شده است:

(T_0) نمونه‌ها بعد از پوست گیری و تهیه برشهایی به ضخامت‌های ۳، ۵ و ۱۰ میلی‌متر مستقیماً به خشک کن منتقل شدند بدون اینکه هیچ پیش فرآیندی روی آن صورت گیرد.

(T_1) نمونه‌ها بعد از پوست گیری و تهیه برشهایی به ضخامت‌های ۳، ۵ و ۱۰ میلی‌متر به مدت ۲ دقیقه در داخل محلول ۱ درصد متابی سولفیت سدیم غوطه ور شدند و سپس به مدت ۳۰ ثانیه در آب مقطر قرار گرفتند تا باقی مانده متابی سولفیت سدیم از روی برشها حذف شده و در نهایت برشها روی کاغذ صافی قرار گرفته تا

آب سطحی آنها خارج شود.

(T_2) برشهای موز به ضخامت‌های ۳، ۵ و ۱۰ میلی‌متر ابتدا با آب جوش بلانچ شدند به این طریق که برشها به مدت سه دقیقه در آب در حال جوش غوطه ور شده و سپس به مدت سه دقیقه نیز زیر آب شیر، خنک شدند و سپس در محلول ۱ درصد متابی سولفیت سدیم به مدت ۲ دقیقه غوطه ور شده و بعد به مدت ۳۰ ثانیه در آب مقطر قرار گرفته تا باقی مانده متابی سولفیت سدیم از روی برشها حذف شوند و در نهایت برشها روی کاغذ صافی قرار گرفتند تا آب سطحی آنها خارج شود.

(T_3) در این روش نیز مانند روش قبل برشهای موز به ضخامت‌های ۳، ۵ و ۱۰ میلی‌متر ابتدا با آب جوش بلانچ شدند و سپس به مدت ۱ دقیقه در محلول ۱ درصد مخلوط ۱:۱ اسید آسکوربیک و اسید سیتریک غوطه ور شده و در نهایت نمونه‌ها روی کاغذ صافی قرار گرفتند تا آب سطحی آنها گرفته شود.

اندازه گیری رطوبت:

برای تعیین رطوبت اولیه موز تازه به این ترتیب عمل شد که از نمونه های خریداری شده به صورت تصادفی چند موز رسیده انتخاب شد و سپس موزها را به صورت کامل به شکل پوره درآورده و مقدار ۵ گرم از پوره موز را در یک پلیت خشک و تمیز ریخته و خوب پهن کرده و در آن 105°C تا رسیدن به وزن ثابت خشک شد و میزان رطوبت توسط رابطه (۱) تعیین گردید و سپس با استفاده از فرمول (۲) رطوبت در مبنای خشک محاسبه شد. این کار در سه تکرار انجام شد و از اعداد بدست آمده میانگین گرفته شد.

(۱) $100 \times (\text{وزن نمونه} / \text{وزن نهایی} - \text{وزن اولیه}) = \text{رطوبت اولیه در مبنای مرطوب}$
(۲) $(\text{رطوبت در مبنای مرطوب} - 1) / \text{رطوبت در مبنای مرطوب} = \text{رطوبت در مبنای خشک}$

در این تحقیق رطوبت میانگین موز بر مبنای خشک حدود $3/52\text{mg}/100$ به دست آمد.

چون در پیش فرآیندها نمونه‌ها در محلول های آبی غوطه ور شده بودند لازم بود رطوبت بعد از اعمال پیش فرآیندها نیز مجدداً محاسبه شود. فقط در نمونه هایی که بلانچ شده بودند رطوبت اولیه تغییر کرده بود و مقدار آن به $3/76\text{mg}/100$ افزایش یافته بود. (این عدد نیز به ترتیبی که گفته شد بدست آمد).

فرآیند خشک کردن ترکیبی: برشهای موز تیمار شده و شاهد در داخل پلیتهای شیشه‌ای خشک و تمیز قرار گرفته و پس از توزین، ابتدا نمونه‌ها در آن جابه جایی هوای گرم در دمای 60°C تا رسیدن به رطوبت بحرانی ($1/25\text{kgw}/\text{kgs}$) خشک شدند. در این نقطه خشک کردن از آهنگ ثابت به آهنگ نزولی تغییر یافته و سرعت خشک کردن کاهش می‌یابد. سپس نمونه‌ها در آن مایکروویو با شدت توان ۳۰۰ وات تا رسیدن به رطوبت نهایی ($0/19\text{kgw}/\text{kgs}$) - خشک شدند. نحوه قرار گرفتن نمونه‌ها در داخل آن مایکروویو بسیار مهم است چون حداکثر انرژی مایکروویو در مرکز

به طور کلی هر چه شاخص رنگ کل بیشتر باشد تغییرات رنگ کمتری را در طول خشک کردن نشان می‌دهد (۴).

اندازه گیری جذب مجدد آب: در این آزمایش نمونه های خشک شده موز، ابتدا توزین و سپس در یک بشر حاوی آب مقطر در دمای آزمایشگاه غوطه ور شدند تا جایکه افزایش وزنی مشاهده نشود (حدود ۱۵ ساعت) و بعد از آن نمونه‌ها از آب مقطر خارج و روی کاغذ صافی پهن شدند تا آب سطحی آنها خارج شود و سپس نمونه‌ها مجدداً وزن شده و در نهایت ظرفیت جذب مجدد آب نمونه ها، توسط فرمول ذیل محاسبه شد (۴):

$$RC = W_r / W_d \quad (5)$$

که RC: ظرفیت جذب مجدد آب، W_r : وزن نهایی بعد از جذب مجدد آب و W_d : وزن نمونه خشک می‌باشد.

اندازه گیری میزان ویتامین ث: در این تحقیق اندازه گیری ویتامین ث توسط روش تیتراسیون ۲ و ۶- دی کلرو فنل اندو فنل انجام شد (۱۸).

اندازه گیری میزان قند (ساکارز): در این تحقیق اندازه گیری میزان قند توسط روش تیتراسیون لین اینون انجام شد (۱).

آنالیز آماری: از طرح بلوکهای کاملاً تصادفی با سه تکرار جهت آزمایشات خشک کردن استفاده شد. آنالیز واریانس^۴ نیز برای تعیین اثر فاکتورهای مختلف بر روی پارامترهای خشک کردن با استفاده از نرم افزار ام اس نت^۵ انجام گرفت و از آزمون چند دامنه‌ای دانکن نیز برای مقایسه میانگین‌ها استفاده گردید و برای راحت تر شدن بررسی نتایج آزمایشات منحنی های زمان و آهنگ خشک کردن با استفاده از داده های حاصل از آزمایشات توسط نرم افزار اکسل^۶ رسم شدند.

نتایج و بحث

نمونه های موز با ضخامت های ۳، ۵ و ۱۰ میلی‌متر ابتدا تا رسیدن به رطوبت بحرانی (۱/۲۵kgw/kgs) (نقطه‌ای که رژیم خشک کردن از آهنگ ثابت به آهنگ نزولی تغییر می یابد) در هوای داغ ۶۰ °C خشک شده و سپس به مایکروویو ۳۰۰ وات جهت خشک کردن نهایی منتقل شدند و خشک کردن تا رسیدن به رطوبت نهایی (۰/۱۹ - ۰/۱۸ kgw/kgs) ادامه یافت. (علت انتخاب رطوبت فوق این است که در آزمایشات خشک کردن با هوای داغ معلوم شد که در ابتدای خشک کردن آهنگ خشک کردن بالاست ولی با گذشت زمان به دلیل چروکیدگی بافت آهنگ خشک کردن کاهش می یابد، در تمام آزمایشات مقدار رطوبت در این نقطه اندازه گیری شد و میانگین گرفته شد و به این رطوبت دست یافتیم).

آون جذب می‌شود به همین دلیل نمونه‌ها نسبت به مرکز آون به صورت متقارن چیده شده و بعد از هر بار وزن کردن نمونه‌ها مجدداً در مکان سابق خود قرار داده می‌شدند تا زاویه تابش ثابت بماند. دما و توان بر مبنای آزمایشاتی که قبل از آزمایشات اصلی برای تعیین دما و توان مناسب انجام شد انتخاب شدند که در دماهای بالاتر به دلیل افزایش واکنشهای قهوه‌ای شدن رنگ تیره تر می‌شود و در توانهای بالاتر به دلیل افزایش دما موجب سوختن و از بین رفتن نمونه‌ها می‌گردید. در مرحله خشک کردن با هوای داغ هر ۳۰ دقیقه و در مرحله خشک کردن با مایکروویو هر ۳۰ ثانیه نمونه‌ها از خشک کن خارج می‌شدند وزن می‌شدند و مجدداً به داخل خشک کن برگردانده می‌شدند زمان قطع عملیات خشک کردن به این نحو تعیین شد که ابتدا میزان ماده خشک برشها اندازه گیری و سپس بر اساس رطوبت نهایی که گفته شد وزن برشها توسط فرمول (۳) بدست آمد:

$$M_1(1-X_1) = M_2(1-X_2) \quad (3)$$

که، M_1 : وزن اولیه برشهای موز، M_2 : وزن نهایی برشهای موز، X_1 : رطوبت اولیه و X_2 : رطوبت ثانویه می‌باشد.

جهت انجام آزمایشات خشک کردن با هوای داغ از یک آون جا به جایی هوای گرم با نام تجاری جیوتک^۱، مدل OF - 02G ساخت کشور کره استفاده شد و برای آزمایشات خشک کردن با مایکروویو از یک آون مایکروویو خانگی با نام تجاری پاناسونیک^۲ مدل NN - S651 WF با حداکثر توان خروجی ۱۰۰۰ وات و ظرفیت ۳۲ لیتر مورد استفاده قرار گرفت.

نمونه‌ها بعد از رسیدن محتوای رطوبت آنها به رطوبت نهایی جمع آوری و خنک شدند و سپس در بسته‌هایی از جنس پلی اتیلن بسته بندی شده و در جای خشک، خنک و تاریک تا انجام آزمایشات کیفی نگه داری می‌شدند.

یک هفته بعد از خشک کردن نمونه‌ها آزمایشات کنترل کیفیت روی نمونه‌ها انجام شد که شامل اندازه گیری رنگ، جذب مجدد آب، ویتامین ث و قند (مقدار ساکارز) بود.

اندازه گیری رنگ: رنگ موز قبل و بعد از خشک کردن توسط یک دستگاه لایویناند^۳ مدل F اندازه گیری شد. در هر آزمایش سه شاخص رنگ شامل درجه قرمزی، زردی و آبی توسط دستگاه لایویناند خوانده می‌شد و در نهایت شاخص رنگ کل توسط فرمول (۴) محاسبه می‌شد. این شاخص مبین تغییرات رنگ در طول فرآیند خشک کردن است.

$$(4) \quad (\text{زردی} - \text{آبی}) / (\text{زردی} - \text{قرمزی}) = \text{شاخص رنگ کل}$$

شاخص رنگ کل در موز تازه به عنوان مرجع در نظر گرفته شد و

می‌شود منحنی خشک کردن در مرحله خشک کردن با مایکروویو شیب تندی به خود می‌گیرد که به دلیل سرعت زیاد خشک کردن در این مرحله است و علت آن این است که مکانیسم گرمایش مایکروویو حجمی است و باعث می‌شود که فرآیند گرمایش نسبت به روشهای معمول گرمایش مانند جابه جایی یا هدایت خیلی سریع تر انجام می‌شود، به علاوه گرما در درون ماده تولید می‌شود در حالی که در روشهای متداول گرما از سطح خارجی محصول از طریق هدایت یا نفوذ منتقل می‌شود. در طول خشک کردن متداول با هوای گرم در ابتدا رطوبت از سطح جسم خارج شده و آب از داخل محصول توسط نفوذ به سطح منتقل می‌شود اما در خشک کردن مایکروویو تولید حرارت حجمی منجر به افزایش فشار بخار داخلی می‌شود، سپس جریان مایع به طرف سطح جسم رانده می‌شود و سرعت خشک کردن بالا می‌رود.

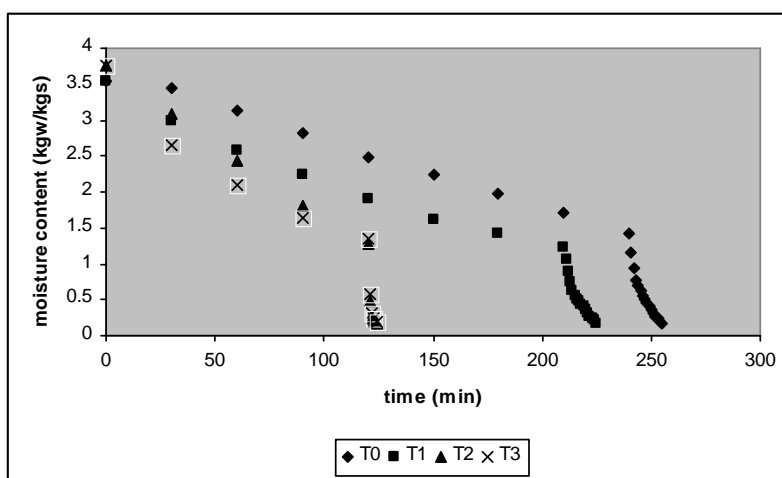
نتایج تجزیه واریانس نیز نشان دادند که تأثیر پیش فرآیندها بر زمان خشک کردن معنی دار بوده است (شکل ۲).

همچنین نتایج نشان می‌دهد که با افزایش ضخامت برشها زمان خشک کردن در تمام پیش فرآیندها افزایش می‌یابد (شکل های ۳، ۴ و ۵). به عنوان مثال زمان خشک کردن در نمونه های با ضخامت های ۳، ۵ و ۱۰ mm و پیش فرآیند (T₁) به ترتیب ۲۵۱، ۲۲۵ و ۴۱۳ دقیقه است. علاوه بر آن نتایج تجزیه واریانس نیز نشان داد که اثر معنی داری در تأثیر ضخامت‌ها بر زمان خشک کردن وجود دارد (شکل ۶).

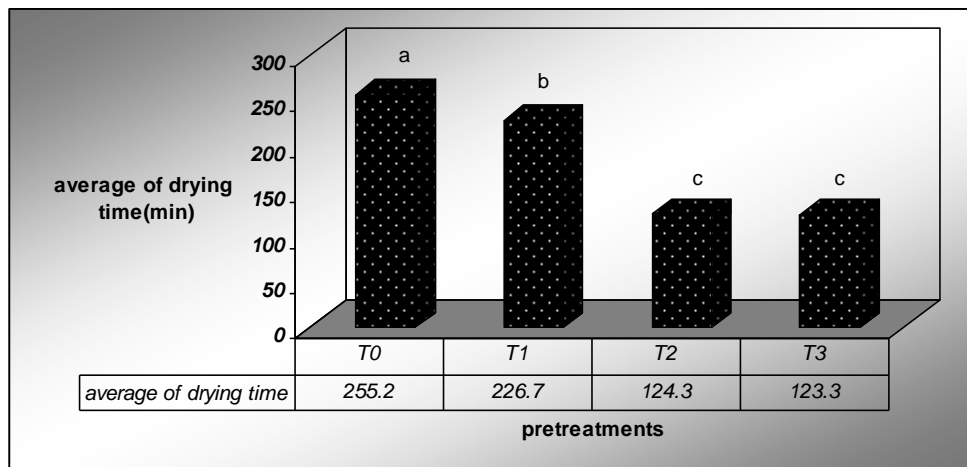
در این تحقیق اثر فاکتورهای روشهای پیش فرآیند و ضخامت برشهای موز بر روی زمان و آهنگ خشک کردن و همچنین اثر آنها بر روی شاخص های کیفی مورد بررسی قرار گرفتند.

زمان خشک کردن

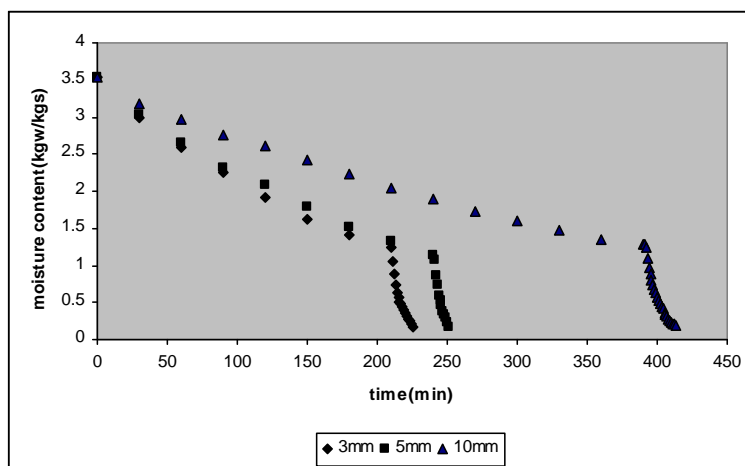
بررسی های منحنی های زمان خشک کردن نشان می‌دهد که نمونه های تیمار شده نسبت به نمونه های تیمار نشده زمان خشک کردن کوتاهتری دارند و همچنین در تیمارهایی که بلانچ انجام شده است در مقایسه با تیمارهای دیگر زمان خشک کردن کوتاهتر شده است. برای مثال زمان خشک کردن برای رسیدن به رطوبت نهایی در نمونه های با ضخامت ۳ میلیمتر در نمونه شاهد (T₀) و پیش فرآیند های (T₁)، (T₂) و (T₃) به ترتیب ۲۵۵، ۲۲۵، ۱۲۴ و ۱۲۴ دقیقه بوده است. یعنی زمان خشک کردن در نمونه های با پیش فرآیند (T₁) نسبت به نمونه شاهد ۱۲ درصد کاهش و در نمونه های با پیش فرآیند (T₂) و (T₃) نسبت به نمونه شاهد ۵۲ درصد و نسبت به نمونه های با پیش فرآیند (T₁) ۴۵ درصد کاهش مشاهده می‌شود (شکل ۱). به نظر می‌رسد دلیل آن این است که طی عمل بلانچ کردن رطوبت آزاد اولیه افزایش می‌یابد و همچنین دیواره سلولها دچار آسیب می‌شود که باعث خروج بیشتر آب از بافت می‌شود و متابی سولفیت سدیم نیز بر روی بافت برش موز تأثیر می‌گذارد و این موضوع به وضوح در طول آزمایشات مشاهده می‌شد که وقتی برش های موز بیش از ۲ دقیقه در محلول متابی سولفیت سدیم می‌ماند بافت آن شروع به متلاشی شدن می‌کرد. همانطور که در شکل مشاهده



شکل ۱- منحنی زمان خشک کردن نمونه های موز با ضخامت ۳ mm و پیش فرآیندهای (T₀)، (T₁)، (T₂) و (T₃)



شکل ۲- اثر پیش فرآیندها بر زمان خشک کردن



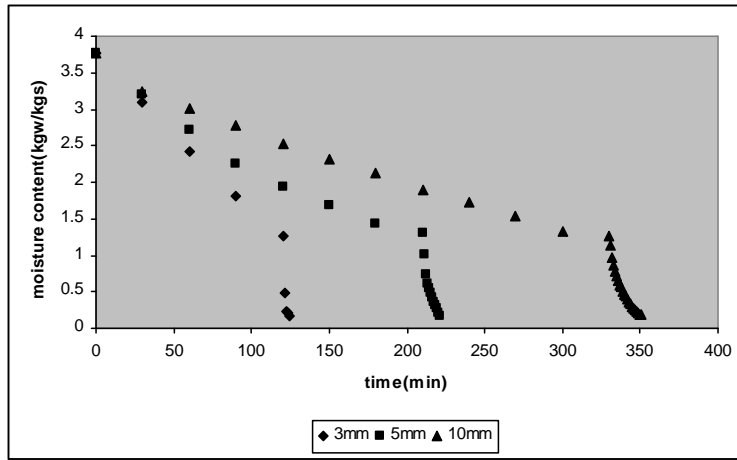
شکل ۴- منحنی زمان خشک کردن برشهای موز با ضخامت های ۱۰، ۵ و ۳ با پیش فرآیند (T1)

آهنگ خشک کردن

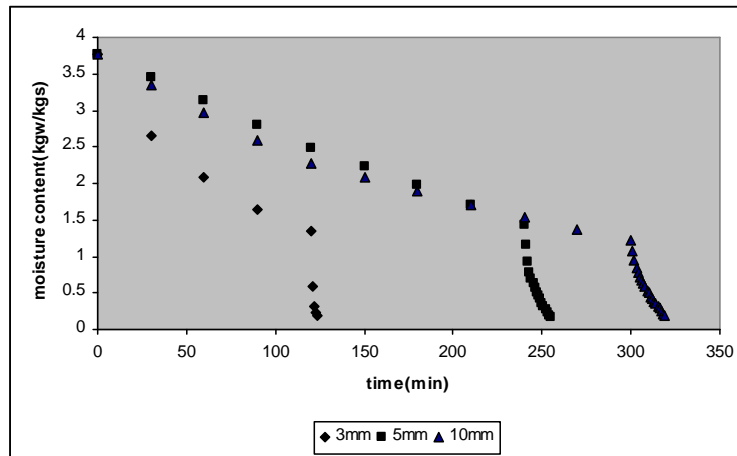
مشابه نتایجی که در قسمت زمان خشک کردن بدست آمد پیش فرآیندها آهنگ خشک کردن را نیز افزایش می‌دهند (شکل ۷). همانطور که در منحنی های آهنگ خشک کردن مشاهده می‌شود خشک کردن نمونه های موز در هر دو مرحله خشک کردن با هوای داغ و خشک کردن با میکروویو مرحله آهنگ ثابت خشک کردن مشاهده نگردید و خشک کردن موز به طور کامل در مرحله آهنگ نزولی رخ داد. یعنی آهنگ خشک کردن به تدریج کاهش می‌یابد که علت آن چروکیدگی بافت موز و بروز پدیده سخت شدن سطحی برشهای موز است که بدلیل ژلاتینه شدن سریع نشاسته روی سطح برشها اتفاق می‌افتد که خود باعث کاهش آهنگ انتقال رطوبت در مراحل انتهایی فرآیند خشک کردن می‌شود.

جدول ۱ متوسط آهنگ خشک کردن برشهای موز را در پیش فرآیندهای مختلف نشان می‌دهد. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش ضخامت برشهای موز آهنگ خشک کردن کاهش می‌یابد (جدول ۲). اگر چه نتایج تحقیقات پیشین نشان داده که در روش خشک کردن با میکروویو با افزایش ضخامت برشها، آهنگ خشک کردن افزایش می‌یابد، به این علت که آهنگ انتقال رطوبت در نمونه در حین گرمایش میکروویو بالاست و به دلیل گرمایش حجمی و اینکه حرارت در داخل نمونه تولید می‌شود و اختلاف فشاریادی که بین مرکز و سطح محصول برقرار می‌شود. این اختلاف فشار بخار در نمونه های با ضخامت بیشتر بزرگتر است و باعث افزایش آهنگ خشک کردن می‌شود (۳، ۹ و ۱۴). اما در این آزمایشات حتی در مرحله خشک کردن با میکروویو نیز با افزایش ضخامت برشها آهنگ خشک کردن کاهش می‌یابد به نظر می‌رسد

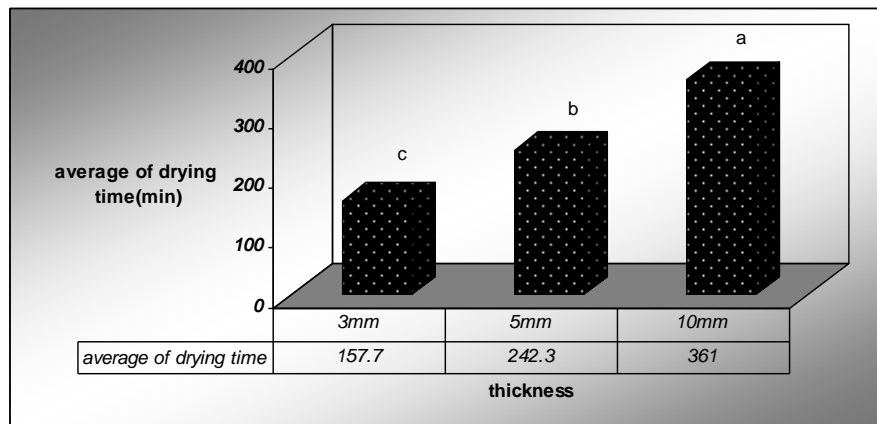
که علت آن پدیده سخت شدن سطح برشها در اثر ژلاتینه شدن نشاسته در مرحله خشک کردن با هوای گرم است.



شکل ۴- منحنی زمان خشک کردن برشهای موز با ضخامت های ۱۰، ۵ و ۳ با پیش فرآیند (T₂)



شکل ۵- منحنی زمان خشک کردن برشهای موز با ضخامت های ۱۰، ۵ و ۳ با پیش فرآیند (T₃)



شکل ۶- اثر ضخامت برشها بر زمان خشک کردن

جدول ۱- متوسط آهنک خشک کردن برشهای موز با ضخامت های ۱۰، ۵ و ۳

روش پیش فرآیند	(T ₀)	(T ₁)	(T ₂)	(T ₃)
آهنک خشک کردن (kgw/kgs/s)	۰/۰۱۵۲۱	۰/۰۱۸۳۳	۰/۰۲۱۶۷	۰/۰۳۴۰۰

جدول ۴ متوسط آهنک خشک کردن برشهای موز با پیش فرآیند (T₂)

ضخامت (mm)	آهنک خشک کردن در مرحله هوای گرم (kgw/kgs/s)	آهنک خشک کردن در مرحله مایکروویو (kgw/kgs/s)
۳	۰/۰۲۰۷۹۹	۰/۲۷۲۱۶۷
۵	۰/۰۱۱۷۲۹	۰/۱۰۳۱۰۴
۱۰	۰/۰۰۷۵۸۱	۰/۰۵۱۴۵۴

عمل خشک کردن به تدریج رنگ زرد مایل به قهوه‌ای نمایان می‌شود. تحت شرایط مشابه، برشهای تیمار شده نسبت به برشهای تیمار نشده تغییر رنگ کمتری را تجربه می‌کنند. بعلاوه پیش فرآیند T₂ تغییر رنگ کمتری را نسبت به سایر پیش فرآیندها ایجاد می‌کند (شکل ۱۰).

نتیجه گیری

- ۱ در میان پیش فرایندهای اعمال شده پیش فرایند (T₂) امتیازات بیشتری کسب کرد بنابراین با توجه به آزمایشات انجام شده در این پژوهش بهترین پیش فرایند شناخته شد.
- ۲ بهترین ضخامت برشهای موز جهت خشک کردن بعد از بررسی پارامترهای کیفی ۳ میلی‌متر است.
- ۳ با افزایش ضخامت برشها زمان خشک کردن افزایش می‌یابد.
- ۴ نمونه های تیمار شده نسبت به نمونه های تیمار نشده زمان خشک کردن کوتاهتری دارند.
- ۵ اعمال تیمارها روی برشهای موز نسبت به نمونه شاهد آهنک خشک کردن را افزایش می‌دهد.
- ۶ در هر دو مرحله خشک کردن با هوای داغ و خشک کردن با مایکروویو مرحله آهنک ثابت خشک کردن مشاهده نگردید و خشک کردن موز به طور کامل در مرحله آهنک نزولی رخ داد. پیش فرایندها، پارامترهای کیفی چپیس موز را بهبود دادند.

تأثیر پیش فرآیندها بر شاخص های کیفی

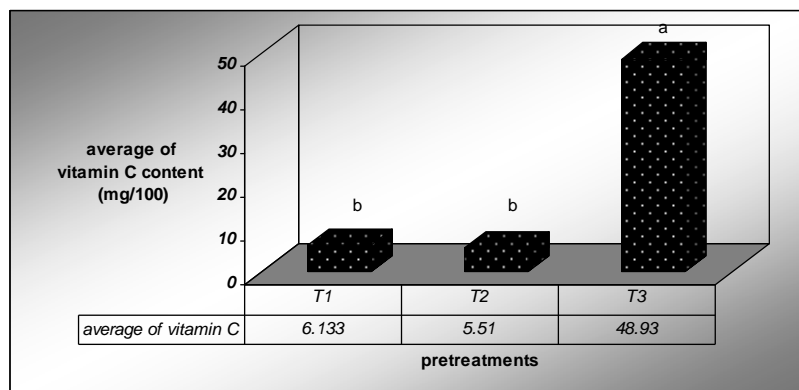
نتایج آزمایشات نشان داد که پیش فرآیندها بر روی میزان ویتامین ث در موز خشک شده اثر معنی داری داشته اند. در این مطالعه استخراج ویتامین ث با استفاده از روش تیتراسیون ۲ و ۶- دی کلرو ایندوفنل انجام شد. مقدار ویتامین ث موز تازه mg/100 ۶/۲۶ بدست آمد.

در میان سه روش پیش فرآیند، همانطور که انتظار می‌رود پیش فرآیند اسید آسکوربیک و سیتریک (T₃) کاهش کمتری در ویتامین ث ایجاد کرده است و در پیش فرآیند (T₂) نسبت به (T₁) به دلیل انحلال ویتامین ث در آب، میزان اتلاف ویتامین ث بیشتر بوده است (شکل ۷).

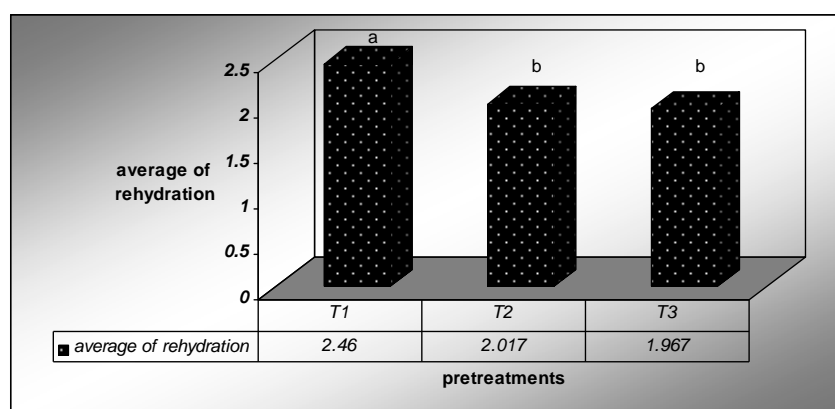
نتایج آزمایشات نشان داد که اثر پیش فرآیندها بر روی میزان جذب مجدد آب موز خشک شده معنی دار بوده است. در میان پیش فرآیند ها، پیش فرآیند (T₁) بهترین جذب مجدد آب را داشت و هیچ یک از نمونه‌ها رطوبت اولیه خود را بدست نیاوردند (شکل ۸).

نتایج آزمایشات خشک کردن نشان دادند که پیش فرآیندها بر روی میزان قند موز خشک شده تأثیر دارند. میزان قند موز تازه در حدود mg/100 ۲۶/۲ اندازه گیری شد. در بین سه روش پیش فرآیند، پیش فرآیندهایی که شامل بلانچینگ هستند به دلیل انحلال قند در آب مقدار قند را بیشتر کاهش می‌دهند (شکل ۹).

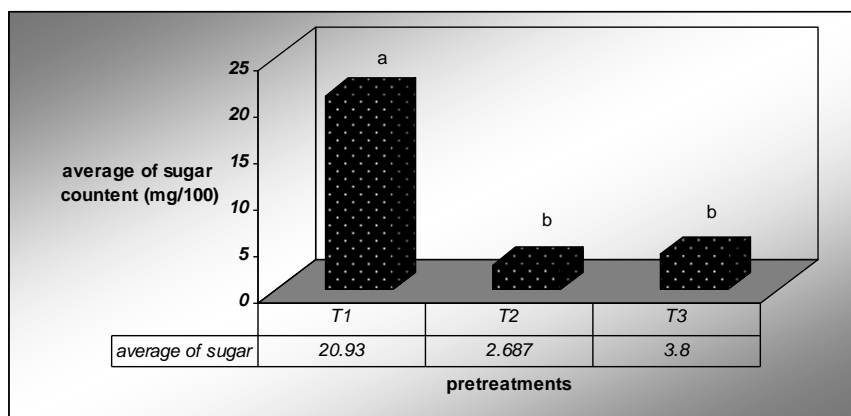
مشاهدات عینی موز های خشک شده نشان می‌دهد که پیش فرآیندها بر روی رنگ نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد اثر داشته اند. رنگ برشهای موز به طور طبیعی سفید مایل به زرد است که با شروع



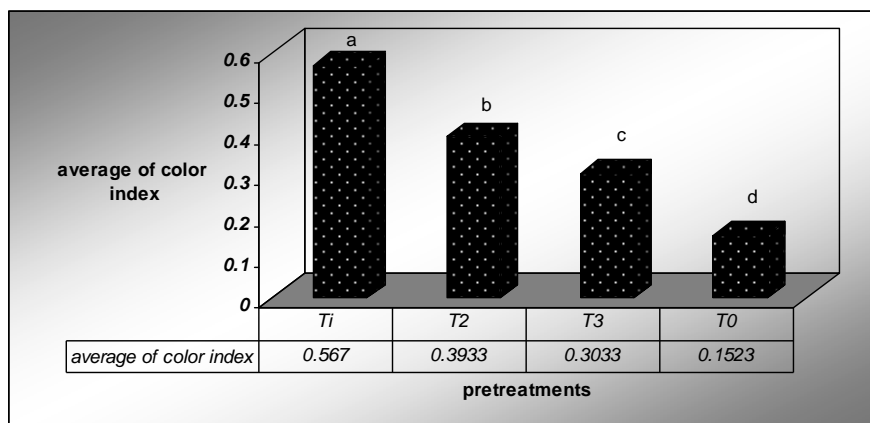
شکل ۷- اثر پیش فرآیندها بر روی میزان ویتامین ث



شکل ۸- اثر پیش فرآیندها بر روی شاخص جذب مجدد آب



شکل ۹- اثر پیش فرآیندها بر روی میزان قند



شکل ۱۰- اثر پیش فرآیندها بر روی شاخص رنگ

منابع

- ۱ پروانه و . ۱۳۷۷ . چاپ چهارم ، کنترل کیفی و آزمایشگاهی شیمیایی مواد غذایی ، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲ توکلی پور ح . ۱۳۸۶ . خشک کردن مواد غذایی ، اصول و روشها ، انتشارات آبیژ، تهران.
- ۳ زیرجانی ل، توکلی پور ح. و پدرام نیا ا . ۱۳۸۷ . بهینه سازی فرآیند خشک کردن موز با هوای داغ و مایکروویو . مجله علمی پژوهشی علوم غذایی و تغذیه ، شماره ۱ سال ششم.
- ۴ میرزمانی س . ۱۳۸۳ . فرآیند خشک کردن سیب توسط هوای داغ و بررسی برخی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی موثر در آن . پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشگاه آزاد واحد سبزوار .
- 5- Andre, Talla – Jean – Rodolph, Puiggali, wahbi Jamaa, Yves Jannot. 2004. Shrinkage and density evolution during drying of tropical fruits: application to banana. Journal of food engineering (64)103-709.
- 6- Clement K. Sancat, Francois Castaigne. 2004. Foaming and drying behavior of ripe bananas, Lebensm-wiss. u. Technol. (37) 517-525.
- 7- Devet Demiral. Mahir Turhan. 2003. Air-drying behavior of Dwarf Cavendish and Gross Michel banana slices, Journal of food Engineering, (59)1-11.
- 8- Fabiano A. N. Fernandes, sueli Rodrigues, Odissea C. P. Gaspareto, Edson L. Olivera. 2005. Optimization of Osmotic dehydration of banana followed by air-drying, Journal of food Engineering.
- 9- Garsia, R. Leal, f. & Rolz, C. 1998. Drying of bananas using microwave and air ovens. International Journal of food science and Technology, (23)73-80.
- 10- Imtiaz Hussein, M. Iqbal, Iftikhar Shakir and N. Ayub. 2004. Effect of Sucrose and Glucose Mixture on the Quality characteristics of osmotically dehydrated banana slices, Pakistan Journal of Nutrition 3(5):282-284.
- 11- K. J. Chua, A.S. Mujumdar, M. N. A. Hawlader, S. K. Chou, J. C. HO. 2002. Batch drying of banana pieces-effect stepwise change in drying air temperature on drying Kinetics and product color, food Research International, (34)721-731.
- 12- Kuek Tze lee, Mohammad Farid, Sing kiong Nguang. 2006. The mathematical modeling of the re hydration characteristics of fruits , Journal of food Engineering, (72)16-23
- 13- Md. Azharual Karim, M. N. A. Hawlader. 2005. drying characteristics of banana: theoretical modelling and experimental validation, Journal of food engineering, (70)35-45.
- 14- Medeni Maskan. 2000. Microwave/air and microwave finish drying of banana, Journal of food Engineering, (44)71-78.
- 15- N. Boudhrioua, C. Michon. G. Carelier, C. Borazzi. 2002. Influence of ripeness and temperature on changes in banana texture during drying. Journal of food Engineering, (55)115-127.
- 16- Rak Dandamrongrak, Gordon Young. Richard mason. 2002. Evaluation of various pre-treatments for the dehydration of banana and selection of suitable drying models, Journal of food Engineering, (55)139-146.
- 17- Sankat c.k., Castaigne F., & Maharaj R. 1996. The drying behavior of fresh and osmotically dehydrated banana slices. International Journal of food science and technology, (31)123-135.
- 18- Yurena Hernandez, M. Gloria Labo, Monica Gonzales. 2005. Determination of vitamin c in tropical fruits: A comparative evaluation of methods, food chemistry.