

فرآوری کانسنگ پتاس گرمسار

سهیلا اصلانی

استادیار گروه مهندسی معدن - دانشکده فنی - دانشگاه تهران

منوچهر اولیازاده

دانشیار گروه مهندسی معدن - دانشکده فنی - دانشگاه تهران

حمیدرضا صمیم بنی هاشمی

استادیار دانشکده مواد - دانشگاه علم و صنعت

(تاریخ دریافت ۷۶/۱۱/۱۵، تاریخ تصویب ۷۷/۲/۱۲)

چکیده

مطالعات حاضر برای بررسی پتانسیل معدنی پتاس ناحیه گرمسار واقع در ۱۰۰ کیلومتری جنوب شرقی تهران انجام شده است. فعالیت اکتشافی در این منطقه از سال ۱۳۶۸ توسط سازمان زمین شناسی کشور آغاز شده و منجر به اکتشاف منطقه راهراک شده است.

تجربه فرآوری سنگ پتاس با روشهای فیزیکی - شیمیایی مانند فلوتاسیون در ایران بسیار محدود بوده و تاکنون هیچگونه گزارش مدونی در این زمینه منتشر نشده است. بنابراین یکی دیگر از اهداف این مقاله، طرح و ارزیابی روشهای فرآوری پتاس است که با توجه به وجود ذخایر پتاس و فعالیتهای اکتشافی در کشور، بدون تردید در آینده مطرح خواهند بود. ذخایر پتاس که مستقیماً قابل استفاده در صنعت باشند، بسیار محدودند و بنابراین پرعیارکردن آنها؛ یعنی جداکردن ناخالصیهایی مانند کلرورسدیم و نمکهای منیزیم و رسها، ضروری است. برای رسیدن به این خلوص، باید فرآیندهای فرآوری مختلفی مانند سایش، فلوتاسیون و یا انحلال بکار گرفته شوند. هریک از این روشهای برای فرآوری نوع ویژه‌ای از کانسنگهای پتاس و یا شورابه‌های پتاس بکار برده می‌شوند. مقاله حاضر، نتایج فرآوری پتاس راهراک با روش فلوتاسیون است. که منجر به تولید کنسانتره‌ای با عیار ۵۱ درصد پتاسیم و کمتر از ۰/۵ درصد سدیم شده است.

کلید واژه‌ها: نمکها، پتاس، فرآوری، فلوتاسیون

مقدمه

پتاسیم از نظر فراوانی هفتمین عنصر سطح زمین و یک جزء اصلی و مهم در گیاهان و بدن موجودات زنده است. به علت فعالیت شیمیایی زیاد پتاسیم، این عنصر در طبیعت به صورت خالص دیده نمی‌شود، بلکه به صورت ترکیبات مختلف معدنی در نهشته‌های زیرزمینی و شورآبهای طبیعی، یافت می‌شود. کانیهای عمده و مهم پتاس در جدول ۱ آورده شده‌اند. سیلوینیت مخلوط فیزیکی سیلویت (KCl) و نمک طعام (NaCl) می‌باشد که به‌مراه مقداری کانیهای رسی و ترکیبات پیچیده پتاسیم دار یافت می‌شود و مهمترین منبع تولید پتاس در دنیا را

تشکیل می‌دهد. کیزریت ($MgSO_4 \cdot H_2O$)، سولفات منیزیم، مهمترین ناخالصی‌های نهشته‌های پتاس است. مقادیر ناچیز اکسید آهن باعث تغییررنگ سیلوینیت به قرمز می‌شود، در حالی که رنگ خاکستری و یا زرد سیلوینیت دلالت بر وجود کانیهای رسی همراه دارد. کارنالیت و کاینیت، مهمترین کانه‌های پتاس در اروپا، آسیا و افریقا می‌باشند. لانگ‌بانیت مهمترین منبع تولید پتاسیم در نیومکزیکو است. کانادا، آمریکا، فرانسه، آلمان و روسیه مهمترین تولیدکنندگان پتاس در دنیا هستند. نمکهای محلول پتاس از اهمیت صنعتی بیشتری برخوردار

آینده صنعت پتاس بسیار روشن است چون پتاسیم به عنوان عامل غذایی گیاهان از اهمیت بسزایی برخوردار است و دنیا جهت تولید محصولات غذایی به آن احتیاج دارد [۱].

اولین گزارش از وجود پتاس در ایران به سال ۱۸۶۶ بر می گردد که توسط گوبل و همکاران در ۲۵ کیلومتری شمال میانه مطرح شده است. همچنین گزارشات پی جویی سازمان زمین شناسی کشور خبر از وجود پتاس زیاد در مناطق دیگر کشور مثل زنجان و منطقه طبس و شورابه های مرداب گاو خونی و کویر خور و دریاچه ارومیه می دهد. اولین مطالعات زمین شناسی در ناحیه گرمسار توسط هوبر در سال ۱۹۵۰ انجام شده است [۲]. منطقه مورد مطالعه در ۱۰۰ کیلومتری جنوب شرق تهران واقع شده است. وسعت منطقه اکتشافی ۷۰۰ کیلومتر مربع است که از غرب به شهر ایوانکی، از جنوب به خط راه آهن تهران - مشهد، از شرق به جبله رود و از شمال به کوه کلرز محدود می گردد. از سال ۱۳۶۸ فعالیت وسیعی برای پی جویی سراسری پتاس در منطقه توسط سازمان زمین شناسی کشور آغاز و در همان سال، اندیسهای پتاس راهراک (گرمسار) کشف شدند [۹].

مطالعات انجام شده بر روی منطقه گرمسار نشان می دهد: طبقات پتاس که در حدود ۲۰ متر پایین تر از سطح هوازگی قرار دارند، در طبقات نمک طعام از دسترس شستشوی کامل مصون مانده اند و افق پتاس راهراک در بعضی قسمتها ۳۰ متر از سطح هوازگی پایین تر است.

هستند. حدود ۸۵ درصد منابع پتاس را تبخیرهای دریایی تشکیل می دهد. مهمترین تولیدات صنعت پتاس؛ کلروپتاسیم، سولفات پتاسیم، سولفات مضاعف پتاسیم و منیزیم می باشند و مقدار کمی از سنگ معدنی به صورت سیلینیت در بازار فروش می رسد. تولیدات دیگر پتاسیم عبارتند از: هیدرواکسید پتاسیم، کربنات پتاسیم، نترات پتاسیم که در مقادیر کم و برای صنایع ویژه ای تولید می شوند.

مصرف عمده پتاس، در کود کشاورزی است که حدود ۹۵ درصد تولید پتاسیم را بخود اختصاص می دهد. پتاس به همراه ترکیبات فسفر و ازت به عنوان منبع غذایی به خاک افزوده می شود. برای بعضی از محصولات کشاورزی مانند تنباکو و مرکبات که پذیرش کمی برای یون کلر دارند، ترکیبات دیگری مانند سولفات و نترات مصرف می شوند. برای استفاده صنعتی، کلروپتاسیم با الکترولیز به هیدرواکسید پتاسیم و پس از آن به کربنات و نمکهای دیگر تبدیل می شود.

کربنات پتاسیم در تولید شیشه های با کیفیت بالا نیز بکار می رود. حدود ۶۰ درصد تولید کربنات پتاسیم برای تولید لامپهای تلویزیون، ۲۰ درصد آن برای تبدیل به سایر ترکیبات شیمیایی، ۱۰ درصد در ساخت بلور، سرامیک، شیشه های نوری و ۱۰ درصد باقیمانده به مصارف گوناگون دیگر می رسد.

از پتاس همچنین در صابون سازی، شوینده ها، داروسازی، صنایع غذایی، نوشیدنی ها استفاده می شود.

جدول ۱ - کانیهای اصلی پتاس.

کانی	ترکیب شیمیایی	جرم مخصوص	درصد K ₂ O
سیلینیت	KCl	۱/۹۹	۶۳/۱۷
کارنالیت	KCl . MgCl ₂ . ۶H ₂ O	۱/۶۰	۱۶/۹۵
کاینیت	KCl . MgSO ₄ . ۳H ₂ O	۲/۱۳	۱۸/۹۲
لانگ باینیت	K ₂ SO ₄ . ۲MgSO ₄	۲/۸۳	۲۲/۷۰
لئونیت	K ₂ SO ₄ . MgSO ₄ . ۴H ₂ O	۲/۲۵	۲۵/۶۹
شوئینیت	K ₂ SO ₄ . MgSO ₄ . ۶H ₂ O	۲/۱۵	۲۳/۳۹
پلی هالید	K ₂ SO ₄ . MgSO ₄ . ۲CaSO ₄ . ۲H ₂ O	۳/۷۸	۱۵/۶۲

کانیهای رسی از ۴ مرحله فلوتاسیون استفاده می شود و پس از آن پتاس در ۲ مرحله (اولیه و تمیز کردن) شناور می شود. برای فلوتاسیون کانیهای رسی معمولاً از کلکتورهای سولفانات پترولیوم و پلی اکریلامیدها استفاده می شود. از کلکتورهای آمین (حدود ۱۰۰ گرم در تن) برای فلوتاسیون اولیه پتاس و حدود ۲۰ گرم در تن برای تمیز کردن کنسانتره اولیه استفاده می شود.

کانه های پتاس ترد و شکننده هستند بنابراین باید در انتخاب وسایل برای کاهش ابعاد آن دقت لازم را بعمل آورد تا نرمه زیادی تولید نشود. معمولاً اولین مرحله خرد کردن در معدن (زیرزمینی) با استفاده از سنگ شکن غلتکی انجام می شود. بزرگترین اندازه ذرات ۱۰ تا ۱۲/۵ سانتیمتر است. مرحله دوم خردایش با استفاده از سنگ شکن چکشی در سطح زمین می باشد که پس از این مرحله، سنگ پتاس توسط سرنده در اندازه های مناسب تقسیم می شود. آخرین مرحله خردایش، استفاده از آسیای میله ای تر یا سومین مرحله سنگ شکنی خشک است. برای آسیا کردن پتاس تا ۱۲/۵ میلیمتر از آسیاهای میله ای در مسیر بسته با سرنده یا سیکلون استفاده می شود. بلورهای KCl بزرگتر از ۳/۳۵ میلیمتر در مرحله فلوتاسیون به خوبی شناور نمی شوند. بنابراین باید خوراک فلوتاسیون تا ۳/۳۵ میلیمتر خرد شود. برای مرحله کریستالیزاسیون باید کانه تا ۴/۷۵ میلیمتر خرد شود.

معمولاً برای جدا کردن ذرات خیلی ریز رسی از سطح بلورها از فرآیند سایش استفاده می شود که در مخزنهای همزن دار انجام می شود. کانسنگ های رس بیش از ۳ درصد، معمولاً سائیده می شوند. در هر مرحله سایش، ذرات درشت توسط سرنده جدا می شوند. در سایش وزن مخصوص پالپ مهم است. وزن مخصوص کم باعث کاهش برخورد ذرات و سائیده شدن آنها و وزن مخصوص زیاد باعث کاهش حرکت ذرات می شود. نرمه گیری معمولاً در چند مرحله صورت می گیرد. امروزه عمومی ترین روش، جدا کردن ذرات خرد شده تا ۰/۸۵ میلیمتر از ذرات درشت است. سرنده خمیده، سیکلونها و یا کلاسیفایرهای مکانیکی به طور یکسان، می توانند عمل نرمه گیری را انجام دهند.

وجود پتاس پرعیار، به صورت سیلویت خالص، حتی در عمق هوازدگی کمتر از ۳۰ متر هم مشاهده شده است. نمونه های مورد استفاده در این مطالعه از کارگاه شماره ۳ راهراک تهیه شده اند که کانی اصلی پتاسیم دار آن سیلویت به همراه نمک کلرور سدیم می باشد و با توجه به عیار پتاس، به دو گروه پرعیار و کم عیار تقسیم شدند و جداگانه مورد مطالعه قرار گرفتند. از هاله های آبی رنگ موجود در نمک طعام منطقه که حاصل پرتوزایی ایزوتوپ پتاسیم می باشد نیز برای ردیابی و نمونه برداری کمک گرفته شد.

فرآوری پتاس

سه روش عمده برای فرآوری معمولی کانسنگهای سیلونیتی وجود دارد: فلوتاسیون، جدایش واسطه سنگین، انحلال و کریستالیزاسیون. سیلویت بندرت با خلوص مورد نیاز در صنعت یافت می شود. معمولاً کانیهای مانند هالیت، کارنالیت به همراه رسها همراه سیلویت یافت می شوند. با استفاده از روشهای مختلف و با حذف ناخالصیها، بایستی عیار سیلویت را افزایش داد [۳۱].

فلوتاسیون

این روش متداولترین و اقتصادی ترین روش بازیابی سیلویت از کانسنگ سیلونیت می باشد. در این روش کلرورپتاسیم شناور شده و در کف تجمع می یابد. شناور کردن کلرور پتاسیم از لحاظ اقتصادی، متداولتر است. به طور معمول از آمین ها برای آبران کردن سیلویت استفاده شود. فلوتاسیون فرآیند شیمیایی - فیزیکی و مکانیکی است و عوامل زیادی برای تولید کنسانتره مطلوب با بازیابی بالا، باید بدقت کنترل شوند. اگر کانسنگ بیش از ۳/۵ تا ۴ درصد رس و نرمه داشته باشد باید ابتدا نرمه گیری شود. با نرمه گیری بازیابی کلی کاهش می یابد زیرا بخشی از پتاس در ابعاد ریز به همراه رسها به هدر می رود. برای بازیابی ذرات ریزدانه سیلویت درگیر با رسها به تجهیزات خاصی نیاز است. شناور کردن رسهای نامحلول از کانسنگ پتاس، پیچیده تر است. برای شناور کردن

انحلال بیشتری داشته و مقادیر قابل توجهی کف تولید می کنند که مورد نیاز فرایند است. متیل ایزوبوتیل کرینول یک کف ساز متداول است که در فلوتاسیون پتاس نیز بکار می رود. از مشتقات نفتی و کک (مانند بارت ۶۴)^(۲) و پلیمرهای سیلیکون در فلوتاسیون بلورهای درشت KCl استفاده می شود. از نشاسته، صمغ به عنوان فلوکولانت در ته نشین کردن نرمه در تیکنرها و زلالسازی محلول برای کریستالیزاسیون استفاده می شود.

به کارگیری مواد شیمیایی در فلوتاسیون به توجه زیادی احتیاج دارد. معمولاً بازدارنده رسی، کلکتور و تنظیم کننده ها، به ترتیب گفته شده، قبل از فلوتاسیون افزوده می شوند. ذرات ریز به کلکتور کمتر و بازدارنده بیشتری احتیاج دارند، بنابراین فلوتاسیون جداگانه ذرات ریز و درشت ترجیح دارد. بهم زدنی با شدت متوسط برای آماده سازی خوراک با مواد شیمیایی در غلظت جامد زیاد توصیه می شود و هرچه زمان ماند کمتر باشد مناسبتر است. در مورد مکانیزم جذب کلکتورهای کاتیونی، آمین ها با زنجیره هیدروکربوری طولانی، بر روی سیلویت نظریات متفاوتی ارائه شده است؛ فلوتاسیون سیلویت بعد از رسوب کلرور آمین اتفاق می افتد. این امکان که کلکتور رسوب کرده، بر روی سطح کانی جذب شود، ضعیف است.

در مطالعاتی که اخیراً توسط میلر [۸] انجام شده است پدیده هتروکوآگولاسیون، که پدیده اتصال ذرات با بارهای مخالف در محیط آبی است، بین کلوتید باردار کلکتور و سطح ذرات نمک را در جذب کلکتور توسط سیلویت موثر تشخیص داده شده است. شکل ۱-الف توزیع تحرک الکتروفورزی KCl و NaCl را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود، سیلویت دارای بارالکتریکی منفی و هالیت دارای بار الکتریکی مثبت است. از اطلاعات حاصل برای تعیین علامت بار سطحی این کانیها در محلول اشباع استفاده گردیده است. قابل ذکر است اگر چه لایه دوتایی حول ذرات و در محلول اشباع، فشرده شده است اما هنوز سطح کانیها دارای بار سطحی اند.

شکل ۱-ب نشان می دهد که سیلویت به خوبی با کلکتور $R_{12}NH_2Cl$ پس از رسوب کلکتور شناور می شود. هرچند

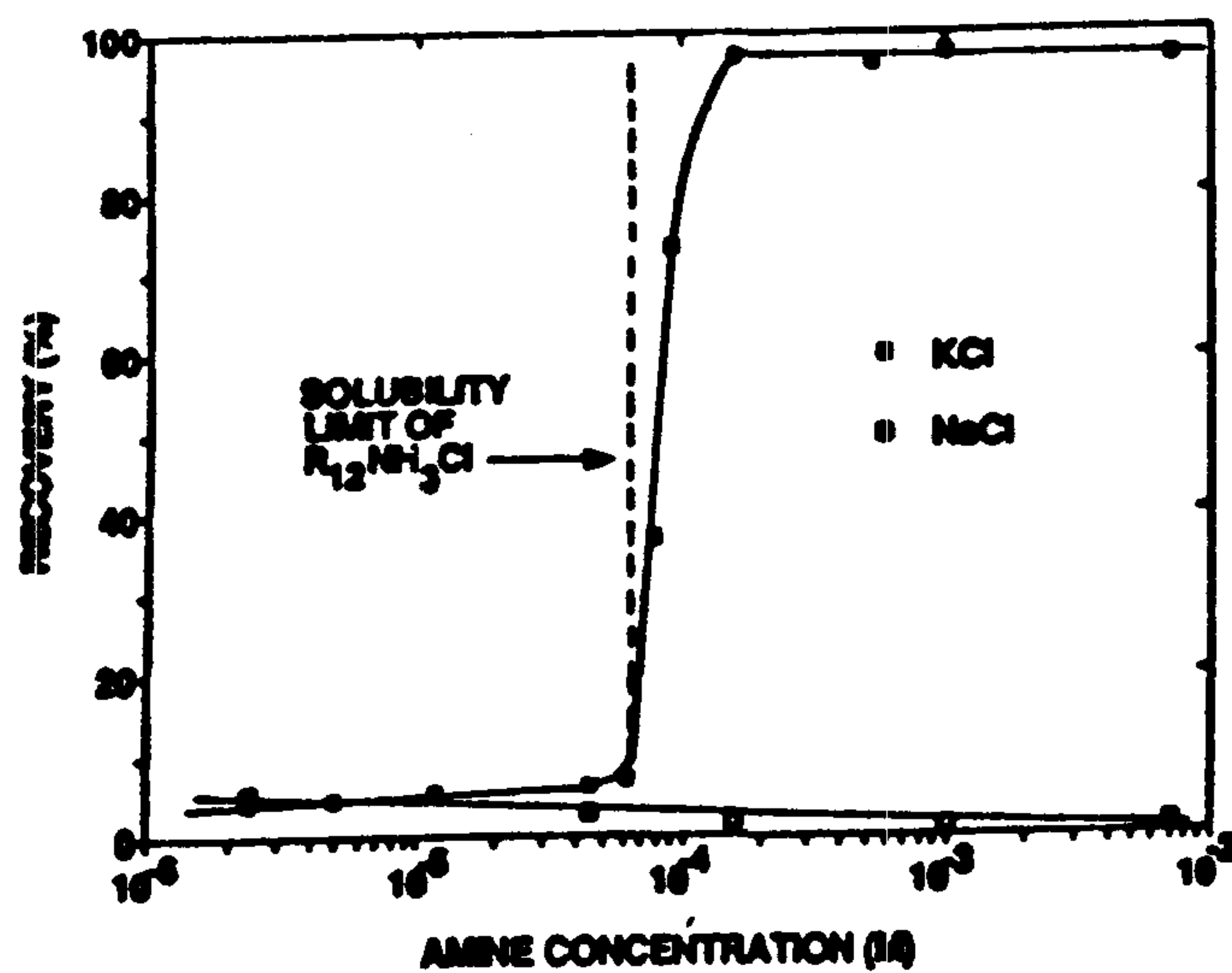
در یک فرایند خوب نرمه گیری بخش ۴۵ میکرون جدا می شود که شامل بخش عمده ذرات رسی می باشد. فلوتاسیون در دمای معمولی، ۲۱ تا ۳۲ درجه سانتیگراد انجام می شود و سعی می شود که دما در طول آزمایش ثابت نگهداشته شود. کلکتورهای پتاس، آمینهای اولیه هستند که از چربی حیوانی تهیه می شوند. آمینهای تجاری، یک مخلوط هموزن از آمینهای پالمیتیل، استریل و اولئیل هستند که گروه آلکیل آنها شامل ۱۶، ۱۸ و ۱۸ اتم غیر اشباع کربن است. یک نوع جدید آمین با هیدروژنه کردن تهیه می شود که باعث تبدیل اولئیل آمین به استریل آمین می شود و در نتیجه تمام گروههای آلکیل را به حالت اشباع نزدیک می کند. این گروه از آمین ها به آمین های هیدروژنه معروفند که نقطه ذوب بالا، توان آبرانی بیشتر و پایداری بیشتر از مشخصه های آنها هستند [۱۷].

کیفیت هردو آمین چرب و هیدروژنه را می توان با تقطیر بهبود بخشید. این کلکتورها، بنام تجارتي آمینهای تقطیری شناخته می شوند. هر کدام از این ۴ نوع کلکتور در فلوتاسیون پتاس به صورت نمکهای کلرور یا استاتی استفاده می شود. یک روش معمول، خنثی کردن آمینهای محلول گیاهی تا حد ۹۰ تا ۹۷ درصد است. آمینهای با زنجیره طولانی مانند استریل (۱۸ کربن) و آراچدیل - بنیل^(۱) (۲۰-۲۲ کربن) با قیمتهای متفاوت در دسترس هستند. استفاده عمده این کلکتورها برای فلوتاسیون ذرات درشت سیلویت در دمای بیشتر از ۳۲ درجه سانتیگراد است.

بازدارنده های عمده نرمه ها، نشاسته، دکسترین (از مشتقات نشاسته)، صمغ، پلیمرها (پلی اکریلامیدها و پلی گلیکول) هستند. نشاسته اولین ماده ای بود که برای بازداشتن رسها به کار می رفت و استفاده از آن هنوز هم ادامه دارد. صمغ موثرتر از نشاسته است و برای دستیابی به شرایط بازداشت یکسان، نشاسته ۵ برابر صمغ باید بکار برده شود. پلی اکریلامیدها (سوپرفلاک یا مگنوفلاک: اسامی تجاری این ماده شیمیایی) و دکسترین خیلی موثر هستند اما قیمت بالایی دارند. گلیکول ها با وزن مولکولی بالا، بازدارنده های خوبی هستند اما کف نامطلوبی تولید می کنند. آمینهای تجاری، معمولاً مقادیر کمی از آمینهای با زنجیره کوتاه مانند کاپریل دارند که این آمینها، قابلیت

جذب تک لایه ای قبل از نقطه رسوب کلکتور اتفاق می افتد [۸].

قابل توجه است که $R_{12}NH_3Cl$ (راسب) بار مثبت داشته و لذا امکان هتروکواگولاسیون بین کلئوئید کلکتور با بار مثبت و ذرات سیلویت با بار منفی در pH طبیعی وجود دارد. بعلاوه از شکل مزبور می توان دریافت که هالیت با این کلکتور شناور نمی شود. زیرا هالیت دارای بار سطحی هم علامت (مثبت) با کلکتور است. فلوتاسیون هالیت و عدم شناور شدن سیلویت با کلکتور کربوکسیلی هم به این طریق قابل توجیه است. زیرا هالیت دارای بار سطحی مثبت و کلکتور دارای بار سطحی منفی است. در مقابل سیلویت بار منفی داشته و لذا کلکتور نمی تواند بر روی آن جذب شود. در شکل ۲ فلوشیت فلوتاسیون سیلویت از سیلوینیت در شکل دیده می شود.



ب

شکل ۱: تحرک الکتروفورزی و جذب کلکتور $R_{12}NH_3Cl$ بر روی کانی سیلویت [۸].

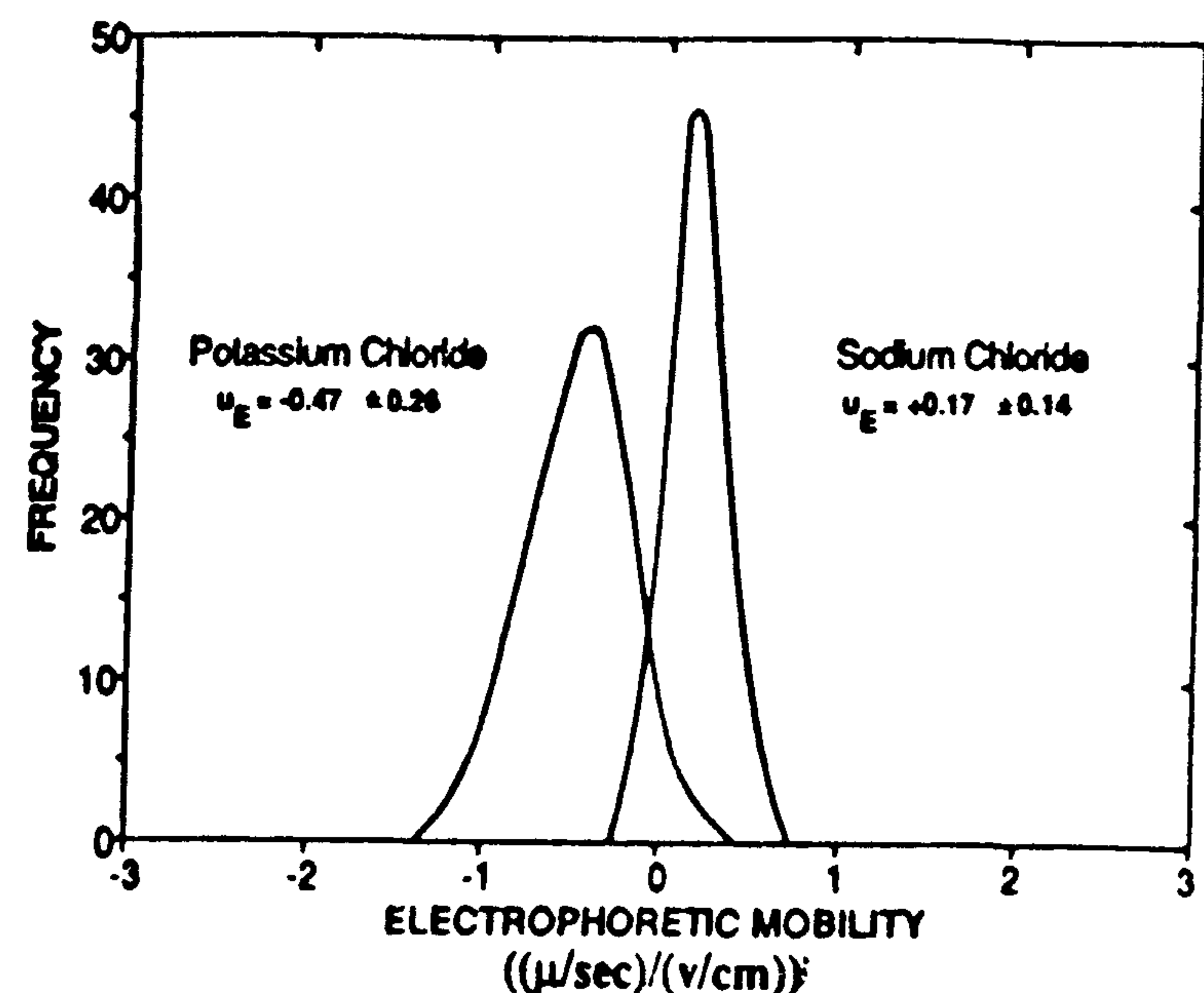
انحلال - کریستالیزاسیون

انحلال کانسنگ و بازیابی KCl با کریستالیزاسیون ضرورتاً در معدنکاری انحلالی پتاس بکار می رود. مزیت این روش، جداسازی پتاس از کانسنگهایی با درصد زیاد مواد نامحلول مانند رسها و تولید محصول پرعیار (۶۲-۶۳ درصد K_2O) است. اساس جدایش، قابلیت انحلال KCl و NaCl در آب گرم و سرد است. شکل ۳، میزان انحلال کلرورسدیم و پتاسیم را براساس دما در آب نشان می دهد. کلرورپتاسیم به میزان ۳۴/۷ و کلرورسدیم به مقدار ۳۵/۴ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر آب در دمای $20^{\circ}C$ حل میشود. این مقادیر در آب $100^{\circ}C$ درجه به ترتیب ۵۶/۷ و ۳۹/۱ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر آب است. این اعداد برای انحلال این نمکها بطور جداگانه است. برای محلولهای حاوی هر دو نمک، انحلال NaCl با افزایش دما، قدری کاهش می یابد. بنابراین وقتی شورابه اشباع شده در $20^{\circ}C$ تا $100^{\circ}C$ حرارت داده شود. قادر به انحلال مقادیر قابل توجهی KCl (اما نه NaCl) خواهد بود [۱۰۳].

در این روش سیلوینیت تا ۳- میلیمتر خرد شده و با محلول سرد و اشباع از NaCl-KCl شسته می شود. بخش عمده رس در مرحله نرمه گیری جدا می شود. محلول زلال حرارت داده می شود و برای انحلال KCl از سنگ شسته شده، بکار می رود. همانطور که گفته شد، کلرورسدیم در شورابه داغ، حل نمی شود و در نتیجه به عنوان باطله جدا

جدایش واسطه سنگین

این روش برای جدا کردن بلورهای درشت کلرورپتاسیم بسیار مفید است. در این روش از اختلاف وزن مخصوص سیلویت (۱/۹۸) و هالیت (۲/۱۳) بهره می برد. با استفاده از یک واسطه سنگین، با چگالی بین این دو وزن مخصوص، می توان این دو کانی را از هم جدا ساخت. در اینصورت هالیت غوطه ور و سیلویت شناور خواهد شد. از فروسیلیس یا منیتیت برای تهیه واسطه سنگین استفاده می شود. برای جدایش می توان از سیکلون واسطه سنگین استفاده کرد [۸].



الف

KCl، مجدداً حل شده و تبلور پیدا می‌کند تا محصولی با بیش از ۹۹ درصد KCl تولید شود.

مطالعات انجام شده

تهیه نمونه، آماده سازی و شناسایی نمونه ها

مقدار ۱۵۰ کیلو نمونه، مورد نیاز آزمایشهای شناسایی و کانه آرایی از کارگاه شماره ۳ معدن نمک راهراک گرمسار تهیه شد.

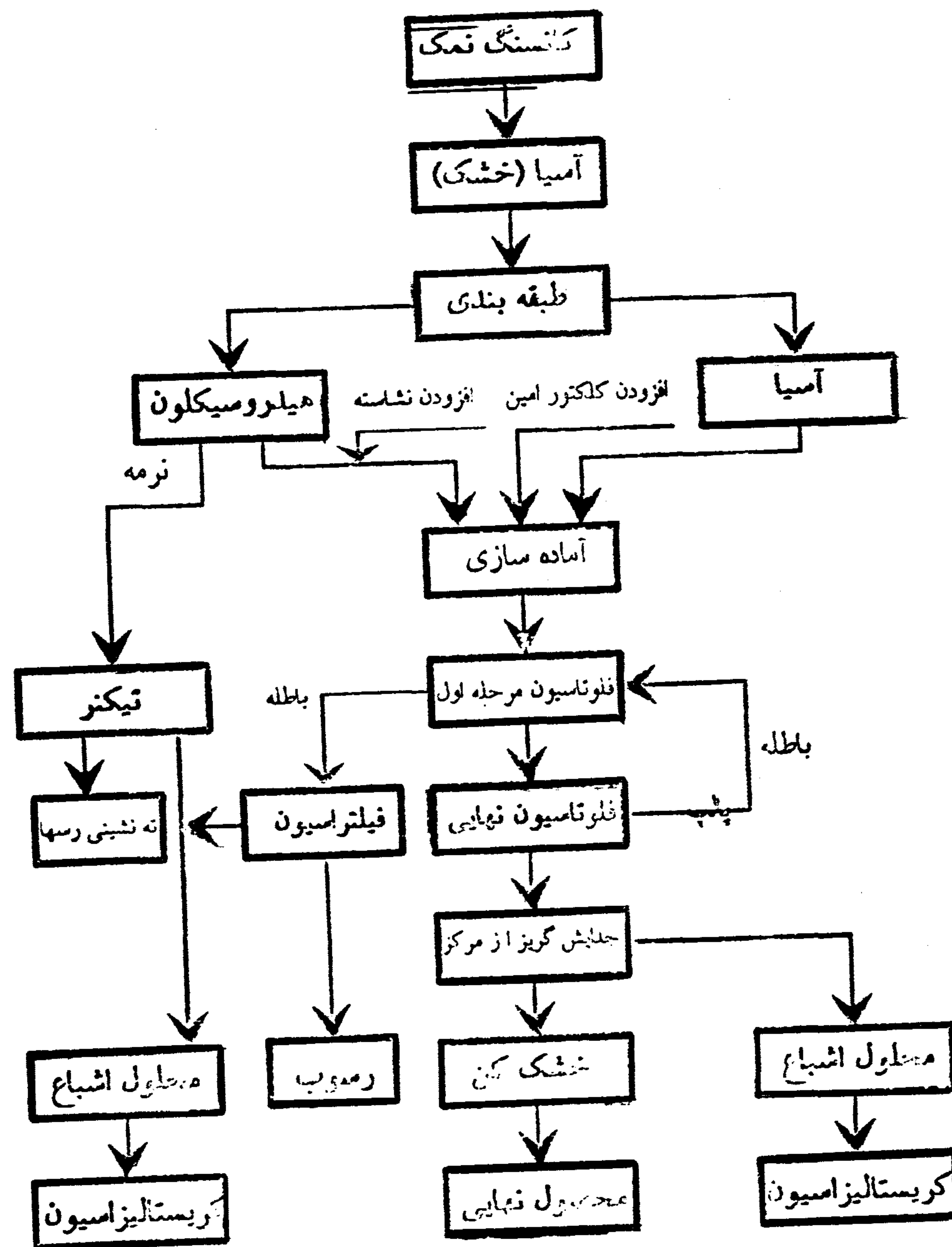
در امر نمونه گیری برای یافتن لایه پتاس دار بلورهای آبی رنگ نمک طعام ردیاب مناسبی بوده است. نمک کم عیار به رنگ سفید در مجاورت بلورهای آبی رنگ و نمک پرعیار به رنگ خاکستری کمرنگ زیر لایه کم عیار قرار گرفته است. بدین ترتیب دو سری نمونه یکی با عیار کم و دیگر با عیار بالا از معدن تهیه شد.

دو نمونه کم عیار و پرعیار از سنگ شکنهای فکی و مخروطی آزمایشگاهی عبور داده شدند تا محصولی با ابعاد کوچکتر از ۲/۳۶- میلیمتر بدست آید. هریک از نمونه ها، بخوبی مخلوط شده و به نمونه های کوچکتر در حد ۱ کیلوگرم تقسیم شدند. با تجزیه سرنندی خشک، دانه بندی هریک از دو نمونه پرعیار و کم عیار تعیین شد. توزیع دانه بندی و نتایج آنالیز شیمیایی هریک از بخشهای سرنندی در جدولهای ۲ و ۳ آورده شده است.

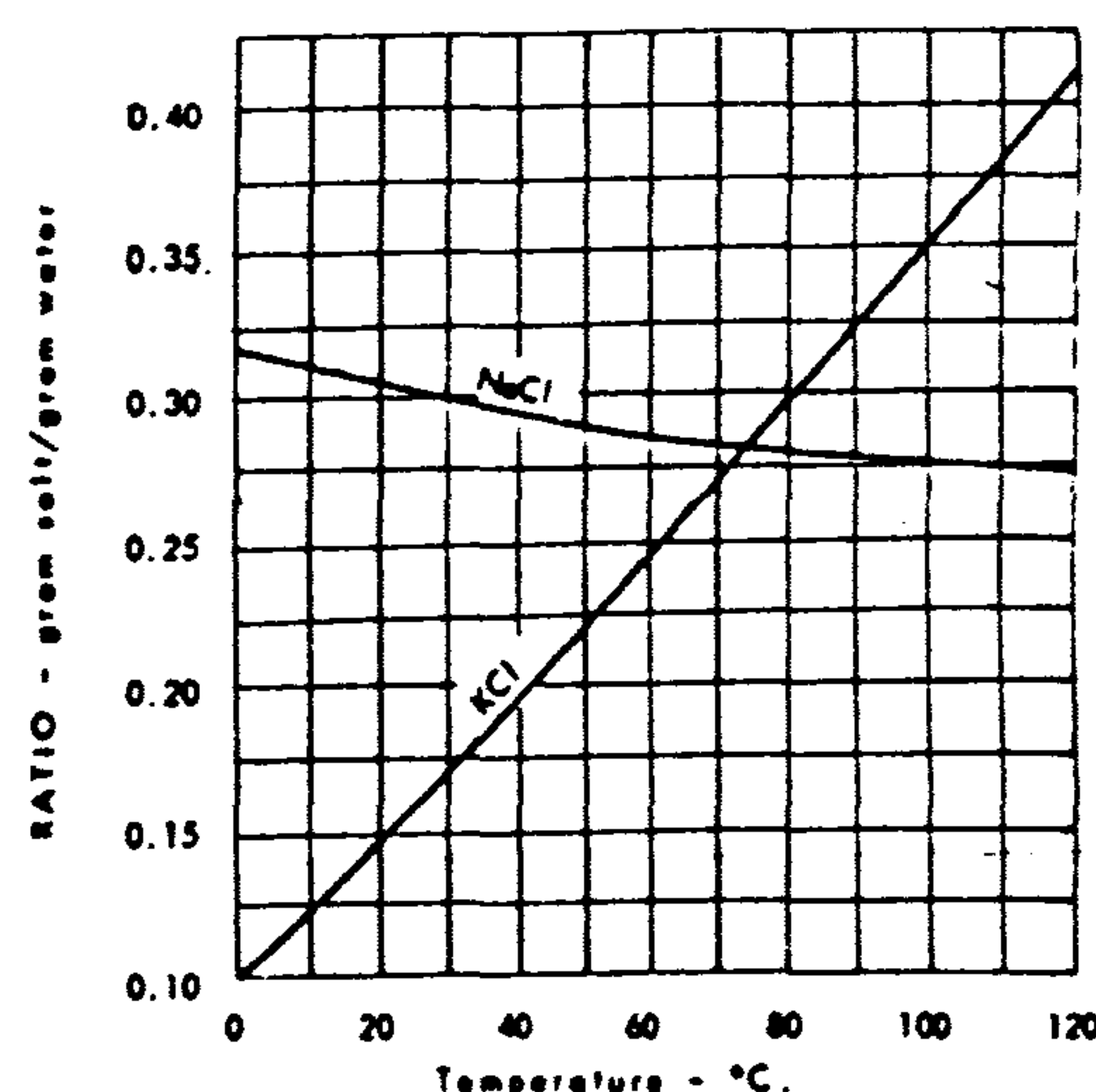
همانطور که نتایج نشان می دهد در نمونه پرعیار، حدود ۶۰ درصد K_2O در بخش دانه درشت تجمع یافته است. در نمونه کم عیار بخش دانه درشت، حاوی حدود ۵۷ درصد K_2O موجود در نمونه است. در هر دو نمونه بخش ذرات کوچکتر از ۱۵۰- میکرون حاوی مقادیری کمتر از ۱۰ درصد K_2O می باشند.

تجزیه شیمیایی کامل نمونه پرعیار که به روش اشعه ایکس (XRF) تهیه شده است، در جدول ۴ آورده شده است. مقادیر کم اکسید آلومینیم و سیلیسیوم حاکی از مقدار کم کانیهای رسی در این نمونه است.

برای شناسایی کامل کانسنگ پتاس گرمسار، بخشهای مختلف ابعادی نمونه مورد مطالعه اشعه ایکس پودر با قرار طول موج $\lambda = 1/5406 \text{ \AA}$ گرفتند که نتایج در شکلهای (۴) و (۶) نشان داده شده اند.



شکل ۲: فلوشیت نمونه برای فرایند فلوتاسیون سیلینیت.



شکل ۳: قابلیت انحلال کلرورسدیم و پتاسیم در سیستم $KCl-NaCl-H_2O$

می شود. سپس، محلول نمک خنک شده و بلورهای KCl، پس از کریستالیزاسیون از محلول نمکی جدا شده و خشک می شود. محلول نمک باقیمانده به فرآیند برگردانده می شود. اگر محصول با خلوص بالا در نظر باشد، بلورهای

جدول ۲: توزیع دانه بندی و شیمیایی نمونه پرعیار

اندازه (میکرون)	وزن %	K ₂ O		Na ₂ O	
		عیار	توزیع	عیار	توزیع
۶۰۰-۲۳۶۰	۶۱/۰۳	۴۷/۶۳	۶۱/۱۴	۳/۳۵	۶۱/۷۱
۱۵۰-۶۰۰	۳۱/۹۸	۴۷/۶۱	۳۲/۰۳	۳/۲۳	۳۱/۱۵
۰-۱۵۰	۶/۹۹	۴۶/۶	۶/۸۳	۳/۹۹	۷/۱۴
کل (محاسبه شده)	۱۰۰	۴۷/۵۳	۱۰۰	۳/۳۱	۱۰۰

جدول ۳: توزیع دانه بندی و شیمیایی نمونه کم عیار

اندازه (میکرون)	وزن %	K ₂ O		Na ₂ O	
		عیار	توزیع	عیار	توزیع
۶۰۰-۲۳۶۰	۵۵/۵۴	۴۲/۰	۵۶/۹۷	۷/۴۵	۵۰/۱۲
۱۵۰-۶۰۰	۳۶/۶	۴۰/۰	۳۵/۷۶	۹/۰۳	۴۰/۱۵
۰-۱۵۰	۷/۸۳	۳۸/۰	۷/۲۷	۱۰/۲۷	۹/۷۰
کل (محاسبه شده)	۱۰۰	۴۰/۹۳	۱۰۰	۸/۲۴	۱۰۰

جدول ۴: ترکیب شیمیایی نمونه پرعیار پتاس گرمسار به روش XRF

نمونه	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	Cl	Br
پرعیار	۳/۱۹	۰/۰۴	۰/۲۱	۴۱/۹۷	۰/۰۴	۴۷/۶۳	۰/۲

جدول ۵: ترکیب شیمیایی کلی نمونه های پرعیار و کم عیار پتاس

گرمسار بروش تجزیه شیمیایی تر.

نمونه	پرعیار	کم عیار
Cl ⁻ %	۴۸/۰۴	۴۹/۴۴
SO ₄ ²⁻ %	۰/۳۲	۰/۲۸
مواد نامحلول %	۰/۷۱	۰/۵۱
Ca %	۰/۱۱	۰/۱۰
Mg %	ناچیز	ناچیز
Na %	۳/۲۵	۷/۳۳
K %	۴۷/۲۸	۴۱/۹۰
H ₂ O %	ناچیز	۰/۰۲
L.O.I %	۰/۲۸	۰/۳۷

کانی هالیت را براساس کارت ۶۲۸-۵ مشخصات ASTM بترتیب شدت ثابت شبکه (d) ۱/۹۹، ۲/۸۲، ۱/۶۳ و ۱/۲۶ آنگستروم که در زوایای θ ۳۱/۷°، ۴۵/۵°، ۵۶/۲° و ۷۵° می توان یافت با مقایسه پیک های موجود بر روی نمودارها و کارت مشخصات این دو کانی ها نتیجه می شود که هر دو نمونه ها حاوی بیش از ۷۰ درصد سیلویت می باشند، بعبارت دیگر براحتی نام سنگ را می توان سیلوینیت^(۲) نهاد. شدت پیک اصلی NaCl که بستگی به مقدار این نمک در نمونه دارد، در نمونه کم عیار با درشت شدن دانه ها تقلیل می یابد و این روند در نمونه پرعیار این چنین قابل توجه نیست. شدت پیک اصلی KCl در دانه بندی ریز در هر دو نمونه کاهش می یابد که مؤید نتایج تجزیه شیمیایی نمونه هاست. پیکهای شاخص کانیهای رسی در محدوده ۵° تا ۱۵° درجه در هیچ یک از نمونه ها مشاهده نشدند که دلالت بر عدم وجود و یا مقدار ناچیز این کانیها در کانسنگ گرمسار دارد.

از آنجائیکه نمکهای سیلویت و هالیت در سنگ سیلوینیت موجود در هم رشد نموده اند و بظاهر تشخیص آنها از

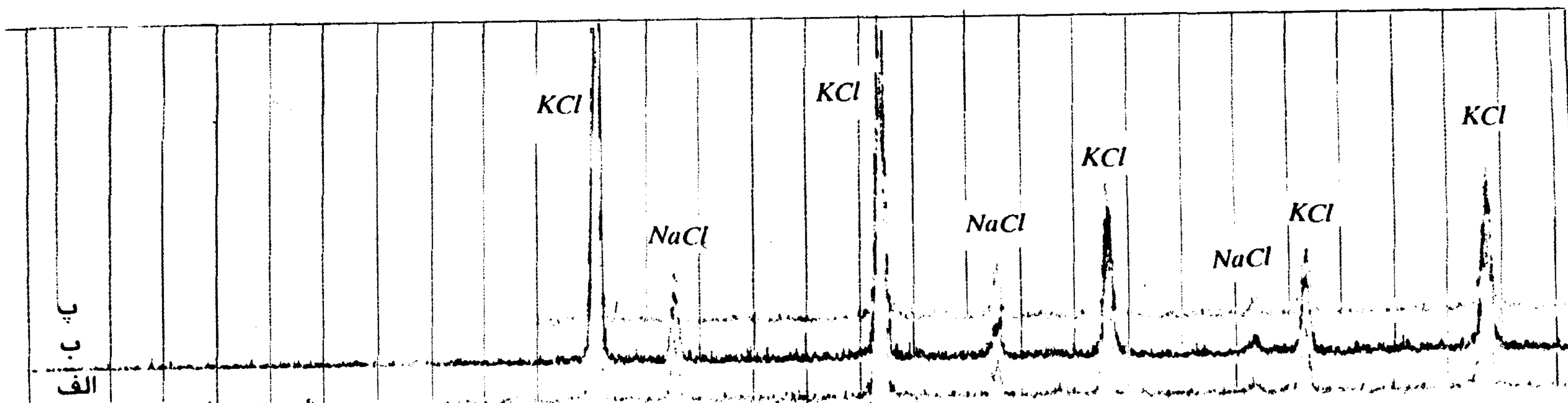
پیک های شاخص سیلویت براساس کارت مشخصات ASTM^(۱) به شماره ۴-۵۸۷ به ترتیب شدت ثابت شبکه (d) ۳/۱۵، ۲/۲۲، ۱/۸۲، ۱/۵۷ و ۱/۴۱ آنگستروم می باشد که در زوایای θ ۲۸/۳°، ۴۰/۶°، ۵۰/۰۵° و ۶۶/۰۵° دیده می شوند. پیکهای شاخص

اشکال حاصل از خراش یا خوردگی شیمیایی^(۱) یافت می‌شود که بر روی خواص میکروسکوپی این نمک تأثیر می‌گذارد. ولی مهمترین وجه تمایز این دو نمک زیر میکروسکوپ در نور عادی اندیس انکسار متفاوت آنهاست. اندیس انکسار برای هالیت $1/54$ و برای سیلویت $1/49$ می‌باشد [۶].

بر روی شکل ۵ رشد نمک سیلویت (۱) و نمک هالیت (۲) در کنار هم و بطور آزاد مشخص شده‌اند. در مطالعات میکروسکوپی مقاطع نازک نمونه گرمسار، هالیت در کنار سیلویت در ابعاد مختلف دیده می‌شود. عموماً عدد رشد هالیت از ۱۸ تا ۴۵ میکرون و عدد رشد سیلویت از ۱۰ تا ۴۰ میکرون تغییر می‌کند.

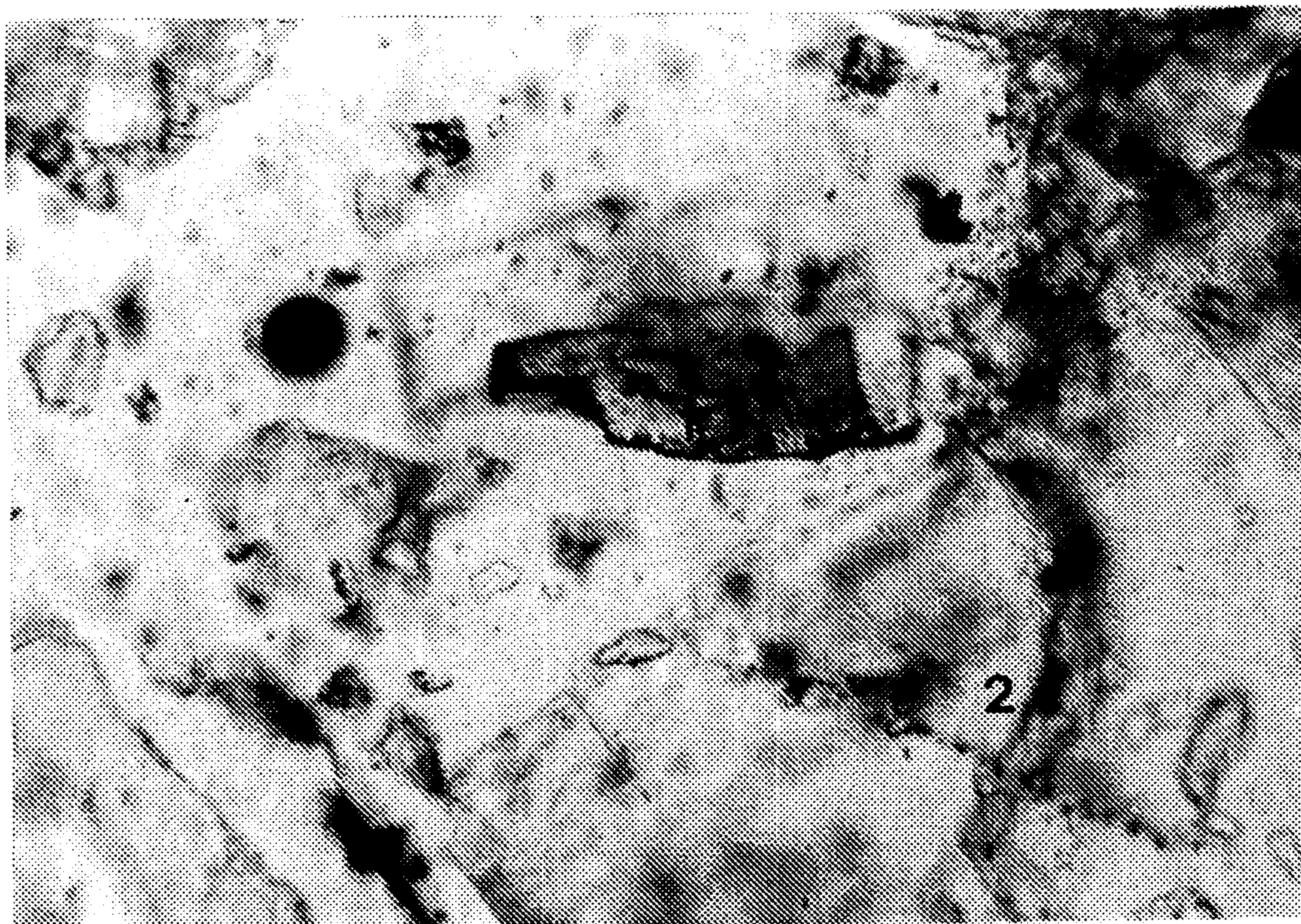
یکدیگر امکان پذیر نمی‌باشد برای شناسایی بهتر از میکروسکوپ نوری کمک گرفته شد. در نور پولاریزه نیز تشخیص این نمک امکان پذیر نمی‌باشد به خاطر اینکه هر دو نمک دارای شبکه بلوری مکعبی هستند. در نور عادی میکروسکوپ هالیت بی رنگ، شفاف تا سفیدرنگ و گاه بوسیله مواد رسی یا اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و مواد شیمیایی رنگ شده است و گاه با لکه های آبی رنگ یافت می‌شود که در اثر فعالیت های رادیواکتیویته پیش آمده است.

در حالی که سیلویت در نور عادی میکروسکوپ رنگ خاکستری کمرنگ دارد. یکی دیگر از مشخصه های اصلی سطوح جدایش واضح هالیت می باشد که در سیلویت ندرتاً دیده می شود. ولی گاه بر روی سطوح نمک سیلویت



شکل ۴: نمودار پراش اشعه ایکس از نمونه پرعیار پتاس گرمسار

الف: بادانه بندی ۶۰۰ میکرون ب: بادانه بندی ۱۵۰-۶۰۰ میکرون پ: بادانه بندی ۱۵۰-میکرون



شکل ۵: از نمونه پتاس پرعیار با $\times 85$ قطعات آزاد بلورهای سیلویت (۱) و هالیت (۲) را نشان می‌دهد.

شرایط و نتایج آزمایشهای فلوتاسیون انجام شده بر روی نمونه پرعیار در جدول ۶ خلاصه شده است. ترکیب شیمیایی باطله آزمایشهای فلوتاسیون نمونه پرعیار در جدول ۷ ذکر شده است.

در شرایط مشابه، چندین آزمایش فلوتاسیون بر روی نمونه کم عیار انجام شد که شرایط آزمایشها و نتایج بدست آمده در جدول ۸ ارائه شده‌اند.

نتیجه گیری اولیه

با توجه به مقدار کم کانیهای رسی در پتاس گرمسار، کانی اصلی مزاحم هالیت می‌باشد.

عیار سیلویت در کنسانتره فلوتاسیون هر دو نمونه، افزایش نشان میدهد. مقدار هالیت به خوبی در کنسانتره فلوتاسیون کاهش یافته است و بطور متوسط مقدار Na به ۰/۳ درصد رسیده است. برای کنترل کیفیت کنسانتره فلوتاسیون، از آن پراش اشعه ایکس تهیه شد که در شکل ۷ آورده شده است. همان طور که مشاهده میشود، اثر بسیار ضعیفی از پیک اصلی هالیت در ۲/۸۲ انگستروم قابل تشخیص است، که نتایج تجزیه شیمیایی را تایید میکند.

ترکیب شیمیایی باطله فلوتاسیون، برخلاف انتظار، حاکی از مقادیر کم سدیم است. با توجه به حالت انتخابی کلکتورهای آمین استفاده شده، باید مقدار سدیم در باطله افزایش یافته باشد در حالیکه کاهش یافته است. به عبارت دیگر موازنه جرمی بین سدیم (کلرور سدیم)، خوراک و محصولات فلوتاسیون برقرار نیست. برای توجیه نتایج بدست آمده می‌توان به دلایل زیر استناد کرد:

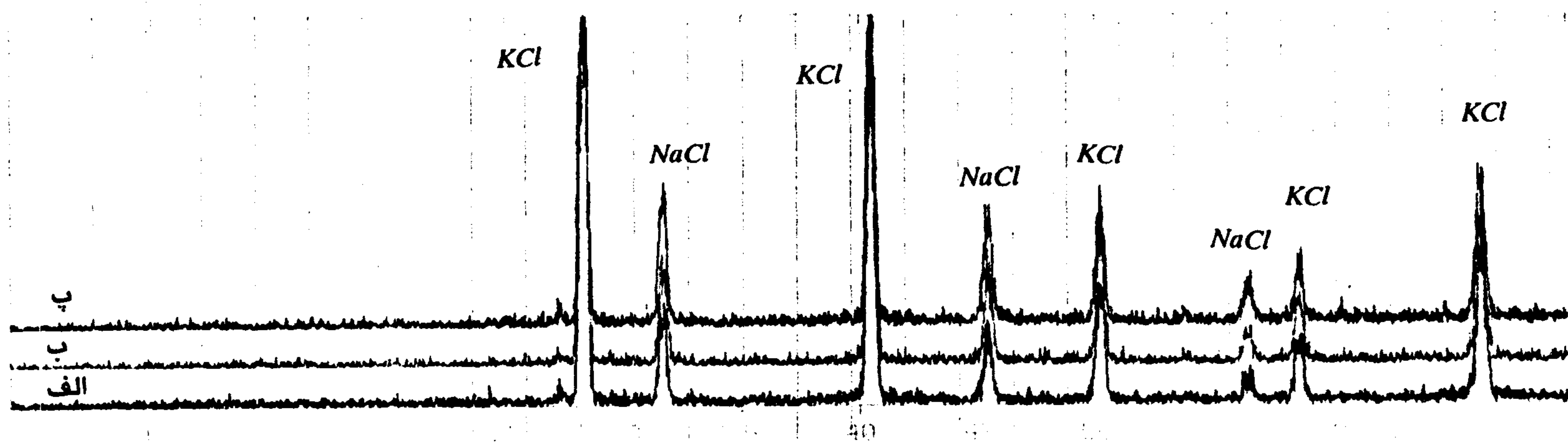
کریستالهای سیلویت نسبت به هالیت کوچکتر می‌باشند و گاه بصورت ماتریس بلورهای هالیت را بهم سیمان کرده است.

آزمایشهای فلوتاسیون

آزمایشهای فلوتاسیون در دو مرحله اولیه و تکمیلی انجام شدند. چون هالیت و سیلویت، هر دو در آب محلولند، برای فلوتاسیون آنها باید از محلول اشباع استفاده کرد تا ماده معدنی در سلول فلوتاسیون به صورت جامد باقی بماند و بتواند تحت تاثیر شرایط جدایش قرار گرفته و در نهایت با جذب کلکتور به طور انتخابی، یک کانی خاص شناور شود.

با انحلال تدریجی ماده معدنی در آب، مشخص شد که پس از افزودن ۳۳۲ گرم در یک لیتر آب، دیگر ماده معدنی حل نمیشود و محلول به حالت اشباع رسیده است.

برای فلوتاسیون سیلویت از کلکتورهای آرماک سی و دی، ساخته شرکت AKZO استفاده شد. برای کنترل میزان مصرف، محلولی با غلظت وزنی ۱ درصد از این کلکتورها تهیه شد. برای باز داشتن کانیهای رسی از نشاسته یا دکستین و برای تولید کف از کف ساز MIBC استفاده شد. pH طبیعی پالپ فلوتاسیون ۸/۲ اندازه گیری شده و تغییری داده نشد. مقدار جامد در پالپ در کلیه آزمایشها ۲۰ درصد بود. آماده سازی پالپ با دکستین بمدت ۷ دقیقه انجام شده و پس از افزودن کلکتور، پالپ در ۱۵۰۰ دور در دقیقه بمدت ۵ دقیقه همزده شده و سپس کف گیری انجام شد.



شکل ۶: نمودار پراش اشعه ایکس از نمونه کم عیار پتاس گرمسار

پ: بادانه بندی ۱۵۰- میکرون

ب: بادانه بندی ۶۰۰-۱۵۰ میکرون

الف: بادانه بندی ۶۰۰ میکرون

جدول ۶: نتایج فلوتاسیون اولیه نمونه پرعیار پتاس گرمسار

شماره آزمایش	دانه بندی (میلیمتر)	کلکتور		بازدارنده		کنسانتره		
		نوع	مقدار (گرم بر تن)	نوع	مقدار (گرم بر تن)	Cl%	K%	Na%
۱	-۰/۳۰	آرماک تی	۲۰۰	نشاسته	۲۵۰۰	۴۷/۸۳	۵۰/۷۲	۰/۲۵
۲	-۲/۳۶	آرماک تی	۲۰۰	نشاسته	۲۵۰۰	۴۷/۶۸	۵۱/۴۸	۰/۲۲
۳	-۰/۳۰	آرماک تی	۱۰۰	نشاسته	۲۵۰۰	۴۶/۹۱	۵۱/۷۲	۰/۳۹
۴	-۲/۳۶	آرماک تی	۱۰۰	نشاسته	۲۵۰۰	۴۷/۱۷	۵۰/۷۴	۰/۳۵
۵	-۲/۳۶	آرماک تی	۱۵۰	نشاسته	۲۵۰۰	۴۷/۰۸	۵۱/۰۰	۰/۱۶
۶	-۲/۳۶	آرماک تی	۲۵۰	نشاسته	۲۵۰۰	۴۷/۴۲	۵۱/۷۵	۰/۲۴
۷	-۰/۳۰	آرماک تی	۱۵۰	نشاسته	۲۵۰۰	۴۷/۴۱	۵۱/۱۴	۰/۳۰
۸	-۰/۳۰	آرماک تی	۲۵۰	نشاسته	۲۵۰۰	۴۷/۶۹	۵۱/۲۶	۰/۳۰
۹	-۰/۶۰	آرماک تی	۲۰۰	نشاسته	۲۵۰۰	۴۷/۸۴	۵۱/۰۷	۰/۳۴
۱۰	-۰/۶۰	آرماک تی	۲۵۰	نشاسته	۲۵۰۰	۴۷/۷۱	۵۱/۱۹	۰/۳۰
۱۱	-۰/۶۰	آرماک تی	۱۵۰	نشاسته	۲۵۰۰	۴۷/۶۰	۵۲/۰۱	۰/۳۰
۱۲	-۰/۶۰	آرماک تی	۱۰۰	نشاسته	۲۵۰۰	۴۷/۵۱	۵۲/۱۷	۰/۳۰
۱۳	-۲/۳۶	آرماک تی	۲۵۰	نشاسته	۱۵۰۰	۴۷/۲۵	۵۱/۶۵	۰/۱۶
۱۴	-۲/۳۶	آرماک تی	۲۵۰	نشاسته	۴۰۰۰	۴۷/۰۳	۵۱/۴۱	۰/۱۴

جدول ۷: نتایج باطله فلوتاسیون اولیه نمونه پرعیار

شماره آزمایش	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
Cl %	۴۷/۲۲	۴۷/۵۷	۴۷/۰۲	۴۷/۵۱	۴۷/۵۶	۴۷/۲۸	۴۷/۶۱	۴۷/۵۱	۴۷/۸۹	۴۷/۵۲	۴۷/۵۹	۴۷/۸۶
K %	۵۱/۲۸	۵۱/۱۲	۵۱/۱۲	۵۱/۹۳	۵۲/۱۵	۵۲/۱۷	۵۲/۰۰	۵۲/۱۷	۵۱/۵۹	۵۱/۱۴	۵۲/۰۶	۵۱/۸۵
Na %	۰/۳۳	۰/۳۰	۰/۲۵	۰/۳۰	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۲۵	۰/۲۲	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۱۹	۰/۲۴

جدول ۸: نتایج فلوتاسیون اولیه نمونه کم عیار پتاس گرمسار

شماره آزمایش	دانه بندی (میلیمتر)	کلکتور		بازدارنده		کنسانتره		
		نوع	مقدار (گرم بر تن)	نوع	مقدار (گرم بر تن)	Cl%	K%	Na%
۱	-۲/۳۶	آرماک تی	۱۰۰	نشاسته	۲۵۰۰	۴۷/۵۷	۵۱/۶۹	۰/۳۳
۲	-۲/۳۶	آرماک تی	۱۵۰	نشاسته	۲۵۰۰	۴۷/۶۰	۵۱/۶۳	۰/۳۹
۳	-۲/۳۶	آرماک تی	۲۰۰	نشاسته	۲۵۰۰	۴۷/۴۴	۵۱/۴۰	۰/۴۲
۴	-۲/۳۶	آرماک تی	۲۵۰	نشاسته	۲۵۰۰	۴۷/۶۰	۵۱/۶۳	۰/۳۹
۵	-۲/۳۶	آرماک تی	۲۵۰	نشاسته	۱۵۰۰	۴۷/۶۰	۵۱/۶۳	۰/۳۴
۶	-۲/۳۶	آرماک تی	۲۵۰	نشاسته	۴۰۰۰	۴۷/۶۰	۵۱/۶۳	۰/۳۵

- ۱ - عدم اشباع کامل محلول فلوتاسیون و در نتیجه انحلال تفریقی نمکهای سدیم در پالپ فلوتاسیون
- ۲ - نوسانات دمای فلوتاسیون که می تواند باعث انحلال مقادیر متفاوت کلرور سدیم و پتاسیم شود. (شکل ۳)
- ۳ - استفاده از محلول رقیق آبی کلکتور (۱ درصد وزنی) هرچند مقدار استفاده از محلول کلکتور قابل توجه نیست اما ممکن است در انحلال نمک سدیم موثر باشد.
- ۴ - عدم انتخابی بودن کلکتور مورد استفاده (آرماکتی)
- ۵ - خطای اندازه گیری شیمیایی سدیم و پتاسیم

آزمایشهای فلوتاسیون تکمیلی

آزمایشهای تکمیلی به منظور بررسی نتایج آزمایشهای اولیه و بهینه سازی شرایط جدایش انجام شدند. برای تعیین علت یا علل از دست دادن نمک هالیت در باطله تعداد سه آزمایش فلوتاسیون بر روی نمونه کم عیار پتاس گرمسار به شرح زیر انجام گرفت.

۲ - محلول اشباعی از ماده معدنی کم عیار در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد تهیه گردید و اجازه داده شد تا محلول بتدریج سرد شود و دمای آن به دمای طبیعی اطاق ۲۵°C برسد. وزن مخصوص شورابه اشباع شده ۱/۲۰۴ بوده است. از این محلول برای آزمایشهای فلوتاسیون تکمیلی استفاده شد. در تمام مراحل آزمایش دمای پالپ در سلول فلوتاسیون نیز حدود ۲۵ درجه سانتیگراد بود.

۳ - برای تهیه محلول رقیق کلکتور نیز از محلول اشباع شورابه تهیه شده استفاده شد.

۴ - در فیلتراسیون کنسانتره و باطله فلوتاسیون و توزین آنها دقت کامل بعمل آمد.

۵ - برای اندازه گیری مقدار سدیم و پتاسیم در نمونه ها از روش شیمیایی XRF نیز استفاده شد. جهت تهیه تعداد نمونه استاندارد با درصد مشخصی از KCl و NaCl از پودر KCl و NaCl شرکت مرک^(۱) آلمان با خلوص بالا استفاده شد.

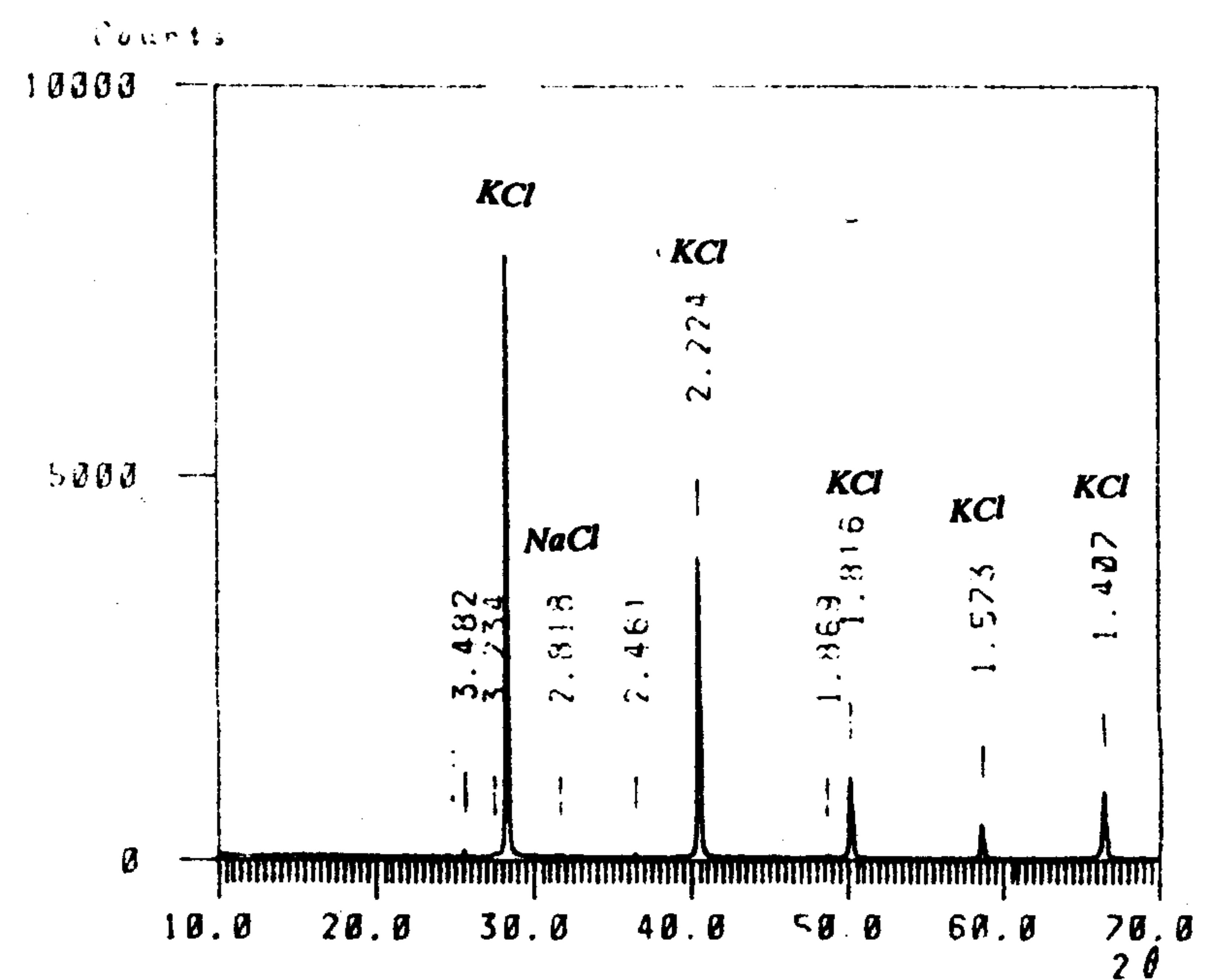
برای سهولت مقایسه آزمایشهای تجزیه شیمیایی تر با روش XRF تمام جوابهای بدست آمده که بصورت درصد اکسید می باشند به درصد عنصر تبدیل شدند. برای این منظور از فاکتورهای تبدیل زیر استفاده شد.

$$\% \text{Na} = \% \text{Na}_2\text{O} / 1.34 \quad \text{و} \quad \% \text{K} = \% \text{K}_2\text{O} / 1.204$$

با مقایسه نتایج دو روش تجزیه شیمیایی به روش XRF و روش تر از نمونه های پرعیار و کم عیار در جدول ۵ و ۹ صحت و دقت این دو روش مشخص شده است. نتایج بدست آمده از آزمایشهای فلوتاسیون نیز تا حد قابل قبولی با نتایج آزمایشهای قبلی مطابقت دارد. در عین حال در جدول ۹ نتایج مقایسه ای ترکیب شیمیایی آزمایشهای تکمیلی فلوتاسیون را نشان می دهد. (C_۱ و C_۲ و C_۳ و C_۴) کنسانتره و (T_۱ و T_۲ و T_۳ و T_۴) باطله می باشند.

در آزمایش اول شرایط همانند آزمایشهای اولیه فلوتاسیون بوده، از این رو در آزمایشهای دوم و سوم تغییراتی در انجام آزمایشات صورت گرفت (جدول ۱۰). در آزمایش سوم، از کلکتور HT، بعد از خنثی سازی با اسیداستیک استفاده گردید.

جهت پی بردن به عملکرد نمکهای هالیت و سیلویت



شکل ۷: نمودار پراش اشعه ایکس از کنسانتره نمک کم عیار فقط پیک های KCl مشاهده میشود.

۱ - آزمایش اول با خوراکی با دانه بندی ۲۳۶۰ میکرون و دو آزمایش دیگر فلوتاسیون با خوراکی با دانه بندی ۴۲۵- میکرون انجام شد تا از اثرات منفی ذرات درشت مانند عدم توانایی حبابهای هوا برای انتقال این ذرات جلوگیری شود.

۴- شرایط اعمال شده در فلوتاسیون پتاس گرمسار، باعث انحلال تفریقی هالیت در محلول اشباع فلوتاسیون شده و در نتیجه مقدار کلرور سدیم، باطله فلوتاسیون نیز کم می‌باشد. پدیده انحلال تفریقی سیلویت نسبت به هالیت در حضور مواد آلی (مانند آمین‌ها) گزارش شده است [۵۴] برای نتیجه‌گیری قطعی در این مورد، نیاز به انجام مطالعات بیشتری می‌باشد.

جدول ۹: نتایج تجزیه شیمیایی بروش (XRF) از نمونه‌های پرعیار و کم عیار و آزمایش‌های فلوتاسیون تکمیلی.

نمونه‌ها	Cl %	K %	Na %
پرعیار	۴۸/۹۵	۴۸/۸۱	۳/۷۱
کم عیار	۵۰/۳۶	۴۰/۱۸	۹/۵۳
C _۱	۴۷/۳۹	۵۱/۸۹	۰/۹۷
T _۱	۴۷/۳۳	۵۲/۲۰	۰/۴۳
C _۲	۴۷/۴۵	۵۱/۷۲	۰/۸۷
T _۲	۴۷/۶۸	۵۰/۸۳	۰/۷۷
C _۳	۴۷/۹۰	۴۹/۹۶	۱/۲۸
T _۳	۴۸/۲۶	۴۸/۴۸	۱/۷۵

جدول ۱۰: شرایط انجام آزمایش‌های فلوتاسیون تکمیلی نمونه کم عیار پتاس گرمسار

شماره آزمایش	دانه بندی (میلیمتر)	کلکتور	بازدارنده
۱	-۲/۳۶	آرماک C	نشاسته
۲	-۰/۴۲۵	آرماک C	دکسترین
۳	-۰/۴۲۵	آرمین HT	دکسترین

۵- عدم وجود مقدار قابل توجه رس در کانسنگ پتاس گرمسار، اعمال شرایط لازم برای بازداشتن کانیهای رسی را غیر ضروری می‌سازد. چنانچه سنگ استخراجی از معدن حاوی مقادیر بیشتری رس باشد، فلوتاسیون رس موثر خواهد بود. لازم به توضیح است که در استخراج ماده معدنی، مقدار ناخالصیها، همراه ماده معدنی ضرورتاً زیاد و قابل توجه خواهد بود.

درمقابل شرایط فلوتاسیون از محلولهای باقی مانده در صافی به مقدار ۱۵۰ میلی‌لیتر برداشته و بعد از تبخیر کامل نمک باقیمانده وزن شده (C_{۲S} و T_{۲S} و C_{۳S} و T_{۳S}) و سپس مورد شناسایی با XRF قرار گرفتند نتایج نیز در جدول ۱۱ مشخص شده است.

آزمایش‌های انحلال - کریستالیزاسیون

دوسری آزمایش به روش انحلال-کریستالیزاسیون انجام گرفت. در این روش بعد از تهیه شورابه با غلظت بالا (وزن مخصوص ۱/۲۰۴) و رسانیدن دمای محلول به ۱۰۰ درجه سانتیگراد و سرد نمودن سریع محلول داغ شورابه اولین بلورهای جدا شده KCl ظاهر شدن و بعد از سرد کردن کامل شورابه تا ۴۰ درجه سانتیگراد نمک راسب در ته ظرف بکمک فیلتر از محلول جداگشت. نمک بدست آمده بروش های تجزیه شیمیایی تر و XRF و XRD مورد شناسایی قرار گرفت. نتایج در جدول ۱۲ و شکل ۹ چنین نشان می‌دهد که مقدار NaCl در آزمایش دوم کمتر است و با مقایسه نتایج آزمایش‌های فلوتاسیون نتیجه گرفته می‌شود که روش فلوتاسیون مناسبتر است زیرا در تمام آزمایشها مقدار NaCl به ۰/۵ درصد کاهش یافته است.

نتیجه گیری نهایی

۱- پتاس گرمسار، به علت عیار بالا سیلویت و مقدار کم هالیت و به خصوص کانیهای رسی، در کل در زمره کانسنگ های پر عیار پتاس قرار می‌گیرد. با توجه به مقدار کم کانیهای رسی، ناخالص اصلی، هالیت است که باید به کمترین مقدار ممکن کاهش یابد.

۲- فلوتاسیون، مهمترین روش غیر شیمیایی پرعیار سازی کانسنگ های پتاس در دنیا است که در مورد پتاس گرمسار نیز صدق می‌کند.

۳- هالیت در کنسانتره فلوتاسیون بخوبی کاهش یافته و مقدار آن به طور متوسط به ۰/۵ درصد رسیده است. پراش اشعه ایکس کنسانتره نیز عدم یا مقدار بسیار کم هالیت را تایید می‌کند.

۶- با توجه به آزمایشهای انجام شده فلوتاسیون می‌توان کنسانتره‌هایی با عیار بیشتر از ۵۱ درصد پتاسیم و کمتر از ۰/۶ درصد سدیم از نمونه‌های پرعیار و کم‌عیار تهیه کرد.

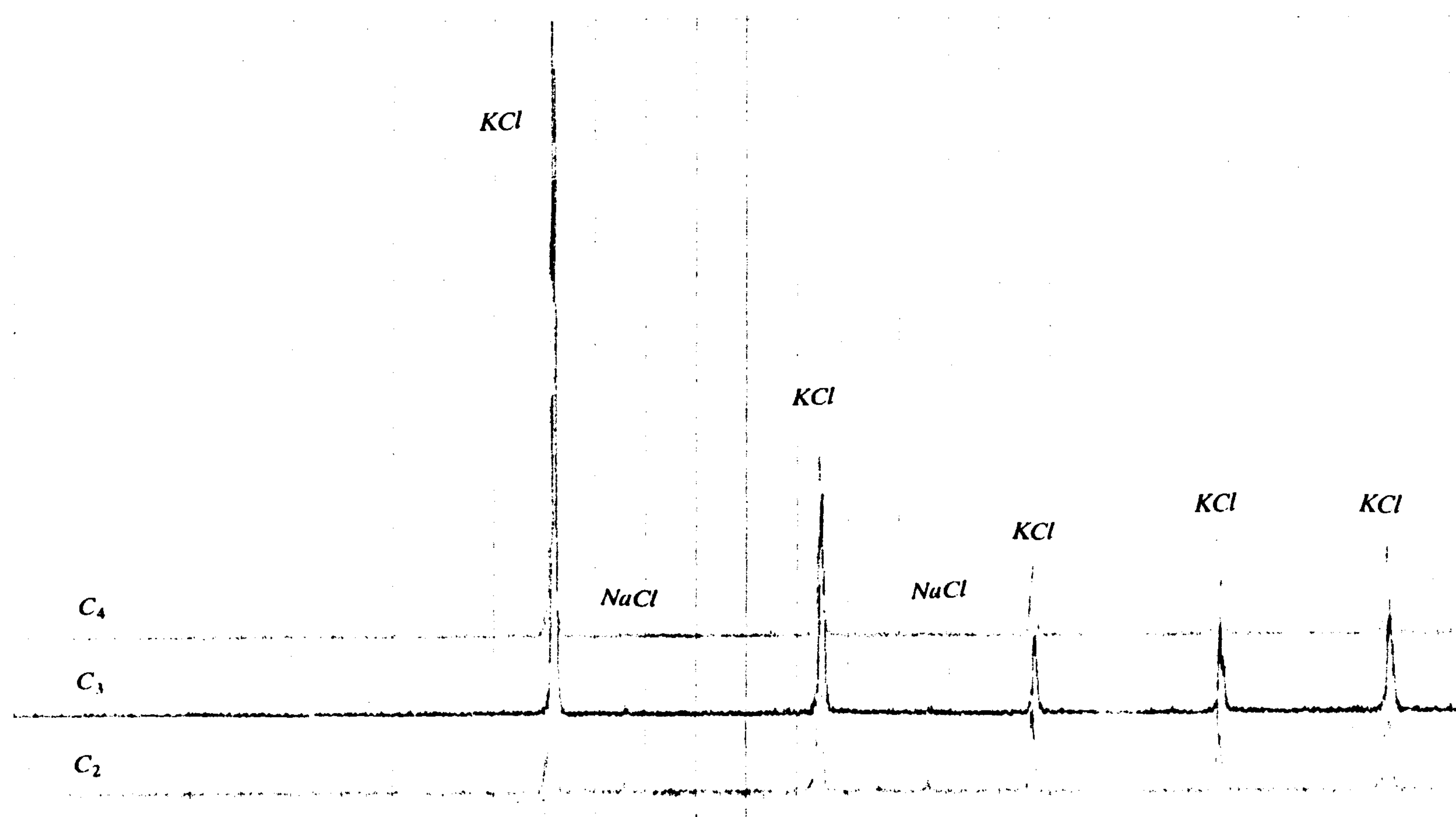
۷- با توجه به مطالعات بسیار محدود فلوتاسیون کانیهای محلول و ذخایر قابل توجه این کانیها در ایران، ادامه مطالعات حاضر مفید بنظر می‌رسد.

جدول ۱۱: نتایج تجزیه شیمیایی XRF محلولهای باقی مانده بعد از فیلتراسیون کنسانتره و باطله آزمایشهای فلوتاسیون تکمیلی

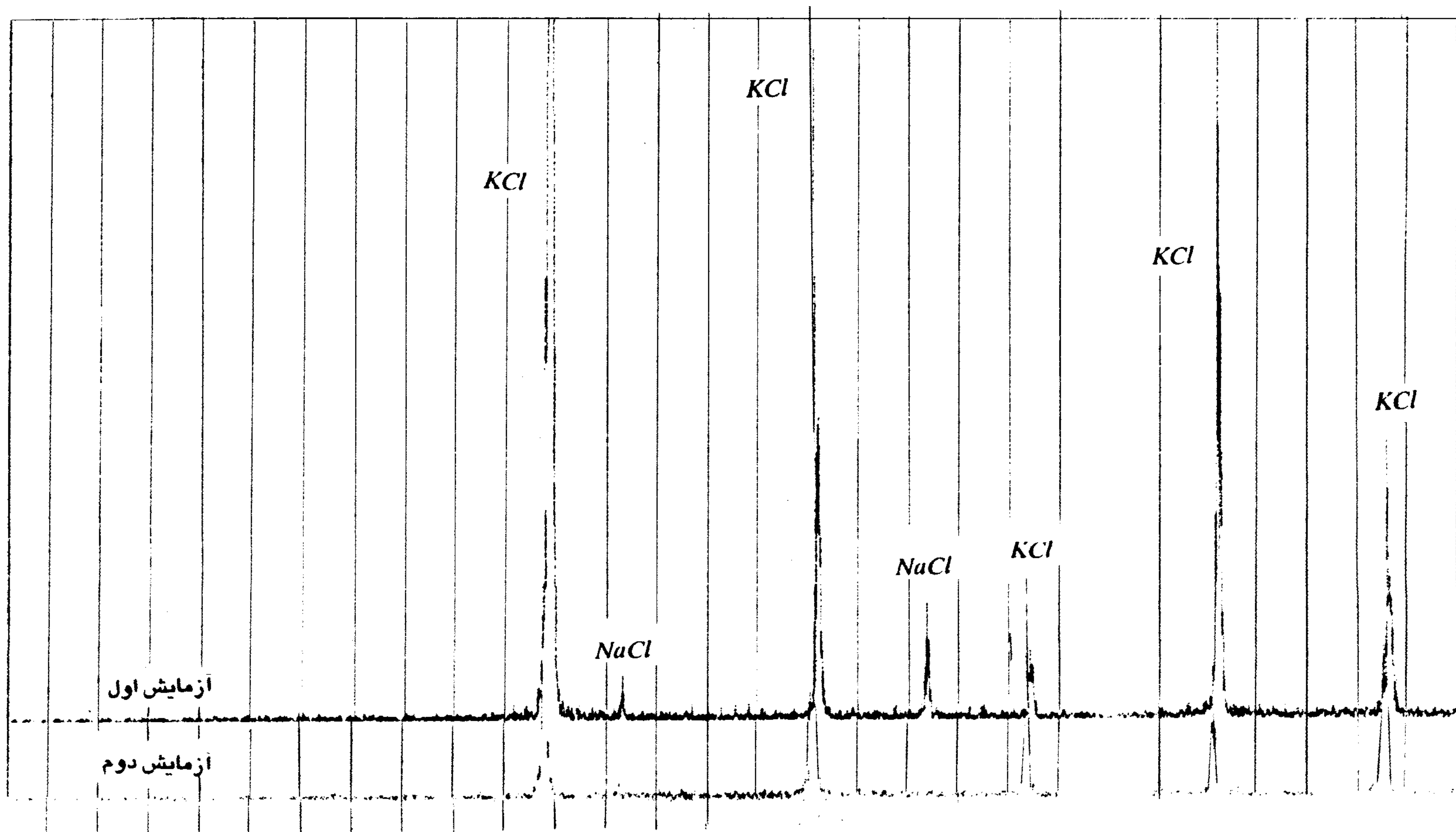
غلظت محلول لیتر/گرم	Na %	K %	KCl %	نمونه مایع زیر صافی	آزمایش
۳۴۵/۹	۱۴/۸۶	۳۲/۶۷	۵۲/۱۰۵	C _{rs}	۲
۳۶۳/۷	۱۴/۱۶	۳۳/۲۶	۵۲/۰۲	T _{rs}	۲
۳۴۲/۰	۱۳/۶۰	۳۲/۹۵	۵۲/۲۱	C _{rs}	۳
۳۶۱/۰	۱۷/۳۰	۳۵/۹۸	۵۲/۸۴	T _{rs}	۳

جدول ۱۲: نتایج تجزیه شیمیایی روش انحلال - کریستالیزاسیون

Na %	K %	Cl %	روشهای تجزیه شیمیایی	آزمایش
۱/۶۰۷	۵۰/۳۹	۴۷/۷۸	بروش XRF	اول
۱/۷۱	۵۰/۰۱	۴۸/۱۵	بروش شیمیایی تر	
۰/۷۳۰	۴۹/۵	۴۸/۰۱	بروش XRF	دوم



شکل ۸: پراش اشعه ایکس از نمونه‌های کنسانتره فلوتاسیون تکمیلی می‌باشد.



شکل ۹: پراش اشعه ایکس از آزمایشهای انحلال - کریستالیزاسیون سیلوانیت.

مراجع

- 1 - Zandon, V. A. (1986). "Potash". *SME Mineral Processing Handbook, Weiss ed.* Section 22,
- 2 - Hubber, H. (1950). "Geological Reconnaissance of the Southcentral Albers and Oil Possibilities of Northwestern Kevir Area, between Tehran and Semnan, N.I.O.C."
- 3 - Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Band 9, (1957) and Band 13, (1977)
- 4 - Gmelin Handbuch, 8. Auflage, Kalium. Lieferung 7
- 5 - Holleman, W. (1985). "Lehrbuch der Anorganischen Chemie."
- 6 - Rösler, H. J. (1987). "Lehrbuch der Mineralogie."
- 7 - Schubert, H. (1978). "Aufbereitung Fester Mineralischer Rohstoffe, Band II."
- 8 - Miller J.D., and Yalamanchili M. R. (1994). "Fundamental Aspect Soluble Salt Flotation." *Minerals Eng.*, 7(2/3), 305-317.
- ۹ - نمد مالیان و همکاران، "گزارش پی جویی پتاس در منطقه گرمسار حدفاصل ایوانکی - بن کوه". سازمان زمین شناسی کشور، (۱۳۷۰).
- ۱۰ - اصلانی، س. "گزارش کار استحصال پتاس از شورابه های کویر خور و مرداب گاوخونی". سازمان زمین شناسی کشور، (۱۳۷۳).