

سنجش غلظت آکريل آميد در نان سنگک و اثر دما و زمان بر توليد آن

سحر ملک محمدی (فارغ التحصيل کارشناسی ارشد مهندسی صنايع غذایی، دانشگاه صنعتی اصفهان)

Email: s.malekmohammadi@ag.iut.ac.ir/sahar8564@yahoo.com

جواد کرامت(استاديار دانشگاه صنعتی اصفهان)، مهدی کديور(دانشيار دانشگاه صنعتی اصفهان)، کرامت ا...

رضایی(دانشيار دانشگاه تهران)، فاطمه غازيانی(استاديار دانشگاه تهران)

, Krezaee@ut.ac.ir, ghaziany@modares.ac.ir {keramat}{kadivar}@cc.iut.ac.ir

چکیده

امکان سمیت زایی آکريل آميد به دنبال انجام واکنش بين گروه آمين در اسيدآمينه ای نظير آسپارژين و گروه های کربونيل با گلوکز و فروکتوز موجود در غلات، سيب زمینی و انواع غذاهای تهیه شده از گیاهان که تحت تأثیر فرآیند حرارتی واقع شده اند، به وجود می آید. در این تحقیق اثر دما و زمان پخت نان سنگک بر غلظت آکريل آميد و رابطه ی آن با رنگ سطح نان سنگک مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از طرح سطح پاسخ 13 تیمار تهیه شدند. طبق نتایج بدست آمده، رابطه ی دما و غلظت آکريل آميد یک رابطه ی سهمی شکل است که تقعر آن رو به پایین می باشد و رابطه ی زمان با غلظت آکريل آميد یک رابطه ی خطی است که شیب آن مثبت می باشد. با کمک نرم افزار Minitab کمترین میزان آکريل آميد در 369/98 درجه ی سانتی گراد و 2/27 دقیقه معادل 1 پی پی ام گزارش شد.

کلمات کلیدی: آکريل آميد، GC، مشتق سازی، طرح سطح پاسخ، مدل سازی، Minitab

آکريل آميد تركيبى وينيليك، سفيد، كريستالى بى رنگ و بى بو با وزن مولكولى 71/08 است. نقطه‌ى ذوبى معادل 0/3 84/50 درجه‌ى سانتى‌گراد و فشار بخار آب پايين و نقطه‌ى جوش بالا (136 درجه‌ى سانتى‌گراد در 3/3 كيلوپاسكال) دارد. حلاليت آن در انواع محلول‌هاى قطبى و غيرقطبى قابل ملاحظه بوده و حلاليت آن در آب بسيار بالا است (2155 گرم در هر ليتر آب) [5 و 7].

براى اولين بار در سال 2002 پژوهشگران دانشگاه استكهلم و انجمن غذايى سوئد به وجود آكريل آميد در محصولات غذايى سرخ شده در درجه حرارت بالا پى بردند [3]. در 4 دسامبر سال 2002 سازمان غذا و دارو آمريكا ليستى از محصولات غذايى آزمون شده كه در آنها آكريل آميد يافت شده بود تهيه كرد. اين ليست شامل غذاى كودك، نان‌ها، چيبس، سيب‌زمينى، اسنك-ها، سس‌ها و ساير محصولات بود [2].

در ژوئن 2002، سازمان بهداشت جهانى و سازمان خوار و بار كشاورزى ملل متحد با همكارى سازمان غذا و دارو حضور آكريل آميد در مواد غذايى را به عنوان عامل بالقوه‌ى سرطان گزارش كردند و تحقيقات بيشترى بر روى مكانيسم تشكيل و سميت اين ماده، به طور جدى صورت گرفت (زانگ و همكاران 2007). مضر بودن آكريل آميد براى سلامتى انسان توسط كميته‌ى علمى مواد غذايى، سازمان استاندارد مواد غذايى انگلستان اعلام گرديده است [12]. آكريل آميد اثرات نوروٲوكسيكى، اختلالات در بارورى و اثرات سرطان زايى را در حيوانات نشان داده است اما در انسان فقط اثر نوروٲوكسيك و تنها در مقادير بالا مشاهده شده است [6].

بر اساس قوانين زيست محيطى آمريكا، ميزان آكريل آميد بايد كمتر از 0/5 پى بى باشد. سازمان‌هاى مذكور توجه كردند كه مواد غذايى نبايد تحت حرارت‌هاى بالا و در زمان‌هاى طولانى فرآورى شوند. در نتيجه از آن به بعد مطالعات بر روى مواد غذايى گوناگون شامل چيبس، سيب‌زمينى، سيب‌زمينى سرخ كرده و نان، نشان بر وجود 10 تا بيش از 2000 پى بى داد [13].

با تحقيقات محققان سوئدى، يافته‌هاى مشابهى از محققان ساير كشورها مانند نروژ، انگليس، آلمان، كانادا، ژاپن، كره و سوئيس بر روى آكريل آميد انجام گرفت و آكريل آميد به عنوان محصول فرعى فرآيندهاى حرارتى (بالاى 120 درجه‌ى سانتى‌گراد يا 248 درجه‌ى فارنهایت) شناخته شد. آكريل آميد در مواد غذايى پخته نشده و يا محصولاتى كه تحت دماى پايين فرآورى مى‌شوند (مانند جوشاندن) يافت نشد [15].

محققان از انگلستان، سوئيس و آلمان، فاكٲورهاى متعدد و اثر گذار بر تشكيل آكريل آميد را در مواد غذايى شناسايى كردند. حضور تركيبات پروٲئينى با وزن مولكولى پايين (مانند آمينواسيدها، خصوصاً اسپارژين) و قندهاى احيا كننده (فروكٲوز و گلوكٲز)، دماى بالاى فرآيند حرارتى و دسترسى پايين به آب در داخل مواد غذايى، شاخص‌هاى مربوطه براى تشكيل آكريل آميد مى‌باشند [9 و 11]. واكنش ميلارد يكى از مهمترين واكنش‌هاى است كه منجر به تشكيل آكريل آميد مى‌شود [14].

واکنش میلارد مسئول توسعه‌ی ترکیبات رنگی تیره نامطلوب به نام ملانوئیدین‌ها به عنوان محصولات نهایی و عمده‌ی این واکنش شناخته شده‌اند. این پلیمرهای قهوه‌ای اثرات قابل توجهی بر کیفیت مواد غذایی دارند زیرا رنگ به عنوان یک فاکتور کلیدی در پذیرش مصرف کننده تلقی می‌شود. همچنین گزارش شده است که رابطه‌ی مهمی بین رنگ و میزان آکریل آمید در پوسته‌ی نان در حین پخت وجود دارد. در بررسی دیگر، وجود رابطه‌ی خطی بین غلظت آکریل آمید و رنگ چپیس‌های سبب زمینی مطرح گردید [8].

فاکتورهای زیادی هستند که می‌توانند بر تشکیل آکریل آمید اثر گذار باشند. ارنلد و همکاران (2005) گزارش کردند که دما و زمان به عنوان مهمترین فاکتورهای اثر گذار بر تشکیل آکریل آمید در تهیه‌ی نان هستند. در پخت نان با افزایش دما میزان آکریل آمید افزایش می‌یابد تا دمایی که این مقدار به ماکزیمم خود می‌رسد و سپس با تجزیه‌ی آکریل آمید میزان آن کاسته می‌شود. همچنین آن‌ها بیان داشتند که در پوسته‌ی نان هرچه دما افزایش می‌یابد آکریل آمید نیز افزایش می‌یابد. بیشترین میزان آکریل آمید در پوسته‌ی نان تشکیل می‌شود و میزان آکریل آمید در نان‌های مسطح خشک شده در خلاء و سرمای فراوان بیشتر از نان‌های مسطح است.

آهرن و همکاران (2007) گزارش دادند که زمانی که دمای مرکز نان سفید به 98 درجه‌ی سانتی‌گراد برسد نشان‌دهنده‌ی پخت نان است. با افزایش دمای پخت میزان آکریل آمید در پوسته‌ی نان افزایش می‌یابد و این در حالی است که مرکز نان سفید آکریل آمیدی وجود ندارد. همچنین آنها مشاهده کردند که در دمای 260 درجه‌ی سانتی‌گراد و زمان 15 دقیقه بیشترین میزان آکریل آمید تشکیل شده است و میزان آکریل آمید در دمای 260 درجه‌ی سانتی‌گراد و زمان 20 دقیقه میزان آکریل آمید کمتر است.

2. مواد و روش‌ها

1.2. مواد شیمیایی:

هگزان، فری سیانید پتاسیم با سه مولکول آب تبلور، سولفات روی با هفت مولکول آب تبلور، سدیم سولفات بدون آب، اسید برمیدریک، برم، تیوسولفات سدیم، تری اتیل آمید، استاندارد آکریل آمید 99٪، اتیل استات، پتاسیم بروماید که همگی از محصولات شرکت مرک آلمان بودند.

2.2. آماده سازی نمونه های نان سنگک :

در این تحقیق نمونه‌ها در پنج دما (250,230، 350,300 و 370 درجه‌ی سانتی‌گراد)، در پنج زمان (1/5، 2، 3، 4 و 4/5 دقیقه) تهیه شدند و جمعاً 13 نمونه تهیه شد. برای تهیه‌ی این تعداد نمونه، 40 کیلوگرم آرد را با 50 گرم نمک مخلوط و میزان مناسب آب به آرد اضافه شد تا خمیر ه قوام مناسبی رسید سپس 100 گرم خمیر مایه اضافه شد و به مدت 45 دقیقه به حال خود گذاشته شد تا خمیر آماده‌ی تهیه‌ی نان شد. با کمک ترموکوپل کالیبره شده، دماها را اندازه‌گرفته و نان‌ها را در زمان‌های مورد نیاز تهیه کردیم. نمونه‌های نان سنگک زیر دستگاه CIE Lab قرار گرفتند و عمل رنگ سنجی انجام شد. نمونه‌ها در فر یا دمای پایین خشک و سپس با آسیاب به صورت پودر در آورده شد و از الک 0/1 میلی‌متر عبور داده شد. هر یک از نمونه‌های آسیاب و الک شده را در داخل کیسه‌های پلی اتیلن بسته بندی و در سردخانه 18- درجه‌ی سانتی‌گراد نگهداری گردید.

3.2. استخراج آکريل آميد از نمونه‌ها

1.3.2. استخراج آکريل آميد از نمونه‌ها به وسیله‌ی آب

15 گرم پودر نمونه را در یک لوله‌ی سانتریفوژ به حجم 250 میلی لیتری ریخته و 150 میلی لیتر آب دوبار تقطیر شده به آن اضافه گردید. این مخلوط به مدت 30 ثانیه به وسیله‌ی تکان دهنده، مخلوط شد. به وسیله‌ی 1 میلی لیتر اسید استیک خالص، pH به 4-5 رسانده شد. 2 میلی لیتر کارز 1 (35/8 گرم فری سیانید پتاسیم با سه مولکول آب تبلور به حجم 100 میلی-لیتر) و 2 میلی لیتر کارز 2 (22/8 گرم سولفات روی با 7 مولکول آب متبلور به حجم 100 میلی لیتر) جهت رسوب پروتئین‌ها به مخلوط اضافه گردید. محتویات لوله‌ی سانتریفوژ به مدت 15 دقیقه با 16000 g سانتریفوژ گردید. سپس مایع رویی با عبور از پشم شیشه در بالن 250 میلی لیتر صاف گردید [۱۲].

2.3.2. مشتق‌سازی آکريل آميد استخراج شده

به محلول صاف شده 7/5 گرم پتاسیم بروماید اضافه گردید. با اضافه کردن اسید هیدروبرومیک به میزان حدوداً 0/5 میلی لیتر pH به حدود 3-1 رسانده شد. سپس 10 میلی لیتر محلول آب برم اشباع (ضمن همزدن) اضافه کرده و درب ظرف را با فویل آلومینیوم پوشانده و به مدت 1 ساعت در حمام یخ قرار داده شد. پس از سپری شدن این زمان بالن‌ها از حمام بیرون آورده شد و اجازه داده شد با محیط هم‌دما شود. در حین تکان دادن بالن، قطره قطره محلول تیوسولفات سدیم یک مولار جهت خنثی سازی برم اضافه، به بالن اضافه شد تا رنگ محلول به حالت بی‌رنگ اولیه بازگردد [۱۲].

3.3.2. استخراج آکريل آميد برومينه شده توسط حلال

نمونه‌ی برومينه شده را به قييف جداکننده 250 ميلي ليتری انتقال داده و 50 ميلي ليتر اتيل استات/ هگزان (4 اتيل استات + 1 هگزان) به آن اضافه شد و يك دقيقه به آرامی به هم زده شد. حدود 10 دقيقه زمان داده شد تا محلول دوفازی شود. سپس فاز پايين دور ريخته شد. فاز رویی با قييف دارای صافی که روی صافی 15 گرم سولفات سدیم جهت آبیگیری و پشم شیشه ريخته شده بود به بالن ته گرد انتقال داده شد و قييف با دو مرتبه استفاده از 10 ميلي ليتر از مخلوط اتيل استات/ هگزان شستشو داده و از قييف فوق به همان بالن انتقال داده شد و دوبار هم پشم شیشه با 10 ميلي ليتر از مخلوط اتيل استات/ هگزان شستشو داده شد. بالن به دستگاه تبخیر در خلاء وصل شد و در دمای 40 درجه‌ی سانتی‌گراد آن را تغلیظ شد سپس محلول غلیظ شده به لوله‌ی آزمایش انتقال داده و با گاز ازت به حجم 2 ميلي ليتر رسانده شد [12].

به علت بر هم کنش 3و2 دی بروموپروپینامید با فاز جامد ستون GC و تبدیل شدن کسری از این ترکیب به 2 بروموپینامید که منجر به کاهش تکرار پذیری نتایج می‌شود، در مرحله‌ی آخر استخراج و درست قبل از تزریق نمونه به دستگاه GC، مقدار 100 میکروليتر تری‌اتیل‌آمین به محلول استخراجی اضافه شد که واکنش این حلال با 3و2 دی بروموپروپینامید باعث تبدیل کامل آن به 2 بروموپینامید خواهد شد [14].

4.2. تهیه‌ی working Standard

به وسیله‌ی ترازوی دارای دقت 0/1 ميلي گرم مقدار مناسب از آکريل آميد وزن شده و در بالن ژوژه‌ی 50 ميلي ليتری با حلال آب به حجم رسانده شد و بدین ترتیب استاندارد غلیظ 1000 mg/ lit به عنوان استاندارد مرجع¹ ساخته شد. سپس استانداردهای 5، 10، 15 و 20 تهیه گردید. روی تمامی استانداردها عمل مشتق سازی و جایگزینی اتیل استات و هگزان به جای آب صورت گرفت.

5.2. خصوصیات کروماتوگرافی گازی

نمونه‌های استخراج شده‌ی برومينه و تغلیظ شده به روی دستگاه Philips UK (PU) 4410 گاز کروماتوگرافی با دتکتور FID آنالیز شد. ستون GC با گاز حامل نیترژن با جریانی معادل 30 ميلي ليتر در دقيقه و دتکتور FID با گاز حامل هیدروژن با جریانی معادل 33 ميلي ليتر در دقيقه بود. دمای ستون برای يك دقيقه 70 درجه‌ی سانتی‌گراد بود و برنامه‌ی دمایی آن 9 درجه‌ی سانتی‌گراد در هر دقيقه در دمای 85 درجه‌ی سانتی‌گراد، 10 درجه‌ی سانتی‌گراد در هر دقيقه در دمای 100

¹ Stock Solution

درجه‌ی سانتی‌گراد و 20 درجه‌ی سانتی‌گراد در هر دقیقه در 180 درجه‌ی سانتی‌گراد بود. دمای تزریق در 200 درجه‌ی سانتی‌گراد تنظیم شده و میزان تزریق 1 میکرولیتر بود.

3. جمع بندی

برای کمی کردن دیاگرام‌های بدست آمده از دستگاه GC از روش استفاده از استاندارد خارجی و رسم نمودار کالیبراسیون استفاده شد. طرح مورد استفاده در این مطالعه، طرح سطح پاسخ بود. طرح آزمایشی و آنالیز آماری به وسیله‌ی نرم‌افزار Minitab نسخه‌ی 14 پیشنهاد شد. جدول شماره 1 غلظت آکریل آید را در نمونه‌های آزمایش شده نشان می‌دهد.

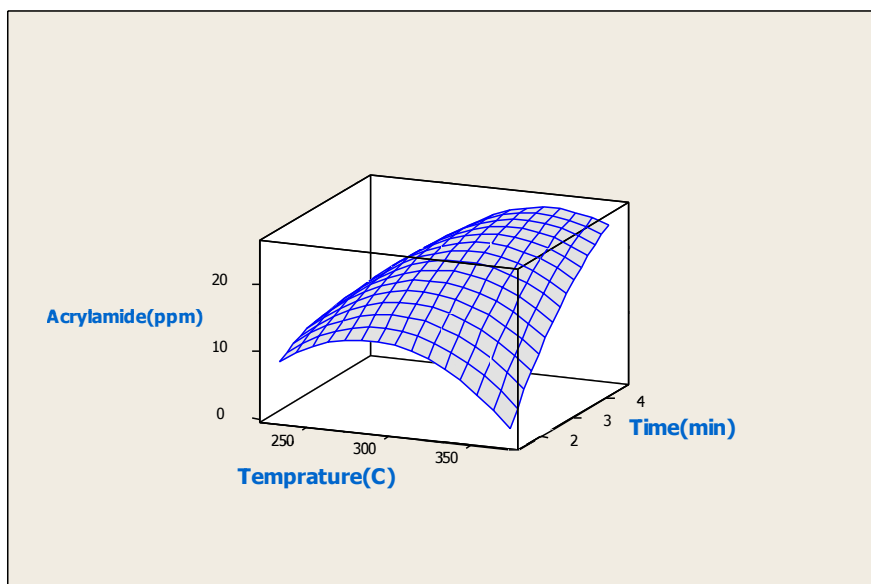
جدول 1. متغیرهای طرح سطح پاسخ مقادیر آکریل آمید یافت شده در نمونه‌های نان سنگک

شماره (بی)	دما (درجه‌ی سانتی‌گراد)	زمان (دقیقه)	آکریل آمید(پی‌بی)-
1	350	4	3017/87
2	230	3	1380/46
3	300	3	2859/3
4	350	2	1000
5	300	3	2712/75
6	300	3	3009/04
7	300	3	2591/57
8	300	4/5	3071/27
9	250	4	2162/47
10	370	3	2495/42
11	300	3	2756/31
12	300	1/5	1807/14
13	250	2	1753/8

شکل 1 منحنی سه بعدی دما، زمان و غلظت آکريل آميد را نشان مي دهد. که مشاهده مي شود با افزايش دما ابتدا آکريل

آميد افزايش مي يابد و پس از رسيدن به نقطه حداکثري، کاهش محسوسي در ميزان غلظت آن با افزايش دما ايجاد مي شود.

همچنين در يک دماي خاص و ثابت با افزايش زمان ميزان آکريل آميد افزايش مي يابد.



شکل 1 منحنی سه بعدی دما، زمان و غلظت آکريل آميد

نتايج حاصله از اين مطالعه در مورد رابطه ي دما با غلظت آکريل آميد مشابه نتايج ارلند و همکاران (2005) بود. آن ها

تأثير دما و زمان را بر ميزان آکريل آميد در نان های مسطح و سيستم هاي با پايه ي نشاسته بررسي کردند. طبق نتايج بدست

آمده از تحقيقاتشان، بيشتريين ميزان آکريل آميد در سطوح نان ها ديده شده است که هرچه ميزان دما و زمان بالاتر رفته است،

غلظت آکريل آميد نيز به دنبال آن افزايش يافته است. آن ها نشان دادند که رابطه ي دما و آکريل آميد يک رابطه ي سهمي مانند

است که تقعر آن رو به پايين بوده و غلظت آکريل آميد در دماي 190-210 درجه ي سانتی گراد به ماکزيمم خود مي رسد. به طور

کلي گزارش کردند که در سيستم هاي نشاسته اي، تأثير دما و زمان بر غلظت آکريل آميد صرف نظر از ميزان آسپارژين، رابطه ي

مشابه اي است، بنا بر اين تأثير دما و زمان به وسيله ي واکنش دهنده ها تحت تأثير قرار نمي گيرد.

ارلند و همکاران (2005) نشان دادند که با افزايش زمان پخت ميزان آکريل آميد کاهش مي يابد اما اين موضوع براي

زمانی است که سطح نان را در نظر نگرفته باشيم. يعني با افزايش زمان پخت ميزان آکريل آميد در سطح نان افزايش مي يابد.

همانطور که گفته شد، نتايج نشان داد که بين زمان پخت و غلظت آکريل آميد يک رابطه ي صعودی وجود دارد و از آن جا که جدا

کردن پوسته ي نان سنگک کار دشواری بود ما ميزان آکريل آميد را در کل نان اندازه گيري کرديم. ارلند و همکاران (2005)

گزارش کردند که ممکن است آکريل آميد پس از تشكيل با اسيدهاي آمينه و پروتئين‌هاي موجود در محصول واكنش دهد و غلظت آن كاسته شود. بعلاوه، ممكن است بر اثر حرارت بالا آكريل آميد به تركيبات ديگري تبديل شود.

نتايج بدست آمده از تحقيقات آرن و همكاران (2007) بر روي اثر دما و رطوبت بر غلظت آكريل آميد در نان‌هاي سفيد نيز نتايج ما را تا حدودي تاثير مي‌كند. طبق نتايج آن با افزايش دما ميزان آكريل آميد افزايش مي‌يابد اما زماني كه ميزان دما خيلي بالا مي‌رود و محتوي آب كم مي‌شود مشاهده شده است كه غلظت آكريل آميد كاهش مي‌يابد. در مورد تاثير محتوي رطوبت بر تشكيل آكريل آميد نظرات مختلفی وجود دارد. موترام و همكاران (2002) نشان دادند كه رطوبت در محصول نمي‌تواند جلوي تشكيل آكريل آميد را بگيرد از طرف ديگر گروب و همكاران (2003) بر اين اعتقاد هستند كه تبخير آب در محصولاتي كه رطوبت بالايي دارند منجر به كاهش دما و به دنبال آن كاهش روند تشكيل آكريل آميد مي‌شود و همچنين گزارش شده است كه در نان‌هاي مسطح در زير 4٪ رطوبت تشكيل آكريل آميد افزايش مي‌يابد.

اين تحقيق كه بر روي نان سنگك انجام شد مي‌توان گفت علي‌رغم وجود ميزان بالايي رطوبت در نان سنگك، رطوبت نتوانست مانع تشكيل آكريل آميد گردد چراكه اين محصول در مقايسه با محصولاتي كه به عنوان محصولات حاوي آكريل آميد بالا شناخته شده‌اند (سيب زميني سرخ كرده، چيپس و...) ميزان بيشتري آكريل آميد داشت و به نظر مي‌رسد كه نظر موترام و همكاران را تاثير مي‌كند.

تحقيقات كلاس و همكاران (2008) در مورد تاثير فرمولاسيون و فاكورهاي تكنولوجيكي بر آكريل آميد در نان‌هاي سفيد نيز رابطه‌ي مستقيم دما، زمان و غلظت آكريل آميد را در تحقيق ما تاثير مي‌كند. همچنين آن‌ها گزارش كردند كه اگر دما را كاهش و زمان پخت افزايش يابد، ميزان آكريل آميد در محصول كمتر مي‌شود.

4. نتيجه‌گيري

در اين طرح تحقيقاتي اثر دو فاكور دما و زمان بر ميزان غلظت آكريل آميد و رنگ توليد شده در نان سنگك توسط روش طرح سطح پاسخ بررسي شد. تيمارها با يك بار تكرر در 13 آزمايش توسط نرم‌افزار Minitab طراحي شدند. كار آزمايشگاهي اندازه‌گيري آكريل آميد توسط روش استاندارد خارجي با دستگاه GC با دتكتور FID انجام شد.

با بررسي نتايج بدست آمده و بررسي جداول آناليز واريانس مربوط به ضرايب رگرسيون مشاهده شد كه در سطح 95٪ دما اثر معني داري در كاهش غلظت آكريل آميد داشت و فاكور زمان در سطح اطمينان‌هاي پايين‌تري تاثيرگذار بوده‌اند. همچنين مشاهده شد كه ضرايب مربوط به اثرات خطي، درجه‌ي دوم و اثر متقابل در سطح اطمينان 95٪ تاثير گذار هستند.

با توجه به نتايج بدست آمده، با افزايش دماي پخت، غلظت آكريل آميد افزايش مي‌يابد و بعد از رسيدن به بيشتري حد خود در دماي 300 درجه‌ي سانتی‌گراد، شروع به كاهش مي‌كند. براي علت كاهش غلظت آكريل آميد بعد از دماي 300 درجه‌ي

سانتی‌گراد می‌توان احتمال تجزیه‌ی آکریل آمید و یا واکنش دادن آکریل آمید با پروتئین و یا آمینواسیدهای باقی مانده در نان را در نظر گرفت. همچنین با افزایش زمان در هر دما، غلظت آکریل آمید روند صعودی دارد.

در نهایت با کمک نرم‌افزار Minitab نشان داده شد که تحت دمای 370 درجه‌ی سانتی‌گراد و 2/27 دقیقه می‌توان غلظت آکریل آمید تولیدی را به کمترین حد ممکن یعنی 1 پی‌پی‌ام (1000 پی‌پی‌بی) رساند.

5. منابع و مراجع

- [1] Ahrne, L. Andersson, C.G. Floberg, P. Rosen, J and Lingert, H. *Effect of crust temperature and water content on acrylamide formation during baking of white bread: Stream and falling temperature baking*, Available online at www.sciencedirect.com, Vol. 40, 2007, pp.1708-1715.
- [2] Aurora, A.S. *Acylamide in food*, College of Tropical Agriculture and Human Resource, *Food safety and Technology*, University of Hawaii at mana, Vol.13, 2003, pp.1-2.
- [3] Claus, A. Carle, R. Schieber, A, *Acrylamide in cereal products : A review* , *Journal of Cereal Science*, Vol. 47, 2008, pp.118-133.
- [4] Erland, B. Halvor Knutsen, S, *Effect of temperature and time on the formation of acrylamide in starch- based and cereal model systems, flat breads and bread*, *Journal of Food Chemistry*, Vol.92, 2005, pp. 693-700.
- [5] Eriksson, S, *Acrylamide in food products: Identification, Formation and Analytical methodology*, *Institutionen for miljokemi, Stockholms universitet* 2005.
- [6] Exona, J.H. *A Review of the Toxicology of Acrylamide* *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, Vol.9, 2006, No. 5, 2006, pp. 397 — 412.
- [7] Grivas, S. Jagerstad, M. Lingnet, H. Skog, K. Tornqvist, M. *Acrylamide in food - Mechanisms of formation and influencing factors during heating of foods*. *The Swedish Institute for Food and Biotechnology, Chairman of Expert Committee* 2002.
- [8] Grob, K. Biedermann, M. Biedermann-Brem, S. Noti, A. Imhof, D. Amrein, T. Pfefferle, A and Bazzocco, D, *French fries with less than 100 µg/kg acrylamide. A collaboration between cooks and analysis*, *European Food Research and Technology*, Vol. 217, 2003, pp. 185-194.

- [9] Mattaus, B. Hasse, N.U and Vosmann, K, *Factors affecting the concentration of acrylamide during deep-fat frying of potatoes*, *Journal of Lipid Science*, Vol.106, 2004, pp. 793- 801.
- [10] Mortam, D.S. Wedzicha, B.L and Dodson, A.T, *Acrylamide is formed in the maillard reaction* , *Journal of Food Chemistry* , Vol.419, 2002, pp.448-449.
- [11] Muttucumaru, N. Elmore, J. Curtis, T. Mottram, D. Parry, M and Halford, N, *Reducing acrylamide precursors in raw materials derived from wheat and potato* , *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, Vol.56, 2008, pp.6167-6172.
- [12] Pittet, A. Perisset, A and Oberson , J.M, *Trace level determination of acrylamide in cereal-based foods by gas chromatography- mass Spectrometry* , *Journal of Chromatography*, Vol.1035, 2004, pp.123-130.
- [13] Tareke, E. Rydberg, P. Karlsson, P. Eriksson, S and Totnqvist, M, *Analysis of acrylamide a carcinogen formed in heated foodstuffs* , *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, Vol. 50, 2002, pp. 4998-5006.
- [14] Zhang, Y. Ren, Y and Zhao, H, *Determination of acrylamide in Chinese traditional carbohydrate-rich foods using gas chromatography with micro-electron capture detector and isotope dilution liquid chromatography combined with electrospray ionization tandem mass spectrometry* , *Analytical Chimica Acta*, Vol. 584, 2007, pp. 322-332.
- [15] FDA, <http://www.cfsan.fda.gov/FDA>: U.S, *Food and Drug Administration, Department of Health and Human Service* , accessed on march 16 and 18. 2009.