



در

امور دام و آبزیان شماره ۸۱ زمستان ۱۳۸۷

پژوهش‌های دامپزشکی

تأثیر مواد شور قالی بر خواص نخ های پشمی

• فریده طالب پور

استادیار دانشگاه الزهراء(س)

تاریخ دریافت: بهمن‌ماه ۱۳۸۳ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ماه ۱۳۸۷

Email: fartalebpour@yahoo.com

چکیده

شور صادراتی قالی برای افزایش درخشندگی و ملایم کردن رنگ ها صورت می گیرد. برای آزمایش غلظت های مختلف سود سوزآور ۲، ۵ و ۱۰ درصد، سدیم هیدرو سولفیت ۰/۲۵ و ۱ درصد و کلسیم هیپو کلریت ۱ درصد برای آزمایش نخ پشمی قالی که با رونا رنگ شده بود، انتخاب شد. خواص نوری، نمره، استحکام و ازدیاد طول تا حد پارگی نخ ها اندازه گیری شد. نتایج نشان می دهد که افزایش غلظت قلیا، باعث افزایش روشنایی و نیز تغییر نمره نخ ها می شود. همین طور اثر سدیم هیدروسولفیت روی این نمونه ها به طور معنی داری ($p < 0.05$) باعث افزایش روشنایی شده و این اثر با استفاده از کلسیم هیپوکلریت بیشتر می شود. اگرچه قلیا به تنهایی تأثیر معنی داری بر استحکام و ازدیاد طول نخ نداشت اما از استحکام نخ ها بعد از واکنش با سدیم هیدروسولفیت و کلسیم هیپوکلریت بطور معنی داری ($p < 0.05$) کاسته شد. نتایج حاصله مشخص می کند که عملیات شور قالی برای کاهش رنگ و افزایش درخشندگی باید بطور دقیق صورت گیرد، زیرا نوع و غلظت مواد شیمیایی شوینده های قالی تأثیر زیادی بر تخریب پشم و کیفیت فرش می گذارند.

کلمات کلیدی: پشمی، سود، سدیم هیدروسولفیت، کلسیم هیپوکلریت، خواص نوری، خواص مکانیکی.

Pajouhesh & Sazandegi No 81 pp: 2 - 7

Effect of carpet washing on woolen pile yarn

By: F. Talebpour, Assistant Professor of Alzahra University Tehran, Iran

Hand woven carpet is washed with chemicals to increase luster and soften colors. Three different concentrations of Alkali (2,5,10)%, sodium hydro sulphite (0.25,1)% and 1% calcium hypochlorite were used for testing woolen yarn dyed with madder previously. The yarn count, lightness, strength and elongation, were measured. Results showed that increasing Alkali concentration increases yarn lightness. Also, the effects of sodium hydro sulphite on Alkaline treated samples increases more significantly ($p < 0.05$) lightness and the damage increases with calcium hypochlorite solution. The effect of these chemicals is to decrease yarn count, strength and elongation to some extent. Therefore, the washing process should be on hard supervision to prevent damage to the pile yarn because the type of chemicals and concentrations lead to fiber damage during wet processing.

Key words: Woolen yarn, Sodium hydroxide, Sodium hydrosulphite, Calcium hypochlorite, Physical properties.

مقدمه

الیاف پشمی به دلیل داشتن خاصیت ارتجاعی و مقاومت کافی، در بافت قالی به کار می روند. در هنگام راه رفتن روی قالی پشمی، با توجه به ضخامت و سنگینی آن، احساس راحتی در انسان ایجاد می شود و نیز در هنگام زمین خوردن روی آن، به دلیل ضخامت پرزها، از صدمه جدی به افراد جلوگیری می شود. از دیگر مزایای قالی های پشمی می توان به افزایش کیفیت هوای محل کار یا زندگی اشاره نمود. الیاف پشمی ظرفیت زیادی برای جذب گازهای سمی مثل دی اکسید سولفور، فرم آلدئید و اکسیدهای نیتروژن دارند، لذا با جذب این گازها هوای محیط را سالم می سازند (۱۶). در ایران، قالی پس از پایان بافت شسته می شود تا تمیز و پرزهای آن یکنواخت شود. مهم ترین اهدافی که شور فرش به دنبال دارد جلای رنگ های فرش، ملایم کردن و ثبوت رنگ ها، بهبود ظاهر فرش و در برخی موارد ضد بید کردن آن است (۴). شستشوی قالی یک عمل کاملاً فنی است و در صورتی که قالی صحیح شسته نشود، ممکن است رنگ قسمت های مختلف آن به یکدیگر منتقل شود. اگرچه این عیب با استفاده از مواد شیمیایی دیگر قابل رفع است اما از صدماتی که بر قالی ایجاد می شود نباید چشم پوشی کرد. شستشو با مواد شوینده شیمیایی یا دواشویی، در کارگاه های قالی شویی به دو منظور انجام می پذیرد:

(الف) کهنه شوری: کهنه شوری غالباً برای قالی های صادراتی به کار می رود. در این روش برای این که قالی ظاهری کهنه بیاید از مواد شیمیایی استفاده می کنند.

(ب) براق شوری: در براق شوری از مواد شیمیایی برای تازه جلوه دادن ظاهر قالی هایی استفاده می شود که معمولاً مصرف داخلی دارند (۳). نوع، شرایط عملیات و غلظت مواد شیمیایی عمدتاً به سفارش مشتری و نظر استاد شور تعیین می گردد.

در روش متداول کهنه شوری در کارگاه های شستشو، ابتدا قالی با آب معمولی که غالباً 2 ± 20 درجه سانتی گراد است خیسانده می شود. در مواردی که قالی بزرگ بوده و در طی بافت، چرک و آلوده شده باشد با استفاده از پودرهای رختشویی خانگی شسته و چرک زدایی و سپس آبکشی شده و آب اضافی آن توسط بیلچه های فلزی مخصوصی خارج می گردد. یکی از مهم ترین مواد در شستشوی قالی محلول رقیق سود سوزآور است که توسط بیلچه های مخصوص یا ماشین شلاق زنی به داخل قالی نفوذ داده می شود. در طی این عملیات رنگ های سطحی و بی ثبات از نخ ها خارج شده و ممکن است به بخش های دیگر منتقل شود و قالی بد جلوه کند. برای رفع این مشکل، محلول سدیم هیدروسولفیت (سدیم دی تیونیت) که پودری سفید با خاصیت احیاکنندگی قوی است، به کار می رود. ولی رنگ هایی که دارای ثبات شستشویی بالایی هستند، در طی شستشو با سود از سطح قالی خارج نمی شوند، بلکه توسط هیدروسولفیت حذف شده و در نتیجه قالی شید^۱ ملایم تری پیدا می کند. در مراحل بعدی، شستشوی قالی با کلسیم هیپوکلریت به منظور کاهش اصطکاک الیافاز طریق اصلاح سطح فلس های پشم با واکنش کلر انجام می شود (۱۶). در طی این فرآیند درخشندگی و جلای قالی به دلیل تخریب سطحی فلس های پشم افزایش می یابد. اگرچه امکان صدمه شیمیایی به قالی زیاد بوده، لیکن تراکم زیاد پرز در سطح قالی، قسمت های داخلی آن را از آسیب جدی محفوظ می دارد. مشاهدات آزمایشگاهی نشان می دهند که الیاف پشم پس از عملیات با کلر دچار زبری می شوند (۲). اعمال نیروهای مکانیکی در طی هر فرآیند به افزایش تخریب سطحی الیاف پشم کمک می کند، همین طور ممکن است طی عملیات قلیا زدن، باقی مانده قلیا در قالی به مرور پوسیدگی ایجاد کند، بنابراین قالی در پایان عملیات با شامپو و نرم کننده شسته، آبکشی و آبگیری می شود و در زیر نور آفتاب یا در اتاق های گرم، خشک می شود.

میانگین جامعه = μ
 اثر هر یک از عوامل کدگذاری شده = α_i
 خطای تصادفی = ϵ_{ij}

جدول ۱: نمونه های آزمایش شده

کد نمونه	نوع عملیات
A	نمونه شاهد
A1	سود ۲ درصد
A2	سود ۵ درصد
A3	سود ۱۰ درصد
A4	سود ۲ درصد - سدیم هیدروسولفیت ۰/۲۵ درصد
A5	سود ۵ درصد - سدیم هیدروسولفیت ۰/۲۵ درصد
A6	سود ۱۰ درصد - سدیم هیدروسولفیت ۰/۲۵ درصد
A7	سود ۲ درصد - سدیم هیدروسولفیت ۱ درصد
A8	سود ۵ درصد - سدیم هیدروسولفیت ۱ درصد
A9	سود ۱۰ درصد - سدیم هیدروسولفیت ۱ درصد
A10	سود ۲ درصد - سدیم هیدروسولفیت ۰/۲۵ درصد - کلسیم هیپوکلریت ۱ درصد
A11	سود ۵ درصد - سدیم هیدروسولفیت ۰/۲۵ درصد - کلسیم هیپوکلریت ۱ درصد
A12	سود ۱۰ درصد - سدیم هیدروسولفیت ۰/۲۵ درصد - کلسیم هیپوکلریت ۱ درصد
A13	سود ۲ درصد - سدیم هیدروسولفیت ۱ درصد - کلسیم هیپوکلریت ۱ درصد
A14	سود ۵ درصد - سدیم هیدروسولفیت ۱ درصد - کلسیم هیپوکلریت ۱ درصد
A15	سود ۱۰ درصد - سدیم هیدروسولفیت ۱ درصد - کلسیم هیپوکلریت ۱ درصد

نتایج

مقایسه میزان روشنایی در کل نمونه ها مشخص می کند که افزایش غلظت قلیایی در حمام واکنش باعث افزایش روشنایی در نمونه ها می شود، به طوری که در مقایسه با نمونه شاهد، روشنایی نخ های شسته شده با غلظت های ۲، ۵ و ۱۰ درصد سود (A، ۱A، ۲A و ۳A) به ترتیب ۹/۷، ۱۰/۶ و ۳۳/۸ درصد افزایش می یابد. همینطور با اضافه شدن سایر ترکیبات و غلظت آنها میزان روشنایی بیشتر می شود. به صورتی که میزان روشنایی در نمونه ۱۳A، ۱۴A و ۱۵A به ترتیب نسبت به نمونه ۱A، ۲A و ۳A به میزان ۳۴/۱، ۵۳/۴ و ۳۲/۲ درصد افزایش یافته است، ولی این افزایش خطی نیست (جدول ۲ و نمودار ۱).

مقایسه نمونه های ۴A، ۱۰A و ۱۳A نشان می دهد که با افزایش تعداد مراحل عملیاتی و بالا بردن غلظت مواد شیمیایی، نمونه ها قرمزی کمتری را نشان می دهند، که حاکی از دست دادن رنگ در طی این فرآیندها می باشد. در حالی که میزان زردی تغییر چندانی پیدا نمی کند (کمترین مقدار ۱/۲ و بیشترین ۲۰/۳). میزان a* (قرمزی/سبزی) با افزایش غلظت سود کاهش یافته است اما مقادیر b* (زردی/آبی) تقریباً ثابت مانده و فقط در غلظت ۱۰ درصد افزایش یافته است. در هر حال میزان اختلاف رنگ نسبت به نمونه شاهد (آب خور) افزایش داشته است.

هر یک از مراحل فوق با توجه به نظر استادکار ممکن است چند بار تکرار شوند تا ظاهر فرش به صورت مطلوب درآید.

در زمینه شستشوی قالی پژوهش های بسیار محدودی انجام گرفته و علی رغم کاربرد وسیع این عملیات در صنعت قالی بافی، تا کنون مطالعات جامعی در این زمینه صورت نپذیرفته است. در یکی از پژوهش های به عمل آمده فقط به نوع عملیات تکمیلی قالی و مراحل آن اشاره شده (۵) و در تحقیق دیگری اثر قلیا، هیدروسولفیت سدیم و کلسیم هیپوکلریت بر استحکام نخ پشم قالی و فلس زدایی با کلسیم هیپوکلریت بررسی شده است و مشخص شده که با افزایش غلظت سود و زمان واکنش میزان تخریب الیاف پشم افزایش می یابد (۶). در این بررسی، نخ های پشمی بدون در نظر گرفتن عملیات مکانیکی در طی فرآیند شستشو مطالعه شده است. شستشوی قالی با روش کهنه شوری که برای انواع قالی های صادراتی انجام می شود موضوع این پژوهش است. شرایط شستشو در کارگاه های قالی شویی معمولاً استفاده از سدیم هیدروکسید ۱ تا ۱۰ درصد، سدیم هیدروسولفیت ۱ تا ۸ درصد و کلسیم هیپوکلریت ۱ تا ۳ درصد است.

مواد و روش کار

مواد مورد استفاده عبارتند از سود سوزآور^۱، سدیم هیدروسولفیت، کلسیم هیپوکلر^۲، استیک اسید و شامپوی موی سر. برای آزمایش پنج کلاف با وزن یکسان (۲۰ گرم) از نخ پشمی (نمره تکس ۴۴۵ دولا) که قبلاً با روناس رنگریزی شده، تهیه شد. یک نمونه نخ پشمی به عنوان نمونه شاهد فقط در آب قرار گرفت و سپس خشک شد. آب مصرفی از آب لوله کشی با pH خنثی و دمای ۲۰±۲ درجه سانتی گراد بود. برای بقیه نمونه ها از سدیم هیدروکسید با غلظت ۲، ۵ و ۱۰ درصد و سدیم هیدرو سولفیت با غلظت های ۰/۲۵ و ۱ درصد و کلسیم هیپوکلریت ۱ درصد استفاده شد. محلول سود با غلظت های معین بر روی نمونه پشمی به اندازه ای که در آن نفوذ کند ریخته شد و برای مدت ۳-۵ دقیقه تحت عملیات مکانیکی با کاردک در جهات مختلف قرار گرفت. سپس نمونه با آب فراوان شسته و آب گیری گردید و تحت واکنش با سدیم هیدرو سولفیت بدون عملیات مکانیکی قرار گرفته و آب گیری شد. خنثی سازی با استیک اسید ۳ درصد برای مدت ۵ دقیقه انجام شد. سپس نمونه ها جهت واکنش با کلر در محلول یک درصد کلسیم هیپوکلریت قرار گرفتند. در پایان آبکشی و با شامپو و نرم کننده شسته شده و سپس در شرایط محیط آزمایشگاهی از نظر رطوبت و دما خشک شدند.

برای اندازه گیری استحکام و ازدیاد طول تا حد پارگی از دستگاه اوستر^۳ با سرعت ۲۵۰ میلی متر در دقیقه و استاندارد BS ۶۳۷۲ استفاده شد (۷). برای هر آزمایش میانگین اندازه ۱۵ نمونه نخ گزارش شد. از طولی معادل ۱۲ متر نخ دو لای، میانگین نمره نخ محاسبه شد. برای تعیین اختلاف رنگ نمونه ها از روش CIE (L*a*b) و دستگاه رنگ سنج^۴ توسط منبع نوری استاندارد D65 استفاده شد و رنگ نمونه ها بر اساس روشنایی L، قرمزی a و زردی b بیان شد (۸). برای محاسبه آماری نمونه ها به صورت جدول ۱ کدگذاری شد و از مدل تجزیه واریانس یک طرفه با روش ANOVA و نرم افزار SPSS استفاده شد.

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

مدل آماری طرح :
 میانگین هر مشاهده = y_{ij}

غلظت سود و زمان واکنش همراه با عملیات مکانیکی مانند استفاده از بیلچه یا ماشین شلاق زن، می توان هم رنگ های ملایم تری به دست آورد و هم لطافت قالی را افزایش داد.

نتایج این پژوهش نشان می دهد که نوع و غلظت مواد شوینده مصرفی تاثیر زیادی بر کیفیت و ظاهر قالی شسته شده دارد. استفاده از مواد قلیایی که به منظور رنگ برداری از قالی استفاده می شود، منجر به افزایش روشنایی و کاهش شدت رنگی می شود. هم چنین از استحکام و ازدیاد طول نخ کاسته شده و نخ نازک تر می گردد. هر چه میزان غلظت قلیایی افزایش می یابد این تغییرات نیز به طور معنی داری ($P < 0.05$) افزایش می یابند. تحقیقات متعددی که به منظور بررسی اثر قلیا بر روی الیاف پشم انجام شده است، رفتار پشم را در محیط های قلیایی بیان می کنند (۱۷، ۱۸). واکنش پشم با قلیا پیوندهای پپتیدی را در پشم می شکند و عواملی مانند غلظت، زمان و شرایط واکنش تاثیر زیادی بر این فرآیند دارند. از آن جایی که صدمه قلیا بر پشم زیاد است، تا حد امکان باید از شستشوی قالی با سود خودداری کرد و در صورت استفاده از آن با پایین آوردن غلظت و زمان واکنش از آسیب جدی به پشم جلوگیری کرد.

مواد احیا کننده مانند هیدروسولفیت سدیم، پیوندهای دی سولفیدی را در پشم از بین می برند که این خاصیت در محیط قلیایی افزایش می یابد. واکنش نمونه ها با سدیم هیدروسولفیت بعد از واکنش با سود میزان بیشتری روشنایی نمونه ها را افزایش می دهد و هم چنین از استحکام، ازدیاد طول و ضخامت نمونه ها می کاهد و میزان قرمزی نخ ها کاهش می یابد. با توجه به قدرت احیاکنندگی هیدروسولفیت سدیم، نتایج عملیاتی که در آن ابتدا نخ پشمی تحت تاثیر سود قرار گرفته و سپس با هیدروسولفیت واکنش داده می شود، نشان می دهد که سود نقش موثری در تخریب پشم دارد. لذا ضروری است که قبل از شروع عملیات با هیدرو سولفیت، قلیا کاملاً از قالی زدوده شود.

عمل کلر روی پشم منجر به افزایش درخشندگی و جذب رنگ می شود. چنانچه غلظت هیدروسولفیت در واکنش افزایش یابد، این تغییرات نیز افزایش خواهد داشت. تاثیر کلر بر پشم به عواملی مانند غلظت، pH و دما بستگی دارد و واکنش پشم با کلر باعث کاهش استحکام الیاف می شود. نمونه های عمل شده با سود سوزآور، سدیم هیدروسولفیت و کلسیم هیپوکلریت میزان تخریب بیشتری نشان می دهند به نحوی که نخ ها روشن تر شده و زیر دست زبرتری می یابند و بر روشنایی نمونه ها افزوده می شود. هیپوکلریت در محیط اسیدی حالت اکسیدکنندگی داشته و کلر آزاد می کند که در نتیجه پیوندهای دی سولفیدی در پشم بیشتر شکسته می شوند. واکنش کلر با پشم منجر به افزایش درخشندگی و تخریب فلس های پشم می شود، در نتیجه با افزایش غلظت کلر و زمان واکنش صدمه به لیف بیشتر شده و استحکام آن کاهش می یابد. در حالت pH اسیدی سرعت آزاد شدن کلر از هیپوکلریت افزایش یافته و فلس زدایی سطحی الیاف پشم صورت می گیرد (۱۳). در هر صورت با افزایش غلظت کلر میزان تخریب بیشتر می شود که این تاثیر در محیط قلیایی بیشتر است و با کاهش غلظت کلر در واکنش می توان از میزان تخریب پشم کاست.

چنانچه از جدول ۳ و نمودارهای ۲ و ۳ قابل مشاهده است، افزایش نوع و غلظت مواد به طور معنی داری ($P < 0.05$) باعث نازک تر شدن نخ و کاهش استحکام آن می شود. نتایج نشان می دهد که سطح معناداری صفر و کمتر از ۵٪ است، بنابر این تفاوت معنی داری بین داده ها وجود دارد. لذا واکنش های شیمیایی منجر به تفاوت های قابل ملاحظه در نمونه ها شده است.

نمره نخ	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig
میان گروه ها	۴/۹۸	۱۵	۰/۲۳	۴/۵۷	۰
در گروه ها	۲/۳۲	۳۲	۰/۰۷		
جمع	۷/۳۱	۴۷			

قدیمی ترین روش اصلاح سطح الیاف پشم استفاده از ترکیبات کلردار است. مطالعات انجام شده نشان می دهند که فلس های پشم در اثر واکنش با کلر به شدت صدمه می بینند (۱۱، ۱۲). کلری که از محلول کلسیم هیپو کلریت حاصل می شود با توجه به میزان pH روی الیاف پشم موثر است (۱۴). همانطور که نمودار ۳ نشان می دهد افزایش غلظت و وارد شدن واکنش جدید در هر سطح منجر به کاهش استحکام و ازدیاد طول نخ می شود. تاثیر غلظت سود به تنهایی بر استحکام نخ چندان چشمگیر نیست (نمونه های ۱A، ۲A، ۳A) اما احیا کننده هایی مانند هیدروسولفیت اتصال دی سولفیدی را در پشم تجزیه می کنند (۱). مشاهده نمونه ها و لمس کردن آنها نیز نشان می دهد که الیاف پس از عملیات با کلر دچار زبری می شوند. هم چنین نتایج جدول نشان می دهد که سطح معنی داری در سنجش استحکام نمونه ها صفر و کوچکتر از ۰/۰۵ است، لذا تفاوت معنی داری بین استحکام نمونه ها وجود دارد.

نمره نخ	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig
میان گروه ها	۰/۷۴	۱۵	۰/۰۵	۳۲/۲	۰
در گروه ها	۰/۳۴	۳۴	۰/۰۰۱		
جمع	۱/۰۹۱	۲۲۹			

با توجه به نتایج به دست آمده می توان نتیجه گرفت که عملیات شیمیایی بر روی نخ پشمی منجر به تغییرات قابل توجهی می شوند.

بحث

تا کنون شیوه ها و سیستم های شستشوی قالی به طور کامل مورد بررسی قرار نگرفته است. شورقالی به صورت مجموعه ای از فرآیندها بر اساس تجارب استادکاران در کارگاه های قالی شویی به انجام می رسد. غالباً به دلیل عدم مبنای علمی و استفاده از انواع مواد شیمیایی، صدمات جبران ناپذیری را به فرش وارد می کند، به طوری که در مواقعی قسمت هایی از فرش دچار رنگ رفتگی شدید می شود. برخی از فعالان در بخش شور قالی معتقدند که با افزایش

جدول ۲: خصوصیات نوری نمونه های عمل شده

اختلاف رنگ	※b (زردی)	※a (قرمزی)	※L (روشنایی)	نمونه
-	۱۱/۸ ^a	۳۰/۷ ⁱ	۳۱/۸ ^a	A
۲/۶	۱۱/۸ ^a	۲۹/۸ ^h	۳۴/۹ ^b	A۱
۲/۹	۱۱/۷ ^a	۲۹/۷ ^h	۳۵/۲ ^b	A۲
۱۰	۱۱/۲ ^a	۲۴/۷ ^g	۴۲/۶ ^d	A۳
۲/۵	۱۱/۷ ^a	۲۸/۵ ^h	۳۴/۱ ^b	A۴
۱۰/۱	۱۱/۹ ^a	۲۳/۲ ^f	۴۱/۹ ^d	A۵
۲۶/۵	۱۴/۹ ^b	۷/۱ ^b	۵۳ ^g	A۶
۱۹/۷	۲۰/۳ ^d	۱۳ ^d	۴۷ ^c	A۷
۲۳/۴	۱۷/۱ ^c	۹/۷ ^c	۵۰/۴ ^f	A۸
۳۱/۱	۱۸/۴ ^c	۳/۶ ^a	۵۶/۲ ^h	A۹
۶/۹	۱۳/۶ ^b	۲۶/۱ ^g	۳۸/۹ ^c	A۱۰
۱۶/۲	۱۴/۲ ^b	۱۸/۲ ^c	۴۶/۸ ^c	A۱۱
۳۲/۱	۱۷/۱ ^c	۲/۵ ^a	۵۶/۸ ^h	A۱۲
۱۷/۱	۱۷/۶ ^c	۱۷/۲ ^c	۴۶/۸ ^c	A۱۳
۲۶/۹	۱۸/۲ ^c	۸/۳ ^b	۵۴ ^g	A۱۴
۳۱/۷	۱۷/۸ ^c	۲/۱ ^a	۵۵/۹ ^h	A۱۵

میانگین ستون های داخل هر گروه به جز آن هایی که دارای حروف مشابه است دارای اختلاف معنی دار است ($p < 0.05$).

جدول ۳: خصوصیات مکانیکی نمونه ها

نمونه	نمره نخ (تکس)	درصد ضریب تغییرات	استحکام (گرم نیرو/تکس)	درصد ضریب تغییرات	درصد ازدیاد طول	درصد ضریب تغییرات
A	۴۴۳/۳ ^{bc}	۵/۷	۳/۹ ^{cd}	۸/۱	۶/۶ ^h	۱۳/۵
A۱	۴۲۵/۸ ^a	۲/۵	۴/۲ ^{cf}	۹	۶ ^{ef}	۷/۷
A۲	۴۴۳/۳ ^{bc}	۴/۴	۴/۴ ^{fg}	۷/۵	۶/۳ ^{gh}	۱۲/۵
A۳	۴۳۳/۳ ^{bc}	۲/۱	۲/۷ ^a	۱۲/۷	۶ ^{ef}	۱۵
A۴	۴۷۶/۶ ^f	۱/۱	۴/۶ ^g	۶/۶	۷/۱ ⁱ	۱۰/۶
A۵	۴۶۲/۵ ^{de}	۱/۸	۳/۷ ^{cd}	۹/۷	۵/۶ ^{cd}	۱۵/۶
A۶	۴۴۶/۶ ^{bc}	۱/۳	۳/۷ ^{cd}	۱۳/۹	۶/۲ ^{fg}	۱۶/۵
A۷	۴۴۲/۵ ^b	۱/۲	۳/۶ ^{cd}	۸/۳	۵/۹ ^{de}	۱۴/۵
A۸	۵۱۴ ^h	۴/۱	۳/۷ ^{cd}	۸/۱	۵/۷ ^{de}	۱۳
A۹	۴۵۳/۳ ^{cd}	۴/۶	۳/۹ ^{cd}	۱۰/۳	۵/۹ ^{de}	۱۱/۵
A۱۰	۴۶۱/۲ ^d	۱	۴/۲ ^{ef}	۶	۵/۳ ^c	۱۵
A۱۱	۴۷۱/۶ ^{ef}	۶/۹	۳/۴ ^{bc}	۸/۱	۴/۸ ^b	۱۰/۱
A۱۲	۴۹۸/۳ ^g	۱	۳/۱ ^{ab}	۱۰/۷	۶/۲ ^{fg}	۱۷/۱
A۱۳	۴۲۴/۲ ^a	۸/۵	۴ ^{de}	۱۰/۴	۵/۳ ^c	۱۴/۴
A۱۴	۴۷۸/۳ ^f	۴/۱	۳/۶ ^{cd}	۱۰/۹	۴/۴ ^a	۱۳/۹
A۱۵	۵۶۴/۲ ⁱ	۷	۲/۹ ^a	۱۰/۳	۶/۵ ^{hi}	۱۱/۷

میانگین ستون های داخل هر گروه به جز آن هایی که دارای حروف مشابه است، دارای اختلاف معنی دار است ($p < 0.05$).