|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| جدول 1- مقایسه شاخص­های ویسکوزیته خمیر نشاسته اصلاح شده دوگانه و ترتیب اصلاح شیمیایی نشاسته | | | | | |
| samples | Peak Viscosity | Hold Viscosity | Final Viscosity | Break-down | Set-back |
| STPP5%- STMP2% | 3373 | 2203 | 5866 | 1170 | 3663 |
| M/D +STMP 2% | 1443 | 536 | 677 | 907 | 141 |
| 2% STMP + M/D | 1112 | 575 | 745 | 537 | 170 |
| CONTROL | 6717 | 2135 | 4496 | 4582 | 2361 |

شکل 1- نمودار مقایسه ویسکوزیته خمیر نشاسته اصلاح شده دوگانه و ترتیب اصلاح شیمیایی نشاسته

بر اساس شکل و جدول 1 زمان و دمای مربوط به شروع افزایش ویسکوزیته خمیر نشاسته، با انجام فسفاته کردن و سپس ایجاد اتصالات عرضی به میزان کمی کاهش یافته است که نشان دهنده نفوذ بهتر حرارت در این نمونه می باشد. هرچه ویسکوزیته سوسپانسیون نشاسته در دمای کمتری افزایش یابد، قابلیت کاربرد این نوع از نشاسته در محصولات با دمای کمتر فرآوری، افزایش می یابد. ایجاد اصلاحات بر روی نشاسته منجر به کاهش ویسکوزیته پیک شده است که نشان دهنده تاثیر اتصالات در جلوگیری از تورم و حفظ بیشتر گرانول در برابر حرارت می باشد. اصلاحات فسفاته کردن و ایجاد اتصالات عرضی سبب شده است که ویسکوزیته نگهداری و نهایی کاهش یابد که نشان دهنده یکنواختی بیشتر ویسکوزیته این محصول با تغییر شرایط فرآیندی می باشد. همچنین کاربرد STPP5%- STMP2% به عنوان عامل اتصال دهنده و فسفاته کننده، منجر به ایجاد حساسیت کمتر به رتروگراداسیون شده است. با کاهش Break-down مشخص می گردد که انجام اصلاحات دوگانه در شرایط فرآیندی مورد استفاده، مقاومت دمایی نشاسته را افزایش داده است.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| جدول 2- مقایسه شاخص های ویسکوزیته خمیر نشاسته اصلاح شده دوگانه (E1414) | | | | | |
| samples | Peak Viscosity | Hold Viscosity | Final Viscosity | Breakdown | Setback |
| 10% Acetyl + 1% C.R | 3022 | 1665 | 5278 | 1357 | 3613 |
| 10% Acetyl + 5.5% C.R | 2911 | 1404 | 4788 | 1507 | 3384 |
| 10% Acetyl + 10% C.R | 3626 | 1862 | 4836 | 1764 | 2974 |
| CONTROL | 6717 | 2135 | 4496 | 4582 | 2361 |

C.R= cross-link agent

شکل 2- مقایسه تغیرات ویسکوزیته خمیر نشاسته اصلاح شده دوگانه (E1414)

با توجه به شکل 2 مشخص می گردد که زمان شروع افزایش ویسکوزیته سوسپانسیون نشاسته و شروع خمیری شدن در درصدهای کم اتصالات عرضی کاهش یافته است که و با افزایش آن به 5/5 و 5/10 مشابه با نمونه کنترل می باشد. بنابراین می توان بیان داشت که عوامل ایجاد کننده اتصالات عرضی، تاثیر گروه های استیل را تعدیل نموده­اند. این نسبت از دو ماده اصلاح کننده (درصدهای کم اتصالات عرضی) می تواند در کاربرد نشاسته به عنوان پایدار کننده محصولات در دماهای پایین­تر از دمای مورد نیاز در نشاسته معمولی، مفید باشد. ویسکوزیته پیک در همه نمونه های نشاسته اصلاح شده کاهش یافته است و در بالاترین درصد عامل ایجاد کننده اتصلات عرضی این شاخص به نمونه شاهد نزدیک شده است. لذا می توان بیان داشت که تعادل تخریب و تورم گرانول ها با استفاده از 10% عامل اتصالات عرضی، بیشتر به سمت حفظ گرانول و ممانعت از تخریب آن بوده است. در مورد 1 و 5/5 درصد عامل اتصالات عرضی تفاوت محسوسی در ویسکوزیته پیک دیده نمی شود. بر اساس اختلاف مقدار ویسکوزیته نگهداری و ویسکوزیته پیک، مشخص می گردد که ساختار گرانول تحت تاثیر عوامل اتصال ­دهنده و گروه استیل قرار گرفته است و همچنین نسبت به نمونه شاهد پایداری در برابر حرارت را افزایش یافته است. با بررسی روند این شاخص در بین نشاسته های اصلاح شده معلوم می گردد که با افزایش عامل اتصال دهنده پایداری گرانول ها، بیشتر افزایش یافته است. ویسکوزیته برگشتی در نمونه های اصلاح شده از نمونه شاهد بیشتر بوده است نشان دهنده مستعد بودن بیشتر این دسته از نشاسته ها به رتروگراداسیون می باشد.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| جدول 3- مقایسه شاخص های ویسکوزیته خمیر نشاسته اصلاح شده دوگانه (E1422)-با عامل استیل 5% | | | | | |
| samples | Peak Viscosity | Hold Viscosity | Final Viscosity | Breakdown | Setback |
| ADEPIC 5 + Acetyl 5% | 1941 | 1085 | 1812 | 856 | 727 |
| ADEPIC 10 + Acetyl 5% | 3695 | 1544 | 3928 | 2151 | 2384 |
| ADEPIC 20 + Acetyl 5% | 3531 | 1552 | 4215 | 1979 | 2663 |
| CONTROL | 6717 | 2135 | 4496 | 4582 | 2361 |

شکل 3- مقایسه تغیرات ویسکوزیته خمیر نشاسته اصلاح شده دوگانه (E1422)-درصد استیل 5%

بر اساس نتایج شکل و جدول 3 مشخص می گردد که افزایش آدیپیک اسید منجر به حفظ بهتر گرانول در برابر تخریب شده است و ویسکوزیته پیک را کاهش داده است هرچند تاثیر استیل و تخریب پیوندهای هیدروژنی منجر به کاهش ویسکوزیته پیک نسبت به نمونه شاهد شده است. بر اساس ویسکوزیته نهایی می توان بیان داشت که با افزایش آدپیک، ویسکوزیته نهایی افزایش یافته است چرا که شرایط برای ایجاد اتصالات مجدد پلیمرهای خارج شده از گرانول مهیاتر شده است. همچنین مشخص شد که کمترین میزان آدپیک به همراه استیل، بیشترین مقاومت به رتروگراداسیون را نشان می دهد.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| جدول 4- مقایسه شاخص های ویسکوزیته خمیر نشاسته اصلاح شده دوگانه (E1422)-با عامل استیل 10% | | | | | |
| samples | Peak Viscosity | Hold Viscosity | Final Viscosity | Breakdown | Setback |
| ADEPIC 5 + Acetyl 10 | 2433 | 1309 | 2103 | 1124 | 794 |
| ADEPIC 10 + Acetyl 10 | 3541 | 1518 | 4151 | 2023 | 2633 |
| ADEPIC 15 + Acetyl 10 | 3655 | 1757 | 4442 | 1898 | 2685 |
| ADEPIC 20 + Acetyl 10 | 2880 | 1347 | 3505 | 1533 | 2158 |
| CONTROL | 6717 | 2135 | 4496 | 4582 | 2361 |

شکل 4- مقایسه تغیرات ویسکوزیته خمیر نشاسته اصلاح شده دوگانه (E1422)-درصد استیل 10%

با بررسی شکل و جدول4 مشخص می گردد که افزایش آدپیک اسید منجر به حفظ بهتر گرانول در برابر تخریب شده است و ویسکوزیته پیک را کاهش داده است هرچند با مقایسه در نسبت درصد استیل (جدول 4 و جدول 3) معلوم می گردد که افزایش درصد استیل، ویسکوزیته پیک را افزایش می دهد. کمترین میزان ویسکوزیته نهایی مربوط به استفاده از کمترین میزان آدپیک می باشد و لذا می توان بیان داشت که حضور گروه­های آدیپیکشرایط را برای ایجاد اتصالات پلیمرهای خارج شده از گرانول مهیاتر نموده اند. همچنین مشخص شد که کمترین میزان آدپیک به همراه استیل، بیشترین مقاوت به رتروگراداسیون را نشان می­دهد. بر اساس شاخص Breakdown مشخص می­گردد که عوامل اتصال دهنده نسبت به گروه های استیل، تاثیر بیشتری بر پایداری گرانول ها نسبت به افزایش دما و نیروی برشی داشته است.