

بررسی مقایسه‌ای شرایط پخت لیتتر پنبه چهار کشور مختلف برای تولید خمیر آلفاسلولز

اسماعیل رسولی گرمارودی^{۱*}، حسین فولادی^۲، حسین جلالی ترشیزی^۳ و عباس چهارمهالی^۴

۱- نویسنده مسئول، استادیار، گروه مهندسی فناوری تولید سلولز و کاغذ پردیس ۱، دانشگاه شهید بهشتی، زیرآب، سوادکوه، مازندران

پست الکترونیک: e_rasooly@sbu.ac.ir

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی فناوری تولید سلولز و کاغذ پردیس ۱، دانشگاه شهید بهشتی، زیرآب، سوادکوه، مازندران

۳- استادیار، گروه مهندسی فناوری تولید سلولز و کاغذ پردیس ۱، دانشگاه شهید بهشتی، زیرآب، سوادکوه، مازندران

۴- کارشناس ارشد، صنایع شیمیایی پارچین، تهران

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۴

چکیده

پژوهش حاضر با تمرکز بر شرایط پخت لیتترهای چهار کشور ترکیه، ازبکستان، ترکمنستان و ایران مورد استفاده در کارخانه صنایع شیمیایی پارچین، با هدف دستیابی به شرایط بهینه پخت و ارائه جدولهای اختصاصی پخت برای هر یک از لیتترها انجام شد تا کارخانه فوق بر این اساس ضمن تنظیم شرایط پخت هر نوع لیتتر، بتواند به محصولی با کیفیت مطلوب‌تر دست یابد. بدین منظور، خمیرسازی از چهار نوع لیتتر پنبه مذکور در دو مرحله و با زمان ثابت ۴ ساعت در هر مرحله انجام شد. عملیات پخت در سه سطح دمایی ۱۳۰، ۱۵۰ و ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد و با ترکیب‌های مختلف غلظت قلیا در مرحله اول و مرحله دوم انجام شده و تأثیر شرایط مورد بررسی بر ویژگی‌های میزان بازده خمیرسازی، میکروکاپا، اندیس مس، گروه‌های کربوکسیل، آلفا سلولز، ماندگاری آب، ویسکوزیته، پنتوزان و مواد نامحلول در اسید سولفوریک ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که شرایط بهینه پخت برای لیتتر ترکیه در دمای ۱۳۰°C و غلظت قلیای (۸٪-۸٪)، برای لیتتر ازبکستان در دمای ۱۳۰°C و غلظت قلیای (۱۲٪-۴٪)، برای لیتتر ترکمنستان در دمای ۱۳۰°C و غلظت قلیای (۱۲٪-۴٪) و برای لیتتر ایران شرایط دمایی ۱۳۰°C و غلظت قلیای (۱۴٪-۲٪) می‌باشد؛ بنابراین لیتترهای مورد بررسی را به لحاظ شرایط پخت می‌توان در سه درجه ۱ (لیتتر ترکیه)، درجه ۲ (لیتترهای ترکمنستان و ازبکستان) و درجه ۳ (لیتتر ایران) طبقه‌بندی کرد.

واژه‌های کلیدی: دمای پخت، غلظت قلیا، لیتتر، آلفاسلولز

مقدمه

حل شونده برای تولید مشتقات سلولزی بکار می‌رود. سلولز لیتتر پنبه منبع اصلی تولید اترهای سلولزی با ویسکوزیته بالا، خالص‌ترین استات‌های سلولزی مورد استفاده در تولید LCD، خالص‌ترین سلولز نیترات‌های مورد استفاده در تولید لاک‌الکل‌های بی‌رنگ و شفاف،

به دلیل خلوص بالای سلولز، لیتتر پنبه به عنوان یک ماده سلولزی مناسب در صنعت کاغذ و صنایع شیمیایی مطرح است، به ویژه در مواردی که ویژگی‌های خاصی در محصول مدنظر باشد. لیتتر عمدتاً برای تولید خمیرهای

درصد آلفا سلولز بیشتر، به ویژه در درصد آنتراکینون ۰/۱ درصد تأییدکننده این تأثیر است. استفاده از آنتراکینون به همراه دیوکسان همچنین باعث به وجود آمدن ساختاری بازتر و با دسترس پذیری بیشتر برای خمیر حاصل می شود که برای تولید مشتقات سلولزی بعدی بسیار مفید خواهد بود (Nahed *et al.*, 2012).

همچنین مقایسه واکنش پذیری خمیرهایی که به روش سودا-دیوکسان و روش سودا-دیوکسان-آنتراکینون پیش هیدرولیز شده تهیه شده بودند با خمیر ویسکوز سوزنی برگ تجاری حکایت از آن داشت که هر دو نوع خمیر لینتر سودا و خمیر لینتر سودای پیش هیدرولیز شده در مقایسه با خمیر ویسکوز سوزنی برگ تجاری دارای درصد آلفا سلولز و DP بیشتر، انحلال پذیری کمتر در محلول های قلیایی داغ، کریستالیت بیشتر و واکنش پذیری شیمیایی بالاتری می باشند (Nahed *et al.*, 2012).

در همین ارتباط، چنانچه منطقه آمورف سلولز مورد حمله قرار بگیرد، زنجیر می شکند و واکنش شکست زنجیر سلولز رخ می دهد که این باعث کاهش کل میزان آمورف سلولز و بعد افزایش درجه کریستالیت مربوطه می شود. همچنین در بعضی مواقع، این احتمال وجود دارد که شکست تصادفی سلولز در زنجیر در دسترس در حدود منطقه کریستال رخ بدهد. البته افزایش قابل توجه در ویژگی های کلی آمورف باعث کاهش درجه کریستالیت مربوطه می شود (De Souza *et al.*, 2002).

صنایع شیمیایی پارچین یکی از صنایع مهم تولید خمیرهای حل شونده در کشور بوده که از لینتر پنبه به عنوان ماده اولیه و به روش سودا برای تولید مشتقات سلولزی در دو حوزه تجاری و نظامی استفاده می کند. به دلیل کاهش سطح زیر کشت پنبه و متعاقب آن کاهش لینتر حاصل از آن در کارخانه های روغن کشی، این کارخانه به منظور تأمین ماده اولیه خود بالاجبار باید از کشورهای نظیر ترکیه، ترکمنستان، ازبکستان و ... لینتر وارد کند. به دلیل تنوع در ماده اولیه واصله، کارخانه

سلولز بازسازی شده مورد استفاده در تولید غشاهای فیبری، کاغذهای مخصوص نظیر کاغذهای بسیار مقاوم و کاغذهای بسیار متخلخل و مواد فیبری مورد استفاده در کاربردهای عایقی و تقویت کننده می باشد (Szostak, 2009).

خمیرهای حل شونده به نوعی از لینتر پنبه به وسیله خمیرسازی سودا و از چوب به وسیله پیش هیدرولیز کرافت و فرایند خمیرسازی سولفیت اسیدی تولید می شوند (Barba *et al.*, 2002). در فرایند خمیرسازی برای تولید خمیرهای حل شونده که در واقع مرحله ای از فرایند خالص سازی ماده اولیه است، شرایط مختلفی تأثیرگذارند که مهمترین آنها عبارتند از: غلظت ماده شیمیایی، دما و زمان پخت.

ویژگی های خمیر به طور عمده وابسته به ویژگی های ماده اولیه سلولزی و فرآوری اعمال شده بر روی آن می باشد. بنابراین در مورد یک ماده اولیه خاص نظیر لینتر پنبه، مطالعه در زمینه شرایط فرآوری و انتخاب شرایط بهینه برای رسیدن به محصولی با کیفیت مناسب تر و اقتصادی تر ضروریست. شرایط پخت باید به طریقی انتخاب و بهینه سازی شود که با کمترین تأثیر منفی بر ویژگی های کاربردی خمیر، برای بیشترین بازده تولید در کوتاه ترین زمان پخت و با کمترین مصرف مواد شیمیایی امکان پذیر گردد. بنابراین، مطالعه تأثیر متغیرهای مهم پخت شامل دما، زمان و درصد مواد شیمیایی بسیار مفید می باشد، زیرا با مطالعه و بررسی چنین متغیرهایی می توان به دامنه شرایط بهینه و مناسب برای رسیدن به محصولی با ویژگی های خاص پی برد (Hosseinzadeh *et al.*, 2012).

در این راستا استفاده از مقادیر مختلف آنتراکینون (۰/۲۵، ۰/۰۵ و ۰/۱ درصد بر مبنای وزن خشک خمیر) به همراه دیوکسان در خمیرسازی سودای لینتر پنبه در مقایسه با حالتی که تنها از دیوکسان استفاده می شود، نشان داد که این ماده اثر پایدارکنندگی بیشتری بر روی ماکرومولکول های سلولزی داشته، به طوری که بازده و

(مصرف هیپوکلریت: ۱ کلر فعال؛ میزان مصرف اسید سولفوریک: ۱/۳ برابر کلر فعال؛ دما: ۵۰ درجه سانتی‌گراد و غلظت خمیر: ۱۰٪) مورد رنگ‌بری قرار گرفته و بعد ارزیابی شدند. طرح مورد استفاده نیز در این تحقیق از نوع کاملاً تصادفی بوده و برای مقایسه نتایج میانگین اندازه‌گیری‌ها از آزمون دانکن و نرم‌افزار SPSS استفاده گردید.

نتایج

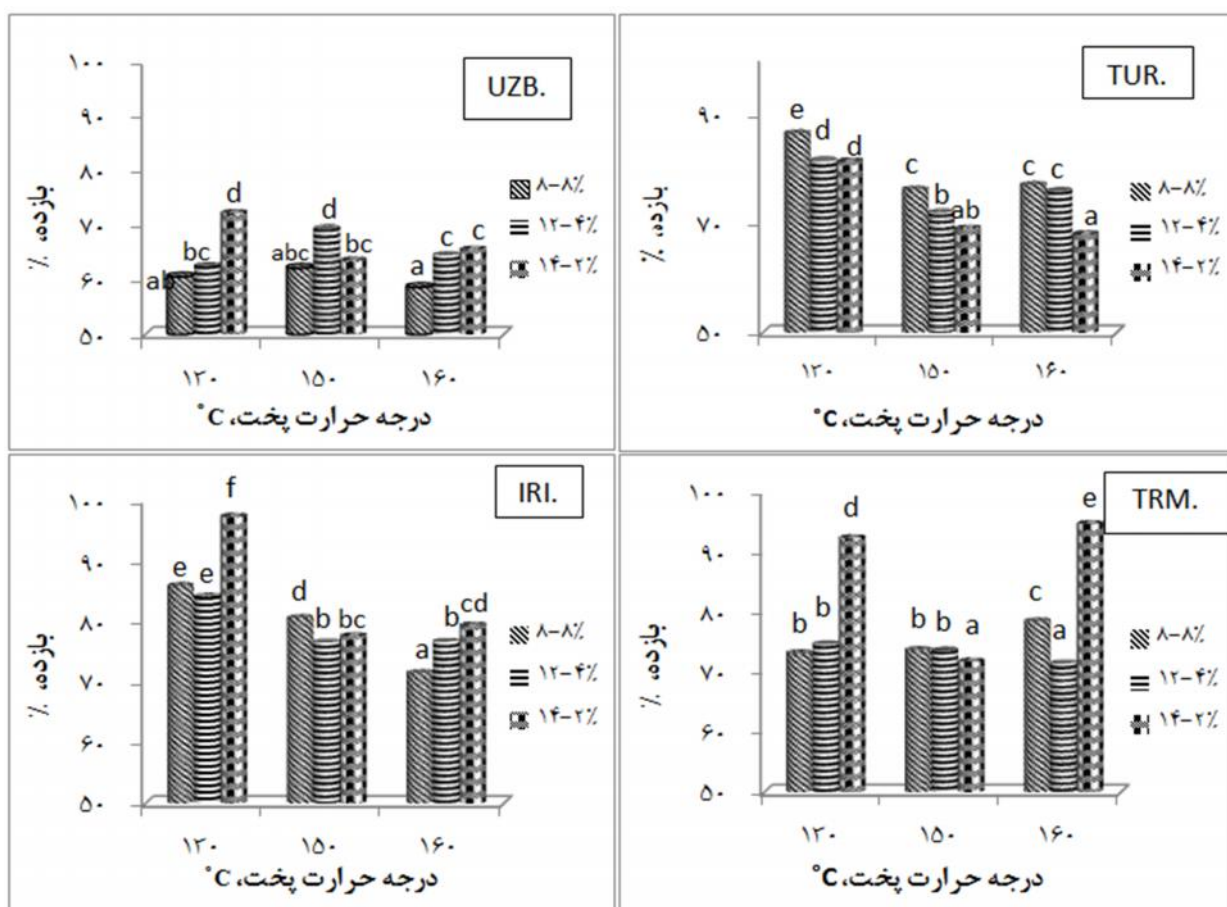
۱- بازده خمیرسازی لینترهای مختلف پنبه

همان‌گونه که در نمودارهای شکل ۱ ملاحظه می‌شود برای هر چهار نوع لینتر، بیشترین بازده مربوط به دمای ۱۳۰ درجه بوده، به طوری که لینتر ازبکستان و ترکمنستان به ترتیب از بالاترین مقادیر برخوردار بودند. همچنین در بیشتر موارد شرایط ۱۴ درصد مرحله اول و ۲ درصد مرحله دوم گزینه مناسب‌تری از نظر این ویژگی بودند. لازم به ذکر است که شدت افزایش درصد بازده در تیمارهای واجد غلظت بالاتر در مرحله اول، در دمای پایین‌تر مورد بررسی (۱۳۰°C) بیشتر از دماهای بالاتر بوده که حکایت از تأثیر همزمان کاهش دما و افزایش غلظت بر بازده دارد. ملاحظه شکل مذکور همچنین نشان می‌دهد که به‌طور کلی با افزایش دمای پخت، مقادیر بازده سیر نزولی پیدا می‌کند. البته این روند در مورد لینتر ایران به‌ویژه در شرایط غلظت ۱۴ درصد در مرحله اول و ۲ درصد در مرحله دوم (۲-۱۴٪) و دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌صورت استثناء افزایش پیدا کرده است که این افزایش با وجود اینکه عنوان بیشترین بازده را از آن خود کرده ولی با دقت در نمودار مربوط به لینتر مورد نظر مشاهده می‌شود که با تیمار ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد و همان شرایط غلظت ۱۴ درصد مرحله اول و ۲ درصد مرحله دوم (۲-۱۴٪)، هرچند دارای اختلاف آماری است ولی دو تیمار تقریباً دارای مقادیر بازده مشابهی می‌باشند.

مذکور در امر خالص‌سازی آنها در خط تولید با مشکلاتی مواجه می‌باشد، به طوری که با یک شرایط پخت مشخص قادر نیست به شرایط بهینه محصول پایه آلفا سلولز دست یابد. از این رو این تحقیق با تمرکز بر بهینه‌سازی شرایط پخت برای هر یک از لینترهای مورد استفاده در کارخانه فوق‌الذکر، به دنبال دستیابی به شرایط بهینه پخت و ارائه شرایط اختصاصی پخت برای هر یک از آنهاست تا کارخانه فوق بر این اساس ضمن تنظیم شرایط پخت برای هر نوع لینتر بتواند به محصولی با کیفیت مطلوب دست یابد.

مواد و روش‌ها

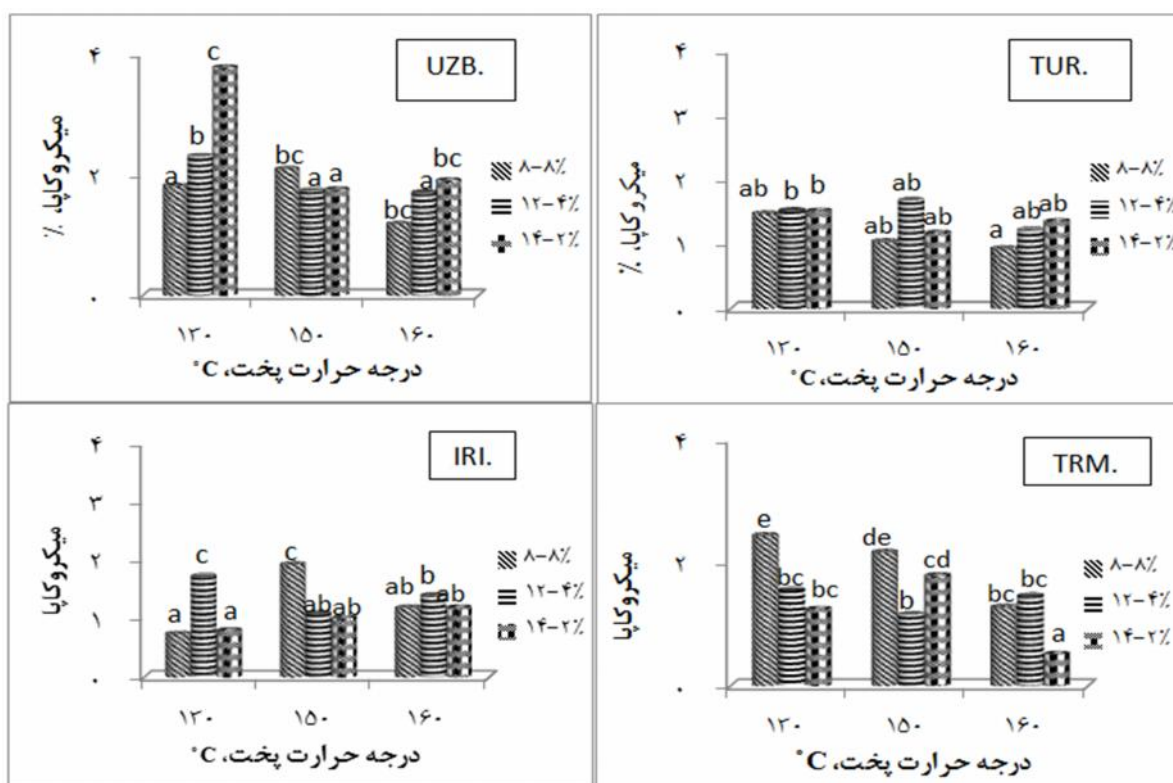
نمونه‌های لینتر پنبه مورد آزمایش در قالب چهار نوع لینتر پنبه از کشورهای ترکیه (کد TUR)، ترکمنستان (کد TRM)، ازبکستان (کد OZB) و ایران (کد IRI) از کارخانه نظامی صنایع پارچین تهیه شد. خمیرسازی برای هر یک از گونه‌های لینتر پنبه دو مرحله‌ای و با زمان ثابت ۴ ساعت برای هر دو مرحله انجام شد. عملیات پخت در سه سطح دمایی ۱۳۰، ۱۵۰ و ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد و در درصدهای غلظت مواد شیمیایی ۸ درصد مرحله اول و ۸ درصد مرحله دوم، ۱۲ درصد مرحله اول و ۴ درصد مرحله دوم، ۱۴ درصد مرحله اول و ۲ درصد مرحله دوم انجام شد. برای خمیرهای حاصل، ویژگی‌هایی نظیر بازده، میکروکاپا بر اساس TAPPI UM 246، اندیس مس بر اساس TAPPI T430، گروه‌های کربوکسیل بر اساس روش Klemm و همکاران (۱۹۹۸)، آلفا سلولز بر اساس استاندارد فرانسوی SNPE، میزان ماندگاری آب بر اساس TAPPI UM-256، ویسکوزیته بر اساس TAPPI T 222 cm-01، پنتوزان بر اساس TAPPI T 222 نامحلول در اسید سولفوریک بر اساس استاندارد فرانسوی SNPE اندازه‌گیری شده است. گفتنی است به منظور شبیه‌سازی و مقایسه نتایج این تحقیق با شرایط کارخانه، کلیه خمیرها با توالی HA در شرایط مشابه کارخانه



شکل ۱- بازده خمیرسازی هریک از لینترهای پنبه در شرایط مختلف ماده شیمیایی و درجه حرارت

همچنین نمودار مربوط به لینتر ترکمنستان نشان می‌دهد که شرایط دمایی ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد به‌طور کلی به دلیل داشتن بازده بالاتر (شکل ۱) و داشتن محدوده‌های قابل قبول اندیس مس و گروه‌های کربوکسیل (شکل‌های ۳ و ۴) می‌تواند برای لینتر ترکمنستان مطلوب باشد. بر اساس نمودار مربوط به لینتر ایران در شکل ۲، میزان میکروکاپای خمیر لینتر پنبه حاصل از تیمار IRI 14,2-160 دارای کمترین میزان میکروکاپا بوده و بعد از آن تیمار IRI 12,4-150 قرار دارد و بیشترین میزان میکروکاپا مربوط به تیمار IRI 8,8-130 می‌باشد. همان‌گونه که دیده می‌شود تیمار IRI 14,2-160، هرچند دارای مقادیر بازده بالاتر (شکل ۱) و میکروکاپای کمتری است ولی از مقدار آلفا سلولز (شکل ۵) پایین‌تر برخوردار است.

۲- میکروکاپای خمیر حاصل از لینترهای پنبه مختلف مشاهده کلی نمودارهای شکل ۲ نشان می‌دهد که در هر شرایط دمایی، با افزایش غلظت قلیا در مرحله اول و کاهش غلظت قلیا در مرحله دوم، میزان میکروکاپا عمدتاً افزایش یافته و با افزایش درجه حرارت نیز میزان میکروکاپا، به استثنای لینتر ترکمنستان، تقریباً کاهش یافته است. با کنار هم دیدن نمودارهای بازده (شکل ۱) و میکروکاپای (شکل ۲) لینتر ترکیه، ملاحظه می‌شود که افزایش غلظت در مرحله اول پخت و کاهش آن در مرحله دوم، به‌ویژه در تیمار TUR 14,2-130 با وجود داشتن میکروکاپای بالاتر در مقایسه با سایر تیمارها، ولی به دلیل داشتن بازده بالاتر می‌تواند مطلوب‌تر باشد. در ارتباط با لینتر ازبکستان همان‌گونه که در نمودار مربوطه نیز ملاحظه می‌شود بین تیمارهای مختلف تقریباً اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

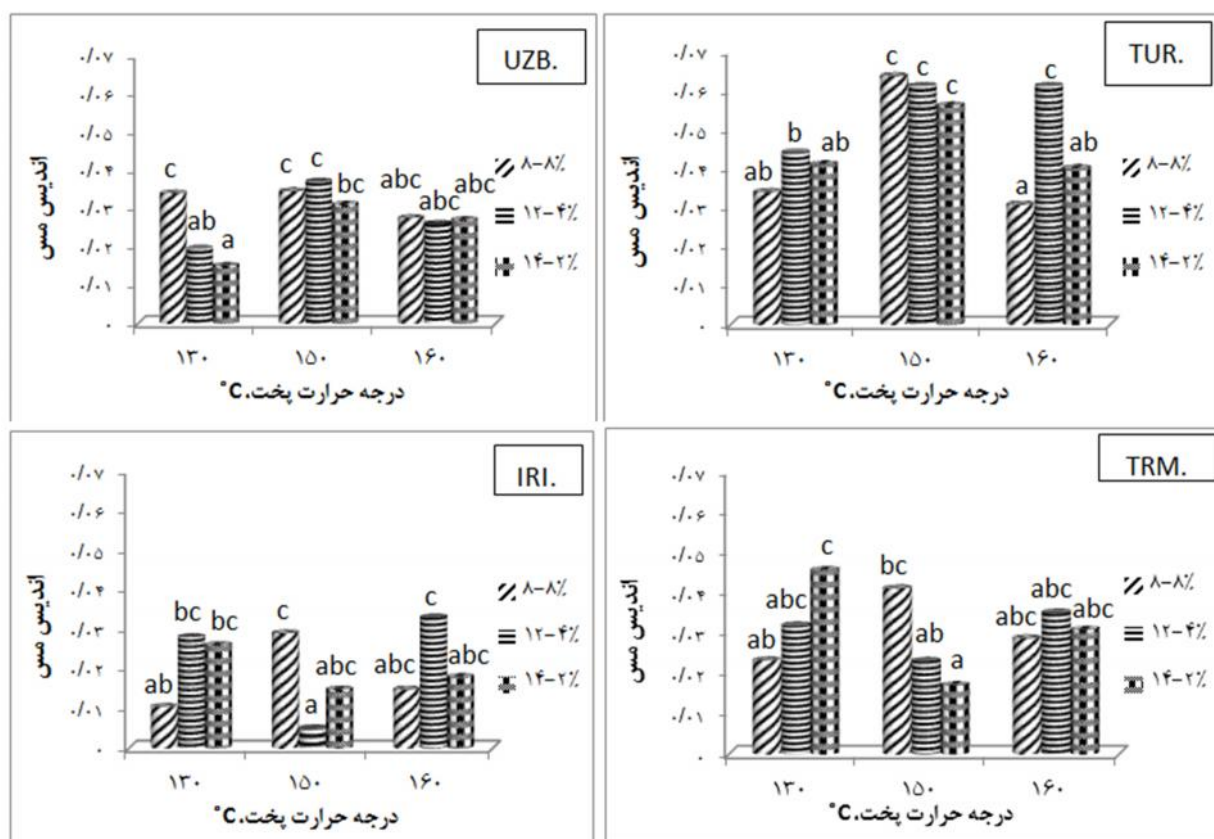


شکل ۲- میزان میکروکاپای خمیرسازی هریک از لینترهای پنبه در شرایط مختلف ماده شیمیایی و درجه حرارت

اول و کاهش آن در مرحله دوم باعث کاهش قابل ملاحظه در عدد مس شده است که اوج این کاهش را می‌توان در تیمار UZB 14,2-130 مشاهده کرد. در مجموع در مقایسه با لینتر ترکیه، مقادیر اندیس مس در لینتر ازبکستان در سطوح پایین‌تری است. بر اساس نتایج ارائه شده در شکل مورد نظر، تغییرات دما و غلظت در پخت کارخانه تأثیر معنی‌داری بر اندیس مس خمیر حاصل از لینتر ترکمنستان نداشته، علاوه بر این از روند خاصی نیز پیروی نکرده است. همان‌گونه که دیده می‌شود بهترین تیمار از نظر این ویژگی TRM 14,2-150 می‌باشد که البته به لحاظ آماری با تیمار TRM 8,8-130 اختلافی ندارد؛ اما اثر تغییرات شرایط دما و غلظت پخت کارخانه در مورد لینتر ایران بسیار فاحش بوده، به طوری که بهترین تیمار از نظر عدد مس به تیمار IRI 12,4-150 اختصاص دارد که البته با تیمار IRI 8,8-130 اختلاف معنی‌داری نشان نمی‌دهد.

۳- اندیس مس خمیر حاصل از لینترهای پنبه مختلف مقایسه چهار نمودار ارائه شده لینترهای مختلف در شکل ۳ نشان می‌دهد که اولاً سطوح اندیس مس در خمیرهای حاصل از لینتر ترکیه در بالاترین حد و اندیس مس در خمیرهای حاصل از لینتر ایران از پایین‌ترین سطح برخوردار است. علاوه بر آن شرایط دمایی ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد به لحاظ ایجاد گروه‌های کربنیل کمترین اثر را دارد. همچنین با افزایش غلظت قلیا در مرحله اول و کاهش غلظت قلیا در مرحله دوم، میزان اندیس مس در بیشتر موارد ابتدا افزایش و بعد کاهش یافته و با تغییر شرایط کارخانه به لحاظ درجه حرارت و غلظت، میزان اندیس مس عمدتاً کاهش یافته است.

در مورد لینتر ترکیه، خمیر حاصل از تیمار TUR 8,8-160 دارای کمترین میزان اندیس مس بوده و بعد از آن تیمار TUR 8,8-130 قرار دارد و بیشترین میزان اندیس مس مربوط به تیمار TUR 8,8-150 می‌باشد. در ارتباط با لینتر ازبکستان، افزایش غلظت قلیا در مرحله



شکل ۳- مقدار اندیس مس حاصل از خمیرسازی لیتترهای مختلف پنبه در شرایط مختلف ماده شیمیایی و درجه حرارت

و بیشترین میزان گروه کربوکسیل مربوط به تیمار UZB 12,4-130 می باشد. این گروه بندی نشان می دهد که با افزایش غلظت قلیا در مرحله اول و کاهش غلظت قلیا در مرحله دوم، میزان گروه های کربوکسیل به استثنای تیمار UZB 14,2-160 تغییر عمده ای نداشته و با افزایش درجه حرارت نیز میزان گروه های کربوکسیل تنها در حالت استثنای فوق، باعث کاهش گروه های مذکور شده است. بنابراین به نظر می رسد که تغییر شرایط پخت لیتتر پنبه ازبکستان تأثیر قابل ملاحظه ای در گروه های کربوکسیل موجود در خمیر نداشته است.

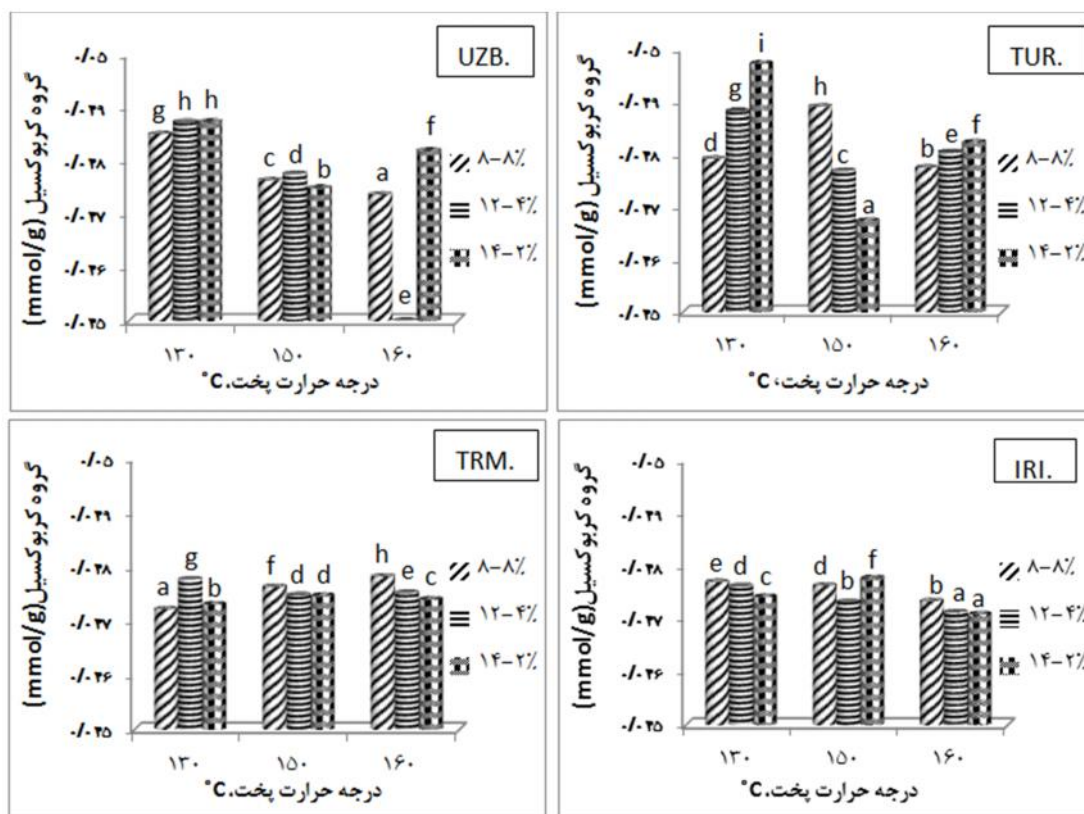
در ارتباط با لیتتر پنبه ترکمنستان، خمیر حاصل از شرایط تیمار TRM 8,8-130 دارای کمترین میزان گروه کربوکسیل بوده و بعد از آن تیمار TRM 14,2-130 قرار دارد و بیشترین میزان گروه کربوکسیل مربوط به تیمار TRM 8,8-160 می باشد. این گروه بندی نشان می دهد که افزایش غلظت قلیا در مرحله اول و کاهش غلظت قلیا در

۴- گروه کربوکسیل خمیر حاصل از لیتترهای پنبه مختلف بر اساس نمودار ارائه شده مربوط به لیتتر ترکیه در شکل ۴، میزان گروه های کربوکسیل خمیر لیتتر پنبه حاصل از تیمار TUR 14,2-150 دارای کمترین میزان گروه کربوکسیل بوده و بعد از آن تیمار TUR 12,4-150 قرار دارد و بیشترین میزان گروه کربوکسیل مربوط به تیمار TUR 14,2-130 می باشد. این گروه بندی نشان می دهد که با افزایش غلظت قلیا در مرحله اول و کاهش غلظت قلیا در مرحله دوم، میزان گروه های کربوکسیل به استثنای شرایط کارخانه عمدتاً افزایش یافته و با افزایش درجه حرارت نیز میزان گروه های کربوکسیل عمدتاً کاهش یافته است. گفتنی است وقتی در شرایط کارخانه غلظت قلیای مرحله اول افزایش و مرحله دوم کاهش می یابد حضور گروه های کربوکسیل کم رنگ می شود.

در مورد لیتتر پنبه ازبکستان، خمیر حاصل از تیمار UZB 12,4-160 دارای کمترین میزان گروه کربوکسیل بوده

لینتر احتمالاً شرایط دمایی ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد و افزایش غلظت در مرحله اول و کاهش غلظت در مرحله دوم، از نظر این ویژگی می‌تواند مطلوب باشد.

مرحله دوم، میزان گروه‌های کربوکسیل را در مجموع کاهش می‌دهد و با افزایش درجه حرارت نیز میزان گروه‌های کربوکسیل عمدتاً افزایش یافته است. در این گونه



شکل ۴- مقدار گروه‌های کربوکسیل حاصل از خمیرسازی لینترهای مختلف پنبه در شرایط مختلف ماده شیمیایی و درجه حرارت

پنبه ترکیه حاصل از شرایط تیمار 8,8-130 دارای بیشترین میزان درصد آلفا سلولز بوده و بعد از آن تیمار TUR 8,8-150 قرار دارد و کمترین میزان درصد آلفا سلولز مربوط به تیمار TUR 8,8-160 می‌باشد. این گروه‌بندی نشان می‌دهد با افزایش غلظت قلیا در مرحله اول و کاهش غلظت قلیا در مرحله دوم و همچنین افزایش درجه حرارت، میزان درصد آلفا سلولز عمدتاً کاهش یافته است. همان‌طور که در شکل مذکور نیز نشان داده شده، نخست شرایط دمایی ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با سایر شرایط از نظر میزان آلفا سلولز خمیر در رتبه بالاتری قرار دارد و درثانی غلظت قلیای ۸ درصد در هر دو مرحله در این شرایط دمایی بهتر بوده است که البته با شرایط کارخانه، با میانگین

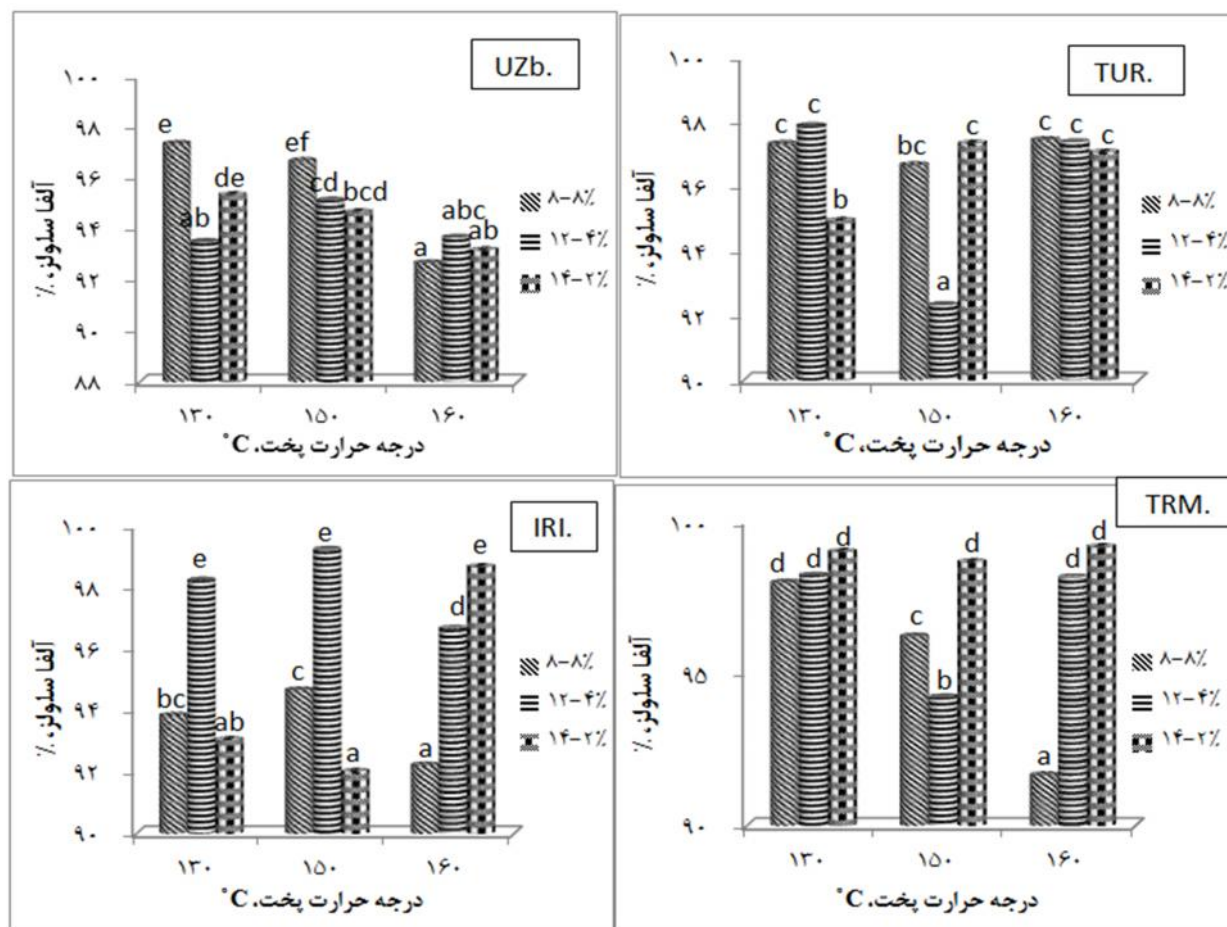
همچنین در مورد لینتر ایران، خمیر حاصل از شرایط تیمار IRI 14,2-160 دارای کمترین میزان گروه کربوکسیل بوده و بعد از آن تیمار IRI 12,4-160 قرار دارد و بیشترین میزان گروه کربوکسیل مربوط به تیمار IRI 14,2-150 می‌باشد. این گروه‌بندی نشان می‌دهد که با افزایش غلظت قلیا در مرحله اول و کاهش غلظت قلیا در مرحله دوم، میزان گروه‌های کربوکسیل به‌طور عمده کاهش یافته و افزایش دما نیز اثر چشم‌گیری در کاهش گروه‌های مذکور داشته است.

۵- آلفا سلولز خمیر حاصل از لینترهای پنبه مختلف بر اساس شکل ۵ میزان درصد آلفا سلولز خمیر لینتر

ندارد. همچنین کمترین میزان درصد آلفا سلولز مربوط به تیمار UZB 14,2-150 می‌باشد. این گروه‌بندی نشان می‌دهد با افزایش غلظت قلیا در مرحله اول و کاهش غلظت قلیا در مرحله دوم و نیز با افزایش درجه حرارت، میزان درصد آلفا سلولز اکثراً با نقصان مواجه بوده است.

بالتر آلفا سلولز، به لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار نشان نمی‌دهد.

نتایج ارائه شده در مورد لینتر ازبکستان نشان می‌دهد که خمیر حاصل از تیمار UZB 12,4-130 دارای بیشترین میزان درصد آلفا سلولز بوده و بعد از آن تیمار UZB 8,8-160 قرار دارد که البته به لحاظ آماری بین آنها اختلاف معنی‌دار وجود



شکل ۵- درصد آلفا سلولز حاصل از خمیرسازی لینترهای مختلف پنبه در شرایط مختلف ماده شیمیایی و درجه حرارت

گروه‌بندی نشان می‌دهد با افزایش غلظت قلیا در مرحله اول و کاهش غلظت قلیا در مرحله دوم، میزان درصد آلفا سلولز ابتدا افزایش و بعد عمده‌تاً کاهش یافته است، به استثنای تیمار دمایی ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد که سیر صعودی داشته، از این رو با افزایش درجه حرارت نیز میزان درصد آلفا سلولز عمده‌تاً سیر افزایشی نشان می‌دهد.

همچنین نتایج ارائه شده درباره لینتر ایران حکایت از آن

به‌علاوه بر اساس نمودار مربوط به لینتر ترکمنستان در شکل ۵، میزان درصد آلفا سلولز خمیر لینتر پنبه حاصل از تیمار TRM 12,4-150 دارای بیشترین میزان درصد آلفا سلولز بوده و بعد از آن تیمار TRM 14,2-160 قرار دارد که البته با یکدیگر و نیز با تیمار TRM 12,4-130 اختلاف معنی‌داری نشان نداده است. کمترین میزان درصد آلفا سلولز هم مربوط به تیمار TRM 14,2-150 می‌باشد. این

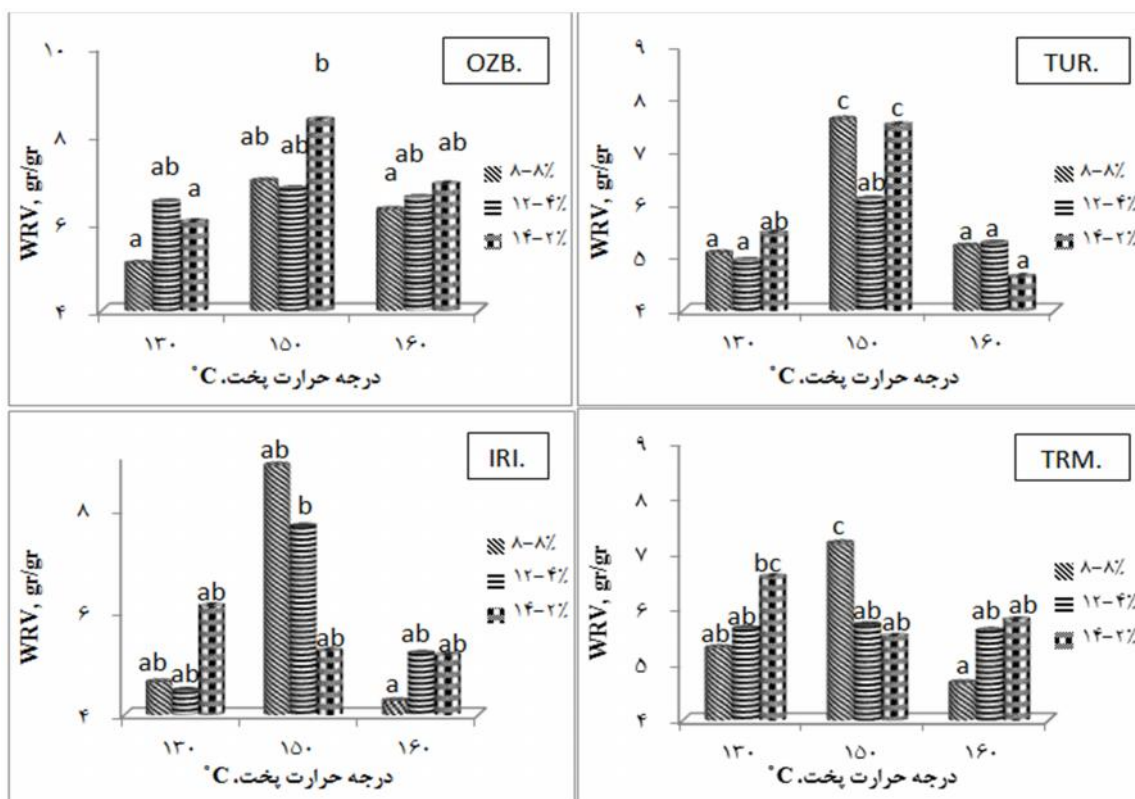
می‌شود بین بیشتر تیمارها از نظر ویژگی WRV اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. این گروه‌بندی نشان می‌دهد با افزایش غلظت قلیا در مرحله اول و کاهش غلظت قلیا در مرحله دوم و نیز افزایش دما، میزان ماندگاری آب عمدتاً افزایش یافته است.

نمودار مربوط به لیتتر پنبه ازبکستان در شکل ۶ نشان می‌دهد که خمیر حاصل از شرایط تیمار $UZB\ 8,8-150$ دارای بیشترین میزان ماندگاری آب بوده و بعد از آن تیمار $UZB\ 14,2-150$ قرار دارد و کمترین میزان ماندگاری آب مربوط به تیمار $UZB\ 14,2-160$ می‌باشد. این گروه‌بندی نشان می‌دهد با افزایش غلظت قلیا در مرحله اول و کاهش غلظت قلیا در مرحله دوم، میزان ماندگاری آب عمدتاً افزایش یافته است و با افزایش درجه حرارت نیز میزان ماندگاری آب ابتدا افزایش و بعد کاهش یافته است.

دارد که میزان درصد آلفا سلولز خمیر لیتتر پنبه حاصل از تیمار $IRI\ 14,2-160$ دارای بیشترین میزان درصد آلفا سلولز بوده و بعد از آن تیمار $IRI\ 14,2-130$ قرار دارد و کمترین میزان درصد آلفا سلولز مربوط به تیمار $IRI\ 8,8-160$ می‌باشد. این گروه‌بندی نشان می‌دهد با افزایش غلظت قلیا در مرحله اول و کاهش غلظت قلیا در مرحله دوم و نیز افزایش دما، میزان درصد آلفا سلولز عمدتاً افزایش یافته است.

۶- WRV خمیر حاصل از لیتترهای پنبه مختلف

نتایج ارائه شده در شکل ۶ نشان می‌دهد که در مورد لیتتر ترکیه، خمیر حاصل از تیمار $TUR\ 14,2-150$ دارای بیشترین میزان ماندگاری آب بوده و بعد از آن تیمار $TUR\ 8,8-150$ قرار دارد و کمترین میزان ماندگاری آب مربوط به تیمار $TUR\ 8,8-130$ می‌باشد. همان‌گونه که مشاهده



شکل ۶- مقدار WRV حاصل از خمیرسازی لیتترهای مختلف پنبه در شرایط مختلف ماده شیمیایی و درجه حرارت

همچنین نتایج مربوط به لینتر پنبه ترکمنستان در شکل مذکور بیانگر این مطلب است که میزان ماندگاری آب در خمیر حاصل از تیمار TRM 8,8-150 دارای بیشترین میزان ماندگاری آب بوده و بعد از آن تیمار TRM 12,4-150 قرار دارد و کمترین میزان ماندگاری آب مربوط به تیمار TRM 8,8-160 می‌باشد. این گروه‌بندی نشان می‌دهد با افزایش غلظت قلیا در مرحله اول و کاهش غلظت قلیا در مرحله دوم، مقدار ویسکوزیته در دمای ۱۳۰ درجه افزایش و در دو دمای دیگر کاهش یافته است. این موضوع با افزایش درجه حرارت نیز به‌طور چشم‌گیری قابل مشاهده است. همچنین درباره لینتر ازبکستان، خمیر حاصل از شرایط تیمار UZB 8,8-130 دارای بیشترین مقدار ویسکوزیته بوده و بعد از آن تیمار UZB 12,4-130 قرار دارد و کمترین مقدار ویسکوزیته مربوط به تیمار UZB 14,2-160 می‌باشد. این گروه‌بندی نشان می‌دهد با افزایش غلظت قلیا در مرحله اول و کاهش غلظت قلیا در مرحله دوم و نیز با افزایش دما، مقدار ویسکوزیته به‌طور کلی کاهش یافته است. با مقایسه شکل‌های ۱، ۲، ۴ و ۸ در مورد لینتر ترکمنستان، ملاحظه می‌شود که افزایش غلظت در مرحله اول پخت و کاهش آن در مرحله دوم به‌ویژه در تیمار TRM 12,4-130 دارای بازده بالا، مقدار کاپا و گروه کربوکسیل پایین و همچنین مقدار پنتوزان پایین می‌تواند مطلوب‌تر باشد. همچنین مقایسه میانگین ویسکوزیته بین خمیرهای مختلف حاصل از لینتر ایران در شکل مذکور نشان می‌دهد که بیشترین مقدار ویسکوزیته مربوط به تیمار IRI 8,8-130 در مقایسه با شرایط کارخانه (IRI 8,8-150) در شرایط بسیار مطلوب‌تری قرار دارد.

همچنین از ویژگی‌های دیگری که در این تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفت میزان مواد نامحلول در اسید سولفوریک و مقدار پنتوزان موجود در خمیرهای حاصل بود که به دلیل مقدار قابل قبول آنها و نیز محدودیت صفحه در این مقاله گنجانیده نشده است.

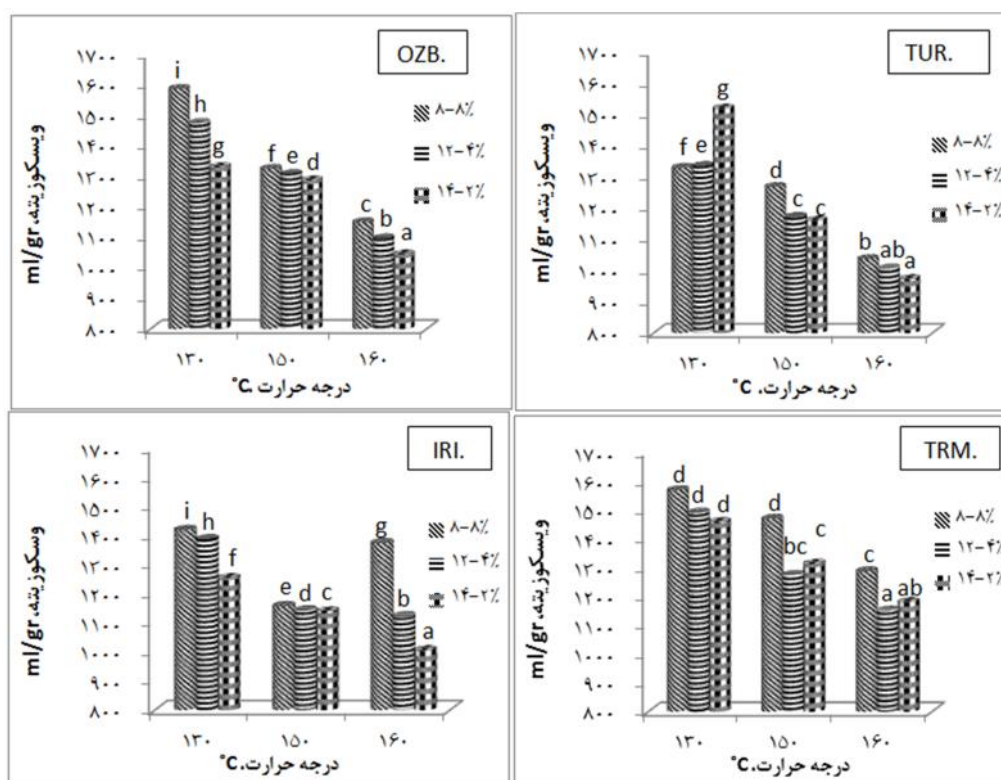
بعلاوه اینکه نتایج مربوط به لینتر پنبه ایران نشان می‌دهد که میزان ماندگاری آب در خمیر لینتر پنبه حاصل از تیمار IRI 8,8-150 دارای بیشترین میزان ماندگاری آب بوده و بعد از آن تیمار IRI 14,2-130 قرار دارد و کمترین میزان ماندگاری آب مربوط به تیمار IRI 8,8-160 می‌باشد. این گروه‌بندی نشان می‌دهد که با افزایش غلظت قلیا در مرحله اول و کاهش غلظت قلیا در مرحله دوم و نیز با افزایش دما، میزان ماندگاری آب عمدتاً افزایش یافته است.

نتایج مربوط به لینتر پنبه ایران نشان می‌دهد که میزان ماندگاری آب در خمیر لینتر پنبه حاصل از تیمار IRI 8,8-150 دارای بیشترین میزان ماندگاری آب بوده و بعد از آن تیمار IRI 14,2-130 قرار دارد و کمترین میزان ماندگاری آب مربوط به تیمار IRI 8,8-160 می‌باشد. این گروه‌بندی نشان می‌دهد که با افزایش غلظت قلیا در مرحله اول و کاهش غلظت قلیا در مرحله دوم و نیز با افزایش دما، میزان ماندگاری آب عمدتاً افزایش یافته است.

۷- ویسکوزیته موجود در خمیر لینتر پنبه

نمودارهای شکل ۷ نشان می‌دهند با افزایش دمای پخت، میزان ویسکوزیته به‌طور کلی کاهش یافته است. همچنین در تیمارهای مختلف تغییر غلظت قلیا در شرایط پخت لینترهای مختلف نیز از نظر ویژگی ویسکوزیته روند مشخصی دیده نمی‌شود.

بر اساس نتایج ارائه شده مربوط به لینتر ترکیه در شکل مذکور، خمیر حاصل از تیمار TUR 14,2-130 دارای بیشترین مقدار ویسکوزیته بوده و بعد از آن تیمار



شکل ۷- مقدار ویسکوزیته حاصل از خمیرسازی لینترهای مختلف پنبه در شرایط مختلف ماده شیمیایی و درجه حرارت

بحث

دوم فراهم می‌گردد؛ به طوری که تخریب لیگنین باقیمانده راحت‌تر و با صدمه کمتری به کربوهیدرات‌ها انجام شده، در نتیجه بازده خمیرسازی در اغلب موارد ارتقا یافته که متناسب با دمای محیط واکنش و شدت تغییرات متفاوت بوده است. لازم به ذکر است که شدت افزایش درصد بازده در تیمارهای واجد غلظت بالاتر در مرحله اول، در دمای پایین‌تر مورد بررسی (130°C) بیشتر از دماهای بالاتر بوده که حکایت از تأثیر همزمان کاهش دما و غلظت بر بازده دارد. به عبارتی دمای بالا افزایش تخریب کربوهیدرات‌ها را به همراه داشته، از این‌رو بیشترین بازده‌ها در دمای 130°C و غلظت قلیای بیشتر در مرحله اول اتفاق افتاده است. همچنین در مراحل اولیه پخت، بخشی از قلیا صرف خنثی‌سازی اسیدهای به وجود آمده از هیدرولیز مواد تشکیل‌دهنده الیاف می‌شود؛ به طوری که اگر پخت با غلظت کمتر قلیا در مرحله اول شروع شود، تأثیر مواد شیمیایی در طی پخت به سرعت

این تحقیق با تمرکز بر بهینه‌سازی شرایط پخت برای لینترهای چهار کشور مختلف مورد استفاده در کارخانه صنایع شیمیایی پارچین، به دنبال دستیابی به شرایط بهینه پخت و ارائه شرایط اختصاصی پخت برای هر یک از آنها بوده است تا کارخانه فوق بر این اساس ضمن تنظیم شرایط پخت برای هر نوع لینتر بتواند به محصولی با کیفیت مطلوب دست یابد. در این راستا نسبت به تغییرات غلظت ماده شیمیایی در شرایط پخت کارخانه به صورت افزایش در مرحله اول پخت و کاهش در مرحله دوم اقدام شد. در حقیقت بالاتر بودن غلظت مواد شیمیایی در مرحله اول به دلیل زیاد بودن غلظت یون هیدروکسیل، سرعت لیگنین‌زدایی را افزایش و بر جداسازی سریع سلولز اثر می‌گذارد؛ بنابراین، عمدتاً تخریب لیگنین اتفاق افتاده و با شستشوی انجام شده، مواد تخریب‌شده خارج و سطح ویژه بیشتری برای نفوذ و عمل قلیا در مرحله

می توان به شرایط ذیل به عنوان شرایط مطلوب اشاره کرد: در مورد لینتر ترکیه؛ تیمار با شرایط دمایی ۱۳۰ درجه سانتی گراد و غلظت قلیا ۸ درصد مرحله اول و ۸ درصد مرحله دوم (TUR 8,8-130) گزینه مناسب پیشنهاد می شود. البته شرایط جاری کارخانه یعنی شرایط دمایی ۱۵۰ درجه سانتی گراد و غلظت قلیا ۸ درصد مرحله اول و ۸ درصد مرحله دوم (TUR 12,4-150) دارای مقدار آلفاسلولز مشابهی می باشد.

در مورد لینتر ازبکستان؛ شرایط دمایی ۱۳۰ درجه سانتی گراد و غلظت قلیا ۱۲ درصد مرحله اول و ۴ درصد مرحله دوم (OZB 12,4-130) گزینه مطلوب می باشد. در این میان تغییر شرایط عملیاتی کارخانه به صورت تیمار دمایی ۱۵۰ درجه سانتی گراد و غلظت قلیا ۱۴ درصد مرحله اول و ۲ درصد مرحله دوم (OZB 14,2-150) نیز می تواند به عنوان انتخاب دوم باشد.

در مورد لینتر ترکمنستان؛ شرایط دمایی ۱۳۰ درجه سانتی گراد و غلظت قلیا ۱۲ درصد مرحله اول و ۴ درصد مرحله دوم (TRM 12,4-130) از ارجحیت برخوردار است. در این ارتباط تغییر شرایط کارخانه به صورت شرایط دمایی ۱۵۰ درجه سانتی گراد و غلظت قلیا ۱۲ درصد مرحله اول و ۴ درصد مرحله دوم (TRM 12,4-150) نیز به خمیر با ویژگی های مطلوبی ختم خواهد شد.

در مورد لینتر ایران؛ شرایط دمایی ۱۳۰ درجه سانتی گراد و غلظت قلیا ۱۴ درصد مرحله اول و ۲ درصد مرحله دوم (IRI 14,2-130) ترجیح دارد. علاوه بر آن، شرایط کارخانه ای با تیمار دمایی ۱۵۰ درجه سانتی گراد و غلظت قلیای ۱۴ درصد مرحله اول و ۲ درصد مرحله دوم (IRI 12,4-150) نیز می تواند به عنوان اولویت دوم مطرح باشد.

بنابراین لینترهای مورد بررسی را به لحاظ شرایط پخت می توان در سه درجه ۱ (لینتر ترکیه)، درجه ۲ (لینترهای ترکمنستان و ازبکستان) و درجه ۳ (لینتر ایران) طبقه بندی کرد.

کاهش یافته، به طوری که لازم است در مرحله دوم بار قلیای بیشتری مصرف شود تا بتوان به نتیجه مورد نظر دست یافت. البته کم بودن غلظت قلیا علاوه بر لیگنین-زدایی ناقص و به همراه داشتن تخریب بالاتر کربوهیدرات ها در مرحله بعدی، احتمال باز جذب لیگنین بر سطح الیاف را نیز برجای می گذارد (Hossein, 2009). در این ارتباط افزایش گروه های کربنیل و کربوکسیل که عمدتاً ناشی از تخریب کربوهیدرات ها هستند و در زمان پخت و رنگ بری حاصل می شوند (Stenius, 2000) و (Dang, 2007) متأثر از تغییرات شرایط پخت می باشند؛ به طوری که با افزایش دما گروه های کربنیل عمدتاً افزایش و گروه های کربوکسیل اکثراً کاهش می یابند. بعلاوه اینکه افزایش غلظت در مرحله اول و کاهش آن در مرحله دوم پخت در مورد گروه های کربنیل ابتدا باعث افزایش و بعد موجب کاهش شده و در مورد گروه های کربوکسیل عمدتاً با نقصان همراه بوده است. گفتنی است که گروه های مذکور معمولاً به صورت باندهای دوگانه و یا گروه های اسیدی خود را نشان داده که خمیر حاصل خود را به صورت برگشت روشنی خمیر نشان می دهد. از این رو اگر غلظت مرحله اول به دقت انتخاب گردد، اجتناب از اثرات منفی ذکر شده دور از ذهن نیست. همچنین بررسی نتایج نشان می دهد که به استثنای لینتر ترکیه، افزایش غلظت قلیا در مرحله اول و کاهش آن در مرحله دوم در مورد سایر لینترها با رویکرد مثبتی مواجه شده است. همچنین می توان گفت که شرایط مناسب دمایی برای لینترهای مورد استفاده کارخانه فوق الذکر در دو دمای ۱۳۰ و ۱۵۰ درجه سانتی گراد می باشد و دمای ۱۶۰ درجه سانتی گراد به دلیل نداشتن ویژگی های جامع شرایط پیشنهاد نمی شود. بنابراین بر اساس نتایج به دست آمده از کلیه شرایط پخت و آزمودن دامنه گسترده ای از ویژگی های ساختاری خمیرهای حاصل و نیز به ترتیب با اولویت قرار دادن مقدار آلفاسلولز، ویسکوزیته، میزان گروه های کربنیل و کربوکسیل، میکروکاپا، بازده و ... برای هر نوع خمیر، به طور خلاصه

Fundamentals and Analytical Methods. WILEY-VCH, 286p.

- Nahed A. ABD El-Ghany, 2012. Organosolv Pulping of Cotton Linter. Effect of dioxane and Anthraquinone on Cotton Linter Properties. *Cellulose Chemistry and Technology*, 46 (1-2), 137-145.
- Ragauska. Art, J. 2009. Influence of Hexenuronic Acids on Kraft Bleaching, Overview of Hexenuronic Acids on pulp bleaching. vol 1-30.
- Sczostak. A. 2009. Cotton Linters: An Alternative Cellulosic Raw Material. *Macromolecule Symposium*, 280, 45-53.
- Stenius, P. 2000. *Forest Products Chemistry*. Finish paper Engineers. TAPPT press, 350p.
- Dang, Z. 2007. The Investigation of Carboxyl Groups of Pulp Fibers during Kraft Pulping, Alkaline Peroxide Bleaching, and TEMPO-mediated Oxidation, PhD Dissertation, Chemical Engineering Department, School of Chemical and Biomolecular Engineering, 234p.

منابع مورد استفاده

- Hossein M. A., 2009. Comparative study of soda and soda-AQ pulping of corn stalks, MSc thesis, Faculty of Islamic Azad University, Karaj Branch, 135p.
- Hosseinzadeh A. and Latibari A. J., 2012. Effects of cooking conditions on delignification and viscosity of Bagasse soda pulp, *Journal of science and technology of wood and forest*, 19(1): 107-120.
- Barba, C., Montane, D., Rinaudo, M., and Farriol, X., 2002. "Synthesis and characterization of carboxymethyl celluloses (CMC) from non-wood fibers I. Accessibility of cellulose fibers and CMC synthesis," *Cellulose*, 9: 319-326.
- De Souza II, Bouchard J, Methot M, Berry R, Argyropoulos DS., 2002. Carbohydrates in oxygen delignification, Part I: changes in cellulose crystallinity. *Journal of Pulp and Paper Science*, 28(5):167-70.
- Klemm, D., Philipp, B., Heinze, T., Heinze, U., Wagenknecht, W., Wiley-VCH., Weinheim, 1998. *Comprehensive Cellulose Chemistry Volume 1*.

Comparative study on pulping conditions of cotton linters produced in four different countries for alpha-cellulose pulp production

E. Garmaroody^{1*}, H. foolladi², H. Jalali Torshizi³ and A. Chaharmahali⁴

1*-Corresponding Author, Assistant Prof., Department of Cellulose and Paper Technology, Shahid Beheshti University, Zirab campus, Mazandaran, Iran, email: e_rasooly@sbu.ac.ir

2- MSc., Department of Cellulose and Paper Technology, Shahid Beheshti University, Zirab campus, Mazandaran, Iran

3- Assistant Prof., Department of Cellulose and Paper Technology, Shahid Beheshti University, Zirab campus, Mazandaran, Iran

4- Process Eng. of Parchin Chemical Industries Co., Tehran, Iran

Received: Feb., 2015

Accepted: Oct., 2015

Abstract

This study focuses on cooking conditions of cotton linters using in Parchin Chemical Company to achieve optimum cooking conditions and provide special cooking table for every linter to enable the above mentioned factory to adjust cooking conditions for linters to obtain higher quality products. In this respect, 4 types of linters from Turkey, Uzbekistan, Turkmenistan, and Iran were collected from the mentioned factory and pulped in two steps using 4 hours cooking time in every step. Cooking conditions were selected in 3 levels of 130, 150 and 160 °C; and various Active Alkali charge (AA %) in each step and then the cooking yield, ash content, micro kappa, pentosan, copper number, carboxyl group, WRV, viscosity, alpha cellulose and acid insoluble materials were measured for each set of conditions. Results showed that optimum cooking conditions for Turkey linter were at 130 °C and AA% (8%-8%); Uzbekistan linter, 130 °C and AA% (12%-4%); Turkmenistan linter, 130 °C and AA% (12%-4%); Iran linter, 130 °C and AA% (14%-2%). Hence, based on cooking conditions, the linters can be classified into 3 grades such as Grade 1 (Turkey), Grade 2 (Uzbekistan and Turkmenistan) and grade 3 (Iran).

Keywords: Cooking temperature, Alkali charge, linter, Alpha cellulose