Journal of Clinical Excellence

Review

Investigation of the Effective Factors in the Formation and Reduction Acrylamide Levels in Bread

Habib Vahedi [1], Farzad Kobarfard [2*]

1. Food Technology(P.hD), The Health of Plant and Livestock Products Research Center, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran.
2. Department of Medicinal Chemistry, School of Pharmacy, Shaheed Beheshti University of Medical Sciences, Tehran، Iran.

*. Corresponding Author: E-mail: kamalsafar@yahoo.com

(Received 8 June 2015; Accepted 10 August 2015)

Abstract

The formation of acrylamide monomers in cereal products at temperatures higher than 120°C is a major global health and safety problem in food hygiene first discovered by the University of Stockholm in Sweden. Acrylamide is a carcinogen that causes gene mutation and damages the immune and nervous systems and is therefore a major health concern for humans. No safe limits of consumption that do not cause cancer have yet been determined for acrylamide, as the compound is carcinogenic even at low concentrations, and is 100 times more dangerous to humans than the other known toxins present in the environment. Bread is a main source for the human intake of high levels of acrylamide. In Iran, the rate of the formation of acrylamide and its intake through bread is very concerning. The free asparagine present in wheat become the main acrylamide formation agents in acting through the Maillard reaction. The present study was conducted to investigate the measures through which acrylamide levels can be reduced in bread.

Keywords: Acrylamide, Bread, Cancer, Free asparagine.

J ClinExc 2015; 4(Special Issue): 1-16 (Persian).

[Downloaded from ce.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

مجله تعالی بالینی
آموزشی- پژوهشی
دوره چهارم ویژه‌نامه ایمنی غذا از مزرعه تا سفره(16-1)

بررسی عوامل مؤثر بر تشکیل و کاهش اکریل‌آمید در نان

حبیب واحدی[1*]، فرزاد کبارفرد[2]

چکیده

ساخته‌شدن مونومر اکریل‌آمید در دماهای بالاتر از 120 درجه سانتی‌گراد در فرآورده‌های غلات یکی از مهم‌ترین مسائل مطرح در ایمنی و بهداشت مواد غذایی در جهان می‌باشد که اولین بار توسط دانشگاه استکهلم گزارش شد. اکریل‌آمید به‌واسطه ایجاد جهش در ژن‌ها و ایجاد سرطان، آسیب به سیستم ایمنی و عصبی یکی از نگرانی‌های عمده در مورد سلامت انسان محسوب می‌شود. هیچ حد ایمنی که از ایجاد سرطان جلوگیری نماید، برای آن تعیین نشده است. زیرا که، غلظت‌های کم آن، خطرآفرین و سرطان‌زا است و در مقایسه با دیگر مواد سمی شناخته‌شده برای انسان تا صد برابر خطرناک‌تر می‌باشد. نان یکی از منابع مهم دریافت مقادیر بالای اکریل‌آمید برای انسان محسوب می‌شود. در ایران نگرانی‌ها از حجم تولید و دریافت اکریل‌آمید از طریق نان است. آسپارژین آزاد موجود در گندم عامل اصلی تشکیل اکریل‌آمید در نان، طی واکنش میلارد اعلام شده است. هدف از این مطالعه تبیین راه‌های کاهش اکریل‌آمید در نان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آسپارژین آزاد، اکریل‌آمید، سرطان، نان.

مبانی نظری پژوهش

سازمان کنفدراسیون صنایع غذایی و آشامیدنی اروپا برای کاهش اکریل‌آمید در نان استفاده از افزایش زمان تخمیر، کاهش آسپارژین آزاد در آرد، کاهش زمان برشته شدن و استفاده از ال-آسپارژیناز را به‌عنوان 4 راهکار مناسب و بدون خطر برای کاهش تشکیل اکریل‌آمید در نان پیشنهاد نموده است(1). براساس درجه استخراج آرد ویژگی‌های آرد متفاوت می‌شود. آرد با درجه استخراج 82 درصد(18 درصد سبوس‌گیری شده) حاوی سبوس و آسپارژین آزاد کمتری است. ولی، آرد با درجه استخراج 93 درصد(7 درصد سبوس‌گیری شده) حاوی سبوس و آسپارژین بیشتری است(2). از نظر تغذیه‌ای آرد با درجه استخراج 93 درصد ارزش غذایی بالاتری دارد اما باعث افزایش ساخت اکریل‌آمید در نان می‌شود. از طرفی مشاهده شده است که کاهش درجه استخراج آرد باعث کاهش ساخت اکریل‌آمید در نان می‌شود(5 - 3).

آسپارژیناز جهت کاهش اکریل‌آمید در کراکر مورد مطالعه قرار گرفته است و مشاهده شد که، ساخت اکریل‌آمید تا 70 درصد کاهش می‌یابد بدون اینکه در طعم یا رنگ فرآورده تغییری به وجود آید(6).

1. دکترای تخصصی تکنولوژی مواد غذایی، مرکز تحقیقات سلامت فرآورده‌های گیاهی و دامی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران.
2. گروه شیمی دارویی دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
*نویسنده مسئول: مازندران، ساری، مجتمع دانشگاهی پیامبر اعظم، دانشکده بهداشت، گروه علوم پایه E-mail: kamalsafar@yahoo.com
تاریخ دریافت:1394/3/18 تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: 1394/5/11 تاریخ پذیرش:1394/5/19

[Downloaded from ce.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

مقدمه

در دماهای بالاتر از 120 درجه سانتی‌گراد در فرآورده‌های دارای کربوهیدرات بالا یک فرآورده جانبی سرطان‌زا بنام مونومر اکریل‌آمید یافت شده است(9-7). اکریل‌آمید به‌واسطه ایجاد جهش در ژن‌ها و ایجاد سرطان یکی از نگرانی‌های عمده در مورد سلامت انسان محسوب می‌شود. هیچ حد ایمنی که از ایجاد سرطان جلوگیری نماید برای اکریل‌آمید تعیین نشده است(8). نان یکی از منابع مهم غذایی دریافت مقادیر بالای اکریل‌آمید برای انسان محسوب می‌شود(6،10،11). اکریل‌آمید از واکنش بین آسپارژین آزاد و یک منبع کربونیل، طی واکنش میلارد تولید می‌شود(14-12). آسپارژین آزاد موجود در گندم به‌عنوان عامل کلیدی و آغازگر اصلی تشکیل اکریل‌آمید در نان شناخته‌شده است. درجه استخراج آرد اثر مستقیم بر مقدار آسپارژین آرد و تشکیل اکریل‌آمید در نان دارد(16،15). اکریل‌آمید بعد از جذب در بدن، گلاسیدآمید را تولید می‌نماید که با اثر بر DNA و ایجاد جهش در ژن‌ها، باعث بروز سرطان و آسیب به سیستم عصبی می‌شود(7). پژوهش انجام شده روی ویفر نشان داد هنگامی که، از آرد با خاکستر 1/05 درصد به‌جای 0/55 درصد استفاده شد، ساخت اکریل‌آمید به دو برابر افزایش یافت(11،7). تاکنون اکثر راه‌های پیشنهادی برای کاهش آسپارژین آزاد در بخش کشاورزی و تکنولوژی نانوایی نتیجه‌بخش و مقرون‌به‌صرفه نبوده است و امکان عملی شدن این تغییرات به‌صورت صنعتی نیز امکان‌پذیر نبوده است. استفاده از ال - آسپارژیناز در فرآورده‌های غلات برای کاهش آسپارژین آزاد در مقیاس صنعتی تاکنون در دنیا به‌جز در بیسکوئیت‌های صنعتی نیمه شیرین انجام نشده است. سایر مطالعات انجام شده با مداخله در تکنولوژی و در مدل‌های آزمایشگاهی انجام شده است. با این وجود، پژوهش‌های انجام شده در ایران براساس 4 راهکار ارائه‌شده توسط سازمان کنفدراسیون صنایع غذایی و آشامیدنی اروپا بدون هیچ‌گونه مداخله در تکنولوژی نانوایی و در شرایط نرمال نانوایی سنگکی بر مبنای رقم گندم، درجه استخراج آرد، تخمیر، دما، زمان پخت و آنزیم ال-آسپارژیناز جهت جلوگیری از ساخت اکریل‌آمید انجام شده است(5-1). هدف این مطالعه خلاصه‌سازی و ارزیابی پژوهش‌هایی است که در خصوص عوامل مؤثر بر تشکیل و کاهش اکریل‌آمید در نان مطالعاتی انجام داده‌اند تا تصویر واضح‌تری از روش‌های کاهش ساخت اکریل‌آمید در نان ارائه شود.

روش پژوهش

این مطالعه مروری مبتنی بر انجام 3 مطالعه تجربی(5-3)، تألیف یک جلد کتاب با عنوان اکریل‌آمید و چالش‌های آن(26) و جستجوی منابع الکترونیکی از سال‌های 1980 تا 2012 در پایگاه داده‌های اطلاعاتی در دسترس Medline Pubmed, Science Direct, ProQuest, SID, ISI web science, IranMedex, Scopus, PubMed, ISC بدون هر گونه محدودیت زمانی و به دو زبان فارسی و انگلیسی انجام گرفت. جهت جستجو در منابع الکترونیکی از کلید واژه‌های اکریل‌آمید، آسپارژیناز، درجه استخراج آرد، طیف‌سنجی جرمی متوالی(LC/MS/MS) واکنش میلارد، مخمر نانوایی و تخمیر استفاده شد. در ابتدا 120 مقاله در پایگاه‌های داده‌های اطلاعاتی یافت شد که از این تعداد تنها 50 مقاله واجد معیارهای ورود(چگونگی ساخت و کاهش اکریل‌آمید در فرآورده‌های غلات) به مطالعه بودند. خلاصه مقالات فارسی در مورد اکریل‌آمید مورد بررسی قرار گرفت(27 -18).

پیشینه پژوهش در ایران

مطالعات انجام شده توسط متقی و میرزا پور نشان داد که نمک طعام به میزان کمتر از 2 درصد میزان اکریل‌آمید را کاهش می‌دهد ولی مقادیر بیشتر از آن ساخت اکریل‌آمید را افزایش می‌دهد همچنین سیستئین باعث کاهش اکریل‌آمید می‌شود ولی در تنورهای که انتقال هوا به‌صورت گردشی انجام می‌شود ساخت اکریل‌آمید افزایش می‌یابد همچنین میزان اکریل‌آمید در

[Downloaded from ce.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

نان‌های تافتون، سنگک و بربری به ازای هر 200 گرم به ترتیب
14، 11، 9 نانوگرم مشاهده شد ولی در نان لواش اکریل‌آمید مشاهده نشد(27).

مطالعه انجام شده توسط واحدی و همکاران نشان داد که، درجه استخراج آرد، زمان تخمیر به‌طور معناداری بر میزان آسپارژین در سبوس تأثیرگذار است، مناسب‌ترین زمان تخمیر برای کاهش آسپارژین آزاد در خمیر نان سنگک 110 دقیقه مشاهده شد. تأثیر رقم گندم و درجه استخراج آرد بر میزان آسپارژین آزاد حتمی است، استفاده از آسپارژیناز روش مناسبی جهت جلوگیری از ساخت اکریل‌آمید در نان سنگک است و با افزایش درجه استخراج آرد ساخت اکریل‌آمید افزایش می‌یابد، همچنین ساخت اکریل‌آمید با دما و مدت‌زمان پخت رابطه مستقیم نشان داد و در حضور آنزیم آسپارژیناز کمترین میزان آکریل‌آمید مشاهده شد و عدم برشته نمودن نان سنگک به میزان زیادی از ساخت آکریل‌آمید جلوگیری می‌کند(5-3).

پیشینه پژوهش در جهان

در آوریل 2002 دانشگاه استکهلم اعلام نمود غذاهای حاوی کربوهیدرات که در حرارت بالا فرآیند می‌شوند دارای مقادیر قابل توجهی اکریل‌آمید می‌باشند بعد از تائید این مشاهدات، تحقیقات زیادی در خصوص روش‌های کاهش اکریل‌آمید در 30 مرکز علمی دنیا آغاز شد(11). سازمان غذا و داروی امریکا اقداماتی را انجام داد که مهم‌ترین آن شامل اجرای تحقیقاتی بر روی روش‌های کاهش اکریل‌آمید، آنالیز نتایج آزمایش بر روی نمونه‌های غذایی، ایجاد یک روش مؤثر برای اندازه‌گیری اکریل‌آمید در غذاها و قرار دادن روش‌ها در سایت سازمان و ایجاد برنامه‌های عملیاتی از جمله، پرسش و پاسخ در خصوص اکریل‌آمید و اجرای تبصره 65 (برنامه آب آشامیدنی ایمن و پیشگیری از مسمومیت، مصوب 1986، مبتنی بر این که در ایالت کالیفرنیا قانون مشاغل را ملزم می‌کند که به شهروندان در خصوص احتمال خطرات مواد شیمیایی که به‌طور بالقوه ایجاد سرطان یا آسیب جدی می‌کنند هشدار دهند). سازمان بهداشت جهانی جهت به دست آوردن یک روش بین‌المللی برای کاهش سطح اکریل‌آمید در غذا انجمنی متشکل از متخصصین سراسر دنیا ایجاد نمود(27).

نتایج

یافته‌های پژوهشی در مورد عوامل مؤثر بر تولید و کاهش اکریل‌آمید در نان توسط مراکز معتبر بین‌المللی سازمان بهداشت جهانی میزان جذب روزانه اکریل‌آمید را در کشورهای پیشرفته بین 0/8- 0/3 میکروگرم به‌ازای هر کیلوگرم وزن بدن، در روز تخمین زده است(1). مطالعات انجام شده توسط تارکه نشان داد که، مقدار اکریل‌آمید در غذاهای غنی از پروتئین(گوشت و محصولات ماهی) در مقایسه با غذاهای غنی از نشاسته 100- 10 برابر کمتر می‌باشد اکریل‌آمید طی فرآیندهای حرارتی در غذاهای غنی از پروتئین با گروه‌های زنجیره جانبی اسیدهای آمینه موجود در پروتئین‌ها وارد واکنش می‌شود و از تشکیل مقادیر بالای اکریل‌آمید در این غذاها جلوگیری می‌نماید(8). مطالعات انجام شده توسط ادوآردو نشان می‌دهد که، استفاده از گلایسین در نان چاودار باعث کاهش ساخت اکریل‌آمید می‌شود. ولی، تشکیل هیدروکسی‌متیل‌فورفورال را افزایش می‌دهد. آنزیم آسپارژیناز توانست میزان ساخت اکریل‌آمید را 88 درصد کاهش دهد ولی، تأثیری بر فرآیند فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها، تشدید رنگ یا خواص حسی نان ندارد(14). نتایج مطالعات اسپرینگر نشان داده است که، رقم گندم، زراعت ارگانیک، میزان برداشت از مزرعه، درجه استخراج آرد و الک نمودن آرد بر میزان آسپارژین آزاد و ساخت اکریل‌آمید در نان تأثیر دارد. ارقام مختلف چاودار حاوی آسپارژین آزاد بیشتری نسبت به ارقام مختلف گندم می‌باشند(15). مطالعه‌ای که توسط جانگ انجام شد نشان داده است که، افزودن اسیدها و کاهش

[Downloaded from ce.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

PH در چیپس ذرت منجر به کاهش آکریل‌آمید می‌شود. با کاهش PH از 7 به 6 و از 7 به 4 به ترتیب 73 و 99 درصد از تشکیل اکریل‌آمید جلوگیری شد(28). مطالعه گروب نشان داد که، برای تشکیل اکریل‌آمید دماهای بالاتر از 100 درجه سانتی‌گراد و رطوبت پایین ضروری است(33). تایمنز نشان داد که، تأثیر رقم گندم بر میزان آسپارژین آزاد چشمگیر است(30). مطالعات انجام شده توسط وس نشان داد که، آنزیم آسپارژیناز توانسته است بدون تأثیر بر طعم یا رنگ فرآورده ساخت اکریل‌آمید را در کراکر به میزان 70 درصد کاهش دهد. ولی، استفاده از آمونیوم کربنات هیدروژن در فرآورده‌های نانوایی باعث افزایش ساخت اکریل‌آمید می‌شود. اما، در غیاب آمونیوم کربنات هیدروژن ساخت اکریل‌آمید به یک‌سوم کاهش می‌یابد. ولی، از آنجائی که آمونیوم هیدروژن کربنات با PH و رنگ در ارتباط می‌باشد، محصول تولیدی رنگ و ظاهر مطلوب نداشته و مشتری‌پسند نمی‌باشد. استفاده از بی‌کربنات‌سدیم به‌جای آمونیوم‌هیدروژن‌کربنات ساخت آکریل‌آمید را به یک‌سوم کاهش می‌دهد اما، محصول طعم قلیایی پیدا می‌نماید که، با استفاده از اسید تارتاریک یا اسیدسیتریک هم طعم قلیایی بین می‌برد و هم ساخت اکریل‌آمید را کاهش می‌دهد. همچنین مشاهده شد که، در کراکرها استفاده از ساکارز به‌جای قند اینورت مقدار اکریل‌آمید60 درصد کاهش می‌یابد. و با کاهش درجه حرارت از 230 به 190 درجه سانتی‌گراد مقدار اکریل‌آمید 60 درصد کاهش می‌یابد. افزودن اسیدهای‌آمینه گلایسین، لیزین و گلوتامین بر میزان تشکیل اکریل‌آمید تأثیری ندارد، ولی، باعث بهبود و تشدید رنگ قهوه‌ای و تولید ملانوئیدین بیشتری در فرآورده می‌شود(31). مطالعه دیگری که توسط ساردیک انجام شد مشخص شد که، اکریل‌آمید به‌صورت خطی با زمان و درجه حرارت افزایش می‌یابد و در درجه حرارت‌های بالا کاهشی در تشکیل اکریل‌آمید مشاهده نشد. ولی، آسپارژین آزاد، عامل محدودکننده تشکیل اکریل‌آمید در فرآورده‌های نانی می‌باشد(32). فردریکسون نشان داده است که، با طولانی شدن زمان تخمیر مخمری، آسپارژین آزاد کاهش می‌یابد و نهایتاً از تشکیل اکریل‌آمید در حد بالایی جلوگیری می‌شود. ولی، تخمیر مخمری بیش از حد(3 ساعت) با توجه به محدود بودن ظرفیت مخمر برای مصرف آسپارژین آزاد، نه‌تنها در کاهش اکریل‌آمید مؤثر نیست بلکه باعث تضعیف شبکه گلوتنی و کاهش حجم نان می‌شود. تخمیر اسیدلاکتیک به میزان 70 درصد و خمیرترش با گذشت 72 ساعت میزان اکریل‌آمید را کاهش می‌دهند. ولی، بیشتر از این زمان(96 ساعت) در اثر فعالیت پروتئولیتیکی میکروارگانیسم‌ها میزان اکریل‌آمید افزایش می‌یابد(33). مطالعات آمرین در خصوص بیسکوئیت و نان زنجبیلی نشان می‌دهد که، با افزودن 250 میلی‌گرم آسپارژین آزاد به یک کیلوگرم خمیر در تهیه بیسکوئیت، مقدار تشکیل اکریل‌آمید به 4 برابر افزایش می‌یابد و زمانی که 1000 میلی‌گرم آسپارژین اضافه شود ساخت اکریل‌آمید به بیش از 8000 میکروگرم در کیلوگرم افزایش می‌یابد. با افزایش درجه استخراج آرد مقدار پیش‌سازهای ساخت اکریل‌آمید(آسپارژین آزاد و قندهای احیاکننده) در خمیر بیسکوئیت افزایش می‌یابد. هنگامی که در نان زنجبیلی به‌جای کربنات هیدروژن آمونیوم از بی‌کربنات‌سدیم استفاده شد به همان مقدار اکریل‌آمید کاهش یافت(34،6). نتایج مطالعات الدر بیان می‌دارد که، با افزودن کاتیون‌های دو ظرفیتی منیزیم و کلسیم به خمیر نان در دامنه حرارتی 180-150 درجه سانتی‌گراد اکریل‌آمید حداکثر 20 درصد کاهش می‌یابد(35). تحقیقات انجام شده توسط برادن نشان می‌دهد که، ساخت اکریل‌آمید در درجه حرارت‌های بالاتر در نان گندم کاهش نمی‌یابد و هم‌چنین با افزایش زمان و درجه حرارت تشکیل اکریل‌آمید در نان به‌طور خطی افزایش می‌یابد ولی، اسیدآمینه گلیسین در مقادیر زیاد به علت رقابت با آسپارژین توانسته است ساخت اکریل‌آمید را در هر کیلوگرم نان حدود 90 درصد کاهش دهد(36). هندریکسن طی مطالعاتی گزارش نموده است هر چند که، مقدار قندهای گلوکز، فروکتوز و آسپارژین آزاد تعیین‌کننده میزان تشکیل اکریل‌آمید در نان می‌باشند ولی، می‌توان از طریق غیرفعال کردن گروه آمین

[Downloaded from ce.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

آسپارژین آزاد با استفاده از اسیدآمینه آسپارژین موجود در ساختمان پروتئین‌ها و استیله کردن آسپارژین(تبدیل آن به ان- استیل آسپارژین) میزان ساخت اکریل‌آمید را در نان کاهش داد(37). لیندسی طی مطالعاتی گزارش مشخص نمود که، کاتیون‌های سه‌ظرفیتی مانند آهن توانسته است ضمن واکنش با گروه‌های باردار آسپارژین آزاد به میزان 77 درصد از ساخت اکریل‌آمید در نان جلوگیری نماید(38). هنلی طی مطالعاتی پیشنهاد نموده است که، جهت کاهش ساخت اکریل‌آمید باید از طریق تنظیم زمان و دمای پخت ساخت اکریل‌آمید را در نان کاهش داد(39). هبسن طی مطالعاتی گزارش نموده است که، مقدار اکریل‌آمید ساخته شده در نان و کلوچه حداقل تا 3 ماه پایدار باقی می‌ماند و هم‌چنین اکریل‌آمید ساخته شده در غلات صبحانه تا یک سال در دمای اتاق بدون تغییر باقی می‌ماند(40). مطالعه لیوفون نشان می‌دهد که، اسیدهای آمینه گوگردی و آنتی‌اکسیدان‌ها بر کاهش ساخت اکریل‌آمید در کراکرها مؤثر هستند(41). واتم گزارش نموده است که، پروتئین‌های حبوبات به‌واسطه داشتن ترکیبات گوگردی در جلوگیری از تشکیل اکریل‌آمید در فرآورده‌های غلات مؤثر می‌باشند(42). لواین در تحقیقاتی که انجام داد به این نتیجه رسید که، استفاده از اسیدآسکوربیک در فرآورده‌های غلات صبحانه باعث جلوگیری از ساخت اکریل‌آمید می‌شود(43). آمرین طی مطالعاتی نشان داد که، مقدار اکریل‌آمید ساخته شده در حضور گلی‌اکسال که از تجزیه حرارتی قندها به وجود می‌آید 250 بار بیشتر از وقتی است که قند فروکتوز در محیط وجود دارد(44). میا طی مطالعه‌ای نشان داد که، افزودن اسید تارتاریک به بیسکوئیت میزان ساخت اکریل‌آمید را به یک‌سوم کاهش می‌دهد(45). گراف با انجام مطالعه در مقیاس صنعتی نشان داد که، استفاده از بی‌کربنات سدیم به‌جای آمونیم بی‌کربنات 70 درصد ساخت اکریل‌آمید را در بیسکوئیت‌های نیمه شیرین کاهش می‌دهد ولی، استفاده از ساکارز به‌جای قند اینورت(گلوکز + فروکتوز) باعث کاهش بیشتر اکریل‌آمید می‌شود(46). فینک طی انجام یک مطالعه نشان داد که، استفاده از اسیدآمینه گلیسین به صورت اسپری(محلول 10 درصدی) بر روی خمیر نان تأثیری بر کاهش اکریل‌آمید نشان نداد. ولی، با تکرار آن تا 8 بار مقدار اکریل‌آمید 16 درصد کاهش یافت اما، باعث تشکیل 3 - پروپیون آمید(ماده‌ای واسطه در تولید اکریل‌آمید) می‌شود که باعث افزایش ساخت اکریل‌آمید می‌شود. همچنین استفاده از گلایسین اقتصادی نمی‌باشد زیرا که بایستی به میزان 3 - 1/5 درصد وزن آرد اضافه شود(47). کرول در طی مطالعاتی به این نتیجه رسید که، استفاده از ترکیبات پلی‌فنلیک در نان گندم اثر قوی‌تری در کاهش اکریل‌آمید دارد ولی، نیاز به بررسی‌های بیشتری می‌باشد(48). میا طی مطالعه‌ای به این نتیجه رسید که، استفاده از ساکارز در بیسکوئیت‌های تولید شده با آرد گندم میزان آکریل‌آمید را تا 70 درصد کاهش می‌دهد(45). مطالعات جئوکمن نشان داد که، کاتیون دو ظرفیتی کلسیم در محدوده دمایی 180- 150 درجه سانتی‌گراد به میزان 95 درصد از ساخت اکریل‌آمید جلوگیری می‌نماید، ولی، استفاده از کاتیون یک ظرفیتی سدیم توانست تشکیل اکریل‌آمید را به نصف کاهش دهد(50،49). مطالعات کلاس نشان داد که، اگر نان را در دمای 200 درجه سانتی‌گراد به مدت 70 دقیقه و 240 درجه سانتی‌گراد به مدت 50 دقیقه حرارت دهیم ساخت اکریل‌آمید در تیمار دومی 124/1 و در تیمار اولی 92/4 میکروگرم در کیلوگرم مشاهده شد. نان‌های حاصله از نظر طعم، رنگ و بو یکسان بودند. همچنین خشک شدن سریع‌تر پوسته نان، تخمیر مخمری، سال برداشت، آب و هوای نامساعد، جوانه زدن غلات و استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژنی در مزارع گندم یک اثر تعیین‌کننده بر میزان آسپارژین آزاد موجود در آرد و ساخت اکریل‌آمید نشان داده‌اند(51،16،11). مطالعه انجام شده توسط کولک نشان داد که، استفاده از نمک طعام به میزان یک درصد ساخت اکریل‌آمید را تا 40 درصد کاهش داد. ولی، استفاده از مقادیر بیشتر نمک تأثیری بر کاهش اکریل‌آمید نشان نداد(52).

[Downloaded from ce.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

یافته‌های پژوهشی در مورد عوامل مؤثر بر تولید و کاهش اکریل‌آمید در نان توسط مراکز علمی معتبر ایران مطالعات انجام شده توسط واحدی و همکاران نشان داد که، رقم گندم و کاهش درجه استخراج آرد به‌طور معنی‌داری باعث کاهش آسپارژین آزاد می‌شود، تأثیر ال-آسپارژیناز(میلی‌گرم/کیلوگرم) بر هیدرولیز آسپارژین در شرایط آزمایشگاه به میزان 100 درصد مشاهده شد، استفاده از آنزیم در خمیر نانوایی سنگکی سنتی با غلظت 250 توانست آسپارژین آزاد را به میزان 21/54 درصد کاهش دهد ولی، با غلظت 500 آسپارژین آزاد به میزان 85/36 درصد کاهش یافت. اما، زمانی که از آنزیم با غلظت مساوی(500 میلی‌گرم) در دو نوع خمیر استفاده شد میزان کاهش آسپارژین آزاد به 79/89 – 75/47 درصد رسید(3). کاهش آسپارژین آزاد توسط تخمیر مخمری، بعد از 360 دقیقه 99 درصد، بعد از 300 دقیقه 98 درصد، بعد از 240 دقیقه 97 درصد، بعد از 180 دقیقه 97 درصد، بعد از 150 دقیقه 94 درصد و بعد از 110 دقیقه 94 درصد، مشاهده شد. ولی، کاهش مؤثر آسپارژین آزاد در دو نوع خمیر تهیه‌شده از دو نوع آرد با درجه استخراج 93 و 82 درصد در 110 دقیقه طی عمل تخمیر به میزان 90 درصد رسید. با جایگزینی آرد 93 درصد استخراج به‌جای آرد 82 درصد استخراج آسپارژین آزاد به میزان 133/33 درصد، فروکتوز به میزان 347/07 درصد، گلوکز به میزان 343/89 درصد، مالتوز به میزان 127/43 درصد و ساکارز به میزان 5/10 درصد افزایش یافت(4). تأثیر درجه استخراج آرد، مدت‌زمان پخت، دما و میزان ال-آسپارژیناز بر کاهش ساخت اکریل‌آمید در نان سنگک به‌صورت جداگانه و فردی مشخص شد(5). تأثیر متقابل عوامل دوگانه(دما و درجه استخراج، دما و آنزیم، دما و زمان، درجه استخراج و آنزیم، درجه استخراج و زمان، آنزیم و زمان)، تأثیر متقابل عوامل سه‌گانه(دما + آنزیم و زمان، دما + درجه استخراج و زمان، درجه استخراج + آنزیم و زمان، تأثیر دما + درجه استخراج و آنزیم) و تأثیر متقابل عوامل چهارگانه(دما، آنزیم، درجه استخراج و زمان پخت)، بر ساخت اکریل‌آمید در نان سنگک نشان داده شد(26).

کمترین مقدار اکریل‌آمید با میانگین 13/07 میلی‌گرم در کیلوگرم نان سنگک در شرایطی که دمای پخت 241 درجه سانتی‌گراد، درجه استخراج آرد 82 درصد، مدت‌زمان پخت 5 دقیقه و ال-آسپارژیناز حضور داشته باشد ساخته می‌شود. اما، بیشترین مقدار اکریل‌آمید با میانگین60/30 میلی‌گرم در کیلوگرم نان سنگک در شرایطی که دمای پخت 352 درجه سانتی‌گراد، درجه استخراج آرد 93 درصد، زمان پخت 10 دقیقه و با عدم حضور آنزیم آسپارژیناز ساخته می‌شود(5). در ازای افزایش یک درجه استخراج آرد در دامنه 93 - 82 درصد 1/572، یک دقیقه زمان پخت در دامنه 10- 5 دقیقه 1/155 و یک درجه حرارت در دامنه 352-241 درجه سانتی‌گراد 0/057 میلی‌گرم ساخت اکریل‌آمید در هر کیلوگرم نان سنگک افزایش یافت. اما، در ازای هر واحد آنزیم در دامنه 500 - 0 میلی‌گرم در کیلوگرم ساخت اکریل‌آمید 0/022- در هر کیلوگرم نان سنگک کاهش یافت. همچنین نشان داده شد که، سازوکارهای ساخت اکریل‌آمید در زمان بسیار کوتاهی و با سرعت‌بالا در تنور سنگکی محقق می‌شود. اکریل‌آمید در تنور نانوایی سنگکی در دامنه دمایی 352-241 درجه سانتی‌گراد و در زمان‌های 5 دقیقه(پخت معمولی) و 10 دقیقه(برشته شدن) ساخته شد. بیشترین عامل تأثیرگذار بر ساخت اکریل‌آمید درجه استخراج آرد و کمترین تأثیر مربوط به درجه حرارت پخت مشاهده شد. ولی بیشترین عامل تأثیرگذار در جلوگیری از ساخت اکریل‌آمید در نان سنگک به‌صورت اثرات متقابل توسط آسپارژیناز مشاهده شد(۲۶،۵). متقی طی مطالعه‌ای نشان داد که، غلظت اکریل‌آمید در نان‌های تافتون 14 نانوگرم، سنگک 11 نانوگرم و نان بربری 9 نانوگرم می‌باشد. ولی غلظت اکریل‌آمید در نان لواش غیرقابل ردیابی گزارش شد(27). اعرابی طی مطالعه‌ای نشان داد که، استفاده از اسیداستیک و اسیدآسکوربیک در فرمولاسیون نان سنگک ساخت اکریل‌آمید به میزان 90 درصد کاهش یافت. پیشنهاد شده است که، در مقیاس صنعتی استفاده از ساکارز به‌جای قند اینورت در فرمولاسیون بیسکوئیت و پخت در دماهای پایین‌تر یک

[Downloaded from ce.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

راهکار عملی برای کنترل ساخت اکریل‌آمید است. در نان سنگک رابطه دما با میزان اکریل‌آمید در نان سنگک یک رابطه سهمی شکل ولی رابطه زمان با میزان اکریل‌آمید یک رابطه خطی است(53).

بحث

پژوهش انجام شده در ایران نشان داد که، ال-آسپارژیناز توانست در شرایط آزمایشگاه آسپارژین خالص را به میزان 100 درصد هیدرولیز نماید. اما، ال-آسپارژیناز با میزان 250 میلی‌گرم در کیلوگرم آسپارژین خمیر را در شرایط نانوایی سنگکی به میزان 21/70 درصد کاهش داد ولی، با میزان 500 توانست آسپارژین آزاد موجود در آرد را به میزان 87/81 درصد هیدرولیز نماید(تفاوت کاهش آسپارژین در خمیر توسط ال-آسپارژیناز با میزان 500 نسبت به میزان 250، 66/11 درصد است). ولی، کاهش آسپارژین در دو نوع خمیر تهیه‌شده از دو نوع آرد با درجه استخراج 82 و 93 درصد در حضور شاهد توسط ال-آسپارژیناز به میزان برابر(500 میلی‌گرم در کیلوگرم) به میزان 80/02-75/46 درصد رسید(3). این یافته‌ها با نتایج مطالعات هانه(55)، زیزاک(54)، وس(31)، مونیکا(20)، ادوآردو(14) و آمرین(6) مبنی بر تاثیر آسپارژیناز بر کاهش آسپارژین آزاد همسویی دارد. بین مقادیر آسپارژین در آرد کامل، سبوس و آرد آندوسپرم تهیه‌شده از دو نوع گندم، اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. همچنین اثر مقدار آسپارژین در آرد کامل، سبوس، آرد آندوسپرم، تأثیر درجه استخراج آرد و ال-آسپارژیناز بر کاهش آسپارژین در خمیر نان بررسی شد(3). این یافته‌ها با نتایج مطالعات اسپرینگر(15)، در مورد چاودار همخوانی دارد با این تفاوت که، این پژوهشگر بر روی میزان توزیع آسپارژین در آرد کامل، سبوس و آرد آندوسپرم اظهارنظری ننموده است و مهم‌تر اینکه اثر تفاوت میزان توزیع آسپارژین را در آرد کامل، سبوس، آرد آندوسپرم و تأثیر درجه استخراج آرد را بر تشکیل اکریل‌آمید در نان سنگک نشان نداد و همچنین تأثیر ال-آسپارژیناز را بر کاهش آسپارژین آزاد در خمیر نان به‌صورت صنعتی مورد بررسی قرار نداد. ولی، در ایران تأثیر مخمر نانوایی در مقایسه با آنزیم بر کاهش آسپارژین آزاد به‌صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که مقدار آسپارژین آزاد در آرد 82 درصد 62/33 درصد کمتر از آرد 93 درصد می‌باشد(4،3). این یافته‌ها با نتایج مطالعات کلاس در مورد ویفر همسوئی دارد(16،6). با تغییر درجه استخراج آرد از 93 درصد به 82 درصد یک کاهش 50 درصدی در مقدار خاکستر آرد مشاهده شد و بین مقدار آسپارژین آزاد در دو رقم گندم اختلاف معنی‌داری مشاهده شد(3). این یافته‌ها با نتایج مطالعات هانسن(56)، کلاس(16)، اسپرینگر(15)، رومینز(58)، هالفورد(57)، تایمنز(30)، کلاس(16) و اسپرینگر(15) همسویی دارد. ولی، با نتایج مطالعه لرنر(59) که تفاوت مقدار آسپارژین را به شرایط آب و هوایی، افزایش کود نیتروژنه و کمبود سولفات نسبت داده است ناهمسو می‌باشد. در خمیرهای تهیه‌شده از آرد 93 درصد استخراج (بدون حضور مخمر) کاهش آسپارژین آزاد در دقیقه صفر بدون تغییر مشاهده شد. ولی، کاهش آسپارژین در اثر تخمیر مخمری(با حضور مخمر) بعد از 360 دقیقه 99 درصد، بعد از 300 دقیقه 98 درصد، بعد از 240 دقیقه 97 درصد، بعد از 180 دقیقه 94 درصد، بعد از 150 و 110 دقیقه 94 درصد مشاهده شد. ولی، کاهش مؤثر آسپارژین(با حضور مخمر) در دو نوع خمیر تهیه‌شده از دو نوع آرد با درجه استخراج 93 درصد و 82 درصد در 110 دقیقه به میزان 90 درصد رسید(4). این یافته‌ها با نتایج مطالعات فردریکسون(33)، بندیتو(60) و کلاس(11) همسوئی دارد. ولی، با نتایج مطالعه کلاسیز(61) مبنی بر عدم کاهش آسپارژین تا 5/5 ساعت بعد از تخمیر ناهمسو است. به نظر می‌رسد که استفاده از زمان 110 دقیقه برای پایان تخمیر مخمری در خمیر نان سنگک به‌منظور کاهش مؤثر آسپارژین آزاد و جلوگیری از ساخت اکریل‌آمید مناسب‌ترین زمان باشد(4). این یافته‌ها با نتایج مطالعات سد(62)، فردریکسون(33) و کلاس(6) مبنی بر اینکه، اگر زمان تخمیر بیش از 120 دقیقه ادامه یابد باعث تخریب، تجزیه شبکه پروتئینی گلوتن و از دست رفتن قابلیت پذیرش

[Downloaded from ce.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

خمیر می‌شود همسوئی دارد. تغییر درجه استخراج آرد از 82 به 93 درصد باعث افزایش ساکارز به میزان 5/10، مالتوز به میزان 127/43، گلوکز به میزان 343/89 و فروکتوز به میزان 347/07 درصد شد(4). این یافته‌ها با نتایج مطالعات کلاس(16،6) بر روی ویفر همسو می‌باشد. مسئله قابل توجه دیگر این است که بعضی مطالعات آسپارژین آزاد را به‌عنوان فاکتور محدودکننده ساخت اکریل‌آمید در فرآورده‌های غلات گزارش نموده‌اند. ولی، در ایران آسپارژین آزاد در خمیرها توسط ال-آسپارژیناز تا حد بی‌اثر بر تولید اکریل‌آمید کاهش داده شد ولی، با کمال تعجب و برخلاف یافته‌های سایر مطالعات انجام شده اکریل‌آمید ساخته شد(5،3). ولی، مطالعه ایران نشان داد که فاکتور اصلی جهت ساخت اکریل‌آمید در نان سنگک قندهای احیاکننده می‌باشند و علاوه بر این نشان داده شد که، میزان قندها در آرد از نقطه‌نظر تشکیل اکریل‌آمید دارای نقش تعیین‌کننده و مهم‌ترین عامل در تولید میزان اکریل‌آمید در نان سنگک می‌باشند. این نقش ویژه قندها در خمیرهای تهیه‌شده از آرد 93 درصد که 68/71 درصد گلوکز بیشتر نسبت به خمیر تهیه‌شده از آرد 82 درصد داشتند برجسته‌تر شد. با افزایش درجه استخراج از 82 به 93 درصد، میانگین ساخت اکریل‌آمید در نان به میزان 50/33 درصد افزایش یافت(5). این یافته‌ها با نتایج یای لاین(63) همسوئی دارد. اما، با بخشی از نتایج مطالعات اسپرینگر(15) مبنی بر اینکه آسپارژین آزاد عامل کلیدی و اصلی برای تشکیل اکریل‌آمید در نان است ناهمسو است. اما، با نتایج مطالعات کلاس بر روی ویفر(16،6) و بخشی دیگر از نتایج مطالعات اسپرینگر(15)، کلاس(11) و هانسن(56) بر روی آرد چاودار همسو می‌باشد. میانگین ساخت اکریل‌آمید در تنور نانوایی سنگکی در ایران با افزایش دما از 241 درجه سانتی‌گراد(کمترین دمای پخت) به 352 درجه سانتی‌گراد(بیشترین دمای پخت) 14/35 درصد مشاهده شد. ولی، با افزایش زمان پخت نان سنگک از 5 دقیقه به 10 دقیقه میانگین ساخت اکریل‌آمید 14/40 درصد مشاهده شد. ولی، با استفاده از ال-آسپارژیناز به میزان 500 میلی‌گرم در کیلوگرم، ساخت اکریل‌آمید در نان سنگک به میزان 22/96 درصد کاهش نشان داد(5). این یافته‌ها با نتایج مطالعات کلاوس(16)، ادآردو(14) و هانه(55) همسوئی دارد. قابل‌ذکر است که، تفاوت‌های ناشی از تأثیر ال-آسپارژیناز بر کاهش اکریل‌آمید در مطالعات انجام شده در ایران و جهان بیشتر به نوع سامانه تهیه نان برمی‌گردد و مهم‌تر اینکه شرایط مطلوب آزمایشگاهی در مقیاس صنعتی بندرت محقق می‌شود. مطالعات انجام شده در جهان مبتنی بر استفاده از آسپارژیناز در جهت کاهش اکریل‌آمید در فرآورده‌های غلات به‌جز در مورد بیسکوئیت‌های نیمه شیرین در سامانه‌های مدل و شرایط آزمایشگاهی و با مداخله انجام شده است. ولی، مطالعه ایران در مقیاس صنعتی و بدون مداخله در فناوری نانوایی سنگکی انجام شد و مشاهده شد که حداکثر میزان اکریل‌آمید تشکیل شده حاصل از اثرات متقابل عوامل 4 گانه دما 352 درجه سانتی‌گراد، زمان پخت 10 دقیقه، آرد با درجه استخراج 93 درصد و بدون آنزیم به مقدار 60/30 می‌باشد. حداقل میزان اکریل‌آمید ساخته شده در دمای 241 درجه سانتی‌گراد، زمان پخت 5 دقیقه، آرد با درجه استخراج 82 درصد و با حضور آنزیم به میزان 13/07 میلی‌گرم در کیلوگرم نان سنگک، ساخته شد(5). از آنجایی که یافته‌های برخی تحقیقات در خصوص اندازه‌گیری اکریل‌آمید در نان با دستگاه LC/MS/MS (معتبرترین روش اندازه‌گیری اکریل‌آمید) به دست نیامده است(53) نتایج این مطالعات با یافته‌های به دست آمده در خصوص نتایج اندازه‌گیری اکریل‌آمید توسط LC/MS/MS قابل‌مقایسه نبود(5 -3). از نقاط قوت این مطالعه این است که اولاً، مطالعه اولین مرور نظامند پیرامون بررسی عوامل مؤثر بر تشکیل و کاهش اکریل‌آمید در نان در ایران می‌باشد. ثانیاً، به‌صورت جامع و مبتنی بر تجربه انجام‌شده است.

نتیجه‌گیری

تبیین راهکارهای کاهش اکریل‌آمید در نان براساس نتایج حاصل از مطالعات انجام‌شده در جهان و ایران:

[Downloaded from ce.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

1- کاشت و تولید گونه‌هایی از گندم از طریق مهندسی ژنتیک با میزان آسپارژین کمتر با توجه به تنوع شرایط آب و هوایی در دنیا قابلیت تعمیم ندارد و نه‌تنها مشکل را حل نمی‌کند بلکه احتمالاً منجر به کاهش تولید گندم و شیوع گرسنگی خواهد شد. همچنین جایگزینی کودهای سولفاته به‌جای کودهای نیتراته و تغییر شرایط آب و هوایی امکان‌ناپذیر است.

2- درجه استخراج آرد مرتبط‌ترین عامل ساخت اکریل‌آمید در نان شناخته‌شده است لذا استفاده از آردهایی با درجه استخراج پایین به میزان زیادی باعث کاهش آسپارژین آزاد می‌شود و خطر بهداشتی نان(ایجاد سرطان) کاهش می‌یابد ولی، از آنجائی که چنین آردهایی ارزش تغذیه‌ای بالایی ندارند لذا این راهکار هم دامنه کاربرد آرد را محدود می‌نماید و هم اینکه بایستی غنی‌سازی شوند ولی غنی‌سازی نه لزوماً امکان‌پذیر است و نه لزوماً توجیه اقتصادی دارد.

3- کند نمودن روند انجام واکنش میلارد از طریق تعدیل میزان پیش سازهای(آسپارژین آزاد و قندهای احیاکننده) ساخت اکریل‌آمید را در نان کاهش می‌دهد. ولی، استفاده از آردهایی با درجه استخراج پایین تا میزان بالایی مشکل ساخت اکریل‌آمید را مرتفع می‌نماید و به‌طور مؤثر باعث کاهش آسپارژین آزاد می‌شود اما، باعث کاهش میزان قندهای احیاکننده هم می‌شود و از آنجائی که قندها هم به‌عنوان ماده اولیه جهت انجام واکنش‌های تخمیری توسط مخمر ساکارومایسس سروزیه و هم ایجاد عطر و طعم در نان(واکنش میلارد) ضروری هستند. لذا حل مشکل از طریق حذف قندها امکان‌ناپذیر است ولی، امکان تعدیل قندها وجود دارد.

4- تعدیل قند گلوکز با استفاده از آنزیم گلوکز اکسیداز منجر به تولید آب اکسیژنه می‌شود و جهت خنثی نمودن آب‌اکسیژنه باید از آنزیم کاتالاز استفاده نمود که این مسئله لزوماً توجیه اقتصادی ندارد.

5- تخمیر مخمری به نحو مؤثری باعث کاهش آسپارژین آزاد و قندهای احیاکننده می‌شود ولی در خصوص طولانی شدن زمان تخمیر بایستی به پیامدهای منفی آن و محدودیت مصرف آسپارژین آزاد و قندها توسط گونه‌های مختلف مخمر توجه داشت.

6- استفاده از نمک طعام در مقادیر کمتر از 2 درصد مقدار آکریل‌آمید را در نان کاهش می‌دهد ولی، بیش‌تر از 2 درصد به طرز قابل‌توجهی مقدار ساخت اکریل‌آمید را افزایش می‌دهد.

7- تغییر در فرمولاسیون و مراحل فنّاوری خطر تغییر ویژگی‌های حسی فرآورده و در نتیجه عدم پذیرش مصرف‌کننده را به همراه دارد.

8- استفاده از ال-آسپارژیناز روش مناسبی به نظر می‌رسد و برخلاف سایر آنزیم‌ها احتیاجی به جداسازی بعدی ندارد(از این جهت مقرون‌به‌صرفه است). آنزیم آسپارژیناز در ابتدای پخت غیرفعال شده و هیچ‌گونه خطری متوجه انسان یا نان نمی‌شود به‌علاوه، خطرات مضر تغذیه‌ای ناشی از مصرف آردهای با درجه استخراج بالا(حاوی سبوس و آسپارژین بیشتر) را در تهیه نان کاهش داده و ضمن حفظ ارزش تغذیه‌ای سبوس باعث افزایش تنوع در تولید آرد

می‌شود و توقعات مصرف‌کنندگان نان‌های سبوس را برطرف کرده و از ایجاد سرطان در جامعه جلوگیری می‌نماید. به‌طور کلی آنزیم می‌تواند در کاهش ساخت اکریل‌آمید و بهبود سلامت نان سنگک مؤثر باشد اما، باید توجه

[Downloaded from ce.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

نمود که، آنزیم ایمن نیست و استفاده بیش از حد(آنزیم) نه‌تنها فایده‌ای ندارد بلکه می‌تواند باعث ایجاد سرطان شود از سوی دیگر ممکن است مهارکننده‌های برگشت‌پذیر غیررقابتی مثل اسیدفیتیک موجود در سبوس باعث مهار عمل آنزیم شود.

9- زمان و درجه حرارت از تأثیرگذارترین عوامل مؤثر بر ساخت اکریل‌آمید در نان شناخته شد اما، تغییر آن‌ها ناممکن به نظر می‌رسد زیرا که تغییر درجه حرارت از یک طرف باعث مهار جنبه‌های مثبت واکنش میلارد(ایجاد عطر و طعم در نان) می‌شود و از طرفی دیگر باعث طولانی شدن زمان پخت و افزایش ساخت اکریل‌آمید می‌شود.

10- استفاده از اسیدهای آمینه رقابت کننده با آسپارژین آزاد از جمله گلایسین می‌تواند باعث کاهش ساخت اکریل‌آمید شود اما، باعث تشدید واکنش‌های تشکیل رنگ، تولید ملانوئیدین بیشتر و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی می‌شود. اسیدآمینه سیستئین قوی‌ترین بازدارنده ساخت اکریل‌آمید شناخته‌شده است. ولی، چون باعث سفیدی رنگ محصول و ایجاد بوی نامطلوب در نان می‌شود توصیه نشده است.

11- غنی‌سازی با کاتیون‌های تک‌ظرفیتی ساخت اکریل‌آمید را به نصف کاهش می‌دهد ولی تجمع سدیم باعث تجمع فلزات سمی و خطرناک می‌شود.

12- استفاده از اکریل‌آمیدیناز و باکتری‌های فاضلاب(64). اکریل‌آمیدیناز قادر است در محصول نهایی باعث کاهش اکریل‌آمید و تبدیل آن به اسیداکریلیک، آمونیاک و محصولات غیرواکنش‌پذیر می‌شود. استفاده از بعضی باکتری‌های فاضلاب توانسته‌اند اکریل‌آمید را متابولیزه نمایند همانند باکتری Rastonia eutropha TDM – 3 موجود در فاضلاب که قادر است بیش از 1446 میلی‌گرم اکریل‌آمید را در هر لیتر فاضلاب متابولیزه نماید.

13- استفاده از اسیدها و ایجاد PH اسیدی باعث توقف واکنش میلارد می‌شود. ولی، خطر ایجاد طعم ترش در محصول وجود دارد و مهم‌تر اینکه در شرایط اسیدی ساکارز هیدرولیز شده و ساخت اکریل‌آمید افزایش می‌یابد. در مجموع می‌توان چنین نتیجه گرفت که کاهش اکریل‌آمید در نان با امکانات فعلی از راه‌های کشاورزی غیرممکن به نظر می‌رسد. استفاده از رقبای آسپارژین خطرناک شناخته‌شده است، استفاده از ال-آسپارژیناز به دلایل عدم توجیه اقتصادی و محدودیت کاربرد راهکار اصلی محسوب نمی‌شود. استفاده از آردهایی با درجه استخراج پایین لزوماً توجیه اقتصادی ندارد و کاهش یا حذف قندها هم غیرعملی به نظر می‌رسد. استفاده از افزودنی‌هایی مثل بی‌کربنات سدیم، نمک طعام، آنتی اکسیدان‌ها و ... هنوز تائید نشده‌اند.

پیشنهاد برای آینده

- تعدیل میزان آغازگرها(قندهای احیاکننده و آسپارژین آزاد) در آرد از طریق تخمیر مخمری تنها راهکار ایمن کاهش اکریل‌آمید در نان است زیرا که، تخمیر مخمری قادر است به‌اندازه کاهش درجه استخراج آرد و ال-آسپارژیناز باعث کاهش آسپارژین آزاد شود، اما، انجام مطالعات تکمیلی دیگری در خصوص تأثیر تخمیر بر کاهش اکریل‌آمید ضروری است.
- اندازه‌گیری نشانگرهای زیستی اکریل‌آمید در خون انسان ضروری است تا مشخص شود که، آیا مردم از ناحیه مصرف نان در معرض سرطان قرار دارند یا خیر؟

[Downloaded from ce.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

- بررسی تأثیر PH دستگاه گوارش انسان بر تغییرات اکریل‌آمید موجود در غذا.
- بررسی تأثیر سرد نمودن سریع نان بلافاصله بعد از پخت بر میزان کاهش اکریل‌آمید.
- بررسی میزان اکریل‌آمید در غذای کودکان.

لذا ضروری است تا انجام تحقیقات تکمیلی به نانوایان و مردم آموزش داده شود که از برشته نمودن نان و طولانی شدن زمان پخت امتناع ورزند.

References

1. The CIAA acrylamide toolbox for the reduction of acrylamide in flour: Confederation of the Food and Drink Industries of the EU (CIAA). 2009; Pdf.
2. Rajabzadeh N. Knowledge development and management of bread production, 1rd ed. Tehran: 2010; 1(1):641-644.
3. Vahedi H. Kobarfard F. Effect of flour extraction rate and Amount L - aspraginase enzyme on reduction free asparagine in bread dough, Ofogh- e - Danesh. GMUHS Journal. 2012; 18(2):37- 44.
4. Vahedi H. Kobarfard F. The Effect of flour extraction rate and of fermentation time on the free asparagine reduction in Sangak bread dough. Food Sciences and Nutrition Journal. 2012;9(4):13 -20.
5. Vahedi H. Kobarfard F. The Effect of flour extraction rate, Amount L - aspraginase enzyme, and baking temperature, and time on acrylamide formation in Sangak bread. Iranian Journal of Nutrition Sciences and food Technology. 2012;7(3):51- 60.
6. Amrein TM. Ways for Acrylamide in gingerbread: critical factors for formation and possible reduction. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2004;52(13):4282- 4288.
7. Lingnert H. Acrylamide in food: Mechanisms of formation and in uencing factors during heating of food. Scandinavian Journal of Nutrition. 2006; 46(4):159-172.
8. Tareke E. Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated food stuffs. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2002; 50(17):4998- 5006.
9. Low M. Effect of citric acid and lysine addition on acrylamide and flavor in a potato model system. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2006; 54(16):5976-5983.
10. Swenson K. Dietary intake of acrylamide in Sweden Food Chemistry Toxicology. 2003; 41(11):1581-1586.
11. Claus A. Acrylamide in cereal products: A review. Journal of Cereal science. 2008;47(2):118 - 133.
12. Stadler RH. Acrylamide from Maillard reaction products. Journal of Nature. 2005;419(69):449-450.
13. Lindsay RC. Model Systems for Evaluating Factors Affecting Acrylamide Formation in Deep Fried Foods. Chemistry and Safety of Acrylamide in Food. 2005; 561:329-341.
14. Edoardo C. Effect of flour type on Maillard reaction and acrylamide formation during tosting of bread crisp model systems and mitigation strategies, Food Research International. 2009; 42(9):1295-1302
15. Springer M. Development of Acrylamide in baked products. Getride Mehl und Brot. 2003; 57(5):274 - 278.
16. Claus A. Influence of agronomic factors and extraction rate on the acrylamide contents in veast-leavened breads. Journal Food Chemistry. 2006; 54(23):9876-9886.
17. Richmond P. Acrylamide in food. Journal of Lancet. 2007; 12(2):361-362.
18. Vahedi H. Migration of acrylamide from packaging to food. Summary of articles in Milk Seminar, first edition, Tehran, Medical Sciences University of Iran. 2009; 1(1):5-7.
19. Vahedi H. Comparison of acrylamide measuring methods. Summary of articles First Iranian Congress acrylamide and challenges in food industry, first edition, University of Iran first edition, Mashhad IRAN, Mashhad University of Medical Sciences. 2010;1(1):77.

[Downloaded from ce.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

20. Vahedi H. Measuring acrylamide in Sangak bread using LC/MS/MS. Summary of articles in Cancer Prevention Conference first edition, Tehran, Institute of Cancer Research, Education and Prevention. 2012; 1(1):7.
21. Vahedi H. Assessment of flour type, fermentation time, asparaginase enzyme on reduction main reaction on formation of acrylamide in Sangak bread. Summary of Second Seminar on Role of Basic Sciences in Promotion of Health, first edition, Tehran, Shahid Beheshti University of Medical Sciences. 2012; 1(1):3.
22. Vahedi H. Effect of L-asparaginase enzyme extraction rate, temperature, and baking time on formation of acrylamide in Sagak bread. First Iranian of articles from national Congress of Researchers and Elites on Food Safety; from Farm to Table. First edition, Tehran, Tehran University of Medical Sciences. 2012; 1(1):5.
23. Vahedi H. Effect of L-asparaginase enzyme, ectraction, and baking time on formation of acrylamide grade, temperature in Sangak bread. Summary of articles from 12th International Congress of Toxicology and poisoning in Iran. First edition, Sari, Mazandaran University of Medical Sciences. 2013; 1(1):10.
24. Vahedi H. Comparing formation Amount of acrylamide in four popular types of bread in Iran. Summary of articles from the third seminar on Role of Basic Medical Sciences in Promotion of Health. First edition, Tehran, Shahid eheshti University of Medical Sciences. 2014; 1(1):5.
25. Vahedi H. Timely assessment of effect of asparaginase, extraction rate, baking temperature and baking time on formation of acrylamide in Sangak bread. Summary of articles from the First International Congress on Healthy agriculture, Nutrition, and Society. First edition, Tehran, Central Environmental Organization. 2015; 1(1):15.
26. Vahedi H. Acrylamide and its challenges (food safety). First edition, Tehran, Noor-e-Danesh. 2013; 1(1):1-164.
27. Motaghi M. Comparison acryl amide in varieties of traditional bread. 1rd ed. city Mashhad: Mashhad university of Medical Sciences, 2010; 1(1):17.
28. Jung M. A novel technique for limitation of acryl amide formation in fried and baked com chips and in French fries Food Chemistry and Toxicology. 2003; 68: 1287-1290.
29. Grob K. French fries with less than 100 mg/kg acryl amide. A collaboration between cooks and analysis European Food Research and Technology. 2003; 217:185-194.
30. Taeymans D. A review of acryl amide: An industry perspective on research, analysis, formation, and control. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2004; 44:323-347.
31. Vass M. Ways to reduce Acryl amide formation in cracker products. Czech of Food Science. 2004; 22:19-21.
32. Surdyk J. Effects of 13sparagines, fructose and baking condition on acryl amide content in yeast - leavened wheat bread, Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2004; 52: 2047-2051.
33. Fredriksson, H. Fermentation reduces free 13sparagines in dough and acryl amide content in bread. Cereal Chemistry. 2004; 81:650-653.
34. Amrein TM. Ways for Acryl amide in ginger bread: critical factors for formation and possible reduction. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2004; 52: 4282- 4288.
35. Elder A. Rapid Sample Preparation Method for LC-MS/MS or GC-MS, Analysis of Acrylamide in Various Food Matrices. Agriculture Food Chemistry. 2006; 54: 7001-7008.
36. Brathen, E. Addition of glycine reduces the content of acryl amide in cereal and potato products. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2005; 53: 32591-3264.
37. Hendricksen E. Quantifing the formation of carcinogens during food processing: acryl amide. Trends in Food Science and Technology. 2005; 16:181-193.
38. Lindsay RC. Model systems for evaluating factors affecting acryl amide formation in deep fried foods. Chemistry and Safety of Acryl Amide in Food. 2005; 561:329-341.
39. Hanley A. Acryl amide reduction in processed foods. Adv Exp Med Biology. 2005; 561:387- 392.
40. Hebeisen T. Influence of storage temperature of potatos on acryl amide formation in rosted dishes. International Society for Horticultural Science. 2005; 745:387-392.
41. Vahedi H. Kobarfard F. The Effect of flour extraction rate, Amount L -

[Downloaded from ce.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

aspraginase enzyme, and baking temperature, and time on acrylamide formation in Sangak bread. Iranian Journal of Nutrition Sciences and food Technology. 2012;7(3):51- 60.
42. Vattem D. Acryl amide in food: a model for mechamsm of formation and its. Innovative Food Science and Emerging Technology. 2005; 4:331-338.
43. Levine A. Sources of variability of acryl amide levels in a cracker model. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2005; 53:4410-4416.
44. Amrein T. M. on the Investigations on the promoting effect of ammonium hydrogencarbonate of Agricultural and Food formation of acrylamide in model systems. Journal Chemistry. 2006; 54:10523-10561.
45. Maya G. Reducing the acrylamide content of a semi-finished biscuit on industrial scale. LWT. 2006; 39:724-728.
46. Graf M. Reducing the acryl amide content of a semi – finished biscuit on industrial scale, Food Science and Technology. 2006; 39:724-728.
47. Fink M. Effect of added asparagine and glycine on acrylamide content in yeast-leavened bread. Cereal Chemistry 2006, 83, 218-222.
48. Kroll J. Reactions of plant phenolics with food proteins and enzymes under special consideration of covalent bonds. Food Science and Technology Research. 2003; 9:205-218.
49. Gokmen V. Study of colour and acryl amide formation in coffee, wheat flour and potato chips during heating. Food Chemistry. 2006;99:238-243.
50. Gokmen V. Acryl amide formation is prevented by divalent cations during the Maillard reaction.Food Chemistry. 2007;103:198-203.
51. Claus A. Impact of formulation and technological factors on the acrylamide content of wheat bread and bread rolls. Journal of Cereal Science. 2007;10:1011-1016.
52. Kolek E. Inhibition of acrylamide formation in asparagine/D-glucose model systems by NaCl addition. European Food Research and Technology. 2006; 224:283-284.
53. Arabi F. Mahdavi, M. Mohammadi, S. Summary of articles from 20th National Congress of Food Sciences and Industries of Iran. First edition, Tehran, Sharif Industrial University. 2011;1(1):53.
54. Zyzak DV. Acrylamide formation mechanism in heated foods. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2003; 51(16):4782- 4787.
55. Hanne V. Evaluating the potential acryl amide mitigation in a range of food products using an asparaginase from aspergillus oryzae, Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2009; 57(10):4168- 4176.
56. Hansen H. Grain characteristics chemical composition, and functional of rye (Scale cereal L.) as influenced by genotype and harvest year. Journal of Agricultural and. Food Chemistry. 2004; 52(8):2282-2291
57. Halford N. Genetic and argonimic approaches to decreasing acrylamide precursors in crop plants. Food Additives. 2007; 24(1):26-36.
58. Rommens C. Improving potato storage and processing characteristics through all- native DNA transformation. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2007; 54(26):9882-9887.
59. Lerner S. N-fertilliser effects- on grain composition, industrial quality and end-use in durum wheat. Journal of Cereal Science. 2006; 44(1):2-11.
60. Benedito D. Reversed phase high performance liquid chromatography analysis of changes in free amino acid during wheat bread dough fermentation. 1989; 66(4):283-288.
61. Claceys W. L. Effect of amino acid on acrylamide formation and elimination kinetics. Biotechnology Progress. 2005; 21(5):1525-1530.
62. Sadd P. The formation of acrylamide in UK cereal products. Journal Food Chmistry. 2005;?(?):415-430.
63. Yaylayan V. Why asparagine needs carbohydrates to generate acryl amide. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2003;51(7):1753-1757.
64. Wang c.c. Isolation of the acrylamide denitrifying bacteria a waste water treatment system manufactured with polyacrylonitrile fiber. Curr. Microbiology. 2007;55:339-343.

[Downloaded from ce.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

سؤالات

1-کدام‌یک از قندهای زیر در واکنش میلارد شرکت نمی‌کند؟

الف) گلوکز

ب) ساکارز

ج) لاکتوز

د) فروکتوز

2 – تأثیرگذارترین عامل بر تولید اکریل‌آمید در نان سنگک کدام است؟

الف) نوع گندم

ب) درجه حرارت

ج) میزان سبوس آرد

د) قندهای غیر احیاکننده

3 – کدام عامل زیر همیشه تشدیدکننده واکنش میلارد است؟

الف) ساکارز

ب) فروکتوز

ج) لاکتوز

د) حرارت

4 – در کدام‌یک از نان‌های زیر تاکنون اکریل‌آمید مشاهده نشده است؟

الف) لواش

ب) تافتون

ج) بربری

د) سنگک

6 – کدام‌یک از قندهای زیر در واکنش میلارد شرکت نمی‌کند؟

الف) گلوکز

ب) فروکتوز

ج) لاکتوز

د) ساکارز

7 – مناسب‌ترین زمان جهت ورآمدن خمیر نان سنگک کدام است؟

الف) 50

ب) 100

ج) 110

د) 180

[Downloaded from ce.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

8 – تأثیر کدام‌یک از فاکتورهای زیر بر کاهش اکریل‌آمید بیشتر است؟

الف) دما

ب) تخمیر

ج) آسپارژیناز

د) کاهش درجه استخراج آرد

9 – علت اصلی ایجاد عطر و طعم در نان کدام عامل زیر است؟

الف) آسپارژیناز

ب) پدیده تخمیر

ج) واکنش میلارد

د) قندهای احیاکننده

10 – بهترین زمان جهت پختن نان سنگک سنتی ایران چند دقیقه می‌باشد؟

الف) 5

ب) 6

ج) 8

د) 10

[Downloaded from ce.mazums.ac.ir on 2026-11-01]