Archive of SID

بررسی تغییرات رنگ سیب‌زمینی در حین سرخ کردن در حمام روغن

ویدا مقصودی*[1] و سهیلا یغمایی[2]

۱- مربی مرکز تحقیقات مهندسی شیمی و کنترل محیط زیست، دانشگاه صنعتی شریف

۲ - استادیار دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف

چکیده

اثر شرایط سرخ کردن، بر روی تغییرات رنگ سیب‌زمینی به هنگام سرخ کردن در حمام روغن بررسی شد. مقیاس یا واحد رنگ به عنوان تابعی از متغیرهای فرایندی مثل دمای روغن، نوع روغن و ضخامت نمونه‌ها برای بررسی تغییرات رنگ مورد استفاده قرار گرفته است. سیب‌زمینیها پس از طی مراحلی شامل آب پز کردن در حمام آب به مدت ۵ تا ۱۵ دقیقه در دمای ۷۰-۸۵°C در محلولی حاوی ۰/٤ تا ۰/۸درصد وزنی کارامل، ۰/۰۲ تا ۰/۰۸درصد اولئورزین زردچوبه، ۰/۳ تا ۱/٤درصد دکستروز یا هر نوع قند کاهنده دیگر و ۰/۵ تا ۲/۲درصد وزنی سدیم اسید پیروفسفات فرو برده شد. نتایج نشان داد در ابتدای مرحله سرخ کردن روشنی رنگ سیب‌زمینیهای سرخ شده افزایش یافته و سپس ثابت می‌ماند. روشنی رنگ نیز در ضخامتهای کم، در صورتی که زمان سرخ کردن ثابت فرض شود کاهش می‌یابد. اثر ترکیب روغن بر روی روشنایی رنگ ناچیز می‌باشد. با توجه به جداول و نمودارها برای بیشتر شدن روشنایی رنگ سیب‌زمینیها، باید دمای روغن را کاهش و ضخامت خلالها را افزایش داد. بنابراین دمای روغن و ضخامت قطعات از جمله متغیرهای فرایندی هستند که اثرات قابل ملاحظه‌ای بر روی پارامترهای رنگی دارند که البته روغن هیدروژنه تأثیری در آنها ندارد. در دمای ۱۷۰ °C محصول روشنتری به دست می‌آید.

کلید واژگان: سیب‌زمینی سوخاری، آب پز کردن، روشنایی، بهینه‌سازی، تغییر رنگ

۱- مقدمه

در صنایع غذایی خواص کیفی سیب‌زمینیهای سرخ شده از اهمیت زیادی برخوردار است و رنگ سیب‌زمینیها از بهترین فاکتورهای کیفی می‌باشد. در فرایندهای سرخ کردن پدیده‌های انتقال جرم و حرارت باعث تغییرات فیزیکی و شیمیایی در محصول شده که در این حالت، رنگ سیب‌زمینیها نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد. متغیرهای فرایندی مثل دمای روغن، نوع روغن و ابعاد نمونه بر روی تغییر رنگ تأثیر دارند. در صنایع غذایی تهیه خلالهای سیب‌زمینی کمرنگ بدون اعمال بعضی از فرایندها افزایش برخی مواد شیمیایی بر روی ورقه‌های سیب‌زمینی امکان‌پذیر نیست. بعضی از روشها برای تهیه محصولاتی کمرنگ، مورد توجه‌اند. در این میان روشهای شیمیایی مثل اضافه کردن سولفیتها و عوامل ضد قهوه‌ای شدن پیشنهاد شده است. البته امروزه، به علت افزایش حملات آسم در افراد حساس، ایمنی این روش مورد تردید قرار گرفته است [۱]؛ بنابراین اهمیت ارایه روشی نوین برای کاهش میزان قهوه‌ای شدن[1] و تغییر رنگ در این قسمت مشخص می‌شود. رنگ سیب‌زمینیهای سرخ شده و چیپسهای سیب‌زمینی به میزان قندهای کاهنده موجود در آن مربوط می‌باشد. مشخص شده میزان قندهای کاهنده موجود، با گذشت زمان نگهداری، افزایش می‌یابد [۲].

تجمع قندهای کاهنده در غده‌های سیب‌زمینی باعث قهوه‌ای شدن بیش از اندازه سیب‌زمینیهای سرخ شده و چیپسهای سیب‌زمینی می‌شود. برای کاهش میزان قندهای کاهنده، معمولا غده‌ها در دمای ۲۱ °C، به مدت ۱ تا ۳ هفته قبل از فرایند سرخ شدن نگهداری می‌شوند [۳]. در روشی دیگر، سیب‌زمینیها در آب جوشانده می‌شوند تا قندهای کاهنده موجود خارج شوند[٤]. فرو بردن خلالهای سیب‌زمینی در نیتروژن مایع یا دی‌کلرو، دی‌فلویورومتان در کاهش میزان قهوه‌ای شدن سیب زمینیها، موثر می‌باشد[۵،۶]. در تحقیق دیگر، اثر انجماد سطح روی تغییرات رنگ سیب‌زمینیها، قبل از سرخ کردن بررسی شد. انجماد سطح قبل از سرخ کردن، روشی موثر برای کاهش میزان روغن و

* مسؤول مکاتبات مقاله maghsodi@sharif.edu

1. Browning

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین بهبود خواص رنگی سیب‌زمینیها است [۵]. اسمیت[1]، سیب‌زمینیها را در محلولی از گلوکزاکسیداز فروبرد، این آنزیم، گلوکز را که یکی از قندهای احیا کننده و مسؤول بخشی از تغییر رنگ می‌باشد به گلوکونیک اسید تبدیل می‌کند. ماده اخیر در واکنشهای تغییر رنگ شرکت نمی‌کند[۷]. تلاشهایی برای استفاده از این روش به منظور کاهش میزان خلالهای سیب‌زمینی تیره‌رنگ صورت گرفته است. البته این روش از لحاظ اقتصادی، صرفه ندارد.

روشی ساده برای تغییر شرایط سطحی سیب‌زمینی فروبردن خلالهای سیب‌زمینی در یک محلول قبل از سرخ کردن است که زمان مناسبی نیز برای این کار لازم است. نوع محلول مصرفی و همچنین طول مدت نگهداری به وسیله خواص ارگانولپتیک محلول تعیین می‌شود، به عبارت دیگر، باید یک آب گیری اسمزی کوتاه مدت انجام پذیرد.

محلولهای به کار رفته حاوی مخلوطی از کارامل[2]، اولئورزین[3] زردچوبه و دکستروز یا هر نوع قند کاهنده دیگر می‌باشند. البته باید توجه داشت در حالی که این محلول نقش مهمی در کاهش میزان جذب روغن دارد، طعم و مزه سیب‌زمینیها را نیز ممکن است تغییر دهد. به ویژه حرارت دادن قندهای کاهنده باعث بروز واکنشهای پیچیده‌ای می‌شود که به نام کاراملیزاسیون[4] معروف می‌باشند، این واکنشها موجب تغییر رنگ پوسته سیب‌زمینی شده و بنابراین مطالعه این واکنشها مهم و ضروری می‌باشد.

تغییرات رنگ یک پدیده سطحی است به طوری که به جای دمای روغن و یا دمای مرکز از دمای سطح[5] Ts اجسام استفاده می‌شود. دمای روغن به هنگام سرخ کردن با یک افت ناگهانی همراه بوده و پس از این افت به کندی دمای روغن افزایش می یابد. علاوه بر اینها، دمای سطح، بسته به ضخامت سیب‌زمینی، ممکن است بیشتر از دمای هسته سیب‌زمینی باشد. همچنین نرخ تغییر رنگ همان طوری که انتظار می‌رود به رطوبت نیز بستگی دارد[۸].

هدف این مطالعه، بررسی تغییرات رنگ به هنگام سرخ کردن سیب‌زمینیهای سرخ شده در حمام روغن می‌باشد. اثر مهم‌ترین پارامترهای فرایندی مثل دمای روغن، اندازه خلالهای سیب‌زمینی و غلظت روغن هیدروژنه، نیز مورد بررسی قرار گرفت.

1. Smith
2. Caramel
3. Oleorezine
4. Caramelization
5. Temprature surface

www.SID.ir

Archive of SID

۲- مواد و روشها

سیب‌زمینیهایی از گونه آگریا[1] از محصولات کشاورزی بهار همدان برای آزمایش انتخاب شد. پس از شستن و پوست کندن، سیب‌زمینیها را تا دمای ۴۰°C به مدت ۱۰ دقیقه پیشگرم نموده و بعد به شکل خلالهایی با سطح مقطع ۵×۵، ۱۰×۱۰، ۱۵×۱۵mm، و طول ۵۰mm، برش داده شدند. برشها برای جلوگیری از فعالیت آنزیمها مدت کوتاهی در آب جوشانده شدند و همچنین نشاسته موجود نیز ژلاتینی شد. در این حین قندهای اضافی نیز حذف شده و از ایجاد رنگ قهوه‌ای کنترل نشده در زمان سرخ کردن جلوگیری می‌شود. همچنین خلالهای سیب‌زمینی برای کاهش اثرات تغییر رنگ آنزیمی، در محلولی از سدیم اسید پیروفسفات فروبرده شد. قطعات در این محلول به مدت ۸ دقیقه در دمای ۲۵ °C خنک گردید.

۲-۱- سرخ کردن

یک سرخ کن معمولی برای سرخ کردن به کار رفت. این سرخ کن، ترموستاتی برای ثابت نگه داشتن دما داشت. سرخ کن با ۱ لیتر روغن پر شد و نسبت سیب‌زمینی به روغن w/v ۱: ۵ بود. روغن آفتاب‌گردان تصفیه شده، روغن آفتابگردان هیدروژنه یا مخلوط ۱:۱ برای سرخ کردن به کار رفت. دمای سرخ کردن در ۱۵۰°C و ۱۷۰°C و ۱۹۰°C بود. خلالهای سیب‌زمینی به مدت ۳،۱، ۵، ۷ و ۱۰ دقیقه برای اندازه‌گیری رنگ در حین فرایند سرخ کردن به کار رفت. نمونه‌های سرخ شده از حمام روغن خارج، و بر روی کاغذ جاذب منتقل شدند. پس از هر مرحله آزمایش سرخ کردن، سطح روغن بررسی و در صورت کاهش، مقداری روغن افزوده شد و پس از هر ساعت سرخ کردن روغن تعویض گشت. در روشی مشابه، سیب‌زمینیها در محلولی با فرمولاسیون زیر فرو برده می‌شوند تا رنگ و طعم مورد نظر به آنها اضافه شود. محلول مورد نظر دارای فرمول زیر می‌باشد: ۰/۳۵ تا ۰/۸ درصد وزنی کارامل، بین ۲٪ تا ۸٪ درصد وزنی اولئورزین زردچوبه و بین ۰/۲ تا ۲/۲ درصد وزنی سدیم اسید پیروفسفات. در صورت نیاز می توان برای بهبود در طعم، یک قند احیا کننده نیز به ترکیب فوق اضافه کرد و کیفیت رنگ را بهبود بخشید. این قندها را می‌توان به میزان ۰/۳ تا ۱/٤ درصد وزنی بسته به نوع قند مصرفی، استفاده کرد. بعد از فرو بردن قطعات سیب‌زمینی در محلول فوق، این قطعات را به مدت ۵ تا ۱۵ دقیقه در دمای ۵۰ °C خشک می‌کنند. دما را می‌توان تا ۱۰۵ °C افزایش داد. بعد از خشک کردن، قطعات فوق را به مدت ۱ تا ۲ دقیقه در دمای ۱۷۰ تا ۱۸۰ °C سرخ می‌کنند. تمام آزمایشها در ۲ مرحله انجام پذیرفت و شاخصهای ارایه شده متوسط این مقادیر می باشند.

۲-۲- اندازه گیری رنگ

پارامترهای رنگ با رنگ‌سنج[2] ، اندازه‌گیری شدند. در این روش مقیاس رنگ[3] بر حسب روشنایی[4] و بر حسب زمان اندازه گرفته می‌شوند. نمونه‌ها با استفاده از صفحات سرامیکی سیاه و سفید (خاکستری ملایم)، کالیبره می‌شوند و میزان برگشت رنگ به صورت روشنایی (L) در دستگاه ثبت می‌شود [۹]. نمونه‌ها در ۵ محل مختلف برای تعیین پارامترهای رنگی اسکن[5] شدند. نمونه‌های گزارش شده بطور متوسط ۵ مورد می‌باشد. میزان برگشت پذیری نور را بعد از برخورد به جسم- که قابل اندازه گیری با وسایل نوری می‌باشد- روشنایی رنگ می‌نامند.

۳- نتایج و بحث

با توجه به جدول و شکل ۱، در ابتدای مرحله سرخ کردن روشنایی رنگ سیب‌زمینیهای سرخ شده افزایش یافت و سپس ثابت ماند. دمای روغن، اثر ناچیزی بر روی این پدیده دارد با افزایش دما، روشنی کاهش یافته و به مقدار تعادلی ۷٤ تا ۷۸°C می‌رسد. اندازه خلالهای سیب‌زمینی به نحو موثری روشنی نمونه‌ها را در حین فرایند سرخ کردن تحت تأثیر قرار می‌دهد. روشنی رنگ در ضخامتهای کم، در صورتی که زمان سرخ کردن ثابت فرض شود، کاهش می‌یابد (شکل و جدول ۲). اثر ترکیب روغن بر روی روشنی ناچیز می‌باشد. این موضوع در جدول و شکل ۳ مشاهده می شود. بنابراین با توجه به شکل‌های ۱ و ۲ برای کاهش میزان روشنایی رنگ سیب‌زمینیها، باید دمای روغن را کاهش و ضخامت خلالها را افزایش داد. کارامل به محلول اضافه می‌شود تا به محصول نهایی طعم و رنگ مناسبی بدهد. ترجیحاً کارامل در مقادیری بین ۰/۸ درصد و ۰/٤ درصد وزنی اضافه می‌شود. میزان کارامل نباید از ۰/٤درصد تجاوز کند، زیرا در این صورت رنگ محصول به شدت تیره و به گونه‌ای غیرقابل قبول در می‌آید.

1. Agria

2. Hunter
3. Color scale
4. Lightness
5. Scan

www.SID.ir

Archive of SID

برابانتی[1] و همکاران [۱۰] افزایش میزان ۷ و ۳ درصد وزنی گلوکز و سدیم کلراید را به‌عنوان بهتر شدن رنگ و جذب کمتر روغن پیشنهاد کرده‌اند. همچنین اسمیت با غوطه‌ور سازی سیب‌زمینی [۷] در محلول گلوکز دی اکسیداز با تبدیل گلوکز موجود به اسید گلوکورونیک از قهوه‌ای شدن سیب‌زمینی جلوگیری کرد. ولی این روش اقتصادی نمی‌باشد. افزایش سدیم‌اسید پیروفسفات[2] برای به حداقل رساندن تغییر رنگ محصول حاصل از وجود یونهای معدنی در آب فرایند می‌باشد. ترجیحاً این عامل در مقادیر ۰/۲ تا ۰/٤ درصد وزنی به کار گرفته می‌شود. در تحقیقاتی نیز در سالهای ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰ از ترکیباتی مانند سدیم‌اسید پیروفسفات نمکهای سدیم و پلی ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای استفاده شده است که تاثیر آنها با نوع ماده خام و مدت زمان نگهداری محصول متفاوت می‌باشد [۱۲،۱۱]. استفاده از دماهای پایین روغن (حداکثر ۱۷۰°C) باعث ایجاد محصولهای روشن تر، با قرمزی کمتر و رنگ زرد بیشتری می‌شود. تعویض روغن تصفیه شده آفتابگردان با روغن هیدروژنه تأثیری ناچیز در نتایج فوق داشت. به ضخامت نمونه‌ها نیز باید توجه شود، زیرا ضخامت کمتر باعث ایجاد محصولی با روشنایی کمتر و رنگ زرد بیشتری می‌شود. اما رنگ قرمز تنها در مواردی شدید است که دمای بالا اعمال شده است.

٤- نتیجه‌گیری

از شکل‌های ۱، ۲ و ۳ این طور استنباط می‌شود که در ابتدای مرحله سرخ کردن، روشنی رنگ سیب‌زمینیهای سرخ شده افزایش یافته و سپس ثابت می‌ماند. اندازه خلال سیب‌زمینی به نحو مؤثری روشنی نمونه‌ها را در حین فرایند سرخ کردن تحت تأثیر قرار می‌دهد. روشنی رنگ در ضخامتهای کم کاهش یافته در صورتی که زمان سرخ کردن ثابت فرض شود. از جمله متغیرهای که به نحو شدیدی پارامترهای رنگی را در حین فرایند، تحت تأثیر قرار می‌دهند دمای روغن و ضخامت نمونه‌ها می‌باشند. نوع روغن تأثیر زیادی بر این فاکتورها ندارد. تغییرات رنگی به هنگام اعمال دمای بالا و ضخامت نمونه‌های کم، شدیدتر است. فرو بردن سیب‌زمینیهای شکل دهی شده به داخل محلولی متشکل از ۰/۰۸ تا ۰/٤ درصد وزنی کارامل، ۰/۲ تا ۰/۰۸ درصد وزنی اولیورزین زردچوبه، ۰/۵ تا ۲/۲ درصد وزنی سدیم اسید پیروفسفات می‌باشد. فرایند پیشنهادی از محلولی استفاده می‌کند

1. Brabanti
2. Sodium acid pyrophosphate

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱ نتایج حاصل از اثر دما بر روشنایی خلالهای سرخ شده

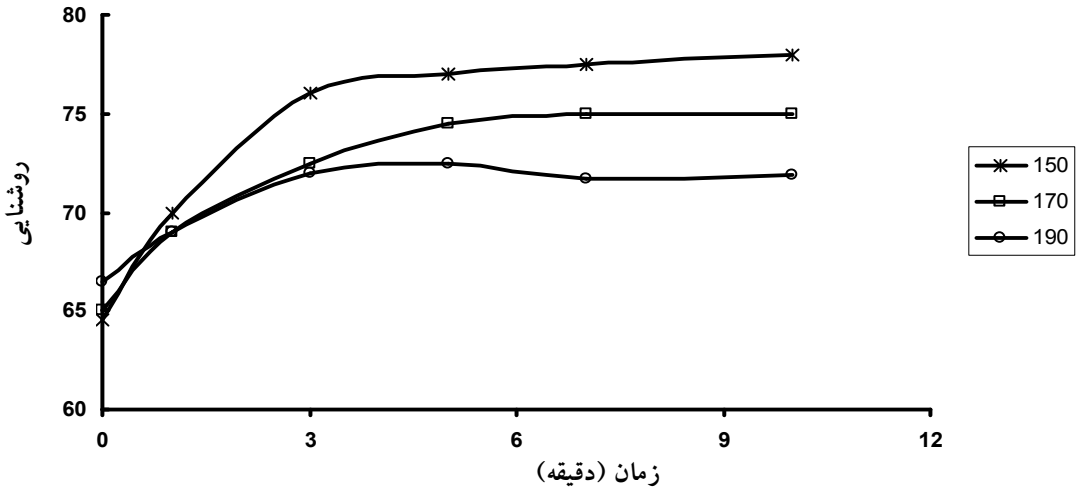
زمان(دقیقه)/ دمای روغن (درجه سانتیگراد)	۰	۱	۳	۵	۷	۱۰
۱۵۰	٦٤/٥	۷۰	۷٦	۷۷	۷۷/٥	۷۸
۱۷۰	٦٥	٦۹	۷۲/٥	۷٤/٥	۷٥	۷٥
۱۹۰	٦٦/٥	٦۹	۷۲	۷۲/٥	۷۱/۷	۷۱/۹

جدول ۲ نتایج حاصل از اثر ضخامت خلالها بر روی روشنایی خلالهای سرخ شده

زمان(دقیقه)/ دمای روغن (درجه سانتیگراد)	۰	۱	۳	۵	۷	۱۰
٥	٦۷/٥	۷۲	۷۲/٥	۷۳	۷۳	۷٤
۱۰	٦٥	٦۹	۷۳	۷٤/٥	۷٤/٥	۷٥
۱٥	٦۸	۷۰	۷٥	۷۸	۷۷	۷۷/٥

جدول ۳ نتایج حاصل از روغن هیدروژنه بر روی روشنایی خلالهای سرخ شده

زمان(دقیقه)/ دمای روغن (درجه سانتیگراد)	۰	۱	۳	۵	۷	۱۰
۱۰۰	٦٦	۷۰	۷۳/٥	۷٤	۷٤	۷٤
٥۰	٦٥	٦۹	۷۳	۷٤/٥	۷٥	۷٤
۰	٦٦	٦۷/۳	۷٤/٥	۷٥/٥	۷٤	۷٤/٥



شکل ۱ تغییرات روشنایی بر حسب زمان (دقیقه)

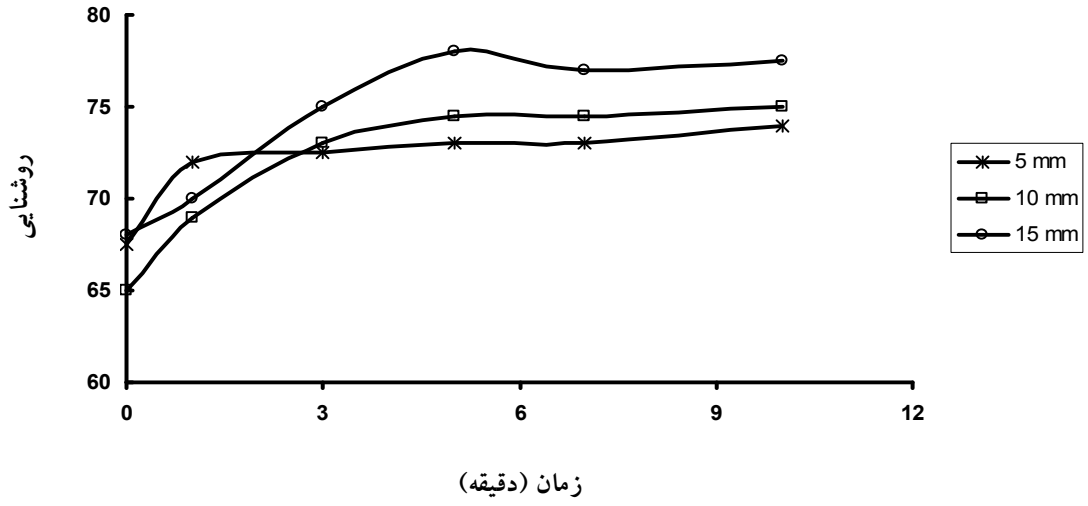
ضخامت خلالها ۱۰mm، نسبت روغن جامد به مایع = ۱ : ۱

www.SID.ir

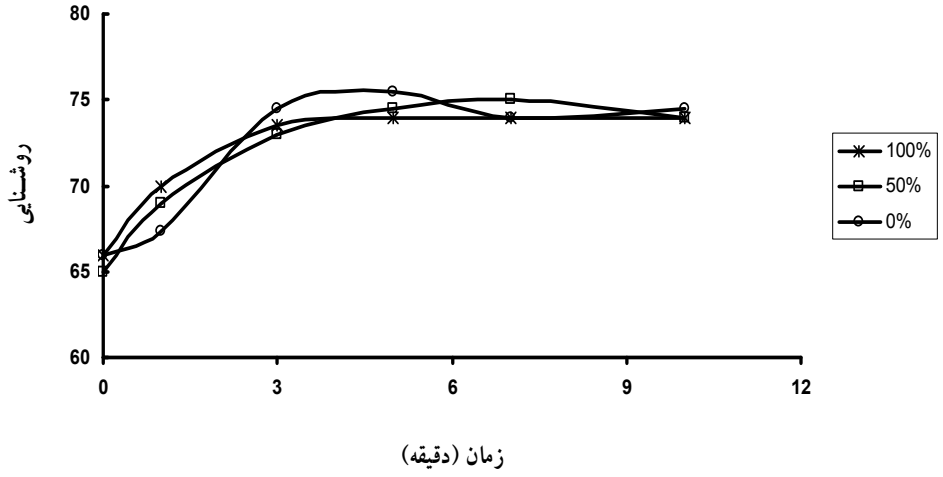
Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲ تغییرات روشنایی بر حسب زمان (دقیقه)
دمای روغن °C ۱۷۰، نسبت روغن جامد به مایع = ۱ : ۱



شکل ۳ تغییرات روشنایی خلالهای سیب‌زمینی بر حسب زمان (دقیقه)
دمای روغن °C ۱۷۰، ضخامت خلالها ۱۰mm

که ممکن است ۰/۳ تا ۱/٤ درصد وزنی قند کاهنده نیز داشته باشد. این قند کاهنده می‌تواند دکستروز یا گلوکز باشد.

۵- تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه صنعتی شریف به خاطر حمایت مالی این پروژه کمال تشکر و قدردانی دارند.

٦- منابع

[1] Sulivan, D. M., Smith, R. L. 1985. Determination of sulfites in foods by ion chromatography. Food Technology; 39: 45–48.

[2] Watada, A. E., Kunkel, K. 1998. The variation in reducing sugar content in

www.SID.ir

Archive of SID

Potato Journal. 43: 138–142.

[3] Heinze, P. H., Kilpatrick, M. E., Dochterman, E. F. 1995. Cooking quality and compositional factors of potatoes of different varieties from several commercial locations. USDA Technology Bulletin. 1106: 69.

[4] Brown, M. S., Morales, J. W. 1980. Determination of blanching conditions for frozen par-fried potatoes. American Potato Journal. 47: 323.

[5] Schwimmer, S., Bevenue, A., weston, W. J., Potterr, A. L. 1984. Potato composition survey of major and minor suger and starch components of the white potato. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2: 1284.

[6] Miller, R. A., Harrington, J. D., kuhn, G. P. 1975, 1987. Effect of variety and harvest data on tuber sugars and chip color. American Potato Journal, 32: 132, 379.

[7] Talburt, O. Smith; 1975. Potato Chips. In Potato Processing, New York; Van Nostrand Reinhold AV1, 305–402.

[8] Hautala, E., Nokana. M., Weaver, M. L. 1972. Variables affecting sugar removal in different varieties of potatoes. American Potato Journal.49: 457.

Freez-Leached potato Strips. American

[9] Billmeyer, F. W. 1981. Principales of Color Technology. Second Ed. John Wiley and Sons, Incpp: 62.

[10] Barbanti, D., Pinnavaia, G. 1992. Frozen French Fried Potatoes Process Optimization. Engineering and Food. Advanced Processes. Edited by W.E.L. Spiess and H. Schuert . 2: 459–467.

[11] Ni, H., Datta, A. K. 1999. Moisture, Oil and Energy Transport During Deep-Fat Frying of Food Materials. Transsaction of 1 Chem. Engr. Part C: Food and Bioproducts Processing 77: 194–204.

[12] Mattinson, B. Jenesn, E. 2000. Process of Coloring French Fry Potatoes. U.S Patent No 5: 6, 113, 959.

www.SID.ir