

## روشهای خالص سازی نمک طعام و بیماریهای ناشی از ناخالصی های موجود در آن

علی عموزاده<sup>\*</sup>، مهدی بهزاد<sup>۲</sup>، عباسعلی عربی<sup>۲</sup>، ساناز گلیان<sup>۱</sup>، عاطفه زیاری<sup>۱</sup> و هانیه سهمی<sup>۱</sup>

۱- گروه شیمی کاربردی، دانشگاه سمنان

۲- دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه سمنان

تاریخ دریافت: ۱۹/۸/۹

تاریخ پذیرش: ۱۹/۱۲/۱۸

### چکیده

در این تحقیق ناخالصی های معمول موجود در نمک طعام و اثر بیماری زایی هر یک بررسی شده و ضرورت خالص سازی نمک طعام در رژیم غذایی بحث می شود. در ادامه راههای موجود خالص سازی نمک طعام به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته مزایا و معایب سه روش تبلور مجدد، تخلیص شیمیایی و در نهایت روش سالکس به عنوان بهترین روش، مورد مطالعه قرار می گیرد.

**واژه های کلیدی:** نمک طعام، مسمومیت، خالص سازی، سالکس

### مقدمه

نمک معمولی نقش عمده ای در تاریخ تمدن بشر داشته است است در طول تاریخ از زمان های بسیار قدیم سخن از نمک به میان آمده است. مثلاً داستانی از همسر حضرت لوط آمده که زمانی که از دستور فرشتگان سرپیچی نمود و به شهر بدکاران بازگشت، تبدیل به مجسمه نمک شد. توانایی نگهداری طولانی مدت از مواد غذایی با اضافه نمودن نمک، خود برای ایجاد تمدن عامل مهمی بوده است. با ابداع روش هایی به منظور نگهداری طولانی مدت از مواد غذایی، دیگر نیازی نبود که مردمان اولیه، به دلیل وجود مواد غذایی در ناحیه خاصی ساکن شوند و می توانستند هر جا که بخواهند سکنی گزینند. در قدیم، نمک کالای با ارزشی برای انسان محسوب می شد. در دوران امپراطوری رم، گاهی از نمک به جای پول استفاده می نمودند. در طول تاریخ، این ماده جریان جنگ ها، خط مشی مالی دول مختلف و حتی شروع انقلاب ها را تحت تأثیر خود قرار داده است. از قرن بیستم قبل از میلاد، در کشور چین به نمک مالیات تعلق گرفت. در آن زمان تجار، ارزش نمک را

برابر با کتاب و طلا می دانستند. امپراطوری رم تصمیم به کنترل بهای نمک گرفت و گاهی قیمت نمک را بالا می برد تا بتواند هزینه ی جنگ های خود را تأمین نماید و گاهی قیمت آن را پایین می آورد تا حتی فقیرترین افراد هم بتوانند از این ماده مهم در رژیم غذایی خود استفاده کنند. بعدها، در کشورهایی از جمله هند که تحت استعمار انگلیس بودند، تولید و انتقال نمک تحت برنامه ریزی دقیق و برای جمع آوری درآمد مالیاتی از مردم صورت می گرفت. این امر در نهایت منجر به راهپیمایی اعتراض آمیزی به رهبری مهاتما گاندی در سال ۱۹۳۰ م شد که مردم هند در اعتراض به این سیاست مالیاتی انگلیسی ها، به دریا رفتند تا نمک مورد نیاز خود را تهیه نمایند. در اروپای مرکزی در طی قرون وسطی، کلیسای کاتولیک معادن نمک را به عنوان منبعی از ثروت و قدرت تحت کنترل خود داشت. قرن ها بعد مالیات های نمک در فرانسه یکی از علل وقوع انقلاب فرانسه بودند.<sup>۱</sup>

آب دریا دارای سه درصد کلرید سدیم می باشد و علاوه بر آن همچنین دارای تعداد زیادی ماده معدنی دیگر نیز هست. چنین محاسبه شده که دریا شامل ۱۹ میلیون متر مکعب نمک است که حدوداً یک ونیم برابر حجم آمریکای شمالی بالای سطح دریا می باشد. در آمریکای شمالی مقدار عظیمی از صخره های نمک در رودخانه سیلوران که مناطقی از میشیگان، اوهایو، پنسیلوانیا و نیویورک را تحت پوشش دارد پیدا شده اند. تاریخ این سنگ ها به دوره سیلوران می رسد. تولید نمک با استفاده از انرژی خورشیدی برای تبخیر آب منبع درآمد عمده ای برای بعضی از کشورهای جهان سوم مانند ترکیه بوده اما متأسفانه تولید نمک با این روش دیگر از نظر اقتصادی رقابت آمیز نیست و از دست دادن درآمد آن باعث بروز مسائل اقتصادی جدی در این کشورها شده است. حتی امروزه نیز نمک یک کالای مصرفی حیاتی محسوب می شود. در مقایسه باهر ماده معدنی دیگر، کلرید سدیم بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد و هم اکنون مصرف نمک در جهان بیش از ۱۵۰ میلیون تن در سال می باشد. نمک در میزان انبوه از تبخیر آب دریاها و یا آب شور چشمه ها ویا دریاچه های نمک به دست می آید و همچنین از معدن های سنگ نمک استخراج می شود که هالیت نام دارد.

امروزه اکثر کلرید سدیم تولیدی به صورت تجارتي از رسوب های زیرزمینی وسیعی که غالباً صدها متر ضخامت دارند استخراج می شود این بسترها زمانی ایجاد شدند که صدها میلیون سال قبل دریاچه های بزرگ تبخیر و خشک گردیدند. حدوداً ۴۰ درصد نمک صخره همانند زغال سنگ استخراج می شود و بقیه نمک از طریق تلمبه کردن آب به داخل رسوب ها و تلمبه کردن محلول آب نمک سیر شده به خارج استخراج می شود.

اولین استاندارد نمک طعام در ایران در سال ۱۳۴۴ توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تدوین شد این استاندارد تا کنون سه بار مورد تجدید نظر قرار گرفته است که بار سوم آن در تاریخ سی ام فروردین ۱۳۸۵ بوده است. نمک خوراکی مشمول استانداردهای اجباری بوده و حداقل خلوص آن در این استاندارد ۹۹/۲ درصد است.<sup>۲</sup>

در یک نمک خوب ویژگی هایی مد نظر قرار می گیرد که عبارتند از ویژگی های فیزیکی مثل وضعیت ظاهری، طعم و بو، مواد خارجی و اندازه ذرات و ویژگی های شیمیایی که شامل خلوص، مواد نامحلول در آب، سولفات محلول در آب، رطوبت و میزان ید می باشد.

قبل از احداث کارخانه های نمک تصفیه، نمک خوراکی در کارگاه ها بدین ترتیب تولید می شد که به سنگ نمک ورودی از معدن پس از آسیاب شدن و سرنده کردن آن، ید اضافه شده و در کیسه های زردرنگ روانه بازار مصرف می شد. این نوع نمک به علت آن که هیچ گونه عمل تصفیه ای روی آن انجام نمی گیرد، غیر استاندارد بوده و مصرف خوراکی آن در دراز مدت عوارض نامطلوبی ایجاد می نماید و باید از مصرف آن جدا خودداری شود.<sup>۲</sup>

### ناخالصی های موجود در نمک

این که نمک در صنایع غذایی خالص باشد، خیلی مهم است. اگر کمی کلسیم در نمک طعام وجود داشته باشد (که در کنسروسازی استفاده می شود) پوست حبوبات، گلابی، ذرت و محصولات مشابه سفت می شود. مکانیسم عمل به این ترتیب است که پکتین موجود در پوست این محصولات با کلسیم ترکیب شده و ماده سفت و محکمی را تولید می کند. متقلبین مواد غذایی از این خاصیت استفاده کرده و برای سفت کردن بافت خیارشورهای تخمیری فله ای نامرغوب، آهک که مقدار زیادی کلسیم دارد، به آنها اضافه می کنند.<sup>۳</sup>

### ناخالصی های نامحلول

نمک چه به صورت استخراج شده از معادن سنگ نمک و چه به صورت استخراج شده از آب دریا دارای ناخالصی های فراوانی است. عمده ترین ناخالصی نمک، سولفات کلسیم یا گچ است که به دلیل سفید بودن آن قابل تشخیص از نمک نیست، ولی اگر نمکی را که دارای ناخالصی گچ است در آب حل کنیم، گچ آن در آب به صورت نامحلول باقی می ماند. ناخالصی دیگری که مانند گچ در آب نامحلول است ولی قابل تشخیص است، گل ولای همراه با آن است که باعث تیرگی رنگ نمک می شود. ناخالصی های نامحلول حدود ۵ درصد سنگ نمک را تشکیل می دهند.

### ناخالصی های فلزات سنگین

ناخالصی های دیگری که از لحاظ مقدار در سنگ نمک ناچیز هستند ولی از لحاظ ایجاد عوارض نامطلوب و مسمومیت در بدن انسان اهمیت دارند، شامل فلزات سنگینی از قبیل سرب، جیوه، کادمیوم، آرسنیک و غیره است که هر کدام از این

روشهای خالص سازی نمک طعام و بیماریهای ناشی. . .

عناصر مضرات فراوانی برای سلامتی بدن انسان دارند، زیرا این عناصر دارای خاصیت تجمع تدریجی در اندامهای بدن بوده و مسمومیت‌های مزمن و عوارض بهداشتی مختلفی ایجاد می نمایند.

به همین دلیل ضرورت دارد این ناخالصی‌ها طی فرآیند تصفیه، از نمک خوراکی جدا شده و نمک از لحاظ وجود این ناخالصی‌ها، به حد استاندارد و مطلوب برسد.

همان گونه که گفته شد اگر چه ممکن است این گونه ناخالصی‌ها به مقدار ناچیز در نمک وجود داشته باشند، ولی به علت ایجاد عوارض نامطلوب باید حتما تصفیه شوند.<sup>۴</sup> در زیر برخی خطرات آنها را بیان می کنیم.<sup>۵-۸</sup>

### سرب

ذرات ریز سرب به علت سنگینی و وزنشان، کمتر از راه ریه وارد بدن می شوند. سرب و املاح آن در شیره معده‌ای و روده حل شده و به شکل کلرور مضاعف سرب و سدیم در می آید که سمی خطرناک است و مقدار ناچیز آن در بدن باعث مسمومیت می شود.

اگر مقدار زیادی سرب از این راه وارد بدن شود، به شکل فسفات سرب کلوئیدال در تمام بدن پخش می گردد که بیشتر در استخوان‌ها، به خصوص در اپی فیز، مو، ناخن و مراکز عصبی، کبد، غدد فوق کلیوی، کلیه‌ها، طحال و در اعضای که چربی زیادی دارند، تجمع پیدا می کنند و عوارض زیادی را به دنبال خود ایجاد می کند. مثلا در بزرگسالان کم خونی، سردرد، خستگی، ضعف و تخریب سلسله اعصاب و ضایعات مغزی ایجاد می کند و در کودکان استفراغ، بی حالی، کما و ضایعات مغزی را به دنبال دارد.

### جیوه

ترکیبات محلول جیوه از راه دستگاه گوارش به سرعت جذب می شوند. مهمترین عضوی که مورد تهاجم سموم جیوه ای قرار می گیرد، کلیه‌ها هستند. حتما شنیده اید که کلیه‌ها مثل قلب دوم ما هستند. سموم جیوه ای کلیه‌ها را حجیم، نرم و متورم می کند و رنگ آن را تغییر داده و متمایل به زرد می نماید. اگر مسمومیت با این سموم بیشتر باشد، کلیه‌ها از بین می روند و مسمومیت‌های مزمن به سلسله اعصاب نیز صدمه می زنند.

### آرسنیک

ترکیبات آرسنیکی، کبد را نشانه می گیرند. در آنجا تثبیت، منتشر و جذب می شوند. قسمت عمده آرسنیک در کبد رسوب می کند. انتشار و جذب آن بر حسب نوع مسمومیت متفاوت است. در مسمومیت حاد، آرسنیک معمولا در جهاز

هاضمه، کبد و کلیه یافت می شود. این ماده در بدن با آنزیم های گروه سولفیدریل ترکیب شده، آنها را بی اثر می کند و در نتیجه مسمومیت و مرگ را به دنبال دارد. در صورتی که در نوع مزمن، در مو و ناخن مستقر می شود. آرسنیک موجود در نمک های ناخالص، معمولاً شکل مزمن مسمومیت را ایجاد می کند.

### کادمیوم

مسمومیت ناشی از این عنصر تا حدودی مشابه آرسنیک است. به علاوه تماس بدن با کادمیوم، سبب افزایش دفع گلوکز، پروتئین و اسید اوریک می شود و کادمیوم با غلظت زیاد شرایط ایجاد ذات الریه حاد و مسمومیت همراه با تهوع، استفراغ، اسهال و سستی را باعث می شود.

### مس

مسمومیت مس اگرچه در نمک های ناخالص ممکن است بروز کند، هنگامی که با املاح آرسنیک همراه شود، بسیار شدید و خطرناک است.

### روش های خالص سازی نمک طعام

مهمترین روشهای خالص سازی نمک طعام به قرار زیرند.<sup>۹</sup>

#### تبلور مجدد

یکی از ساده ترین و شناخته شده ترین روشهای تصفیه نمک، روش تبلور مجدد است. در این روش سنگ نمک بعد از خرد شدن در آب حل شده و بعد از حذف کل ناخالصی های محلول، آب نمک شفاف جهت تبلور مجدد به کریستالایزر فرستاده می شود. کریستال های تشکیل شده بعد از سانتریفیوژ شدن، خشک شده و آماده بسته بندی می شود. خلوص نمک به دست آمده در این روش معمولاً بالای ۹۹/۵ درصد می باشد. غیر از خلوص بالا، از دیگر ویژگی این روش آن است که دامنه کیفیت ماده اولیه می تواند بالا باشد اما این روش، روش گرانی است، انرژی و آب زیادی مصرف می شود و اپراتورهای آن هم باید نیروهای آزموده ای باشند.

## روش شیمیایی

روش تولید در کارخانه های تصفیه نمک شامل مراحل زیر است:

الف- آسیاب کردن سنگ نمک (و یا استفاده مستقیم از نمک تبخیری) و انحلال آن در آب خالص و تهیه محلول اشباع آب نمک.

ب- اضافه کردن مواد شیمیایی برای رسوب کردن کامل کلسیم و منیزیم و خارج نمودن مواد نا محلول.

پ- عبور محلول آب نمک از فیلترهای شنی برای حذف ذرات.

ت- تبخیر محلول اشباع نمک و تولید بلورهای خالص نمک و جداسازی آنها به وسیله سانتریفیوژ.

ث- شست و شوی نهایی بلورهای نمک در سانتریفیوژو اضافه کردن ید به آن.

ج- خشک کردن کریستال های نمک در خشک کن با استفاده از هوای گرم و انتقال نمک به سیلوهای ذخیره.

چ- بسته بندی نمک با دستگاه های تمام اتوماتیک.

همان گونه که دیده می شود در این روش علاوه بر بالا رفتن خلوص به حداقل ۹۹/۵ درصد، تمام ناخالصیهای محلول

و نا محلول حذف و نیز به علت دمای بالای مورد استفاده آلودگی های میکروبی که در صنایع غذایی از اهمیت بالایی برخوردار است، از بین می روند.

## روش سالکس

بر خلاف روش تبلور مجدد که روش گرانی است، انرژی و آب زیادی نیاز دارد و اپراتورهای آن هم باید نیروهای

آزموده ای باشند، روش اقتصادی و ساده ای هم وجود دارد که انتظارات استاندارد مذکور را برآورده می سازد. این روش که با تحقیق و بررسی کارشناسان خبره دنیا در سوئیس ابداع گردید، بدون انحلال و تبلور مجدد ناخالصی های نمک را حذف می کند.

با شست و شوی ساده یک سنگ نمک با اندازه مثلا 2mm گرد و غبار و ناخالصی های محلول و غیر محلول روی سطح آن به راحتی شسته می شوند اما ناخالصیهای محبوس درون آن باقی خواهند ماند. بسیار جذاب خواهد بود که با این روش که در مقایسه با روش تبلور مجدد بسیار ارزان تر است، به محصولی با خلوص ۹۹/۵ درصد برسیم.

روشی که به (saless salt upgrading for extraction the impurities) معروف است، پروسه ای که در آن سه

مرحله Hydromiling و Hydro classification و Counter current washing انجام شده و می توان به

محصولی با خلوص بالا ی ۹۹/۴ درصد رسید. در این پروسه سنگ نمک بعداز خرد شدن اولیه در Hydromill با نیروی

برشی شکسته می شود. شکستن با نیروی برشی باعث می شود تا نمک از محل حبس ناخالصی که ضعیف ترین نقطه است

شکسته شود. برای حذف ناخالصی های محلول جریان آرام آب نمک اشباع خالص در جهت مخالف حرکت کریستال های نمک حرکت می کند. هر کریستال نمک در این جریان کاملاً غوطه ور می گردد و ناخالصی های محلول زمان کافی برای حل شدن در محلول را دارند. همراه با حرکت کریستال های نمک ذرات ریز نمک حل شده روی سطح کریستال ها تشکیل کریستال مجدد می دهند. این امر باعث می شود که ضایعات نمک کمتر شده و کریستال های خالص تری به دست آیند. برای حذف ناخالصی های نا محلول آب نمک با فشار در مقابل حرکت کریستال ها جریان پیدا می کند. آن ها را فلودایز کرده و از هم جدا می کنند. بنابراین ذرات ریز برای شناور شدن آزاد می شوند و از سرریز خارج می گردند. نتیجه این پروسه بسیار جالب است به طوری که با شروع از نمک با خلوص نزدیک به ۹۰ درصد به راحتی می توان نمکی با خلوص ۹۹/۵ درصد تولید کرد. سرمایه گذاری اولیه، هزینه اپراتوری و نگهداری واحد در مقایسه با روش تبلور مجدد تا یک چهارم کاهش پیدا می کند. مصرف انرژی کمتر از نصف می شود و نکته حائز اهمیت مصرف پایین آب است که در مقایسه با تبلور مجدد تا یک چهارم کاهش پیدا می کند.

موضوع مهم دیگر کار کردن در دمای محیط است آب نمک در دمای بالا خوردگی شدیدی دارد به گونه ای که استینلس استیل هم دوام چندانی نخواهد داشت و نیاز به آلیاژ های خاص و گران قیمت است. اما با کار در دمای معمولی این مشکل وجود ندارد. خلاصه این که با توجه به وجود مواد اولیه بسیار مناسب و کمبود شدید آب به نظر می رسد احداث واحدهای تولید نمک به روش salex گزینه ای است که می تواند علاوه بر رعایت الزامات استاندارد موانعی مثل کمبود سرمایه و کمبود آب را رفع و باعث تسهیل سرمایه گذاری در این بخش و شکوفایی آن گردد.

### نتیجه گیری

از آنجا که یکی از اولویتهای و مزیت های استان سمنان وجود معادن غنی نمک می باشد و بسیاری از کارخانجات و کارگاه های قدیمی که نمک را بدون خالص سازی به بازار مصرف می فرستادند که سرمنشا بسیاری از بیماری های ذکر شده بود و در حال حاضر با از دست دادن بازار نمک خوراکی خود در حال ورشکستگی هستند و با در نظر گرفتن مزیت های روش سالکس باید در اسرع وقت نسبت به اطلاع رسانی و بهبود روشها اقدام شود.

### تشکر و قدردانی

نویسندگان از مساعدت و همفکری خانم دکتر پیروش پیوندی از جمعیت هلال احمر استان سمنان و آقای دکتر حسن پیوندی و سرکار خانم دکتر مرضیه عموزاده از سازمان تامین اجتماعی سمنان کمال سپاس را دارند.

## مراجع

1-<http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index>.

۲- نیایش، س.، "نمک خوراکی"، انتشارات بصیر، ۱۳۸۵.

۳- ویلکینز، ک.، مزرعتی، ع.، لقمانی، ش. و زارعی، م. "اصول تغذیه کراوس: تغذیه درمانی پزشکی در اختلالات کلیوی"، انتشارات پارس پیدورا، ۱۳۸۵.

۴- رحمانی، م. "دانستنیهایی از شیمی دارویی"، انتشارات جعفری، ۱۳۷۹.

5- S. H. Laurie, D. M. Prime, The formation and nature of the mixed valence copper-penicillamine-chloride cluster in aqueous solution and its relevance to the treatment of Wilson's diseases., *Journal of Inorganic Biochemistry*, 11 (1971) 562-572.

6- L. Muller, J. -Y. Lefrant, S. Jaber, G. Louart, A. Mahamat, J. Ripart, J. -E. de La Coussaye, J. Eledjam Effects hémodynamiques du sérum salé hypertonique au cours du choc septique et du sepsis sévères. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation*, 23 (2004) 575-580.

7- M. J. Morris *et al.* The Psychobiology of Pathogenic Sodium Intake *Physiology and Behavior*. 94 (2008) 709-721.

8- F. Han *et al.* The Vanadium (IV) Compound Rescues Septo-Hippocampal Cholinergic Neurons from Neurodegeneration in Olfactory Bulbectomied mice. *Neuro Science*, 151 (2008) 671-679.

9- The SALEX salt upgrading process for Extraction of impurities from Salt. How can chemical plants take advantage of Salt.

10-[www.krebs-swiss.com/salex.pdf](http://www.krebs-swiss.com/salex.pdf).