

# بررسی تغییرات رنگ سیب‌زمینی در حین سرخ کردن در حمام روغن

ویدا مقصودی<sup>۱\*</sup> و سهیلا یغمایی<sup>۲</sup>

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. سیب‌زمینها پس از طی مراحل شامل آب پز کردن در حمام آب به مدت ۵ تا ۱۵ دقیقه در دمای  $70^{\circ}\text{C}$  تا  $85^{\circ}\text{C}$  در محلولی حاوی  $0/4$  تا  $0/8$  درصد وزنی کارامل،  $0/2$  تا  $0/8$  درصد اولئورزین زردچوبه،  $0/3$  تا  $1/4$  درصد دکستروز یا هر نوع قند کاهنده دیگر و  $0/5$  تا  $2/2$  درصد وزنی سدیم اسید پیروفسفات فرو برده شد. نتایج نشان داد در ابتدای مرحله سرخ کردن روشنی رنگ سیب‌زمینهای 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 سیب‌زمینها، باید دمای روغن را کاهش و ضخامت خالها 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  $170^{\circ}\text{C}$  محصول روشنتری به دست می‌آید.

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

## ۱- مقدمه

در صنایع غذایی خواص کیفی سیب‌زمینهای سرخ شده از اهمیت زیادی برخوردار است و رنگ سیب‌زمینها 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 سیب‌زمینها 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 خالهای سیب‌زمینی کم‌رنگ بدون اعمال بعضی از فرایندها افزایش برخی مواد شیمیایی بر روی ورقه‌های سیب‌زمینی امکان‌پذیر نیست. بعضی از روشها برای تهیه محصولات 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 آرایه

روشی نوین برای کاهش میزان قهوه‌ای شدن<sup>۱</sup> و تغییر رنگ در این قسمت مشخص می‌شود. رنگ سیب‌زمینهای سرخ شده و چپسهای 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 سیب‌زمینهای سرخ شده و چپسهای سیب‌زمینی می‌شود. برای کاهش میزان قندهای کاهنده، معمولاً غده‌ها در دمای  $21^{\circ}\text{C}$ ، به مدت ۱ تا ۳ هفته قبل از فرایند سرخ شدن نگهداری می‌شوند [۳]. در روشی دیگر، سیب‌زمینها در آب جوشانده می‌شوند تا قندهای کاهنده موجود خارج شوند [۴]. فرو بردن خالهای سیب‌زمینی در نیتروژن مایع یا دی‌کلرو، دی‌فلوئورومتان در کاهش میزان قهوه‌ای شدن سیب‌زمینها، موثر می‌باشد [۵،۶]. در تحقیق دیگر، اثر انجماد سطح روی تغییرات رنگ سیب‌زمینها، قبل از سرخ کردن بررسی شد. انجماد سطح قبل از سرخ کردن، روشی موثر برای کاهش میزان روغن و

1. Browning

\* مسؤول مکاتبات مقاله [magsodi@sharif.edu](mailto:magsodi@sharif.edu)

همچنین بهبود خواص رنگی سیب زمینیها است [5]. اسمیت<sup>۱</sup>، سیب زمینیها را در محلولی از گلوکز اکسیداز فروبرد، این آنزیم، گلوکز را که یکی از قندهای احیا کننده و مسؤول بخشی از تغییر رنگ می باشد به گلوکونیک اسید تبدیل می کند. ماده اخیر در واکنشهای تغییر رنگ شرکت نمی کند [7]. تلاشهایی برای استفاده از این روش به منظور کاهش میزان خلالاتهای سیب زمینی تیره رنگ صورت گرفته است. البته این روش از لحاظ اقتصادی، صرفه ندارد.

روشی ساده برای تغییر شرایط سطحی سیب زمینی فروبردن خلالاتهای سیب زمینی 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 می شود، به عبارت دیگر، باید یک آب گیری اسمزی کوتاه مدت انجام پذیرد.

محلولهای به کار رفته حاوی مخلوطی از کارامل<sup>۲</sup>، اولئورزین<sup>۳</sup> زردچوبه و دکستروز یا هر نوع قند کاهنده دیگر می باشند. البته باید توجه داشت در حالی که این محلول نقش مهمی در کاهش میزان جذب روغن دارد، طعم و مزه سیب زمینیها را نیز ممکن است تغییر دهد. به ویژه حرارت دادن قندهای کاهنده باعث بروز واکنشهای پیچیده ای می شود که به نام کاراملیزاسیون<sup>۴</sup> معروف می باشند، این واکنشها موجب تغییر رنگ پوسته سیب زمینی شده و بنابراین مطالعه این واکنشها مهم و ضروری می باشد.

تغییرات رنگ یک پدیده سطحی است به طوری که به جای دمای روغن و یا دمای مرکز از دمای سطح<sup>۵</sup>  $T_s$  اجسام استفاده می شود. 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 سیب زمینی، ممکن است بیشتر از دمای هسته سیب زمینی باشد. همچنین نرخ تغییر رنگ همان طوری که انتظار می رود به رطوبت نیز بستگی دارد [8].

هدف این مطالعه، بررسی تغییرات رنگ به هنگام سرخ کردن سیب زمینیهای سرخ شده در حمام روغن می باشد. اثر مهم ترین پارامترهای فرایندی مثل دمای روغن، اندازه خلالاتهای سیب زمینی و غلظت روغن هیدروژنه، نیز مورد بررسی قرار گرفت.

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

## ۲- مواد و روشها

۵۰ °C خشک می کنند. دما را می توان 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 می کنند. تمام آزمایشها در ۲ مرحله انجام پذیرفت و شاخصهای ارایه شده متوسط این مقادیر می باشند.

## ۲-۲- اندازه گیری رنگ

پارامترهای رنگ با رنگ سنج<sup>۲</sup>، اندازه گیری شدند. در این روش مقیاس رنگ<sup>۳</sup> بر حسب روشنایی<sup>۴</sup> و بر حسب زمان اندازه گرفته می شوند. نمونه ها با استفاده از صفحات سرامیکی سیاه و سفید (خاکستری ملایم)، کالیبره می شوند و میزان برگشت رنگ به صورت روشنایی (L) در دستگاه ثبت می شود [۹]. نمونه ها در ۵ محل مختلف برای تعیین پارامترهای رنگی اسکن<sup>۵</sup> شدند. نمونه های گزارش شده بطور متوسط ۵ مورد می باشد. میزان برگشت پذیری نور را بعد از برخورد به جسم - که قابل اندازه گیری با وسایل نوری می باشد - روشنایی رنگ می نامند.

## 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 ۷۴ تا ۷۸ °C می رسد. اندازه خلالهای سیبزمینی به نحو موثری روشنی نمونه ها را در حین فرایند سرخ کردن تحت تأثیر قرار می دهد. روشنی رنگ در ضخامتهای کم، در صورتی که زمان سرخ کردن ثابت فرض شود، کاهش می یابد (شکل و جدول ۲). اثر ترکیب روغن بر روی روشنی ناچیز می باشد. این موضوع در جدول و شکل ۳ مشاهده می شود. بنابراین با توجه به شکل های ۱ و ۲ برای کاهش میزان روشنایی رنگ سیبزمینیها، باید دمای روغن را کاهش و ضخامت خلالها را افزایش داد. کارامل به محلول اضافه می شود تا به محصول نهایی طعم و رنگ مناسبی بدهد. ترجیحاً کارامل در مقادیری بین ۰/۸ درصد و ۰/۴ درصد وزنی اضافه می شود. میزان کارامل نباید از ۰/۴ درصد تجاوز کند، زیرا در این صورت رنگ محصول به شدت تیره و به گونه ای غیرقابل قبول در می آید.

سیبزمینیهایی از گونه آگریا<sup>۱</sup> 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، ۱۵×۱۵ mm، و طول ۵۰ mm، 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 قهوه ای کنترل نشده در زمان سرخ کردن جلوگیری می شود. 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 ۵:۱ w/v بود. روغن آفتابگردان تصفیه شده، روغن آفتابگردان هیدروژنه یا مخلوط ۱:۱ برای سرخ کردن به کار رفت. دمای سرخ کردن در ۱۵۰ °C، ۱۷۰ °C و ۱۹۰ °C بود. خلالهای سیبزمینی به مدت ۳، ۵، ۷ و ۱۰ دقیقه برای اندازه گیری رنگ در حین فرایند سرخ کردن به کار رفت. نمونه های 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 می شوند تا رنگ و طعم مورد نظر به آنها اضافه شود. محلول مورد نظر دارای فرمول زیر می باشد: ۰/۳۵ تا ۰/۸ درصد وزنی کارامل، ۲/۲ تا ۸/۸ 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 می توان به میزان ۰/۳ تا ۱/۴ 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

1. Agria

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

برابانتی<sup>۱</sup> و همکاران [۱۰] افزایش میزان ۷ و ۳ درصد وزنی گلوکز و سدیم کلراید را به عنوان بهتر شدن رنگ و جذب کمتر روغن پیشنهاد کرده‌اند. همچنین اسمیت با غوطه‌ور سازی سیب زمینی [۷] در محلول گلوکز دی اکسیداز با تبدیل گلوکز موجود به اسید گلوکورونیک از قهوه‌ای شدن سیب زمینی جلوگیری کرد. ولی این روش اقتصادی نمی‌باشد. افزایش سدیم اسید پیروفسفات<sup>۲</sup> برای به حداقل رساندن تغییر رنگ محصول حاصل از وجود یونهای معدنی در آب فرایند می‌باشد. ترجیحاً این عامل در مقادیر ۰/۲ تا ۰/۴ درصد وزنی به کار گرفته می‌شود. در تحقیقاتی نیز در سالهای ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰ از ترکیباتی مانند سدیم اسید 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 [۱۱، ۱۲]. 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.

#### ۴- نتیجه گیری

از شکل های ۱، ۲ و ۳ این طور استنباط می‌شود که در ابتدای مرحله سرخ کردن، روشنی رنگ سیب زمینیهای سرخ شده افزایش یافته و سپس ثابت می‌ماند. اندازه خلال سیب زمینی 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 سیب زمینیهای شکل دهی شده به داخل محلولی متشکل از ۰/۰۸ تا ۰/۴ 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

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

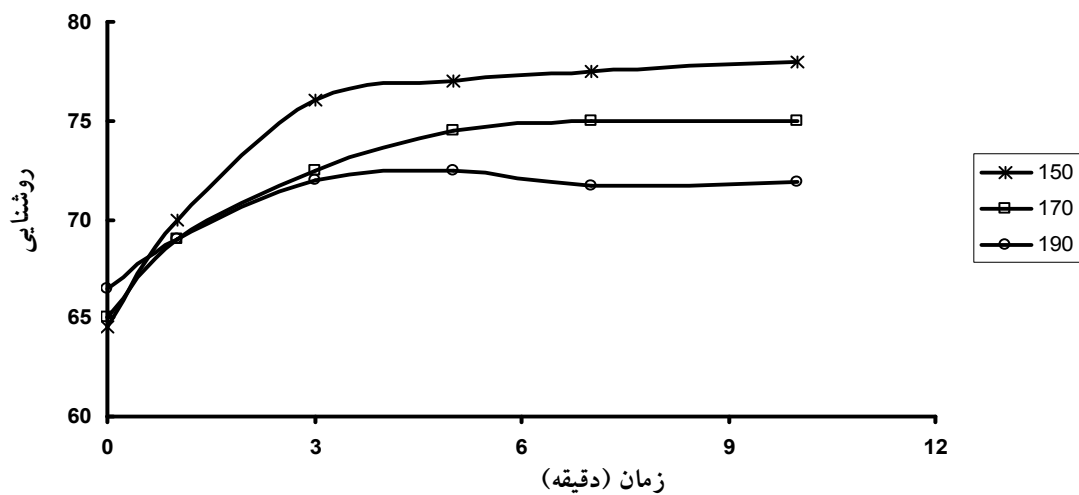
زمان(دقیقه)/دمای روغن (درجه سانتیگراد)	۰	۱	۳	۵	۷	۱۰
۱۵۰	۶۴/۵	۷۰	۷۶	۷۷	۷۷/۵	۷۸
۱۷۰	۶۵	۶۹	۷۲/۵	۷۴/۵	۷۵	۷۵
۱۹۰	۶۶/۵	۶۹	۷۲	۷۲/۵	۷۱/۷	۷۱/۹

جدول ۲ نتایج حاصل از اثر ضخامت خالها بر روی روشنایی خالهای سرخ شده

زمان(دقیقه)/دمای روغن (درجه سانتیگراد)	۰	۱	۳	۵	۷	۱۰
۵	۶۷/۵	۷۲	۷۲/۵	۷۳	۷۳	۷۴
۱۰	۶۵	۶۹	۷۳	۷۴/۵	۷۴/۵	۷۵
۱۵	۶۸	۷۰	۷۵	۷۸	۷۷	۷۷/۵

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

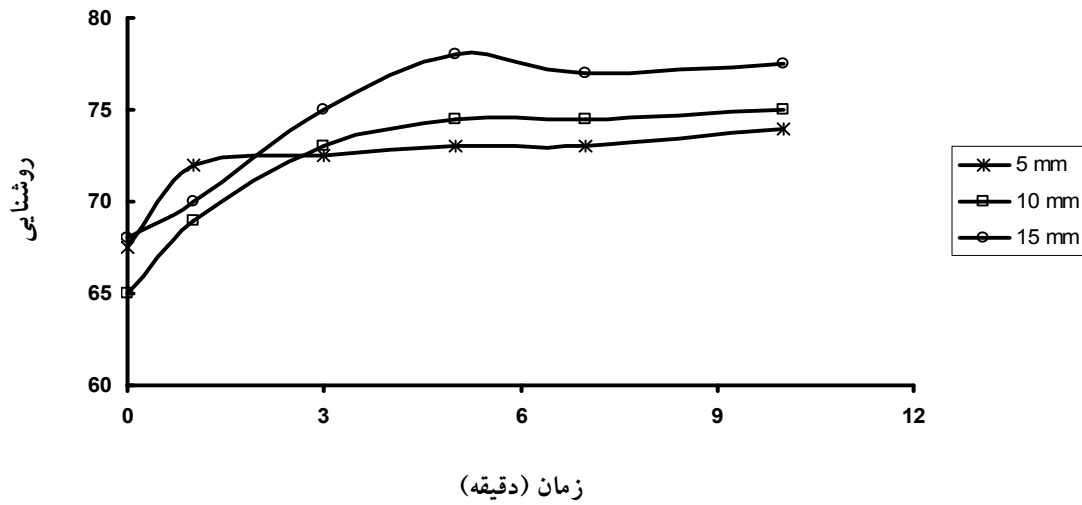
زمان(دقیقه)/دمای روغن (درجه سانتیگراد)	۰	۱	۳	۵	۷	۱۰
۱۰۰	۶۶	۷۰	۷۳/۵	۷۴	۷۴	۷۴
۵۰	۶۵	۶۹	۷۳	۷۴/۵	۷۵	۷۴
۰	۶۶	۶۷/۳	۷۴/۵	۷۵/۵	۷۴	۷۴/۵



شکل ۱ تغییرات روشنایی بر حسب زمان (دقیقه)

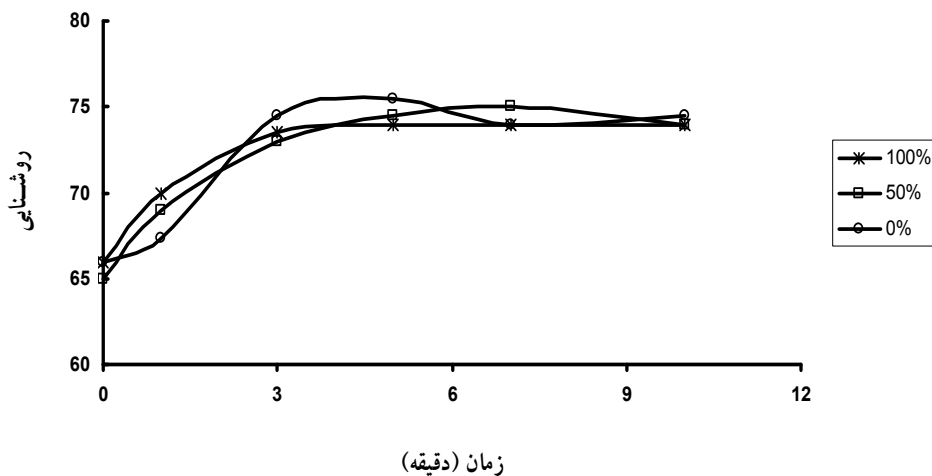
ضخامت خالها ۱۰mm، نسبت روغن جامد به مایع = ۱ : ۱





شکل ۲ تغییرات روشنایی بر حسب زمان (دقیقه)

دمای روغن  $170^{\circ}\text{C}$ ، نسبت روغن جامد به مایع = ۱ : ۱



شکل ۳ تغییرات روشنایی خلالهای سیب زمینی بر حسب زمان (دقیقه)

دمای روغن  $170^{\circ}\text{C}$ ، ضخامت خلالها ۱۰mm

که ممکن است ۰/۳ تا ۱/۴ درصد وزنی قند کاهنده نیز داشته باشد. این قند کاهنده می تواند دکستروز یا گلوکز باشد.

## ۶- منابع

- [1] Sullivan, 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

## 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.

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., Pottter, A. L. 1984. Potato composition survey of major and minor sugar 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 Freez-Leached potato Strips. American Potato Journal.49: 457.
- [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.