

## امکان سنجی کاربرد جوهر بلوط در حذف فلزات سنگین از فاضلاب صنایع آبکاری

دکتر محمدرضا مسعودی نژاد\*، دکتر منصور رضازاده آذری\*

\* دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دانشکده بهداشت

### چکیده

**هدف:** تانن از مهمترین مواد موجود در میوه درختان بلوط محسوب می شود که در صنایعی نظیر داروسازی، جوهرسازی، چرم سازی، حفاری چاههای نفت، روکش چوب و ساخت چسب چوب کاربرد دارد. در راستای شناخت میزان تانن درخت بلوط و معرفی مناسبترین شیوه استخراج، در سال ۱۳۷۹ ده گونه مهم و فراوان بلوط که از مناطق مختلف کشور جمع آوری شده بود، مورد مطالعه قرار گرفتند، به طوری که نمونه هر گونه از سه منطقه مختلف جمع آوری و روی میوه نیمکوب شده از هر سری نمونه برداری، ۵ بار عصاره گیری و نتایج از طریق آزمون صحت و دقت تجزیه و تحلیل شد. نتایج به دست آمده نشان می دهد که حداکثر و حداقل میانگین تانن معادل ۹/۷ و ۳/۲ درصد، به ترتیب به گونه های Q.brantii (Belangri) و Q.macrantera متعلق دارد. عصاره تانن دار به همراه دو ماده کنترل کننده PH یعنی هیدروکسید کلسیم و سدیم با فاضلاب خام واحدهای مختلف از صنایع آبکاری تماس داده شد و توسط مدل آماری آنالیز واریانس دو عامله با یک تکرار در هر خانه موسوم به آزمون توکی تجزیه و تحلیل شد. نتایج نشان می دهد که بازده حذف روی، مس، نیکل و کروم بدون در نظر گرفتن غلظت اولیه فلز به ترتیب ۹۱ تا ۹۵ درصد، ۷۱ تا ۸۳/۵ درصد، ۵۹ تا ۹۰ درصد و ۸۴ تا ۸۵ درصد است. همچنین با توجه به بررسی روشهای مختلف و مقایسه درصد حذف فلزات در آنها چنین نتیجه گیری می شود که بازده حذف از طریق به کارگیری ۵۰ میلی گرم در لیتر هیدروکسید کلسیم همراه با ۵۰ میلی گرم در لیتر عصاره تانن دار با میانگین ۸۲/۳ درصد در مورد کلیه فلزات تأثیرات بیشتری داشته است. استفاده از ۵۰ میلی گرم در لیتر هیدروکسید سدیم همراه با ۵۰ میلی گرم بر لیتر عصاره تانن دار با میانگین ۷۷/۸ درصد در مقام دوم اهمیت و استفاده از ۵۰ میلی گرم در لیتر عصاره تانن دار بدون استفاده از کنترل کننده های PH با میانگین ۷۴ درصد در مقام سوم و سرانجام استفاده از ۵۰ میلی گرم بر لیتر هیدروکسید کلسیم بدون استفاده از عصاره تانن دار با میانگین ۵۳/۲ درصد در مقام چهارم اهمیت در حذف فلزات سنگین از فاضلاب صنایع آبکاری قرار می گیرد.

**واژگان کلیدی:** درخت بلوط، صنایع آبکاری، تصفیه فاضلاب، فلزات سنگین

### مقدمه

شواهدی در دست است که جوهر بلوط می تواند نقش یک عامل راسب دهنده را در به خودگیری و حذف فلزات سنگین زائد از خود نشان دهد؛ به گونه ای که در زمانهای گذشته از پوست بلوط به دلیل دارا بودن تانن برای درمان مسمومیت های فلزی و خونریزیها در پزشکی، تولید رنگهای آبی و سبز و با املاح آهن، تولید جوهر آبی و مشکی، همچنین در دباغی ها به منظور افزایش خاصیت کشسانی در چرم و... مورد استفاده قرار می گرفته است [۲]. با وجودی که بخشهای وسیعی از جنگلهای شمالی و حاشیه زاگرس غربی به جنگلهای بلوط اختصاص دارد، ولی به علت عدم بهره برداری صحیح، چرای مفرط دام،

یکی از مشکلات عمده در تخلیه پسابهای صنعتی مخصوصاً صنایع آبکاری، وجود ترکیبات شیمیایی پیچیده و فلزات سنگین است که در مقادیر کم، آثار سوء بسیار شدیدی در اکوسیستم های حیاتی دارند و از راههای مختلف، وارد زنجیره غذایی انسان می شوند. برای حذف این آلاینده ها از روشهای متعددی استفاده می شود که اکثراً پرهزینه بوده و با تهیه مواد شیمیایی خاص در جهت ایجاد تغییر در PH فاضلاب و استفاده از انواع کمپلکس کننده ها به منظور واکنش با فلزات سنگین و ترسیب آنان بکار گرفته می شود [۱].

پروآنتوسیانیدین<sup>۴</sup> نیز گفته می‌شود (اسید تانیک جزء این گروه قرار می‌گیرد) تقسیم کرد. (علت این نامگذاری به کار بردن پروآنتوسیانیدین برای شکستن پیوندهای کربن - کربن توسط اسید گرم است) [۷].

آفت‌زدگی، استفاده نامعقول به عنوان عامل مولد سوخت و انرژی و بالاخره عدم بهره‌برداری اقتصادی، این جنگلها شدت در معرض تخریب و ویرانی قرار گرفته اند [۳].

هر ساله هزاران تن میوه بلوط تولید شده در زیر این درختان پوسیده و فاسد می‌شود و بجز مصارف بسیار محدود خوراک دام و استفاده در داروهای سنتی، کاربرد دیگری ندارد. پس اگر کاربرد اقتصادی و مناسبی برای میوه این درختان معرفی شود، ضمن ایجاد بازار کار مناسب برای اهالی روستانشین حاشیه غربی زاگرس و مناطق شمالی البرز (تحصیل درآمد ناشی از جمع‌آوری و فروش میوه این درختان) انگیزه مضاعفی در جهت حفاظت از بلوطزارهای کشور پیدا خواهد شد [۴].

مهمترین ترکیبات ساختاری در جوهر بلوط، اسیدگالیک و اسید تانیک یا تانن است. تانن‌ها ترکیبات بسیار پیچیده‌ای هستند که جدا کردن آن‌ها بسیار مشکل و غیرقابل قبول است. تشکیل تانن‌های پیچیده معمولاً از پلیمریزه شدن پلی فنل‌های ساده حاصل می‌شود. همچنین هیدرولیز تانن‌ها فنل‌های ساده پلی هیدریک نظیر پیروگالول، کاتشول یا اسید الاژیک تولید می‌کند [۵].

شکل ۲ - ساختمان مولکولی تاننهای قابل هیدرولیز و کندانسه [۸]

بیوسنتز اسید گالیک: اسید گالیک یکی از مواد حاصل از تانن‌های قابل هیدرولیز است و به دو طریق تولید می‌شود. الف - تولید اسیدگالیک از اسید شیمیکی: در این روش اسید شیمیکی طی مجموعه واکنشهای بیوسنتزی در گیاهان عالی به اسید گالیک تبدیل می‌شود [۶].

شکل ۱ - هیدرولیز تانن و تبدیل آن به فنل‌های ساده [۶]

علت تشکیل رنگ آبی، در اثر مجاورت املاح آهن با سه عامل هیدروکسیل مجاور یکدیگر در پیروگالول و تشکیل رنگ سبز در اثر مجاورت املاح با این دو عامل هیدروکسیل در کاتشول است. بنابراین برای سهولت در تقسیم‌بندی تانن، می‌توان گروهی از تانن‌ها را که قابلیت هیدرولیز دارند، به تانن قابل هیدرولیز<sup>۱</sup> مانند اسیدگالیک یا اسید هگزاهیدروکسی دی فنیک<sup>۲</sup> و گروه دوم را به تانن غیرقابل هیدرولیز یا تانن کندانسه<sup>۳</sup> که به آن

1. Hydrolyzable tannins
2. Hexahydroxy diphenic acid
3. condensed tannins
4. Proanthocyanidin

### مواد و روشها

از میان ۲۳ گونه و زیرگونه بلوط که در مناطق مختلف ایران می‌رویند، ۱۰ گونه و زیرگونه که از نظر پراکنش سطح وسیعتری از جنگلها را پوشش می‌دهد، انتخاب و طی سفری به ۱۲ استان کشور به مدت ۳/۵ ماه کلیه نمونه‌های لازم، جمع‌آوری شد. میوه بلوط پس از انتقال به آزمایشگاه روی سینی‌های فلزی سوراخ‌دار قرار گرفت و در سایه خشک شد. پس از خشک شدن اولیه، مقدار مشخصی از میوه‌گونه‌های مختلف با ترازوی دقیق وزن شد، سپس با دستگاه فور و در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد به مدت یک ساعت کاملاً خشک گردید. میزان رطوبت هر نمونه اندازه‌گیری شد [۱۱].

از میان روشهای متداول در عصاره‌گیری از گیاهان، روش خیساندن<sup>۱</sup> انتخاب و به شرح زیر انجام شد:

۱۰ گرم میوه بلوط نیمکوب شده را پس از توزین در داخل ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری که حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر است، ریخته و مدت ۲۴ ساعت به حال خود قرار داده شد. آن‌گاه نمونه‌ها را روی بن‌ماری به مدت ۲ ساعت گرم کرده و عمل صاف کردن روی آن انجام شد. تفاله مانده روی صافی کاغذی را دوباره با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت تماس داده و مراحل صاف کردن و شستشوی فیلتر، تکرار شده حجم نهایی به ۲۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد [۱۲].

جهت اندازه‌گیری درصد تانن میوه‌گونه‌های مختلف بلوط ایران، روشهای مختلفی از جمله روش رسوب هموگلوبین خون [۱۳]، کلیمتری [۱۴]، هضم اسید وانیلین [۱۵] و روش لوئین شال [۱۶] مورد بررسی قرار گرفته، با توجه به امکانات موجود و دقت آزمایش، روش لوئین شال انتخاب شد. حال به کمک فرمول زیر، میزان کل مواد قابل احیا و کل مواد قابل احیا بجز تانن را محاسبه کردیم. چنانچه نتایج به دست آمده از هم کم شود، تانن موجود در نمونه به دست خواهد آمد. نتایج درصد میزان تانن موجود در گونه‌های مختلف بلوط ایران در جدول شماره ۱ خلاصه شده است [۱۶].

#### شکل ۳- بیوستنز اسید گالیک از طریق شی کیمیک اسید [۹]

ب- تولید اسید گالیک از فنیل آمین: در این روش به کمک بتا اکسیداسیون، انواع ترکیبات فنیل پروپانوئید مانند فنیل آلانین و یک سری واکنشهای زنجیره‌ای، اسید گالیک تولید می‌شود [۹].

#### شکل ۴- بیوستنز اسید گالیک از طریق فنیل آلانین [۹]

بیوستنز اسید تانیک: کاتشین که یک مشتق ۳-هیدروکسی فلارون است آن را یکی از مواد اولیه تانن‌های کندانسه می‌دانند و در اثر ترکیب استات و اسید شی کیمیک (فنیل پروپانوئید) تولید می‌شود. این روش بیوستنزی در مورد تمام مواد فلاونوئیدی محقق است.

شکل ۵- برخی از پلی‌فنل‌هایی که در ساختمان تانن‌کندانسه به کار می‌روند [۱۰].

دقیقه از یک اینچی زیر سطح نمونه به کمک پیست جهت آزمایش کدورت، PH و تعیین مقدار فلز باقیمانده نمونه برداری و بهترین شرایط PH و کدورت برای هر آزمایش ارزیابی می‌شود [۱۹].

دستگاه کدورت سنج مورد استفاده به نام HACH مدل 2001 A و مقادیر اندازه‌گیری شده برحسب NTU<sup>۳</sup> بود. همچنین دستگاه PH متر به نام Beckman مدل 310 برای اندازه‌گیری PH و دستگاه جذب اتمی Oriental Instruments مدل ANA 180 به کار گرفته شد.

برای کلیه فلزات ۴ مرحله آزمایش به شرح زیر انتخاب شد، در مرحله اول ۵۰ میلی‌گرم در لیتر عصاره تانن‌دار به علاوه ۵۰ میلی‌گرم در لیتر هیدروکسید کلسیم، در مرحله دوم ۵۰ میلی‌گرم در لیتر عصاره تانن‌دار به علاوه ۵۰ میلی‌گرم در لیتر هیدروکسید سدیم، در مرحله سوم ۵۰ میلی‌گرم عصاره تانن به تنهایی و در مرحله چهارم ۵۰ میلی‌گرم هیدروکسید کلسیم به تنهایی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج آزمایشات فوق در جدول ۲ تا ۴ خلاصه شده است.

#### بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به مجموع اطلاعات جمع‌آوری شده و مقایسه آن‌ها با مدل‌های آماری مشخص شد که آنالیز واریانس دو عامله با یک تکرار در هر خانه، قابلیت تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده را دارد [۲۱]. در این آزمون اگر در هر خانه از آزمایش عاملی مانند  $p \times q$  فقط یک مشاهده وجود داشته باشد، نمی‌توان هیچ تغییری را درون خانه‌ای مشاهده کرد. بنابراین هیچ برآورد مستقیمی از خطای آزمایش نخواهیم داشت. از بین مدل‌های دیگر، می‌توان دو مدل زیر را به عنوان زیر بنای داده‌های مشاهده شده پذیرفت.

$$1. X_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

$$2. X_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} + \alpha\beta_{ij}$$

در فرمول ۱ هیچ‌گونه اثر متقابل را پذیرا نشده‌ایم، بنابراین، تمام منابع تغییر بجز اثرات اصلی به عنوان قسمتی از خطای آزمایش به حساب می‌آیند. در فرمول ۲ یک جمله اثر متقابل پذیرفته شده است. انتخاب مقیاس

$$(V_1 - V_0) * P / 1000 * 250 / 10 * 100 / M * 100 / D$$

درصد تانن خالص = کل مواد قابل‌احیا غیر از تانن - کل مواد قابل‌احیا توسط پرمنگنات  
 $(V_1 - V_0)$  = اختلاف حجم مصرفی پرمنگنات برای نمونه اصلی و شاهد

$P$  = مقدار وزنی پرمنگنات برحسب میلی‌گرم در میلی‌لیتر آب مقطر

$M$  = مقدار وزنی نمونه مورد استفاده در عصاره‌گیری بر حسب گرم

$D$  = مقدار ماده خشک نمونه

با توجه به نتایج به دست آمده از جدول شماره ۱ ردیف‌های ۱ و ۵ مربوط به گونه Quercus Brantii Sub Belangri که از مناطق اورامان جمع‌آوری شده بود، بیشترین مقدار تانن (حدود ۹/۷ درصد) را شامل می‌شد. لذا در کلیه مراحل آزمایشات بعدی از عصاره بلوط نواحی فوق استفاده شد. در این مرحله با توجه به بررسی‌های انجام شده در رابطه با صنعت آبکاری، عمده‌ترین فلزاتی که در پساب خروجی این صنایع قابل اندازه‌گیری بود کروم، نیکل، مس و روی بودند [۱۷]. بر همین اساس، تعداد ۸ واحد آبکاری که اختصاصاً دارای آبکاری‌های فوق بودند، انتخاب و طبق روش استاندارد از پساب خروجی آنها نمونه برداری به عمل آمد [۱۸]. نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه طبق روش استاندارد آماده‌سازی شده و به وسیله دستگاه جذب اتمی<sup>۱</sup> غلظت اولیه فلزات تعیین شد و سپس به وسیله دستگاه جار آزمایش و تحت فرآیند اختلاط، انعقاد و ته‌نشینی، میزان حذف فلزات ارزیابی شد [۱۹].

در این آزمایش از ۶ بشر ۱/۵ لیتری یکنواخت با یک لیتر نمونه استفاده شد و با آزمایشات متعدد مشخص شد که بهترین غلظت جهت تشکیل فلوک<sup>۲</sup> و ته‌نشینی مطلوب طبق زمان استاندارد با ۵۰ میلی‌گرم در لیتر هیدروکسید کلسیم و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر عصاره جوهر بلوط قابل دستیابی است [۲۰]. در مرحله اول (اختلاط سریع) نمونه‌ها به مدت ۱ تا ۲ دقیقه و با سرعت ۸۰ تا ۱۲۰ دور در دقیقه کاملاً مخلوط می‌شود. سپس در مرحله اختلاط کند، نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه و با سرعت ۲۰ دور در دقیقه به منظور افزایش حجم فلوک‌های تشکیل شده مخلوط می‌شود. در مرحله ته‌نشینی، پس از گذشت ۱۵

1. Atomic Absorption Spectrometry

2. Flocc

3. NTU=Nephelometric Turbidity Unit

آزمایش اولیه به دست آورد. جدول ۵ بررسی روند حذف فلزات مختلف بر حسب درصدی از فاضلاب خام صنایع آبکاری واحدهای شماره ۱ تا ۸ در سال ۱۳۷۹ را نشان می دهد. همان گونه که از نتایج جدول مشخص می شود، بازده حذف روی از فاضلاب خام بدون در نظر گرفتن غلظت اولیه روی بین ۹۱ تا ۹۵ درصد، بازده حذف مس از فاضلاب خام بدون در نظر گرفتن غلظت اولیه مس بین ۷۱ تا ۸۳/۵ درصد، بازده حذف نیکل از فاضلاب خام بدون در نظر گرفتن غلظت اولیه نیکل بین ۵۹ تا ۹۰ درصد، بازده حذف کروم از فاضلاب خام بدون در نظر گرفتن غلظت اولیه کروم بین ۸۴ تا ۸۵ درصد است. همچنین با توجه به بررسی روشهای مختلف و مقایسه درصد حذف فلزات در آنها چنین نتیجه گیری می شود که بازده حذف از طریق بکارگیری ۵۰ میلی گرم بر لیتر هیدروکسید کلسیم همراه با ۵۰ میلی گرم بر لیتر عصاره تانن دار با میانگین ۸۲/۳ درصد در مورد کلیه فلزات تأثیر بیشتری دارد. استفاده از ۵۰ میلی گرم بر لیتر هیدروکسید کلسیم همراه با ۵۰ میلی گرم بر لیتر عصاره تانن دار با میانگین ۷۷/۸ درصد در مقام دوم اهمیت و استفاده از ۵۰ میلی گرم عصاره تانن دار بدون استفاده از کنترل کننده های PH با میانگین ۷۴ درصد در مقام سوم اهمیت است. استفاده از ۵۰ میلی گرم بر لیتر هیدروکسید کلسیم بدون استفاده از عصاره تانن دار با میانگین ۵۳/۲ درصد برای حذف فلزات سنگین از فاضلاب صنایع مختلف آبکاری که در مقام چهارم اهمیت قرار دارد.

اندازه گیری، برای اندازه گیری، ملاک اصلی است که تا حدی مناسب بودن فرمولهای ۱ یا ۲ را توجیه می کند. با توجه به مجموع آزمونهای مقدماتی نظیر آزمون توکی، فرمول ۱ برای حالتی که در هر خانه یک مشاهده وجود داشته باشد، انتخاب می شود [۲۱].

با توجه به نتایج به دست آمده از آزمون فوق، مشخص می شود که کنترل کننده های PH بر میانگین ثانویه غلظت فلزات روی، مس و نیکل تأثیرات یکسانی داشتند، به عبارت دیگر، هیدروکسید کلسیم و هیدروکسید سدیم به یک اندازه در میانگین میزان رسوب فلزات فوق تأثیر گذار هستند ( $P=0/856$ ). همچنین ترکیبات فوق بر میانگین ثانویه غلظت کروم تأثیرات یکسانی نداشتند. به عبارت دیگر هیدروکسید کلسیم و هیدروکسید سدیم به یک اندازه در میانگین میزان رسوب مؤثر نیستند ( $P=0/006$ ). همچنین میانگین میزان غلظت ثانویه فلزات روی، مس، نیکل و کروم با در نظر گرفتن تأثیرات جداگانه دو ماده هیدروکسید کلسیم و عصاره تانن دار با غلظتهای مختلف نشان می دهد که این دو ماده به یک اندازه در میانگین رسوب فلزات فوق مؤثر نیستند ( $P=0/035$ ). با بررسی نتایج مشخص می شود که برای حذف فلزاتی نظیر روی، مس، نیکل و کروم بدون توجه به غلظت اولیه آنها در پساب خروجی، چنانچه با ۵۰ میلی گرم بر لیتر هیدروکسید کلسیم و ۵۰ میلی گرم بر لیتر عصاره تانن دار تماس داده شوند، بهترین حذف را خواهند داشت و در صورتی که PH محیط واکنش تقریباً خنثی یا اندکی قلیایی باشد، با ۵۰ میلی گرم بر لیتر عصاره تانن دار به تنهایی نیز می توان نتایجی نظیر

## REFERENCES

- Borgman U. Metal specialation and toxicity of free metal ions to aquatic Biota J Aqu Toxicology, Adva. In Env. Sci. and Tech., Vol.13, New York: Jhon wiley & sons, 1983; P. 47-73.
- Chung CH. Mechanism of inhibition of tannic acid and related compounds on the growth of intestinal bacteria J of Environmental Eng. 1998 Oct; 706-709.
- گزارش اجمالی از عملکرد طرح طوبی، سازمان جنگلها و مراتع کشور، دفتر روابط عمومی و بین المللی، ص ۴-۱۶.
- سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران (۱۳۵۷)، "بررسی امکان استفاده های صنعتی از میوه درخت بلوط"، بخش صنایع شیمیایی، مرکز کرمان، شماره ۲۵۲۲۰.
- Fieldis A. The metanogenic toxicity and anaerobic degradation of hydrolyzable tannin, wat. sci. tech., 1998; 20(1): 219.

6. Robbers JE, editor. Pharmacognosy and pharmacobiotechnology, williams & wilkins; 1994. P.140-145.
7. Trease and Evan's, Pharmacognosy 14th ed., WB. Saunders, 1996. P.224-232.
8. Hagerman AE, Butledr B. The specificity of proantocyanidin - protein interavtions, J Biol. Chem, 1981; P.256-266.
- ۹- آئینه‌چی، یعقوب، (۱۳۶۵)، "مفردات پزشکی و گیاهان داروئی ایران"، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۲۱۲-۲۰۳.
10. Monthly El. Methods for quantitative determination of polyflavonoid tannin characteristic, Dialog No: 04119402.
- ۱۱- پورشفیع زنگنه، هوشنگ، (۱۳۷۲)، "گالهای قابل بهره‌برداری بلوط"، پایان‌نامه فوق‌لیسانس دانشکده منابع طبیعی کرج، ص ۹۰-۸۳.
- ۱۲- متوسلیان، محمود، (۱۳۵۹)، "اندازه‌گیری مواد موجود در مغز دانه بلوط"، پایان‌نامه دکتری داروسازی، علوم پزشکی تهران، ص ۶۰-۷۵.
13. Hegerman AE, Butler LG. Protein precipitation methods for the quantitaive determination of tannin, J Agric Food chem. 1978; 26: 809-812.
14. Makkar HP, Singh B. Distribution of condensed tannin is various fibrefractions in young and mature leaves of some oak species, Anim Food Sic Tech 1991; 32: 253-260.
15. Broadhurst RB, Jones WT. Analysis of condensed tannin using acidified vanillin, J. Sci Fd Agric 1978; 29: 788-794.
- ۱۶- مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، (۱۳۷۰)، "استاندارد اندازه‌گیری درصد تانن در برگ چای".
17. Patterson JW. Industrial wasterwater treatment technology second ed. Butter worths; 1985. P.37-130.
18. Tsalev DL, Zaprianov ZK. Atomic absorption spectrometry in occupational and environmental health practice, CRC press; 1993.
19. Walter J, Weber JR. Physicochemical processes for water quality control, wiley - Interscience, 1972; P.120-130.
20. Thomas J, Weber JR. Industrial wastewater treatment, Mc-grow Hill; 1985. P. 794-818.
- ۲۱- سرمد، زهره، اسفندیاری، مهتاش، (۱۳۶۹)، "اصول آماری در طرح آزمایشها"، جلد اول، انتشارات نشر دانشگاهی، ص ۴۶۵-۴۵۶.

جدول ۱ - درصد تانن خالص موجود در گونه‌های مختلف بلوط ایران

Quercus	(V <sub>1</sub> -V <sub>0</sub> )	P/۱۰۰۰	۲۵۰/۱۰	۱۰۰/M <sup>0</sup>	۱۰۰/D	درصد تانن
Q.Brantii sub Belangri	۲۸/۷۸±۰/۴۴	۱/۳۳/۱۰۰۰	۲۵	۱۰	۱۰۰/۹۶/۳	۱۰/۱-۹/۸
Q.Brantii sub Brantii	۱۵/۰۴±۰/۵۹	۰/۰۰۱۳۳	۲۵	۱۰	۱۰۰/۹۷/۹	۵/۳-۴/۹
Q.Infectoria sub Boisseri	۱۵/۱۲±۱/۱۳	۰/۰۰۱۳۳	۲۵	۱۰	۱۰۰/۹۶/۴	۵/۶-۴/۸
Q.Infectoria sub Latifolia	۲۱/۹۸±۱/۱۷	۰/۰۰۱۳۳	۲۵	۱۰	۱۰۰/۹۷/۱	۷/۹۳-۷/۱۲
Q.Brantii sub Belangri	۲۷/۸±۱/۳۴	۰/۰۰۱۳۳	۲۵	۱۰	۱۰۰/۹۶/۳	۱۰/۱-۹/۱
Q.Infectoria sub Boisseri	۱۲/۱۸±۰/۸۶	۰/۰۰۱۳۳	۲۵	۱۰	۱۰۰/۹۶/۴	۴/۵-۳/۹
Q.Magnosquamata	۱۵/۶۸±۰/۵۱	۰/۰۰۱۳۳	۲۵	۱۰	۱۰۰/۹۶	۵/۶-۵/۲
Q.Libanii	۱۶/۶۸±۱/۳۴	۰/۰۰۱۳۳	۲۵	۱۰	۱۰۰/۹۸/۱	۶/۱-۵/۲
Q.Libanii	۱۴/۰۴±۱/۲۵	۰/۰۰۱۳۳	۲۵	۱۰	۱۰۰/۹۸/۱	۵/۲-۴/۳
Q.Lingipes	۵/۵۶±۰/۳۴	۰/۰۰۱۳۳	۲۵	۱۰	۱۰۰/۹۹/۱	۲-۱/۷۵
Q.Castanifolia	۷/۰۶±۰/۶۸	۰/۰۰۱۳۳	۲۵	۱۰	۱۰۰/۹۷/۳	۲/۶-۲/۲
Q.Macrantera	۸/۶۸±۰/۱۵	۰/۰۰۱۳۳	۲۵	۱۰	۱۰۰/۹۸/۶	۳-۲/۸
Q.Macrantera	۹/۶۸±۰/۵۹	۰/۰۰۱۳۳	۲۵	۱۰	۱۰۰/۹۸/۶	۳/۵-۳
Q.Castanifolia	۵/۸۲±۰/۶۸	۰/۰۰۱۳۳	۲۵	۱۰	۱۰۰/۹۷/۳	۲/۲-۱/۷۵
Q.Castanifolia	۱۰/۹۸±۰/۴۱	۰/۰۰۱۳۳	۲۵	۱۰	۱۰۰/۹۷/۳	۳/۹-۳/۶
Q.Macrantera	۱۰/۴۲±۱/۳	۰/۰۰۱۳۳	۲۵	۱۰	۱۰۰/۹۸/۶	۳/۹-۳/۱
Q.Castanifolia	۱۰/۸۲±۰/۰۴	۰/۰۰۱۳۳	۲۵	۱۰	۱۰۰/۹۷/۳	۳/۷-۳/۶
Q.Kamarovii	۱۹/۳۲±۰/۳۳	۰/۰۰۱۳۳	۲۵	۱۰	۱۰۰/۹۶/۵	۶/۸-۶/۵

جدول ۲ - بررسی روند حذف روی از فاضلاب خام صنایع آبکاری واحدهای شماره ۱ و ۲ در سال ۱۳۷۹

غلظت اولیه فلز PPM	کدورت اولیه NTU	کدورت ثانویه NTU	PH اولیه	PH ثانویه	Ca(OH) <sup>2</sup> mg/l	NaOH mg/l	عصاره جوهر بلوط PPM	غلظت ثانویه فلز PPM	واحد آبکاری شماره ۱
۳۳۰	۱۵۵	۱۷	۱۲/۷	۱۲/۸۵	۵۰	-	۵۰	۲۷/۵	
۳۳۰	۱۵۵	۲۱	۱۲/۷	۱۲/۸۹	-	۵۰	۵۰	۲۸/۳	
۳۳۰	۱۵۵	۶۰	۱۲/۷	۱۲/۹	۵۰	-	-	۱۰۰	
۳۳۰	۱۵۵	۳۰	۱۲/۷	۱۲/۵۷	-	-	۵۰	۶۰	
۵۳۲	۲۵۰	۲۷	۱۰/۲۶	۱۰/۴۳	۵۰	-	۵۰	۲۷	
۵۳۲	۲۵۰	۳۳/۵	۱۰/۲۶	۱۰/۲۸	-	۵۰	۵۰	۲۹	
۵۳۲	۲۵۰	۹۶	۱۰/۲۶	۱۰/۴۰	۵۰	-	-	۹۵	
۵۳۲	۲۵۰	۴۸/۳	۱۰/۲۶	۱۰/۱۶	-	-	۵۰	۴۸	واحد آبکاری شماره ۲

جدول ۳ - بررسی روند حذف روی از فاضلاب خام صنایع آبکاری واحدهای شماره ۳ و ۴ در سال ۱۳۷۹

غلظت اولیه فلز PPM	کدورت اولیه NTU	کدورت ثانویه NTU	PH اولیه	PH ثانویه	Ca(OH) <sup>2</sup> mg/l	NaOH mg/l	عصاره جوهر بلوط PPM	غلظت ثانویه فلز PPM	واحد آبکاری شماره ۳
۱۴۳	۹۶	۲۰	۶/۱۲	۷/۲۴	۵۰	-	۵۰	۴۲	واحد آبکاری شماره ۳
۱۴۳	۹۶	۳۵	۶/۱۲	۷/۲	-	۵۰	۵۰	۵۳	
۱۴۳	۹۶	۵۶	۶/۱۲	۷/۵	۵۰	-	-	۱۰۰	
۱۴۳	۹۶	۴۲	۶/۱۲	۶/۰۵	-	-	۵۰	۷۳/۵	
۳۸۶	۲۶۰	۵۴	۱۰/۲	۱۰/۴۲	۵۰	-	۵۰	۶۴	واحد آبکاری شماره ۴
۳۸۶	۲۶۰	۹۴	۱۰/۲	۱۰/۲۸	-	۵۰	۵۰	۹۳	
۳۸۶	۲۶۰	۱۵۱	۱۰/۲	۱۰/۵	۵۰	-	-	۲۱۴/۳	
۳۸۶	۲۶۰	۱۱۲	۱۰/۲	۱۰/۱۶	-	-	۵۰	۸۲/۴	

جدول ۴ - بررسی روند حذف نیکل از فاضلاب خام صنایع آبکاری واحدهای شماره ۵ و ۶ در سال ۱۳۷۹

غلظت اولیه فلز PPM	کدورت اولیه NTU	کدورت ثانویه NTU	PH اولیه	PH ثانویه	Ca(OH) <sup>2</sup> mg/l	NaOH mg/l	عصاره جوهر بلوط PPM	غلظت ثانویه فلز PPM	واحد آبکاری شماره ۵
۲۵۰	۱۴۴	۷۵	۷/۸۲	۸/۲۵	۱۰۰	-	۵۰	۱۰۳	واحد آبکاری شماره ۵
۲۵۰	۱۴۴	۸۶/۴	۷/۸۲	۸/۷۴	-	۲۰۰	۵۰	۱۰۸	
۲۵۰	۱۴۴	۱۰۱	۷/۸۲	۸/۶۶	۱۰۰	-	-	۱۶۳	
۲۵۰	۱۴۴	۹۳/۶	۷/۸۲	۷/۵۳	-	-	۵۰	۱۳۲/۷	
۵۱۴	۲۹۰	۸۷	۱۰/۲۶	۱۰/۳۴	۵۰۰	-	۵۰	۵۰	واحد آبکاری شماره ۶
۵۱۴	۲۹۰	۱۱۴	۱۰/۲۶	۱۰/۳	-	۵۰	۵۰	۹۷	
۵۱۴	۲۹۰	۱۴۵	۱۰/۲۶	۱۰/۵	۵۰	-	-	۱۱۵	
۵۱۴	۲۹۰	۱۰۱/۵	۱۰/۲۶	۱۰/۱۹	-	-	۵۰	۹۲	

جدول ۵ - بررسی روند حذف کروم از فاضلاب خام صنایع آبکاری واحدهای شماره ۷ و ۸ در سال ۱۳۷۹

غلظت اولیه فلز PPM	کدورت اولیه NTU	کدورت ثانویه NTU	PH اولیه	PH ثانویه	Ca(OH) <sup>2</sup> mg/l	NaOH mg/l	عصاره جوهر بلوط PPM	غلظت ثانویه فلز PPM	واحد آبکاری شماره ۷
۱۶۰	۲۷۸	۲۶	۱۰/۳۲	۱۰/۲۶	۵۰	-	۵۰	۲۴	واحد آبکاری شماره ۷
۱۶۰	۲۷۸	۳۲	۱۰/۳۲	۱۰/۵۳۴	-	۵۰	۵۰	۳۱	
۱۶۰	۲۷۸	۲۷	۱۰/۳۲	۱۰/۷۵	۵۰	-	-	۵۸	
۱۶۰	۲۷۸	۲۴	۱۰/۳۲	۱۰/۱	-	-	۵۰	۲۹	
۲۶۵	۴۶۱	۴۳	۸/۵۲	۹/۳۲	۵۰	-	۵۰	۴۴	واحد آبکاری شماره ۸
۲۶۵	۴۶۱	۵۳	۸/۵۲	۹/۲	-	۵۰	۵۰	۵۶	
۲۶۵	۴۶۱	۴۵	۸/۵۲	۹/۴۳	۵۰	-	-	۹۶	
۲۶۵	۴۶۱	۴۰	۸/۵۲	۸/۱۴	-	-	۵۰	۴۸	

جدول ۶- بررسی روند حذف فلزات مختلف برحسب درصد از فاضلاب خام صنایع آبکاری واحدهای شماره ۱ تا ۸ در سال ۱۳۷۹

روشهای مختلف حذف فلزات	Zn	Zn	Cu	Cu	Ni	Ni	Cr	Cr	میانگین کل درصد
۵۰ mg/l Ca(OH) <sup>2</sup> + عصاره تانن ۵۰ mg/l	۹۱	۹۵	۷۱	۸۳/۵	۵۹	۹۰	۸۵	۸۴	۸۲/۳
۵۰ mg/l NaOH + عصاره تانن ۵۰ mg/l	۹۲/۵	۹۴/۵	۶۳	۷۶	۵۷	۸۱	۸۰	۷۹	۷۷/۸
۵۰ mg/l Ca(OH) <sup>2</sup>	۳۱	۸۲	۳۱	۴۵	۳۵	۷۸	۶۰	۶۴	۵۳/۲
عصاره تانن ۵۰ mg/l	۸۲	۹۱	۴۹	۷۹	۴۷	۸۲	۸۲	۸۲	۷۴

● کلیه اعداد بر حسب درصد می باشد.