

مقایسه و بررسی روشهای تصفیه نمک

سید حسن زوار موسوی*^۱، بهرام محمدی^۱، حمید رضا مولایی^۲

۱- گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه سمنان

۲- حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه، دانشگاه سمنان

تاریخ دریافت: ۹۰/۱/۱۶

تاریخ پذیرش: ۹۰/۵/۲۳

چکیده

وجود ناخالصی ها در نمک یکی از مواردی است که باعث ایجاد مشکلات جدی در تولید نمک طعام می گردد. لذا فرایندهای شیمیایی زیادی را می بایست جهت تصفیه آن انجام داد و در نتیجه قیمت تمام شده نمک تولیدی افزایش می یابد. از جمله روشهایی که امروزه جهت خالص سازی نمک طعام مورد استفاده قرار می گیرد روش تبلور مجدد و روش سالکس می باشد. روش سالکس یک روش ارزان و موثر بوده و نمک با درجه خلوص بالایی نیز تولید می نماید. در این مقاله مزایا و معایب روش تبلور مجدد و نیز روش سالکس بیان گردیده و این دو روش با یکدیگر مقایسه شده است.

واژه‌های کلیدی: تبلور مجدد، روش سالکس، نمک.

مقدمه

سنگ نمک یا اصطلاحاً نمک از کانی هالیت با فرمول شیمیایی NaCl تشکیل می شود. این کانی در رسوبات سنگ نمک، آب نمک، دریاچه های آب شور و مردابها، آب دریا و چشمه های آب شور یافت می شود. نمک خالص دارای ۳۹/۳ درصد وزنی سدیم و ۶۰/۷ درصد وزنی کلر است. نمکهای استحصالی از منابع سنگ نمکی معمولاً دارای ناخالصی های مختلفی هستند که مهمترین آنها سولفات کلسیم، دولومیت، کلسیت، پیریت، کوارتز می باشند در صورتیکه آب نمکهای طبیعی عموماً دارای کلریدهای کلسیم و منیزیم و کربناتها هستند و ممکن است دارای مقادیر قابل توجهی برم، لیتیم، باریم نیز باشند. سنگ نمک اغلب برای تولید نمک تصفیه شده استفاده می شود.

سنگ نمک به وفور در ایران وجود دارد و به ندرت کاملاً خالص یافت می شود و عموماً همراه با دیگر املاح در زمین و دریا موجود است. علی رغم توجه بسیاری از کشورها در طول تاریخ به این ماده، در کشور ما نمک و اهمیت آن کمتر مورد توجه قرار گرفته است. علت آن را می توان وفور و پراکندگی معادن زمینی و دریایی نمک و دستیابی آسان به آن دانست. بنا به روایتی در گذشته مصرف نمک در خانوار به این ترتیب بود که کدبانوی هر خانه سنگ نمک را در ظرفی گلی نگهداری و با افزودن آب شرب به آن (کلوخه درشت نمک) محلول آب نمک به دست می آورد و از آن در آشپزی استفاده می کرد.

متأسفانه تولید نمک به شیوه مزبور ادامه دارد. در گذشته ساکنین مجاور معادن نمک در صورت دستیابی به سنگ نمک شفاف که ظاهراً درجه خلوص آن را بالا می پنداشتند از طریق پتک یا آسیاب دستی کلوخه های نمک را خرد کرده و به صورت نمک سفره برای غذاهای آماده و یا میوه جات جهت مزه دادن به آنها استفاده می کردند و همچنین ساکنین مجاور دریاهای شور مثل دریاچه ارومیه، دریاچه مهارلو و دریاچه قم از طریق آب ساحلی به وجود نمک در دریا یا دریاچه ها پی برده و با استفاده از تجارب خود حوضچه هایی جهت تبخیر سریعتر آب و استفاده وسیعتر از نمک آن درست کرده و بدین ترتیب نمک مورد نیاز خود را تأمین می کردند. نظر به بی ارزش بودن نمک حاصله، که امکان دستیابی به آن برای هر کس ممکن بود، هیچگونه سرمایه گذاری مفیدی جهت سرو سامان دادن به وضعیت نمک در گذشته در کشور صورت نگرفته است.

عمده منابع سنگ نمک در کشور در استان سمنان واقع شده است و بررسی ها نشان می دهد بیش از ۹۰ درصد نمک استحصال شده درصد خلوص بالای ۹۵ درصد دارند. معادن نمک اغلب به شکل کوههای نمک وجود دارند که رگه های ضخیم نمک در آنها به چند کیلو متر می رسد. این ماده، از دیر باز مورد توجه بشر بوده و امروزه نقش مهمی در صنعت، تغذیه و سلامت جامعه ایفا می کند. از این رو نمک تولید شده در واحد های تولید نمک در ایران موارد زیر را شامل می شود:

(۱) نمک تصفیه شده ید دار برای مصارف تغذیه ای

(۲) نمک برای صنایع غذایی

(۳) نمک برای صنایع غیر غذایی

بعنوان مثال نمک در صنایع غذایی شامل خواص زیر است:

(۱) ایجاد طعم و مزه در مواد غذایی

(۲) جلوگیری از رشد میکروارگانیسم های نامطلوب و جلوگیری از فساد مواد غذایی

متوسط سرانه نمک خوراکی ایران در سال حدود ۱۵-۱۰ گرم در روز برآورد شده است. مصرف سرانه نمک در کشورهای مختلف از ۷ تا ۲۲/۵ گرم در روز متغیر است. با توجه به مصرف سرانه نمک طعام و نقش آن در صنایع غذایی و رژیم های غذایی و تأثیر بر روی سلامتی افراد جامعه، کنترل کیفی نمک طعام دارای اهمیت خاصی است که باید مورد توجه قرار گیرد. در کنترل کیفی نمک طعام علاوه بر تعیین درصد خلوص و ناخالصی های غیر مضر از قبیل کلسیم و منیزیم، که تأثیر زیادی بر روی کیفیت آن دارند، اندازه گیری عناصر سنگین، آرسنیک و مواد رادیواکتیو، که دارای خاصیت تجمع تدریجی در اندام های بدن و ایجاد مسمومیت های مزمن و عوارض بهداشتی مختلفی می باشند، نیز حائز اهمیت بسیاری است.

مهمترین قسمت کنترل کیفی نمک طعام، بررسی ناخالصیهای مضر مانند فلزات سنگین و سپس تعیین ناخالصیهای غیر مضر مانند کلسیم و منیزیم و تعیین درصد آنها است. اگر چه ممکن است غلظت مواد سمی موجود در نمک بسیار ناچیز باشد ولی بعلت عوارض نامطلوبی که ایجاد می نماید، کنترل آنها از اهمیت خاصی برخوردار می باشد. در کشور ما برای نخستین بار در سال ۱۳۴۴ استاندارد نمک تهیه شد و در سال ۱۳۸۵ به تصویب رسید. این استاندارد درباره انواع نمک های خوراکی بسته بندی شده مورد مصرف سفره و صنایع مواد خوراکی کاربرد دارد.

روشهای تصفیه نمک

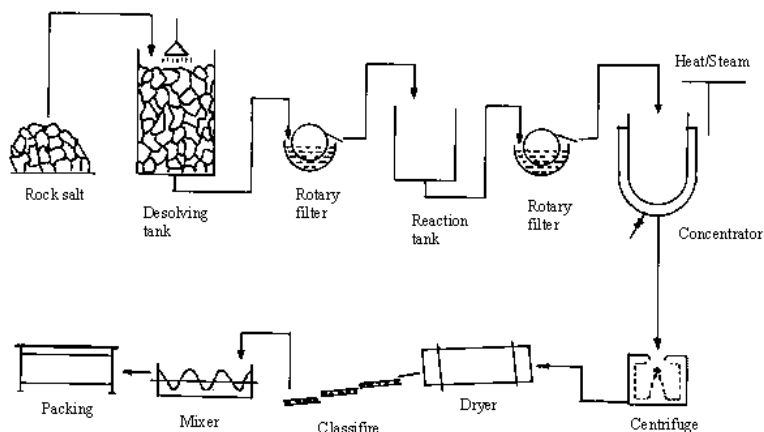
با توجه به حساسیت موضوع، نمک مصرفی لازم است در کارخانه های تولید نمک خالص سازی شوند، برای این منظور نمک به روشهای زیر در صنایع تصفیه می شود:

تصفیه نمک به روش تبلور مجدد

تصفیه نمک به روش SALEX

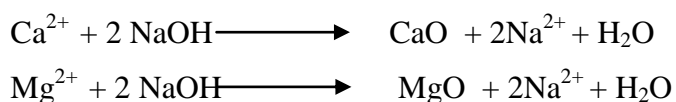
تصفیه نمک به روش تبلور مجدد

شناخته شده ترین روش تصفیه نمک، روش تبلور مجدد است. از سنگ نمکی که برای تصفیه به روش تبلور مجدد استفاده می شود، نمکی است که در خود به مقدار زیادی ناخالصی است. آنالیز سنگ نمک نشان می دهد که این ماده دارای ۳۳/۹۱ درصد وزنی سدیم، ۵۴/۴۰ در صد وزنی کلر، ۱/۵۸۳ پتاسیم، ۱/۶۵۵ CaO و ۰/۰۵۳ در صد MgO که مجموعاً چنین نمکی ۹۹/۹۱۷ درصد است. سنگ نمک استحصال شده از معادن در این مرحله در مخازن توسط آب حل می شود که جهت تهیه آب نمک اشباع آماده می شود قبل از اینکار لازم است سنگ نمک توسط دستگاههای مخصوصی آسیاب شوند مواد ناخالص غیر محلول در آب نمک اشباع تهیه شده توسط فیلتر های مخصوص جدا می شود.



شکل ۱: طرح تولید نمک از سنگ نمک به روش کریستالیزاسیون مجدد

مواد ناخالص محلول در آب طی یک فرآیند دیگری به کمک مواد شیمیایی حذف می‌شوند. این فرآیند، فرآیند تصفیه شیمیایی نام دارد. روش تصفیه شیمیایی به این صورت است که پس از جداسازی مواد ناخالص نامحلول آب نمک، محیط بوسیله سود (NaOH) قلیایی می‌شود و فلزاتی مثل Al, Fe, Ca, Mg در محیط قلیایی بصورت اکسید در آمده و رسوب می‌کنند. بخصوص Fe, Al که اکسیدهای تقریباً نامحلول بوده و براحتی از محیط خارج می‌شوند. Ca و Mg که بصورت سولفات و کربنات در محیط وجود دارند طی واکنش‌های ریز رسوب می‌کنند:



رسوبات ایجاد شده، برای جداسازی از فیلتر عبور داده می‌شوند، آب نمک حاصل با اسید کلریدریک خنثی می‌شود. آب نمک طی فرآیندی که سیستم تبخیر نامیده می‌شود به کمک گرما یا با استفاده از بخار به مقدار زیادی تغلیظ می‌شود. آبگیری نهایی به مقدار زیادی در واحد سانتریفوژ انجام می‌شود. نمکی که آبگیری شده است توسط خشک کن‌های دوار و یا تونل‌های حرارتی در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد خشک می‌شوند. این فرآیند پس از سرد کردن و بر حسب نیاز بسته بندی می‌شود. در یک بررسی که روی ۲۰ نمونه انجام شد نتایج آنالیز مربوطه به قبل و بعد از تصفیه نمک در زیر آمده است:

جدول ۱: آنالیز شیمیایی سنگ نمک قبل از فرآیند

Water insoluble impurities	6.895±2.46%
Moisture	0.121±0.006%
Sulfur as sulfite (SO ₃)	1.302±0.003%
Calcium as calcium oxide (CaO)	1.655±0.039%
Magnesium as magnesium oxide (MgO)	0.053±0.002%
Chloride (Cl ⁻)	54.402±0.340%
Sodium (Na ⁺)	33.906±0.879%
Potassium (K ⁺)	1.583±0.252%
Total	99.917%

Results are given by calculating means of twenty samples with ±standard deviation

جدول ۲: آنالیز شیمیایی نمک تصفیه شده بعد از فرآیند

Moisture	0.120±0.005%
Sodium (Na ⁺)	39.230±0.536%
Chloride (Cl ⁻)	60.610±0.401%
Potassium (K ⁺)	0.002±0.004%
Sulfur as sulfite (SO ₃)	0.010±0.004%
Lead (Pb)	<2-5 ppm
Arsenic (As)	1-4 ppm
Iron (Fe)	0.8-1 ppm

Results are given by calculating means of twenty samples with ±standard deviation

تصفیه نمک به روش SALEX

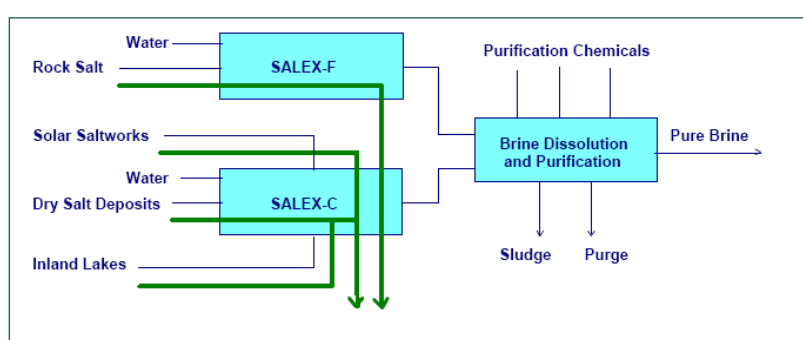
این روش که توسط کارشناسان سوئیسی در شرکت Krebs ابداع شده است. آنها فرآیندی را طراحی کردند که با این روش نمک با خلوص بالا تهیه می گردد. روش ابداعی به نام سالکس معروف است و فرآیندی برای بهبود استخراج ناخالصی از نمک می باشد. SALEX پروسه ای است که در آن در سه مرحله:

- ۱- Hyromilling
- ۲- Hydro classification
- ۳- Counter current washing

و با استفاده از آن می توان به محصولی با خلوص بالای ۹۹/۵ درصد رسید. در این پروسه سنگ نمک در واحد Hydromilling 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 خلاف جهت حرکت کریستالهای نمک حرکت می کند. کریستال های نمک در این مرحله کاملاً در آب نمک اشباع غوطه ور می گردند 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 کریستالها مجدداً متبلور می شود. در این صورت ضایعات نمک کمتر شده و کریستالهای

خالص تری بدست آید و برای حذف ناخالصی های نامحلول، آب نمک با فشار در خلاف جهت حرکت کریستالهاعبور می دهند. سپس آنها را شناور سازی کرده ذرات ریز و ناخالصی ها از سرریز خارج می گردند.

تصفیه نمک در این روش به منبع مورد استفاده بستگی دارد، وقتی که نمک از محل های متفاوت می رسد، بسته به میزان خلوص و میزان ناخالصی ها روش SALEX مورد استفاده متفاوت بوده و میتوان از فرآیند های SALEX-C یا SALEX-F استفاده کرد. فرآیند SALEX-C عموماً اقتصادی تر بوده و برای Solar Salt با حداقل خلوص استفاده می شود.



شکل ۲: طرح تفکیک روش بر حسب نوع نمک خام مصرفی

Solar Salt نمکی است که محصول کریستالیزاسیون آب نمک است و ناخالصی ها بشکل محلول با غلظت بالا در آن وجود دارند. در مدت نگهداری در انبار نمک، نمک شروع به جذب رطوبت می کند، رطوبت جذب شده توسط نمک حدود ۳ درصد بوده و این پدیده به Rain washing یا Neutral purification معروف است و کلرید منیزیومی که سطح کریستال هاست جاذب رطوبت هوا بوده و رطوبت حاصل سدیم کلرید را حل می کند. جذب رطوبت با رقیق شدن ناخالصی ها و حل شدن آرام و تدریجی سدیم کلراید ذخیره شده و پخش آن به اطراف امکان پذیر است، که منجر به از دست رفتن سدیم کلراید به مقدار ۱۰ تا ۱۲ درصد می شود. عموماً، فرآیند شستشوی نمک تا ۶۰ درصد موثر است و نمک از دست رفته در اثر شستشو در این شرایط ۱۰ درصد است. چنانچه شستشوی نمک در محل استخراج نمک به شکل Neutral purification ادامه یابد، منجر به از دست رفتن کمتر از ۵ درصد نمک در انبار نمک می شود که در مجموع نمک از دست رفته در حدود ۱۵ درصد است. علاوه براین، تفاوت درجه حرارت و رطوبت سبب می شود که نمک در انبار های ذخیره نمک تحت شرایط میکرو کریستالیزاسیون مجدد که در سطح کریستال فراهم شده، ناخالصی های موجود در سطح

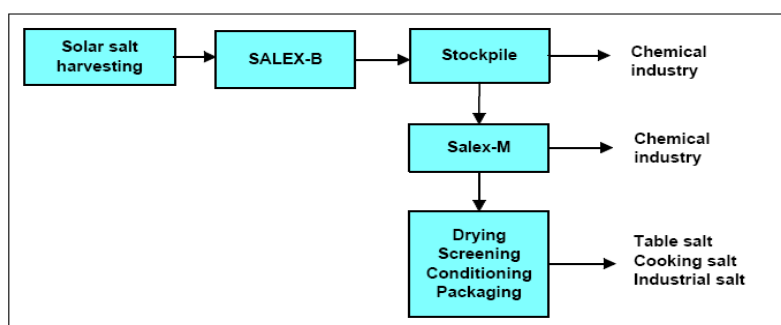
کریستال های سدیم کلرید در شکاف بین آنها پوشیده شوند که با افزایش ناخالصی ها، تصفیه قابل حصول درون کریستال را مشکل تر می شود. این پدیده معروف به :

"Old salt is more difficult to wash than fresh one" بوده و به این معنی نمک که: "کهنه نسبت به

نمک تازه مشکلتر شسته می شود".

از این رو در فرآیند SALEX-B نمک تازه برای خالص سازی استفاده می شود و در عین حال تصفیه سازی طبیعی

(Neutral purification) موثر بوده و ضایعات مربوطه را حذف خواهد کرد.



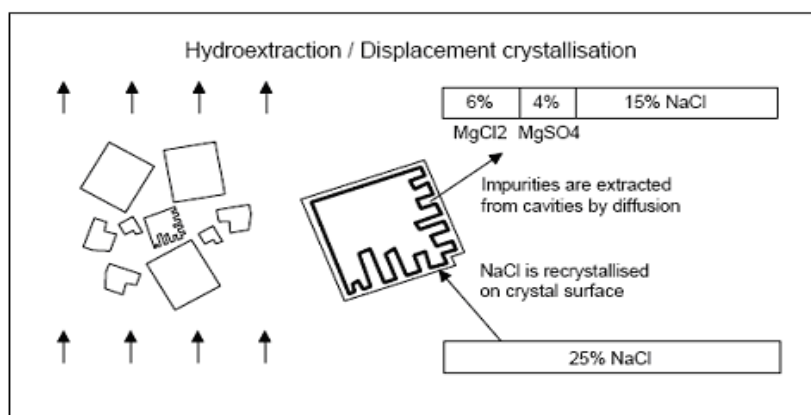
شکل ۳: طرح تولید انواع نمک با روش SALEX-B

شستشوی نمک، ناخالصی ها را از سطح نمک حذف می کند. اما کریستالهای نمک شامل ناخالصی هایی در درون آنها می باشد وقتی نمک خرد و بعد خشک می شود ناخالصی ها آزاد می شوند. ذرات ناخالصی های جامد بی رنگ در نمک باقی می ماند. فرآیند SALEX-M بطور انتخابی کریستالهای نمک را که ناخالصی ها را در خود نگه داشته اند خرد می کند. آنقدر فرآیند Hydromilling ادامه می یابد تا نمک در معرض تصفیه کننده ها قرار گیرد. در این شرایط خلوص ۹۹/۹۷ درصد برای نمک طبیعی Solarsalt قابل حصول است.

روش حذف ناخالصی های محلول

روش حذف ناخالصی های محلول، اسپری کردن آب نمک یا آب به بالای توده ای از نمک است. در این روش جریان آب به سمت پایین بوده و شستشو بین حفرات نمک اتفاق می افتد، نه درون آنها. جریان رو به پایین آب نمک نمی تواند هوای بین کریستالها را جابجا کند. با این وجود جایی که هوا وجود دارد، آب نمک جریان ندارد بنابراین شستشو انجام نمی شود. از اینرو روش اسپری کردن کارایی محدودی دارد. برای انحلال ترکیبات منیزیمی لازم است نمک بطور کامل در آب غوطه ور شود و این کار به زمان کافی نیاز دارد. بدیهی است که آب نمک خیلی خالص مورد نیاز است تا نمک با بهترین

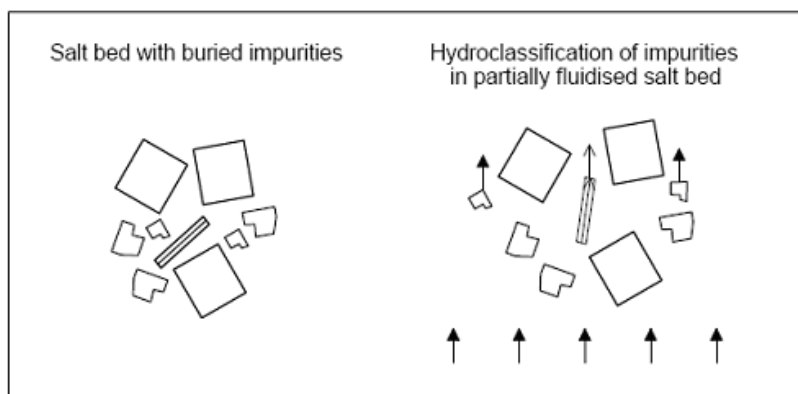
خلوص بدست آید اما آب نمک خالص از طریق انحلال نمک بدست می آید و این امر منجر به زیان دهی می شود. زیانهای بوجود آمده را می توان با سیر کوله کردن آب کاهش داد اما در این شرایط نمک خالص بدست نمی آید. این مشکل معروف به Co-current salt washing است. حل مشکل مذکور در فرآیند SALEX به این شکل است که، آنها را در مقدار کمی آب حل می کنند تا آب نمک اشباع خالص تشکیل شود. اجازه داده می شود آب نمک با جریان آرام و بطرف بالا جریان یابد و بتدریج از طریق یک لایه به سمت پایین کریستالهای نمک جریان یابد و هر کریستال نمک بطور کامل بوسیله آب نمک احاطه شود تا اینکه همه ناخالصی های جامد محلول فرصت و زمان کافی برای حل شدن داشته باشند. فایده این کار خالص سازی محصول است زیرا سطح کریستال حاوی نمک خالص کریستالیزه شده، سدیم کلراید است و ضایعات نمک در فرآیند کاهش می یابد. این روش counter-current salt washing نام دارد و در واحد Hydroextraction انجام می شود، جایگزین کریستالیزاسیون و روشی ساده و هوشمند است.



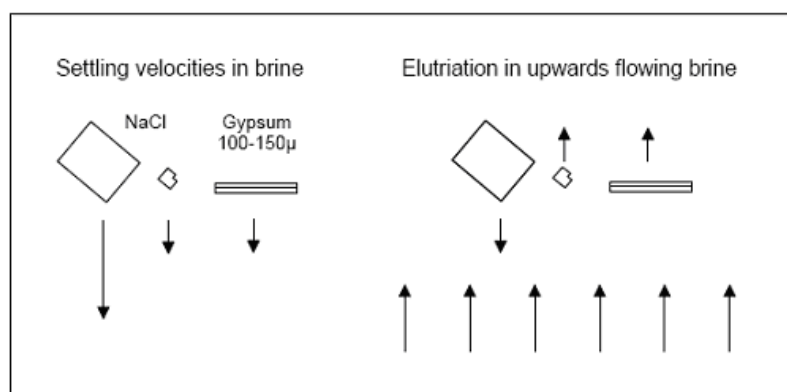
شکل ۴: شمای کلی از مراحل Hydroextraction

روش حذف ناخالصی های نامحلول

خوشبختانه اغلب مواد نامحلول را گرد و غبار هوا یا خاک رس در کف استخر کریستالیزاسیون تشکیل می دهند. آب نمکی که روی یک لایه قابل شستشو اسپری می شود و سبب تجمع ذرات نامحلول می شود و لایه های بعدی نمک مثل یک فیلتر عمل می نماید. در فرآیند SALEX آب نمک با فشار به سمت بالا و بر خلاف جهت حرکت نمک رو به پایین جریان می یابد و آنها را شناور کرده و حرکت می دهد تا اینکه ذرات ریز نمک آزادانه بطرف بالا شناور شوند. سرعت آب نمک به دقت برای حذف کامل ذرات ناخالص کنترل می شود. این روش ها Hydroclassification, Elutriation نامیده می شوند.



شکل ۵: شمای کلی از Hydroclassification



شکل ۶: شمای کلی از Elutriation

آنچه که واضح است این است که ما باید کریستالها را خرد کنیم اما چگونه؟ اگر کریستالها با آسیاب از نوع چکشی خرد شوند به قطعات زیادی تبدیل می شوند. اما اگر از یک آسیاب از نوع غلتکی برای خرد کردن کریستالها استفاده شود، کریستالها به ملایمت در حول صفحات خرد می شوند، تا جایی که ناخالصی های مزاحم در ساختار کریستال از بین می روند.

نحوه سازماندهی فرآیند SALEX در واحد اپراتوری

در آخرین مرحله از هر فرآیند تصفیه نمک می بایست نمک تصفیه شده از آب نمک جدا شود. این امر به بهترین شکل در سانتریفوژ اتفاق می افتد. در فرآیند SALEX فاین ها برای تولید آب نمک خالص در مخزن حل کننده مورد استفاده قرار می گیرند. آب نمک خالص به مخزن برگشت داده می شود و از آنجا نمک و آب نمک به سانتریفوژ جریان می یابد. این مخزن به Hydroextractor معروف است. با لبریز شدن Hydroextractor آب نمک به سمت Elutriator

جریان می یابد که با نمک ارسال شده مخلوط می گردد. مخلوط نمک و آب نمک به بالای Hydroextractor پمپ می شود. پمپ کردن به جداسازی ناخالصی های رسیده روی سطح کریستالهای نمک کمک می کند. در Elutriator جریان آب نمک بر خلاف جهت، آزادانه با حمل ذرات ناخالصی های نامحلول آنرا سرریز می کند. سرریز آب نمک، مستقیماً به حوض ته نشینی هدایت می شود که مواد نامحلول را جمع می کند. آب نمک صاف شده به چرخه بر می گردد. آب نمک در این مرحله برای رقیق کردن فاین و تشکیل آب نمک خالص اضافه می شود، که برای حمل ناخالصی های محلول بکار می رود. این سلسله واحد های مورد استفاده واحد SALEX-B (Basic) process نامیده می شود و برای همه واحد های SALEX یک واحد عمومی است.

در فرآیند SALEX-C در نمک بطور انتخابی در واحد های ویژه و با استفاده از تجهیزات خرد کننده نمک شکافی ریز با دقت زیاد ایجاد می شود که باعث آشکار شدن ناخالصی ها و تصفیه نمک می گردد. در اینجا، انرژی و نمک خام به مقدار زیادی مصرف می شود اما نمک تولید شده در فرآیند SALEX-C درجه خلوص بالاتری دارد. به این منظور نمک در ابتدا در یک بخش مربوط به SALEX-B یا SALEX-C تصفیه شده، سپس از واحد ویژه Hydromill عبور داده شده و دوباره در واحد مشابه واحد SALEX-B تصفیه می شود. نمک SALEX-M می تواند در صنایع تهیه قلیا استفاده می شود اما عموماً بعد از خشک شدن، سرند شده و با افزایش مواد افزودنی بسته بندی می شود.

پیش بینی نمک تصفیه قابل دسترس با فرآیند SALEX

بدون درک اساسی از حذف ناخالصی ها نمی توان به پیش بینی خلوص قابل دسترس رسید و این تنها با انجام آزمایش روی نمک در آزمایشگاه امکان پذیر است، Krebs Swiss استاندارد هایی را برای محصولات وضع نمود که برای هر نوع نمک متفاوت است:

(۱) ابتدا، از آنالیز نمک خام دو نتیجه بدست می آید؛ ناخالصی هایی که قابل حذف هستند و آنهاییکه قابل حذف نیستند. واضح است که نمک آنالیز شده تنها می تواند اطلاعاتی درباره میزان ناخالصی های قابل حذف و درجه خلوص نمک قابل تصفیه بدهد.

(۲) مرحله بعدی، میزان ناخالصی هایی است که می توان بدون هرگونه تغییر در اندازه دانه بندی نمک (GRANULOMETRY) حذف کرد این مرحله تست SALEX-B- upgradability نام دارد.

(۳) سپس ما می توانیم میزان ناخالصی های قابل دسترس درون کریستالها را که می توانند حذف شوند دریابیم. اگر نمک بطور انتخابی خشک و خرد شوند دو ویژگی کریستال اندازه ۳-۱/۵ mm ، بعنوان یک استاندارد در تست دانه بندی (SALEX-C-1.5 , SALEX-C-3) استفاده می شوند.

(۴) بعد از این مرحله (SALEX-M test) Hydromilling است. اینجا اندازه های کریستال ppm ۰/۴-۰/۸ بعنوان استاندارد استفاده می شود. (SALEX-M-0.4 , SALEX-M-0.8)

(۵) اگر نمک سفره تولیدی مورد نظر باشد، روش SALEX-M برای تولید نمک استفاده می شود، که با افزایش افزودنی های لازم و آنالیز رنگ و خاصیت میزان جاری شدن بسته بندی می گردد.

نتایج آنالیز در برابر ویژگی اندازه کریستال طرح ریزی شده و گراف بدست آمده Upgradability نامیده شوند. گراف های بطور جداگانه برای کلسیم و منیزیم و سولفات و مواد نامحلول قابل حصول خواهند بود. با آنالیز ناخالصی ها، بطور استوکیومتری میزان سدیم کلراید را می توان محاسبه کرد. پتاسیم کلراید و سدیم بروماید معمولاً بعنوان ناخالصی ها در نظر گرفته نمی شوند.

نتیجه گیری

در روش تبلور مجدد علاوه بر افزایش میزان خلوص تا ۹۹/۹۷۲ درصد، اغلب ناخالصی های محلول و نامحلول نمک حذف می شوند و نیز به علت دمای بالا مورد استفاده، آلودگی های میکروبی (که در صنایع غذایی از اهمیت بالایی برخوردارند) از بین می روند. از دیگر ویژگی های این روش دامنه کیفیت ماده است که می تواند بزرگ باشد اما این روش بخاطر استفاده بالای انرژی و آب روش گرانی است و اپراتوری آن به نیرو های کارآموده ای نیاز دارد. روش SALEX که بدون انحلال و تبلور مجدد ناخالصی های نمک را حذف می کند. با این روش که در مقایسه با روش تبلور مجدد بسیار ارزانتر است، به محصولی با خلوص ۹۹/۹۷ درصد می توان رسید. با ماده اولیه دارای خلوص نزدیک به ۹۰ درصد به راحتی می توان نمکی با خلوص بالای 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. در حالت معمول میزان انرژی مصرفی بخاطر خرد کردن نمک و شکستن نمک و میزان نمک خام مصرفی در تصفیه نمک، SALEX را یک فرآیند گران قیمت به حساب می آورد. بدیهی است که یک حالت بهینه با ماکزیمم بهره وری و حداقل هزینه وجود دارد. پیدا کردن روش اقتصادی فرآیند SALEX و انتخاب بیشترین مقدار اقتصادی بودن یک نمونه مطرح است: صرفه جویی در حقیقت تفاوت در هزینه خالص سازی شیمیایی آب نمک با وجود نمک و با نمک SALEX Upgradability محاسبه می شود. صرفه جویی ها با هزینه دستگاهی و حداقل پس ماند اندازه گیری شده قابل مقایسه است. فرآیندی که کمترین پس ماند را داشته باشد، بعنوان اقتصادی ترین روش معرفی می گردد. 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 آلیاژهای خاص و گرانبه است. اما

با کار در دمای معمولی این مشکل دیگر وجود ندارد. خلاصه اینکه 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.

مراجع

1. H. Qadir, M.A. Farrukh, M. Aurangzaib, " Production of Table Salt from Kohat Rock Salt", 5th Int. Journal of Applied Sciences 5 (1): 12-14, 2005, Pakistan.
2. V.M.Sedivy, " Purification of salt for chemical and human consumption", KREBS SWISS, Zurich, Switzerland.
3. K.H. Buchel, H.H.Moretto, P.Woditsch, " Industrial Inorganic Chemistry", WILEY-VCH, 2003, pp. 149-171
4. Leon Ninane, Method for enriching row salt, U.S Patent 6,267,789(2001).

۵. نیایش. س، "تکنولوژی تولید نمک خوراکی"، انتشارات بصیر، ۱۳۸۵

۶. استاندارد ملی ایران شماره ۲۶، نمک خوراکی- ویژگی ها.