Studies on the Effectiveness of Wheat Starch in Water Treatment

Goodarzi, N., Assist. Prof., Medical Sciences University of Tehran

Nasseri, S., Assoc. Prof., Medical Sciences University of Tehran

Abstract

Coagulation is considered as an important process in removing turbidity produced in water and wastewater plants.

The most generally used chemicals as coagulant feeding along is usually not sufficient for proper coagulation. So acids, alkalies, activated silica and polyelectrolytes can be used as coagulant aids.

Synthetic polyelectolytes are widely used as coagulant - aid in water treatment plants. Since, some of these polymers may have long - term effects on human health, natural organic polymers such as starch have been recently porposed to be substituted the synthetic materials in many countries.

Advantages of these natural polyelectrolytes include biodegrability and safety to human health. So in regards to the health concept they offer attractive characteristics as an alternative to synthetic polymers.

In this research the use of wheat starch as a natural organic coagulant - aid instead of synthetic polymers in turbidity removal, in the presence of alum and ferric chloride (as coagulants) and its effectiveness in coagulation process, were studied.

The effectiveneness of numerous parameters such as starch, alum and ferric chloride dosages at low, medium and high turbidity ranges were studied in order to attain the research objectives.

The most important results obtained from the experimental work in this study are as follows:

1- Wheat starch showed excellent efficiency in turbidity removal: use of ferric chloride (20 mg/l) with wheat starch (10 mg/l) for high turbidity samples (130 - 140 NTU) and medium turbidity samples (80 NTU) has reduced trubidity by about 96% and 95%, respectively. Also the turbidity removal efficiency through the application of ferric chloride (5 mg/l) with wheat starch (1-4 mg/l) for low turbidity samples (25-30 NTU), was 92%.

2- Alum and ferric chloride dosages decreased considerably, by the application of starch: use of wheat starch (1 mg/l) with turbidity of 30 NTU reduced ferric chloride dosage up to 80%. So, the application of wheat starch, regarding to economical feasibility, has significant advantages.

بررسی کارایی نشاسته گندم در تصفیه آب

نسرین گودرزی* سیمین ناصری**

چکیده

فرایند انعقاد شیمیایی در تصفیه‌خانه‌ها یکی از مراحل مهم جهت حذف یا کاهش کدورت می‌باشد. رایج‌ترین موادی که در این فرایند به‌کار برده می‌شوند نمکهای آهن و آلومینیوم هستند. به عنوان مواد کمک منعقدکننده نیز می‌توان از اسیدها و بازها، سیلیس فعال، پلی‌الکترولیت‌ها و برخی از انواع خاکها استفاده نمود. با وجود کارآیی مطلوب پلی‌الکترولیت‌ها در این فرایند، به علت اثرات زیان‌آوری که این پلیمرها و یا منومرهای آنها در درازمدت بر سلامتی انسان می‌گذارند، در سالهای اخیر گرایش بیشتری به استفاده از پلیمرهای آلی طبیعی به جای مواد مصنوعی رواج یافته است. این گونه منعقدکننده‌ها قابل تجزیه بیولوژیکی هستند و باقیمانده آنها در آب، عوارضی را در بدن مصرف‌کننده ایجاد نمی‌کند. بنابراین از نظر بهداشتی بر پلیمرهای مصنوعی ارجحیت دارند.

در این پژوهش استفاده از نشاسته گندم به عنوان یک کمک منعقدکننده آلی طبیعی به جای پلیمرهای مصنوعی در رفع کدورت آب همراه با منعقدکننده‌هایی چون آلوم و کلریدفریک مورد مطالعه قرار گرفته است. به منظور تطبیق آزمایشها با شرایط طبیعی، ضمن تهیه نمونه‌های سینتتیک، آب رودخانه جاجرود مورد آنالیز قرار گرفته شده است. به این ترتیب نتایج آزمایشها واقعی‌تر و کاربردی‌تر می‌باشد.

در تکمیل مطالعات مذکور تأثیر عوامل مختلفی مانند غلظت نشاسته گندم، غلظت آلوم و غلظت کلریدفریک در کدورت‌های بالا، متوسط و پایین مورد بررسی قرار گرفته است.

نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که نشاسته گندم در حذف کدورت آب از کارآیی بالایی برخوردار می‌باشد. بطوری که در کدورت بالا (NTU ۱۴۵ - ۱۳۰) و متوسط (NTU ۸۰) با مصرف ۲۰mg/l و ۱۰mg/l نشاسته گندم به ترتیب ۹۶٪ و ۹۵٪ حذف کدورت حاصل شد. همچنین در کدورت پایین NTU ۳۰ - ۲۵ با مصرف ۵mg/l کلریدفریک و ۴mg/l-۱ نشاسته گندم، حذف کدورت برابر ۹۲٪ بوده است.

به علاوه با استفاده از نشاسته گندم می‌توان میزان مصرف مواد منعقدکننده مانند سولفات آلومینیوم و کلریدفریک را تا حد قابل ملاحظه‌ای کاهش داد. برای مثال در کدورت NTU ۳۰ با مصرف ۱mg/l نشاسته گندم ۸۰٪ کاهش مصرف کلریدفریک حاصل گردید که امکان صرفه‌جویی اقتصادی را فراهم می‌سازد.

* استادیار دانشگاه علوم پزشکی تهران - مجتمع آموزش عالی ابوریحان

** دانشیار دانشکده بهداشت - دانشگاه علوم پزشکی تهران

مقدمه

انعقاد یک فرایند فیزیکوشیمیایی به منظور حذف کدورت آب می‌باشد. آبهای سطحی دارای انواع ناخالصی‌های معلق هستند که باعث کدورت و یا ایجاد رنگ می‌شوند. کدورت معمولاً ناشی از ذرات رس کلوئیدی حاصل از فرسایش خاک در حوزه آبریز رودخانه‌ها می‌باشد. رنگ در اثر حضور شکلهای کلوئیدی آهن و منگنز و یا به دلیل وجود ترکیبات آلی حاصل از تجزیه گیاهان حاصل می‌گردد.

از جمله مواد مورد استفاده در عمل انعقاد و لخته‌سازی پلیمرهای طبیعی و مصنوعی هستند. پلیمرهای مصنوعی به دلیل کارآیی بالا به عنوان منعقدکننده و کمک منعقدکننده کاربرد گسترده‌ای یافته‌اند. اما با وجود مزیت‌هایی که نسبت به پلیمرهای آلی طبیعی دارند به دلیل اثرات سوء آنها بر سلامتی انسان استفاده از آنها در بسیاری از کشورها ممنوع شده است [۴، ۵، ۶]. بر این اساس، تحقیق حاضر بر مبنای مطالعه کاربرد نشاسته گندم به عنوان یکی از عوامل انعقاد طراحی شده است. این پژوهش به ویژه با توجه به واردات مواد کمک منعقدکننده از خارج از کشور و با در نظر گرفتن تولید کافی نشاسته در داخل و همچنین به دلیل فقدان مطالعات جامع در زمینهٔ حذف کدورت آب با نشاسته انجام شد. امید است که نتایج کاربردی آن در تصفیه‌خانه‌های کشور مورد استفاده قرار گیرد.

همان‌گونه که ذکر شد در واحد انعقاد در یک تصفیه‌خانه آب، از بعضی از پلیمرها به عنوان کمک منعقدکننده استفاده می‌شود [۷].

پلیمرها از تعدادی واحد کوچک یا منومر تشکیل شده‌اند. اگر این واحد کوچک گروههای قابل یونیزه شدن داشته باشد پلیمر را پلی‌الکترولیت می‌نامند. پلی‌الکترولیت‌های مصنوعی یا یک نوع منومر دارند و یا از ترکیب دو یا سه نوع منومر مختلف تشکیل شده‌اند. نمونه‌هایی از این مواد عبارت است از: پلی‌اکریل آمید[1]، پلی‌اکلریلیک اسید[2]، پلی دی آلیل دی متیل آمونیوم[3].

در فرایند انعقاد، مهمترین امتیاز و عملکرد پلی‌الکترولیت‌ها این است که باعث افزایش اندازه و سنگینی لخته‌ها می‌شوند. این امر خود باعث افزایش سرعت ته‌نشینی می‌شود.

آزمایش‌های اولیه نشان می‌دهد که ۵۰mg/l پلی‌الکترولیت در عرض ۲ دقیقه ۹۵٪ لخته‌ها را ته‌نشین می‌کند، در حالی که مصرف یک منعقدکننده به تنهایی (مانند آلوم)، فقط ۵۰٪ لخته‌ها را در همان مدت ته‌نشین می‌سازد [۷].

اما پلیمرهای مصنوعی با وجود مزایای زیاد بدون عیب نیستند و بررسی‌های انجام شده در این زمینه نشان می‌دهد که باید مطالعات بیشتری در مورد باقیمانده، محصولات فرعی و ناخالصی‌های احتمالی موجود در آنها انجام شود تا اثرات سوء آنها (به عنوان منعقدکننده‌های اولیه و یا کمک منعقدکننده) بر سلامتی انسان مشخص گردد.

یک نمونه از پلیمرهای آلی طبیعی نشاسته است که می‌تواند در تصفیه آب مورد استفاده قرارگیرد [۸، ۹].

نشاسته جزو دسته‌ای از مواد آلی به نام پلی‌ساخاریدها است. خود پلی‌ساخاریدها شاخه‌ای از کربوئیدرات‌ها هستند. نشاسته در دانه‌ها، ریشه‌ها و الیاف گیاهان به صورت ذخیره غذایی وجود دارد.

شکل و اندازه دانه‌های نشاسته بستگی به گیاهی دارد که از آن استخراج شده است [۱، ۱۰].

نشاسته در ایران به صورت پودر و یا گرانول تهیه می‌شود بیش از یک سوم نشاسته تولیدی به مصرف غذایی می‌رسد. اما تنوع مصرف فراوانی (حدود ۴۰ مورد) دارد.

اکثر دانه‌های نشاسته گندم گرد و دارای اندازه‌های مختلف است.

حداکثر اندازه دانه‌ها ۴۵ میکرون است و دانه‌های بزرگ اغلب بیضی شکل هستند [۲، ۳].

روش تحقیق

در این پژوهش از نشاسته گندم خوراکی ساخت کارخانه نشاسته‌سازی ایران استفاده شد. کلریدفریک ($FeCl_3, 5H_2O$)، سولفات آلومینیوم [$Al_2(SO_4)_3, 18H_2O$] و آهک (CaO)

1- Poly acrylamide 2- Polyacrylic Acid

3- Polydialyldimethylammonium

جدول ۱- درصد حذف کدورت با مصرف کلریدفریک به تنهایی و همراه با نشاسته گندم در کدورت بالا

شماره نمونه	میزان کلریدفریک	کدورت نهایی NTU		حذف کدورت (%)	
	mg/l	I	II	I	II
۱	۱۰	۱۴۵	۸	۸۸/۸	۹۳/۸
۲	۲۰	۱۴۵	۵	۸۸/۸	۹۶
۳	۳۰	۱۴	۴/۵	۸۹	۹۶/۵
۴	۳۵	۱۲۵	۴/۵	۹۰	۹۶/۵
۵	۴۰	۱۵	۷	۸۸/۵	۹۴/۶

حالت I: فقط کلریدفریک حالت II: کلرید فریک + نشاسته گندم ۱۰mg/l کدورت اولیه : ۱۳۰NTU

جدول ۲- درصد حذف کدورت با مصرف کلریدفریک به تنهایی و همراه با نشاسته گندم در کدورت متوسط

شماره نمونه	میزان کلریدفریک	کدورت نهایی NTU		حذف کدورت (%)	
	mg/l	I	II	I	II
۱	۲۰	۷	۳/۷	۹۱/۲۵	۹۵
۲	۲۵	۷	۴	۹۱/۲۵	۹۵
۳	۳۰	۱۰	۲۰	۸۷/۵	۷۵
۴	۳۵	۱۷	۱۳	۷۸/۷۵	۸۳/۷
۵	۴۰	۱۷	۱۳	۷۸/۷۵	۸۳/۷

حالت I: فقط کلریدفریک حالت II: کلرید فریک + نشاسته گندم ۱۰mg/l کدورت اولیه : ۸۰NTU

و سایر مواد مورد نیاز ساخت کارخانه مرک[1] آلمان بوده‌اند. هم‌چنین در این پژوهش دستگاه‌های زیر جهت آنالیز مورد استفاده قرار گرفتند:

- دستگاه کدورت سنج مدل 2100A ساخت کارخانهٔ هاک[2] (بر حسب واحد NTU)
- دستگاه pH متر ساخت شرکت کانسرت[3]
- دستگاه COD سنج همراه با شش بالن مخصوص COD، شش اجاق و شش مبرد.
- دستگاه جارتست[4] با شش ظرف مخصوص و همزن برقی ساخت انگلستان.

کلیه روش‌های آزمایش در این تحقیق بر اساس آخرین دستورالعمل استاندارد متد انجام شده است [۱۲].

در این بررسی ابتدا ۵ نمونه ۵۰۰میلی‌لیتری آب خام که کدورت آن قبلاً اندازه گیری شده بود انتخاب و در ظروف مخصوص آزمایش جار ریخته شد. سپس مواد منعقد کننده یک‌بار به تنهایی و یکبار همراه با نشاسته به عنوان کمک منعقد کننده اضافه شد و به مدت یک دقیقه با دور تند (۱۰۰ دور در دقیقه) و ۲۰ دقیقه با دور آهسته (۳۰دور در دقیقه) بهم زده شد و آنگاه به مدت ۱۰ دقیقه به آن فرصت ته‌نشینی داده شد. پس از آن کدورت اندازه گیری و با نمونه‌های اولیه مقایسه گردید.

1- Merck
2- Hach
3- Consort
4- Jar test

جدول ۳- درصد حذف کدورت با مصرف کلریدفریک همراه با نشاسته گندم در کدورت پایین

شماره نمونه	I		II		I		II	
	میزان کلریدفریک mg/l	میزان نشاسته mg/l	میزان کلریدفریک mg/l	میزان نشاسته mg/l	کدورت نهایی NTU		حذف کدورت (%)	
۱	۵	۱	۱	۱	۲/۴	۱۰	۹۴	۶۰
۲	۵	۲	۲	۲	۲/۸	۹/۵	۹۰/۶	۶۲
۳	۵	۳	۳	۳	۲/۹	۶/۵	۹۰	۷/۴
۴	۵	۴	۴	۴	۲/۵	۶/۵	۹۱/۷	۷۴
۵	۵	۵	۵	۵	۲/۴	۴	۹۲	۸۴

حالت I: کدورت اولیه ۳۰NTU حالت II: کدورت اولیه ۲۵NTU

جدول ۴- درصد حذف کدورت با مصرف آلوم و نشاسته گندم در کدورت بالا

شماره نمونه	آلوم mg/l	کدورت نهایی NTU	حذف کدورت (%)
۱	۶	۱۰	۹۳
۲	۸	۷	۹۵
۳	۱۰	۷	۹۵
۴	۱۲	۵	۹۶/۵
۵	۱۴	۳	۹۷/۹

کدورت اولیه : ۱۴۵NTU نشاسته گندم : ۳۰mg/l
آهک : ۱۶mg/l

نمونه‌های آب خام در کدورت پایین (NTU ۴۰>)، متوسط (NTU ۱۰۰-۴۰) و بالا (NTU ۲۰۰-۱۰۰) مورد آزمایش قرار گرفتند.

ذکر این نکته ضروری است که کدورت مورد نیاز از طریق اختلاط گل و لای نقاط مختلف بستر رودخانه جاجرود در آب، تأمین شده است.

نتایج و بحث

در جداول ۱، ۲ و ۳ به ترتیب درصد حذف کدورت به هنگام مصرف کلریدفریک به تنهایی و همراه با نشاسته گندم در مقادیر مختلف و در کدورتهای بالا، متوسط و پایین نشان داده شده است. جداول ۴، ۵ و ۶ نیز درصد حذف کدورت را با مصرف آلوم به تنهایی و همراه با نشاسته گندم در مقادیر مختلف و در کدورت‌های بالا، متوسط و پایین نشان می‌دهند.

مطالعه این جداول نشان می‌دهد که با مصرف کلریدفریک و آلوم به تنهایی کدورت به حد مطلوب استاندارد (۵NTU) نمی‌رسد در حالی که:

۱- در کدورت بالا (۱۳۰NTU، جدول ۱) با مصرف ۲۰mg/l کلریدفریک و ۱۰mg/l نشاسته گندم، کدورت نهایی آب تا حد قابل قبول استاندارد (۵NTU) کاهش یافته و درصد حذف کدورت ۹۶٪ می‌باشد.

جدول ۵- درصد حذف کدورت با مصرف آلوم به تنهایی و همراه با نشاسته گندم در کدورت متوسط

شماره نمونه	I	II		I	II	I	II
	میزان آلوم mg/l	میزان آلوم mg/l	میزان نشاسته mg/l	کدورت نهایی NTU		حذف کدورت (%)	
۱	۴	۴	۱	۴۰	۲۲	۴۶/۶	۷۰/۶
۲	۶	۶	۲	۴۰	۱۷	۴۶/۶	۷۷
۳	۸	۸	۳	۳۸	۱۲	۴۹	۸۴
۴	۱۰	۱۰	۴	۳۸	۵	۴۹	۹۳
۵	۱۲	۱۲	۵	۳۸	۵	۴۹	۹۳

حالت I: آلوم به تنهایی — حالت II: آلوم + نشاسته گندم

کدورت اولیه: ۷۵NTU — آهک: ۸mg/l

جدول ۶- درصد حذف کدورت با مصرف آلوم به تنهایی و همراه با نشاسته گندم در کدورت پایین

شماره نمونه	I	II		I	II	I	II
	میزان آلوم mg/l	میزان آلوم mg/l	میزان نشاسته mg/l	کدورت نهایی NTU		حذف کدورت (%)	
۱	۶	۶	۲	۲۰	۶	۳۳	۸۰
۲	۸	۸	۳	۱۸	۶	۴۰	۸۰
۳	۱۰	۱۰	۴	۱۷	۵	۴۳	۸۳
۴	۱۲	۱۲	۵	۱۷	۵	۴۳	۸۳
۵	۱۵	۱۵	۶	۱۵	۵	۵۰	۸۳

حالت I: آلوم به تنهایی — حالت II: آلوم + نشاسته گندم

کدورت اولیه: ۳۰NTU — آهک: ۶mg/l

جدول ۷- مقادیر COD سنجش شده در نمونه‌های آب

نوع آب	مقدار COD بر حسب mg/l
۱- نمونه آب باکدورت ۱۵۰NTU	۲۶/۴
۲- نمونه آب باکدورت ۱۵۰ NTU تصفیه شده با آلوم و نشاسته به مقدار ۵ میلی‌گرم در لیتر	صفر
۳- نمونه آب باکدورت ۱۵۰ NTU تصفیه شده باکلریدفریک و نشاسته به مقدار ۵ میلی‌گرم در لیتر	صفر
۴- آب مقطر و نشاسته به مقدار ۵ میلی‌گرم در لیتر	۵/۲
۵- شبکه آب مصرفی	صفر

۲- در کدورت متوسط (۸۰NTU، جدول ۲) با مصرف ۲۰mg/l کلریدفریک و ۱۰mg/l نشاسته گندم، کدورت به حد استاندارد رسیده و درصد حذف کدورت ۹۲٪ می‌باشد.

۳- در کدورت پایین (۳۰NTU، جدول ۳) با مصرف ۵mg/l کلریدفریک و ۱-۴mg/l نشاسته گندم، درصد حذف کدورت برابر ۹۵٪ می‌باشد.

۴- در کدورت بالا (۱۴۵NTU، جدول ۴) با مصرف ۱۲mg/l آلوم و ۲۰mg/l نشاسته گندم، درصد حذف کدورت به ۹۶/۵٪ می‌رسد.

۵- در کدورت متوسط (۸۰NTU، جدول ۵) با مصرف ۶mg/l آلوم و ۲۰mg/l نشاسته گندم، درصد حذف کدورت برابر ۹۳/۷۵٪ می‌باشد.

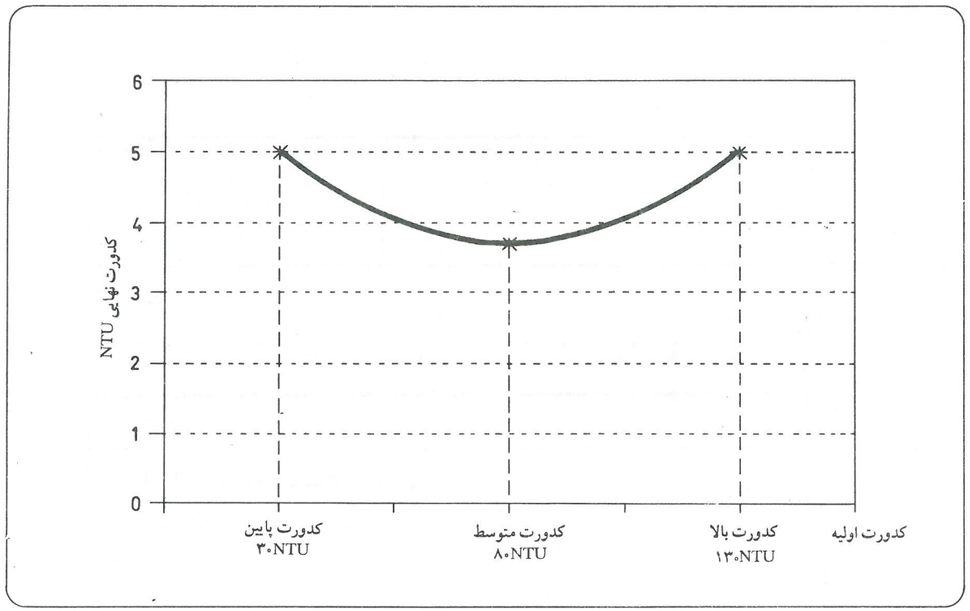
۶- در کدورت پایین (۳۰NTU، جدول ۶) با مصرف ۱۰mg/l آلوم و ۴mg/l نشاسته گندم، درصد حذف کدورت برابر ۸۳٪ می‌باشد.

۷- نتایج به دست آمده از آزمایش COD که در جدول ۷ ارائه شده است، نشان می‌دهد که هیچ‌گونه باقی‌مانده نشاسته در آب تصفیه شده وجود نداشته و کاربرد نشاسته تأثیری در رنگ و بوی آب ندارد.

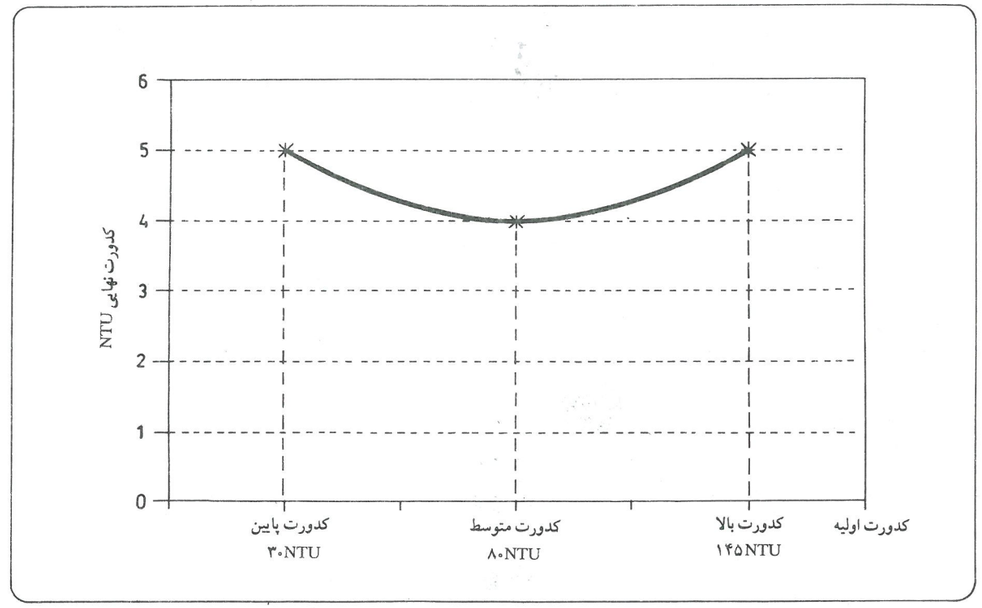
در نمودارهای ۱ و ۲ به ترتیب کدورت بهینه با مصرف کلریدفریک و آلوم به همراه نشاسته گندم (در مقادیر بهینه) نشان داده شده است. این نمودارها نشان می‌دهند که کدورت بهینه آب برای عملکرد نشاسته گندم، در حد متوسط می‌باشد.

در نمودارهای ۳ و ۴ نیز به ترتیب رابطه بین کدورت باقیمانده باکلریدفریک به همراه نشاسته گندم و آلوم با نشاسته گندم مشخص شده است. این نمودارها نشان می‌دهند که :

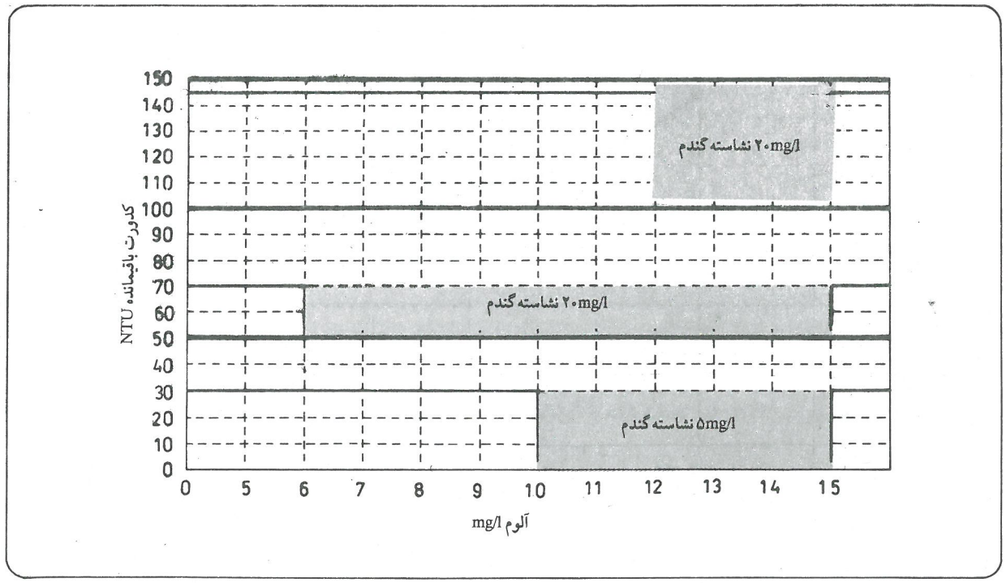
۱- در کدورت پایین با مصرف ۲۵mg/l-۵ کلریدفریک و ۴mg/l نشاسته گندم، عمل لخته‌سازی انجام می‌شود و با مصرف کمتر از ۵mg/l و بیشتر از ۲۵mg/l کلریدفریک، حذف کدورت به صورت مطلوب انجام نمی‌گیرد (نمودار ۳).



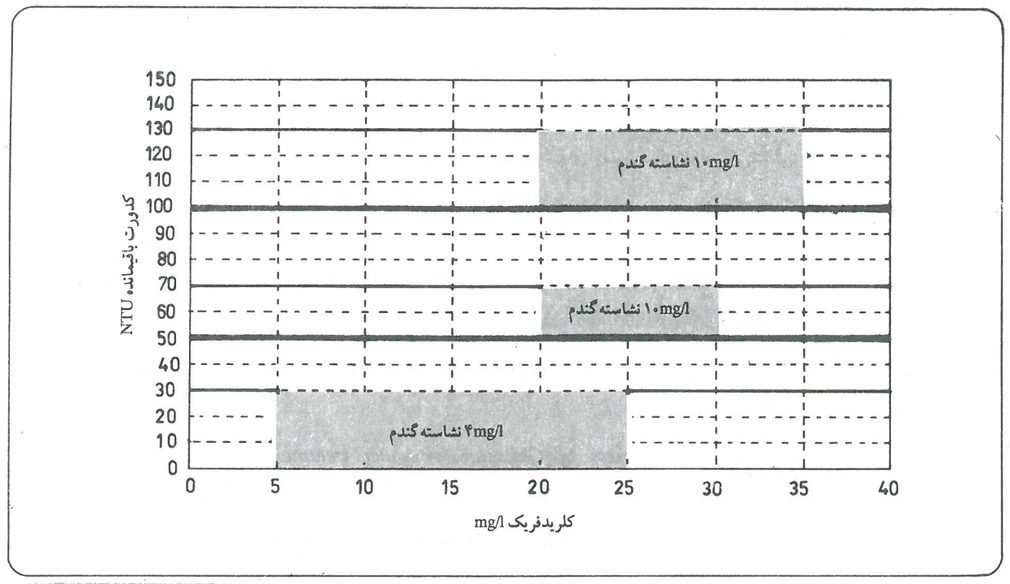
نمودار ۱- کدورت بهینه با مصرف کلریدفریک و نشاسته گندم (مقادیر بهینه)



نمودار ۲-کدورت بهینه با مصرف آلوم و نشاسته گندم (مقادیر بهینه)



نمودار ۳- رابطه بین کدورت باقی‌مانده با ماده منعقدکننده (آلوم و نشاسته گندم)



نمودار ۴- رابطه بین کدورت باقی‌مانده با ماده منعقدکننده (کلریدفریک و نشاسته گندم)

۲- در کدورت متوسط حذف کدورت با مصرف ۳۰-۲۰mg/l کلریدفریک و ۱۰mg/l نشاسته گندم به صورت مطلوب می‌باشد (نمودار ۳).

۳- در کدورت پایین حذف کدورت با مصرف ۳۵-۲۰mg/l کلریدفریک و ۱۰mg/l نشاسته گندم به صورت مطلوب امکان‌پذیر می‌باشد (نمودار ۳).

۴- در کدورت پایین با مصرف ۱۵-۱۰mg/l آلوم به همراه ۵mg/l نشاسته گندم، عمل انعقاد در شرایط مطلوب انجام می‌گیرد (نمودار ۴).

۵- در کدورت متوسط با مصرف ۱۵-۶mg/l آلوم به همراه ۲۰mg/l نشاسته گندم عمل انعقاد به طور مطلوب انجام می‌گیرد (نمودار ۴).

۶- در کدورت بالا با مصرف ۱۵-۱۲mg/l آلوم به همراه ۲۰mg/l نشاسته گندم عمل انعقاد و در نتیجه کاهش کدورت به طور مطلوب انجام می‌گیرد (نمودار ۴).

نتیجه گیری

بر اساس نتایج حاصله از این پژوهش و نظر به این که در حال حاضر پلی‌الکترولیت‌های مصنوعی مورد نیاز تصفیه‌خانه‌های کشور به مقدار قابل ملاحظه‌ای از خارج وارد می‌شوند در حالی که در کشور ما نشاسته به مقدار کافی تولید می‌گردد، کاربرد نشاسته به عنوان ماده طبیعی در تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب کشور می‌تواند از نظر حذف کدورت و مطلوبیت اقتصادی ارزشمند و مناسب باشد. اما توصیه می‌گردد که با توجه به تفاوت‌های قابل ملاحظه محلی، اقلیمی و اقتصادی در مناطق مختلف کشور قبل از مصرف نشاسته در هر تصفیه‌خانه به صورت موردی در زمینهٔ آب خام مورد استفاده و چگونگی تأثیر نشاسته بر آن اطلاعات بیشتری از طریق آزمایشها حاصل گردد.

منابع و مراجع

۱- قاضی جهانی، ب.، شیریان، م. و موید، ح.، بیوشیمی هارپر، جلد اول، دانشگاه علوم پزشکی تهران، مرکز نشر انتشارات.

۲- مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، نشاسته خوراکی، شماره استاندارد ۳۸۱، اسفندماه ۱۳۷۱.

۳- مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ویژگیها و روشهای آزمون میکروبیولوژیکی نشاسته، شماره استاندارد ۲۸۴۳، مردادماه ۱۳۷۳.

4- Letterman, R.D., and Pero, R.W., (1990). " *Contaminant in polyelectrolytes used in water treatment* ", J. AWWA, Nov.

5- Kawamura, S., (1991). " *Effectiveness of natural polyelectrolytes in water treatment* ", J. AWWA, Vol. 83, No. 10, pp. 88.

6- Kawamura, S., (1995). " *Effectiventess of Chitosan for water treatment* ", Penerbit University Kebangsaan Malaysia, Bangi.

7- AWWA, (1991). " *Water Quality and Treatment, A Handbook of Pubic Water Supplies* ", 3rd Ed., McGraw - Hill Book Company.

8- Perrin, R., and Scharf, J.P., (1993). " *Chimie industrielle (2),* " Masson, pp. 1027.

9- Monod, J., and Brault, J.L., (1991). " *Water Treatment Handbook* ", 6th Ed., Degremont, Vol. l. Chap 3.

10- Marison, R.T., and Boyd, R.N., (1997). " *Organic Chemistry* ", 3rd Ed., Allyn and Bacon Inc., Boston.

11- Roy, L.W., James. N.B., and Eugene, F.P., (1984). " *Starch Chemistry and Technology* ", 3rd Ed, Academic Press Inc.

12- APHA, AWWA, WEF, (1992). " *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* " 18th Ed.