

سینتیک تغییرات کیفی همبرگر طی سرخ کردن

نجمه واحد دهکردی^۱، نفیسه جهان‌بخشیان^{۲*}، محمد حجت الاسلامی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد

۲- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و صنایع غذایی، شهرکرد، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۶/۰۳/۰۴ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۵/۰۲)

چکیده

با توجه به اینکه همبرگر یکی از پرطرفدارترین محصولات گوشتی می‌باشد انجام مطالعات در زمینه‌های مختلف تولید، نگهداری و سرخ کردن آن ضروری است. طی سرخ کردن مهمترین عامل تاثیر گذار بر کیفیت همبرگر سرخ شده درجه حرارت روغن و مدت زمان سرخ کردن می‌باشد بنابراین در این تحقیق، ویژگی‌های کیفی همبرگر طی سرخ کردن در دماهای ۱۷۰، ۱۸۰ و ۱۹۰ درجه سلسیوس و به مدت ۳۰۰ ثانیه در فواصل زمانی ۲۰ ثانیه مورد بررسی قرار گرفت. طی سرخ کردن نیروی پانچ به طور مداوم افزایش یافت و در دمای ۱۹۰ درجه سلسیوس بیشترین افزایش را نشان داد. با افزایش زمان سرخ کردن میزان کاهش رطوبت در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار می‌باشد و با افزایش دما نیز اندکی افزایش در میزان از دست دادن آب مشاهده شده است. فاکتور روشنایی (L^*) و زردی (b^*) کاهش ولی قرمزی (a^*) و تغییرات کلی رنگ ($E\Delta$) افزایش یافت. به منظور درک بهتر میزان تغییرات فاکتورهای رنگی، رطوبت و سفتی بافت طی فرایند سرخ کردن از معادلات سینتیکی درجه صفر و یک استفاده شد و بهترین معادله برای توصیف سینتیکی تغییرات b^* ، تغییرات رطوبت و نیروی پانچ مدل درجه صفر با مقادیر ضریب همبستگی بالاتر از ۰/۹۸ و برای تغییرات L^* مدل درجه یک با ضریب همبستگی ۰/۹۴ انتخاب شد. فاکتور a^* با هیچکدام از مدل‌ها تطابق نداشت. به منظور بررسی اثر دما بر ثابت سرعت فاکتورهای که معادلات سینتیکی برای آنها تعیین شده از رابطه آرنیوس استفاده شد. نتایج بیانگر تطابق بالای مقادیر اندازه گیری شده و مدل سازی شده می‌باشد.

کلید واژگان: همبرگر، سرخ کردن، مدلسازی سینتیکی، بافت، رنگ

* مسئول مکاتبات: n.jahanbakhshian@ag.iut.ac.ir

۱- مقدمه

سرخ کردن عمیق^۱ یا سرخ کردن به روش غوطه وری^۲ به عنوان یکی از قدیمی‌ترین فرایندهای پخت^۳ شناخته می‌شود که با فرو بردن ماده غذایی در روغن یا چربی خوراکی داغ صورت می‌گیرد. این فرایند یک فرایند انتقال جرم و حرارت بطور همزمان می‌باشد. گرما از روغن به ماده غذایی منتقل می‌شود، آب از ماده غذایی تبخیر می‌شود و روغن به داخل آن جذب می‌شود [۱-۳]. در واقع سرخ کردن در روغن داغ ۱۶۰ تا ۱۸۰ درجه سلسیوس نوعی خشک کردن سریع می‌باشد [۴]. این خشک شدن سریع در بهبود خواص مکانیکی و ساختاری محصول نهایی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. این شرایط منجر به انتقال حرارت با سرعت بالا، پخت سریع، قهوه‌ای شدن، بهبود بافت و عطر و طعم خواهد شد [۵]. طی سرخ کردن مهمترین عامل تاثیر گذار بر کیفیت محصول سرخ شده درجه حرارت روغن و زمان حرارت دهی می‌باشد و مطالعه و بررسی مکانیسم اثر آنها بسیار حائز اهمیت است. مدل‌سازی سینتیکی علم مطالعه سرعت‌ها و مکانیسم‌ها می‌باشد. در مطالعات سینتیکی هدف پیش‌بینی و مطالعه تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی طی فرایندهای متفاوت و در نهایت یافتن بهینه زمان و دما با استفاده از مدل‌های سینتیکی می‌باشد [۶]. با مطالعه سینتیک ویژگی‌های فیزیکی محصول طی سرخ کردن می‌توان آثار نامطلوب سرخ کردن بر ویژگی‌های کیفی مانند بافت و رنگ را کاهش داد. ماده مورد ارزیابی در این تحقیق همبرگر است، که محصولی است از گوشت چرخ کرده دام‌های حلال گوشت به ویژه گوشت گوساله، گاو و گوسفند همراه یا بدون افزودن چربی، ادویه‌جات و سبزی‌جات مانند سیر و پیاز که به وسیله‌ی دستگاه مکانیکی مخصوص با وزن ۱۰۰ گرم تهیه شده و در بین کاغذهای مومی مجاز به صورت منجمد عرضه می‌گردد [۷]. امروزه مطالعات زیادی در زمینه جنبه‌های مختلف تولید و نگهداری محصولات گوشتی از جمله همبرگر صورت گرفته است اما تاکنون مطالعه‌ای در زمینه‌ی فرآیند سرخ کردن و مدل‌سازی همبرگر صورت نگرفته است [۷ و ۸]. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی تغییرات کیفی همبرگر طی سرخ کردن و مدل‌سازی

سینتیکی تغییرات رنگ و بافت همبرگر طی فرایند سرخ کردن می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۱-۲- سرخ کردن

در این روش نمونه‌های همبرگر تهیه شده از کارخانه پاپلس اصفهان تهیه شده و تا زمان انجام آزمون در فریزر (۱۸- درجه سانتی‌گراد) نگهداری شد. نمونه‌ها پیش از انجام آزمون از فریزر خارج شده و پس از رسیدن دمای نمونه به دمای محیط آزمایشی (دمای مرکز چند نمونه با ترموکوپل اندازه‌گیری شد تا از رسیدن دمای مرکز به دمای محیط اطمینان حاصل شده و زمان رفع انجماد محاسبه شود نمونه‌های مبرگر در سرخ کن پارس خزر (مدل ناگت) قابل تنظیم در دماهای ۱۷۰، ۱۸۰ و ۱۹۰ درجه سلسیوس به مدت ۳۰۰ ثانیه سرخ شدند و با فاصله ۲۰ ثانیه‌ای بر روی همبرگر آزمایشات انجام گردید. باتوجه به اینکه اندازه سرخ کن برای تمام نمونه‌های مورد نیاز کافی نبود، ابتدا دو همبرگر درون سرخ کن قرار می‌گرفت که پس از زمان ۲۰ ثانیه یکی خارج شده و پس از ۴۰ ثانیه دیگری خارج می‌شد. سپس بلافاصله دو همبرگر دیگر قرار می‌گرفت که بعد از ۶۰ ثانیه یکی از آنها و بعد از ۸۰ ثانیه دیگری خارج می‌شد. به همین ترتیب تا انتهای ۳۰۰ ثانیه به دلیل فواصل زمانی کوتاه پس از تکمیل فرایند سرخ کردن و خنک شدن آخرین نمونه آزمون‌ها انجام می‌شد.

۲-۲- تجزیه شیمیایی نمونه‌ها

اندازه‌گیری رطوبت، پروتئین، چربی، فیبر، خاکستر با استفاده از روش‌های مصوب AOAC در سال ۲۰۰۲ به ترتیب با شماره‌های ۹۳۴/۰۱، ۹۶۰/۵۲، ۹۴۸/۲۲، ۹۴۲/۰۵ اندازه‌گیری شد [۹]. میزان کربوهیدرات بعد از بدست آوردن تمام ترکیبات و کم کردن آنها از ۱۰۰ حاصل شد.

۲-۳- اندازه‌گیری رنگ

اندازه‌گیری رنگ با استفاده از دستگاه هانتر لبلمد (Color Flex EZ/آمریکا) صورت گرفت و سه شاخص L^* بیانگر رنگ سفید تا سیاه، a^* سبز تا قرمز و b^* آبی تا زرد تعیین شد.

$$\Delta E = \sqrt{(a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2 + (L^* - L_0^*)^2}$$

1. Deep Fat Frying
2. Immersion Frying
3. Cooking

تغییر پارامترهای کیفی با افزایش زمان سرخ کردن از معیارهای ضریب تبیین و ریشه متوسط مربعات خطا استفاده شد. در این معادلات k ، E_a و T به ترتیب بیانگر ثابت سرعت، انرژی فعال سازی و دما می باشد.

۲-۷- روش آنالیز نتایج

به منظور بررسی اثر زمان پخت و دما بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی همبرگر، آزمایش ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ سطح در فاکتور دما (۱۷۰، ۱۸۰ و ۱۹۰ درجه سلسیوس)، ۱۶ سطح در فاکتور زمان (۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰، ۱۴۰، ۱۶۰، ۱۸۰، ۲۰۰، ۲۲۰، ۲۴۰، ۲۶۰، ۲۸۰ و ۳۰۰ ثانیه) با ۳ تکرار انجام شد. طرح آزمایش با استفاده از مدل (GLM) و نرم افزار SAS 9.1 جهت تجزیه آماری داده های بدست آمده انجام شد. مقایسه میانگین داده ها با استفاده از آزمون LSD در سطح معنی دار ۵ درصد انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی

نتایج خصوصیات شیمیایی و فیزیکی همبرگر مورد استفاده در جدول (۱) گزارش شده است. همانگونه که مشاهده می شود رطوبت، پروتئین، کربوهیدرات، خاکستر و فیبر به ترتیب بیشترین میزان را به خود اختصاص می دهد.

Table 1 Chemical analysis of hamburger (%)

Carbohydrate	Ash	Fiber	Protein	Fat	Moisture content
11.13±0.03	2.59±0.03	0.64±0.007	13.25±0.007	9.95±1.04	62.45±0.76

Mean±standard deviation

Carbohydrate=100-(fat+protein+ash+watercontent+fiber)

خاصی مورد استفاده قرار می گیرد. روش های متفاوتی از جمله روش های حسی و تجهیزات الکترونیکی جهت سنجش بافت ماده غذایی وجود دارد که برخی از این روش ها جهت آزمایش بافت مواد غذایی خاصی استاندارد شده اند. چرت و همکاران (۲۰۰۷) بیان نمودند که بافت بعنوان یکی از مهمترین خصوصیات کیفی برای گوشت و ماهی در نظر گرفته می شود و تعیین کننده رضایتمندی مشتری و بنابراین موفقیت محصول نهایی می باشد. یکی از جنبه های کیفی گوشت و محصولات

۲-۴- اندازه گیری بافت

میزان نیروی لازم جهت نفوذ توسط دستگاه Texture

$$A = A_0 \pm kt \quad (2) \quad \text{معادله درجه صفر}$$

$$A = A_0 * \exp(\pm kt) \quad (3) \quad \text{معادله درجه یک}$$

$$A = A_0 * \exp(-E_a/RT) \quad (4) \quad \text{معادله آرنیوس}$$

Analyser (برکفیلد، مدل GT3-4500)، پروپ TA41 با سرعت نفوذ ۵ میلی متر بر ثانیه و عمق نفوذ ۵ میلی متر اندازه گیری شد. هم چنین زیر نمونه دو پایه فلزی به شکل مکعب مستطیل قرار داده شد تا سطح نمونه کمی بالا بیاید و نمونه به همراه درام بالا نرود [۱۰].

۲-۵- فعالیت آبی

برای اندازه گیری فعالیت آبی در همبرگر از دستگاه هیگرومتر Rotronic مدل HP23-AW ساخت کشور سوئد استفاده شد. فعالیت آبی نمونه های همبرگر که تا دمای ۲۵ درجه سلسیوس سرد شده بودند، توسط دستگاه اندازه گیری شد.

۲-۶- مدلسازی سینتیکی

برای بررسی روند سینتیکی تغییرات واکنش ها از معادلات درجه صفر (معادله ۲) و یک (معادله ۳) استفاده گردید. همچنین برای ارزیابی تاثیر دما بر خصوصیات کیفی از معادله آرنیوس (معادله ۴) استفاده شد. به منظور انتخاب مناسب ترین مدل توصیف کننده

۳-۲- تغییرات نیروی پانچ همبرگر حین سرخ کردن

بافت از خواص فیزیکی مواد غذایی است که بیانگر کیفیت آن می باشد. بافت محصولات غذایی و کشاورزی شامل گستره وسیعی از تعاریف می باشد این موارد شامل ویسکوزیته، سفتی، نرمی، خاصیت کشسانی و کشش پذیری، قابلیت پخش و غیره می باشد که برای اندازه گیری هر یک از این ویژگیها دستگاه

است با افزایش دما دنا تورا سیون پروتئین ها افزایش می یابد که باعث سفت تر شدن بافت می گردد [۱۱].

۳-۳- تغییرات فاکتورهای رنگی همبرگر حین سرخ کردن

یکی از خصوصیات کیفی و ظاهری مواد غذایی رنگ آن ها است که نقش مهمی در مقبولیت محصولات دارد و چنانچه محصول غذایی رنگ مناسبی نداشته باشد ارزش عرضه آن به شدت کاهش پیدا می کند. فرایند سرخ کردن، خصوصیات سطحی ماده غذایی نظیر قابلیت انعکاس نور و رنگ نمونه ها را تغییر می دهد. تغییر رنگ محصولات گوشتی در اثر سرخ کردن به جز آن چه توسط واکنش مایلارد و کاراملیزاسیون رخ می دهد، در اثر تجزیه هموگلوبین و میوگلوبین می باشد. هرچه مقدار دما و طول زمان سرخ کردن زیادتر باشد تغییرات نیز بیشتر است. مقدار شاخص L^* نشان دهنده مقدار روشنایی - تیرگی بودن، مقدار a^* نشان دهنده قرمز - سبز بودن، مقدار b^* نشان دهنده زرد - آبی بودن نمی باشد.

در نمودار (۲) مقادیر نهایی شاخص L^* رنگ همبرگر طی سرخ کردن نشان داده شده است همانطور که مشاهده می شود با گذشت زمان شاخص L^* به طور معنی داری در سطح ۰/۹۵ کاهش یافته است و از ۴۸/۷۳ به ۱۸/۱۳ در دمای ۱۹۰ درجه سلسیوس رسیده است. با افزایش دما از ۱۷۰ به ۱۹۰ درجه سلسیوس میزان کاهش شاخص L^* بیشتر شده است با این حال بین دمای ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سلسیوس بعد از ۳۰۰ ثانیه حرارت دهی اختلاف معنی داری مشاهده نشده است ولی با افزایش دما به ۱۹۰ درجه سلسیوس اختلاف در سطح ۰/۹۵ معنی دار شده است. در اثر سرخ کردن واکنش های متنوعی در سطح ماده غذایی رخ می دهد که باعث تغییرات رنگی در سطح ماده غذایی می گردد. طی سرخ کردن همبرگر رطوبت و چربی طبیعی کاهش یافته و در اثر واکنش های قهوه ای شدن شدت روشنایی سطح کاهش یافته است که این امر سبب کاهش فاکتور L^* می گردد. این نتایج با نظرات جویی (۲۰۰۷) و بلومنتال (۱۹۹۱) همخوانی دارند [۱۲ و ۱۳].

گوشتی سفتی می باشد و تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله گونه، سن، میزان چربی و توزیع آن در عضله و استرس های قبل از کشتار قرار می گیرد. نیروی برشی بیشتر به معنای بافت سفت تر برای محصول است و این خود به معنای مقاومت بیشتر در برابر جویدن می باشد [۱۰]. نتایج تغییرات بافت همبرگر حین سرخ کردن در نمودار (۱) آورده شده است مشاهده می شود طی زمان سرخ کردن نیروی لازم جهت پانچ کردن همبرگر به طور معنی داری افزایش یافته است همچنین میزان این نیرو در دمای ۱۹۰ درجه سلسیوس بیشتر از ۱۷۰ درجه سلسیوس است که این تغییرات در سطح ۰/۹۵ معنی دار است. محققان گزارش دادند که کاهش چربی در فرانکفورتر و بلوگنا سبب ایجاد بافت مستحکم تر و لاستیکی می گردد.

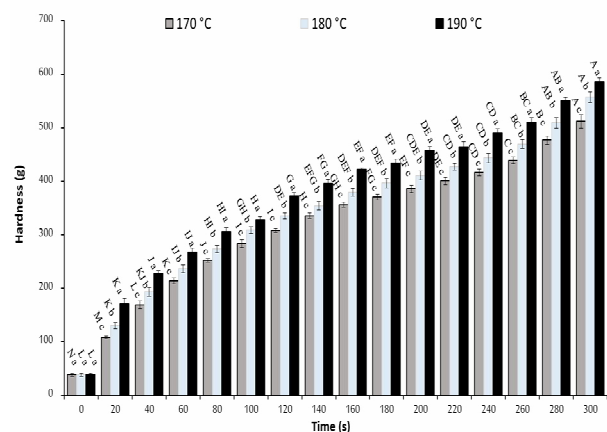


Fig1 Hardness of hamburger during frying
The capital letters show the comparison of means in different time of each temperature and the lower case letters show the comparison of means between different temperatures of each time.

حالات ناشی از حرارت، اتصالات عرضی و میزان کلاژن و سایر فیبر عضله نیز بر تدری بافت تأثیرگذار است. طی سرخ کردن افزایش نیرو مشاهده شده است که احتمالاً دلیل آن افزایش اکسیداسیون لیپیدها و پروتئین ها می باشد. اکسیداسیون لیپیدها سبب کاهش pH و خروج سیال از الباف پروتئینی گشته و از طرفی اکسیداسیون پروتئین و همچنین دنا تورا سیون آنها در اثر حرارت سبب تجمع پروتئین و خروج سیال می گردد که همین تجمع پروتئین و خروج سیال سبب افزایش سفتی همبرگر گشته

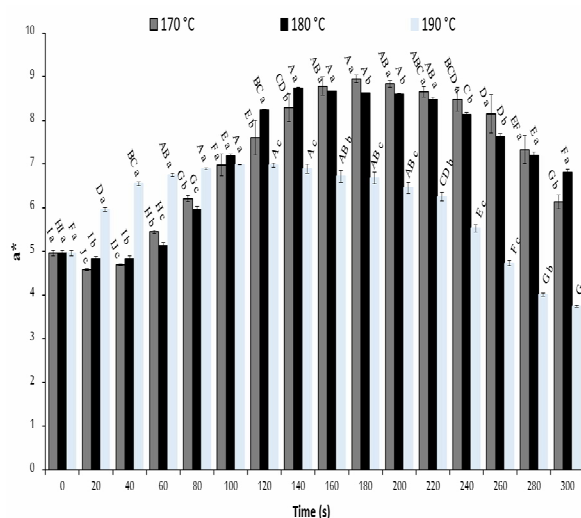


Fig 3 a* value of hamburger during frying

The capital letters show the comparison of means in different time of each temperature and the lower case letters show the comparison of means between different temperatures of each time.

نمودار (۴) اثر دماهای مختلف سرخ کردن بر تغییرات اندیس b^* را طی ۳۰۰ ثانیه سرخ کردن نشان می‌دهند. همانگونه که مشاهده می‌شود در همه دماها با گذشت زمان b^* کاهش یافته و در دمای ۱۹۰ درجه سلسیوس بیشترین کاهش را نشان داده و از ۱۶/۰۵ به ۳/۴۴ رسیده است. در ابتدای سرخ کردن به دلیل واکنش میلارد و تشکیل ترکیبات قهوه‌ای و در زمان‌های انتهایی به دلیل سوختگی ناشی از کاهش رطوبت همبرگر فاکتور b^* کاهش یافته است. این نتایج در توافقی با نتایج بنگتسون (۲۰۰۶) می‌باشد [۱۵].

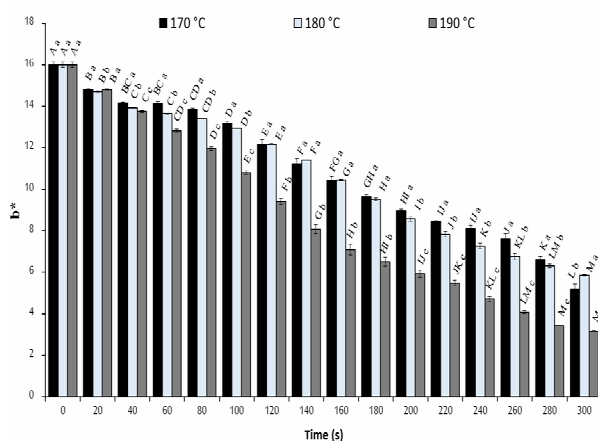


Fig 4 b* value of hamburger during frying

The capital letters show the comparison of means in different time of each temperature and the lower case letters show the comparison of means between different temperatures of each time.

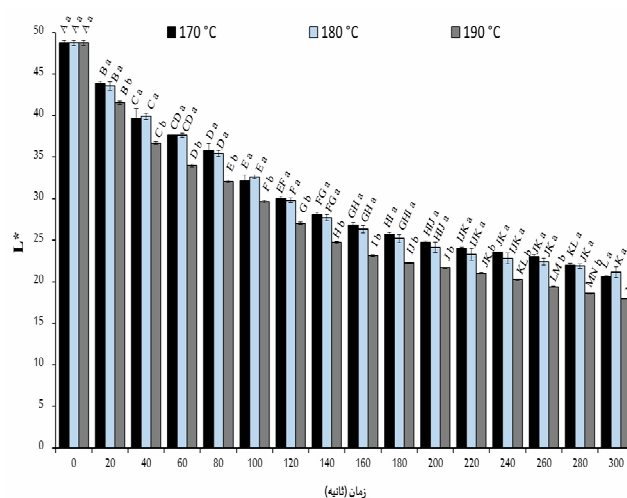


Fig 2 L* value of hamburger during frying

The capital letters show the comparison of means in different time of each temperature and the lower case letters show the comparison of means between different temperatures of each time.

در نمودار (۳)، نتایج شاخص a^* رنگ همبرگر طی سرخ کردن نشان داده شده است در هر سه دما با گذشت زمان در ابتدا شاخص a^* افزایش یافته و در زمان‌های میانی روند تقریباً ثابتی را طی کرده و در نهایت دوباره کاهش یافته است. با مقایسه دمای ۱۹۰ با دو دمای دیگر مشاهده می‌شود بین دمای ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سلسیوس اختلاف معنی داری وجود ندارد ولی با دمای ۱۹۰ درجه سانتی گراد اختلاف معنی دار می‌باشد. همچنین اثر دما بر شاخص a^* در کل دماها معنی دار می‌باشد. طی سرخ کردن یک پوسته شکننده اطراف ماده غذایی با رنگ طلایی یا قهوه‌ای تشکیل می‌شود که این امر باعث می‌شود فاکتور a^* نمونه‌های سرخ شده افزایش یابد. در انتهای سرخ کردن نیز به دلیل سوختگی‌های ناشی از کاهش رطوبت فاکتور a^* کاهش نشان داده است. ایناوانگ و همکاران (۲۰۰۶) نتایج مشابهی برای تغییرات فاکتورهای رنگ ناگت مرغ مشاهده و بیان نمودند این تغییرات تحت تاثیر عواملی مانند دنا تراسیون پروتئین‌ها، ژلاتیناسیون نشاسته و واکنش‌های قهوه‌ای شدن پوسته قرار داد [۱۴]. بنگتسون (۲۰۰۶) دلیل افزایش تغییرات رنگ با افزایش دما را به افزایش شدت تغییرات میلارد نسبت داده است. شدت تغییرات واکنش‌ها با افزایش هر ۱۰ درجه سلسیوس دما ۲ تا ۳ برابر افزایش می‌یابد [۱۵].

روغن به درون فضای بین سلولی فراهم می‌سازد. شواهد بسیاری وجود دارد که بیان می‌کند در بخش مرکزی و پخته شده مواد غذایی، روغن به سختی نفوذ می‌کند و ریز ساختار پوسته (میانگین اندازه منفذ، اتصال و نفوذپذیری) عامل اصلی تعیین کننده در جذب روغن می‌باشد. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که بیشتر روغن جذب شده محدود به منطقه سطحی می‌باشد [۱۶] و [۱۷]. جذب روغن طی سرخ کردن مواد غذایی باید به دلایل سلامتی کاهش یافته و این مساله یک نگرانی در صنعت مواد غذایی است [۱۸]. نتایج تغییرات رطوبت طی سرخ کردن همبرگر در نمودار (۶) آورده شده است. با مقایسه میزان کاهش رطوبت در دماها و زمان‌های مختلف مشاهده می‌شود با افزایش زمان سرخ کردن میزان کاهش رطوبت در سطح ۰/۰۵ معنی دار می‌باشد و با افزایش دما نیز اندکی افزایش در میزان از دست دادن آب مشاهده شده است که در زمان‌های متفاوت روندهای مختلفی دارد ولی به طور کلی می‌توان گفت تا زمان ۲۶۰ ثانیه با افزایش دما از ۱۷۰ به ۱۸۰ درجه سلسیوس اختلاف معنی دار ولی با افزایش دما از ۱۸۰ به ۱۹۰ اختلاف معنی دار نیست و در زمان‌های بیشتر از ۲۶۰ ثانیه بین هر سه دما اختلاف معنی دار وجود دارد. شهیدی و همکاران (۱۳۹۱) بیان نمودند سرعت از دست دادن رطوبت در طول سرخ کردن متغیر است و هر چه دمای سرخ کردن بالاتر باشد سرعت خروج رطوبت نیز بیشتر می‌شود. در طی سرخ کردن هر چه زمان حرارت دهی بیشتر دنا تراسیون پروتئین‌ها افزایش یافته که این امر سبب کاهش ظرفیت نگهداری آب می‌گردد و محصول رطوبت بیشتری از دست می‌دهد. این نتایج با نتایج داتا (۲۰۰۷) همخوانی دارد این محقق اظهار نمود در مواد غذایی با محتوای رطوبت زیاد، نفوذ مویبگی آب (مایع) می‌تواند مکانیزم غالب برای انتقال رطوبت باشد و نفوذ ملکولی بخار (که در اثر افزایش دما افزایش می‌یابد) سهم زیادی نخواهد داشت و قابل صرف نظر کردن است [۶].

EA نشان دهنده میزان تغییرات کلی رنگ نمونه‌ها نسبت به رنگ اولیه محصول می‌باشد که نتایج آن در نمودار (۵) آورده شده است. هر چه میزان EA بیشتر باشد نشان دهنده تغییرات بیشتر کیفیت رنگ می‌باشد. با گذشت زمان میزان EA به طور مداوم افزایش یافته بعد از ۲۸۰ ثانیه سرخ کردن در دمای ۱۷۰، ۱۸۰ و ۱۹۰ درجه سلسیوس به ترتیب به ۲۸/۱۸، ۳۳/۰۹ و ۳۳/۰۹ رسیده است که مشاهده می‌شود بین دمای ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سلسیوس اختلاف معنی دار نیست ولی با ۱۹۰ درجه سلسیوس گراد اختلاف معنی داری وجود دارد.

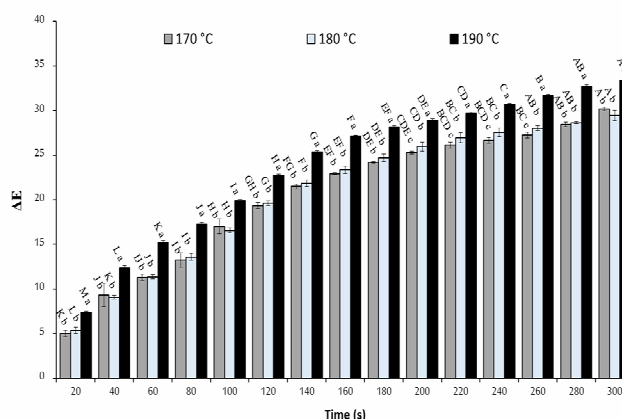


Fig 5 ΔE changing of hamburger during frying
The capital letters show the comparison of means in different time of each temperature and the lower case letters show the comparison of means between different temperatures of each time.

۳-۴- تغییرات رطوبت

یکی از واکنش‌های مهم درگیر در فرایند سرخ کردن انتقال جرم شامل از دست دادن رطوبت و جذب روغن می‌باشد که اثرات زیادی بر کیفیت محصول نهایی می‌گذارد. بخار آب به خارج ماده و روغن به درون ماده انتقال می‌یابد. در طول سرخ کردن تبخیر آب منجر به تشکیل منافذ بزرگ می‌شود. سپس این منافذ ایجاد شده بر اثر خروج آب، بویژه در لایه خارجی با روغن پر می‌گردد. به همین دلیل جذب روغن با مقدار رطوبت نهایی غذا تعیین می‌شود. با این حال انتظار می‌رود جذب روغن به نوع محصول نیز وابسته باشد. ژلاتینه شدن نشاسته، نرم شدگی غشاء میانی، دهیدراسیون و انقباض سلول‌ها، مسیرهایی برای مهاجرت

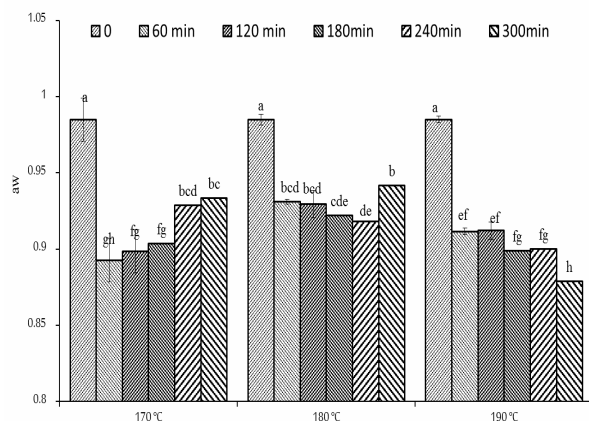


Fig 7 Aw of hamburger during frying
The lower case letters show the comparison of means between different temperatures of each time.

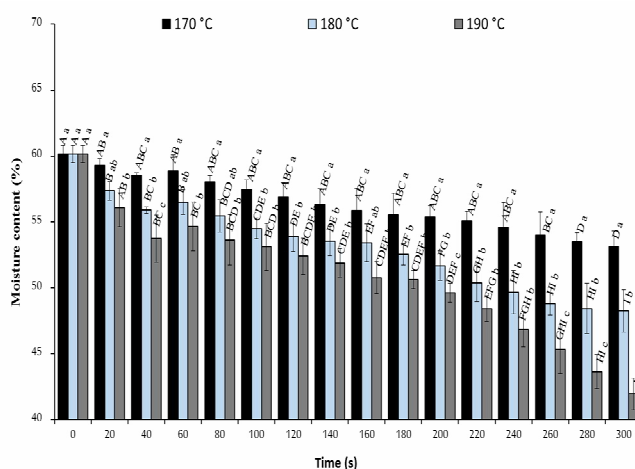


Fig 6 Moisture content of hamburger during frying
The capital letters show the comparison of means in different time of each temperature and the lower case letters show the comparison of means between different temperatures of each time.

۶-۳- مدل سازی سینتیکی واکنش ها

بهمنظور در کبته میز تغییرات L^* ، b^* و سفتی بافت طیف را پسند سرخ کردن از سینتیک تغییرات استفاده شد به این منظور روند این تغییرات با دو معادله سینتیکی درجه صفر و درجه یک مورد بررسی قرار گرفت و مدل مناسب جهت پیش بینی این تغییرات انتخاب گردید و در نهایت وابستگی ضرایب مدل انتخاب شده به دما با استفاده از مدل آرنیوس بررسی شد. لازم به ذکر است برای فاکتور a^* به دلیل نحوه تغییرات آن امکان مدل سازی با استفاده از این معادلات وجود نداشت.

ضرایب معادلات سینتیکی به همراه پارامترهای دقت مدل سازی در جدول (۲) آورده شده است. برای انتخاب بهترین مدل از معادلات درجه صفر و یک، ضریب همبستگی (R^2) جداول (۲) مقایسه گردید بر همین اساس بهترین معادله برای توصیف سینتیکی تغییرات رطوبت، شاخص b^* و نیروی پانچ مدل درجه صفر و برای تغییرات L^* مدل درجه یک انتخاب شد. بعد از انتخاب بهترین مدل سینتیکی از معادله آرنیوس جهت تعیین وابستگی ثابت سرعت معادلات انتخاب شده به دما استفاده شد که وابستگی دمایی آن به خوبی با معادله آرنیوس برآورد گردید (جدول ۳). مقدار انرژی فعال سازی (E_a) معادله آرنیوس نشان دهنده وابستگی پارامتر مورد ارزیابی به دما می باشد هر چه انرژی فعال سازی واکنش بیشتر باشد، افزایش دما سرعت واکنش را بیشتر افزایش می دهد.

۵-۳- تغییرات فعالیت آبی

فعالیت آبی یکی از ویژگی های بسیار مهم مواد غذایی بوده که از نقطه نظر حفظ سلامت ماده غذایی، زمان نگهداری، طعم، رنگ و ارزش غذایی آن و بالاخره جنبه های اقتصادی دارای اهمیت فوق العاده ای بوده و امروزه مورد توجه زیاد کارشناسان و تکنولوژیست های صنایع غذایی، مراکز تحقیقاتی و سازمان های کنترل کننده مواد غذایی در سراسر دنیا می باشد [۱۹].

نمودار (۷) نتایج فعالیت آبی همبرگر طی سرخ کردن را نشان می دهد. مشاهده می شود در دماهای ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سلسیوس در ابتدای سرخ کردن فعالیت آبی کاهش و در زمان های انتهایی اندکی افزایش یافته است اما در دمای ۱۹۰ درجه سانتی گراد به طور مداوم کاهش نشان داده است. میزان فعالیت آبی محصولات تحت تاثیر آب آزاد موجود در محصول قرار دارد با گذشت زمان سرخ کردن میزان آب محصول و به تبع آن فعالیت آبی کاهش یافته است و از طرفی در اثر حرارت ترکیباتی مثل پروتئین ها که باعث به دام افتادن آب آزاد و در نتیجه کاهش فعالیت آبی می شوند، دنا توره شده که این عامل باعث اندکی افزایش در میزان فعالیت آبی در دماهای انتهایی شده است.

Table 2 The constants parameters of zero and first order model and their correlation coefficient

Frist order		Zero order		(°C)	Quality characters
R ²	k	R ²	k		
0.95	-0.0027	0.89	-0.088	170	L
0.94	-0.0028	0.88	-0.092	180	
0.95	-0.0029	0.87	-0.098	190	
0.97	0.003	0.99	-0.035	170	b
0.97	0.003	0.99	-0.035	180	
0.97	0.005	0.98	-0.043	190	
0.85	-0.004	0.94	1.49	170	Hardness
0.84	-0.004	0.93	1.66	180	
0.82	-0.004	0.91	1.77	190	
0.92	0.0012	0.99	0.022	170	Moisture content
0.96	0.0017	0.97	0.036	180	
0.93	0.0021	0.96	0.049	190	

Table 3 The constants parameters of Arrhenius model and their correlation coefficients

R ²	E _a	A ₀	Quality characte
0.98	68673	2836269	Moisture content
0.94	6092	0.01411	L*
0.97	21026	9.74	b*
0.98	14542	77.96	Hardness

- [1] Debnath, S., Bhat, K. K., Rostagi, N. K. 2003. Effect of pre drying on Kinetics of moisture loss and oil uptake during deep fat frying of chicken pea flour-based snack food. *LebensmWiss U Technol*, 36, 91-98.
- [2] Fritsch, C.W. 1981. Measurements of frying deterioration: A Brief View. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 58, 272.
- [3] Krokida, M. K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z. B., Marinos-Kouris, D. 2001. Deep fat Frying of Potato Strips - Quality Issues, *Drying Technology*. 19(5), 879-935.
- [4] Baumann, B., Escher, E. 1995. Mass and heat transfer during deep-fat frying of potato slices. Rate of drying and oil uptake. *LebensmittelWissenschaft und-Technologie*. 28, 395-403.
- [5] Farkas, B.E., Singh, R.P., Rumsey, T. R. 1996a. Modeling heat and mass transfer in immersion frying, part I: model development. *Journal of food engineering*. 29, 211-226.
- [6] Datta, A.K. 2007. Porous Media Approaches to Studying Simultaneous Heat and Mass Transfer in Food Processes. I: Problem Formulations. *Journal of Food Engineering*. 80, 80-95.
- [7] Maghsoudi, S. 2004. Making Hamburger. *Agriculture science*.
- [8] Rezai, R., Sadeghi, E., Nateghi, L., Mohammadi, M. 2014. The effect of Cuminumcuminum essential oil on growth and survival of *Staphylococcus aureus* during

۴- نتیجه گیری

همبرگر یکی از پرطرفدارترین محصولات گوشتی و فرآیند سرخ کردن مهمترین مرحله قبل از مصرف نهایی آن می باشد. مطالعه حاضر با هدف بررسی تغییرات ویژگی های کیفی همبرگر طی سرخ کردن و مدل سازی سینتیک آنها صورت پذیرفت. بر اساس نتایج بالا، دما و زمان سرخ کردن عوامل مهم تاثیر گذار بر کیفیت همبرگر می باشد به طوری که با افزایش دما و زمان طی سرخ کردن نیروی پانچ به طور مداوم افزایش یافت. فاکتور L^* و b^* کاهش ولی a^* و ΔE افزایش یافت که دلیل آنها واکنش های قهوه ای شدن، کاراملیزاسیون و تغییرات رنگدانه های هموگلوبین و میوگلوبین می باشد. بهترین معادله برای توصیف سینتیک تغییرات شاخص b^* و نیروی پانچ مدل درجه صفر و برای تغییرات L^* مدل درجه یک انتخاب شد. برای فاکتور a^* هیچ کدام از مدل ها برآورد مناسبی نداشت.

۵- منابع

- of Chicken Nuggets fried under Gaseous Nitrogen Atmospheres. *Journal of Food Processing and Preservation*, 30: 231- 245.
- [15] Bengtson, R. 2006. The effect of Novel Frying Methods on quality of breaded fried foods. Thesise (MSc) of Virginia Polytechnic Institute and State University.
- [16] Sabbaghi, H., Ziaiiifar, A., SadeghiMahoonak, A., Kashaninejad, M., Mirzaei, H. 2015. 'Evaluation of mathematical models to describe the effect of temperature', *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 46(2), 135-145.
- [17] Hassannia, F., Shahidi, S.A. Hezabzade, H. Motmni, M. 2013. Investigation of Mechanisms and Solutions for Reduction of Oil Absorption in Deep Fried Foods. 21st National Congress of Science and Technology of Iran.
- [18] Shahidi, S.A. Motamedzadegan, A., Ziyaeifar, A.M. 2012. A review of mass and heat transfer models for frying foods. The second National Food Security Seminar.
- storage of hamburger. *International Journal of Biosciences (IJB)*. 5(4), 18-26.
- [9] A.O.A.C. 1984. Official Method of Analysis of Association of Analytical Chemists, 14th ed., Published by Association of Official Analysis Chemists, INC., Virginia, USA.
- [10] Heydari, M. 2016. The effect of antimicrobial and anti-oxidant properties of cinnamon and ginger essential oil on persistence and sensory properties of chicken and calf hamburger. M.sc theses. College of Agriculture. Islamic Azad University, Khorasgan.
- [11] Ranjbar, Z. 2012. Investigation of functional and microstructural properties of chicken gizzard and production of meat products from it. M.sc theses. College of Agriculture. Isfahan University of Technology.
- [12] Choe, E. 2007. Chemistry of Deep-Fat Frying Oils, JFS.
- [13] Blumenthal, M.M. 1991. A new look at the chemistry and physics of deep-fat fryig. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [14] Innawong, M., P. Mallikarjunan, J. Marcy, J. Cundiff. 2006. Pressure Conditions Quality

Kinetics of Qualitative Changes of Hamburger During Frying

Vahed dehkordi, N.¹, Jahanbakhshian, N.^{2*}, Hojatoleslami, M.²

1. M.Sc Student of Food Science and Technology, Islamic Azad University of Shahrekord Branch
2. Assistant Professor- Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Shahrekord Branch

(Received: 2017/05/25 Accepted: 2017/07/24)

Hamburger is one of the most popular meat products, so it is necessary to study on the different fields of its production, storage and frying. During frying, the most important factors affecting the quality of hamburger are the oil temperature and frying duration. In this study, the qualitative characteristics of hamburger were studied during frying at the temperatures of 170, 180 and 190 ° C for 300 seconds at intervals of 20 seconds. During frying, the punching force was continuously increased with the highest amount of 583 g at 190 ° C. By increasing the frying time the moisture content significantly decreased and by increasing the temperature the rate of water loss increased significantly. During frying the factors of Lightness (L^*) and yellowness (b^*) were decreased but the redness (a^*) and overall color changes (ΔE) were increased significantly. The result of modelling showed that a high amount of R^2 (95) between theoretical and experimental values indicated suitability of developed model. The zero-order model was selected as the best equation for describing the kinetic of changes in b^* , punching force and moisture content, also the first-order model was selected as the best model for the changes in L^* but the factor a^* did not correspond with none of the models. Arrhenius equation was used to study the effect of temperature on correlation coefficient of texture L^* and b^* .

Keywords: Hamburger, Frying, Kinetic modeling, Texture, Color

* Corresponding Author E-Mail Address: n.jahanbakhshian@ag.iut.ac.ir