شماره:ت ف/۲۰۶۲
تاریخ: ۱۳۹۵/۱۱/۱۳

گواهی پذیرش مقاله

بدینوسیله گواهی می شود مقاله

"بررسی تاثیر پارامترهای انتقال نئوماتیکی (طول لوله، دبی جرمی شکر، سرعت هوا) بر قطر میانگین و ضریب تغییرات اندازه ی محصول شکر"

نویسنده اول: پویا کهنسال مکوندی
نویسنده دوم: مجید رهنما
نویسنده سوم: رسول معمار دستجردی

در بخش **" ارایه پوستر"**

پس از داوری در دومین همایش روش‌های افزایش ماندگاری فرآورده‌های غذایی پذیرفته شده است.

دکتر محمد حجتی
دبیرعلمی همایش

TechnoFood
کنفرانس روش های افزایش ماندگاری فرآورده های غذائی

بررسی تاثیر پارامترهای انتقال نئوماتیکی (طول لوله، دبی جرمی شکر، سرعت هوا) بر قطر میانگین و ضریب تغییرات اندازه‌ی محصول شکر

پویا کهنسال مکوندی[۱]، مجید رهنما[۲]، رسول معمار دستجردی[۳]

۱-۲ و ۳ دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

pouyamak@gmail.com

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی تاثیر پارامترهای انتقال نئوماتیک (طول، دبی جرمی و سرعت هوا) بر خواص کیفی فیزیکی شکر می باشد. جهت سنجش تغییرات در خواص کیفی فیزیکی شکر، از یک دستگاه نقاله ی نئوماتیک استفاده شد. اثرات فاکتورهای طول، دبی جرمی شکر و سرعت انتقال در سطوح ذکر شده بر دو خاصیت قطر میانگین ذرات و ضریب پراکندگی آن‌ها بررسی گردید. آنالیز واریانس این داده‌ها نشان داد تاثیر فاکتورهای مورد نظر و اثر متقابل آن‌ها بر ایجاد تغییر در خواص کیفی فیزیکی شکر در سطح اطمینان ۱ درصد معنی‌دار است. با افزایش طول، دبی جرمی و سرعت، قطر میانگین ذرات کاهش و میزان پراکندگی در اندازه‌ی آن‌ها افزایش یافت. مقایسه‌ی میانگین داده‌ها نشان داد که سرعت و طول به ترتیب بیشترین و کمترین تاثیر را بر ایجاد تغییر در خواص کیفی شکر دارند. بنابراین برای انتقال نئوماتیک شکر، کمترین سرعت انتقال که همان سرعت ته‌نشینی می باشد پیشنهاد می‌گردد. بنا بر نتایج طول لوله عامل محدود کننده‌ایی نخواهد بود و با توجه به اینکه یکی از مهم ترین عوامل شکستگی و سایش ذرات زانوئی‌ها هستند، افزایش طول لوله بدون افزایش تعداد زانوئی‌ها تاثیر زیادی بر شکستگی ذرات نخواهد داشت.

واژه‌های کلیدی : شکر، انتقال نئوماتیک، فاز رقیق، خواص کیفی

---

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک بیوسیستم، گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۲. استادیار گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۳. استادیار گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

Investigation the effect of pneumatic transmission parameters (length of pipe, sugar mass flow rate and air speed) on average diameter and coefficient of variation of sugar product size

Pouya kohansal makvandy[۴], Majid Rahnama[۵], Rasoul Memar dastjerdi[۶]
pouyamak@gmail.com

Abstract

The goal of this study is to investigate the effect of length, mass flow rate and velocity on the changes in physical properties (mean diameter and coefficient of variation) of sugar. For this purpose a pneumatic conveyor was used. The Results showed that the effect of mentioned parameters and their interaction on making changes in physical properties of sugar is significant (1%).With increasing the length, mass flow rate and velocity and also the mean diameter decreased and coefficient of variation increased. Comparison of the data showed that velocity and length have maximum and minimum effect on the changes in physical properties of sugar, respectively. Therefore, in the sugar pneumatic conveyer, saltation velocity is suggested for minimum transport velocity. According to the results, length is not a limiting factor and because elbows are the most important factor for breakage and attrition, increasing in pipeline length without increase in number of elbows have not much effect on attrition in particsles.

Keywords: Sugar, pneumatic conveying, dilute phase, Qualitative properties

[4]- Master student Department of Agricultural Machinery, Khuzestan Ramin Agriculture and Natural resources University
[5] - Assistant Professor Department of Agricultural Machinery, Khuzestan Ramin Agriculture and Natural resources University
[6] - Assistant Professor Department of Agricultural Machinery, Khuzestan Ramin Agriculture and Natural resources University

مقدمه

انتقال مواد در صنایع مختلف به روش‌های گوناگونی صورت می‌گیرد. انتقال دهنده‌های نئوماتیکی از جمله سیستم‌هایی هستند که در اکثر صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرند. مزایای خاص این انتقال دهنده‌ها باعث شده که در طول مدت کوتاهی جای خود را در صنایع مختلف و کشاورزی باز کرده و بطور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گیرند. از مزایای سیستم‌های انتقال نئوماتیک می‌توان به انتقال مواد بدون پراکندگی گرد و غبار، انعطاف پذیری در انتخاب مسیر انتقال لوله‌ها بصورت عمودی، افقی و یا مورب، پایین بودن هزینه‌های نگهداری و نیروی انسانی، استفاده چند منظوره از یک لوله جهت انتقال مواد مختلف، ایمنی کافی و اطمینان خاطر در زمان انتقال مواد با مقادیر زیاد، کنترل آسان و خودکار اشاره کرد (مارکوس و همکاران، ۲۰۱۲: ۱۲). شکر یکی از نیازهای غذایی اصلی انسان است که در بافت بسیاری از گیاهان یافت می‌شود اما در گیاه نیشکر و چغندرقند در غلظت‌های کافی برای استخراج درون بافت آن‌ها موجود است. حدود ۷۰ درصد از کل شکر تولید شده، از نیشکر و ۳۰ درصد آن از چغندر قند است (رانگانا ، ۱۹۷۷: ۳۰). کشور برزیل دارای مقام اول تولید شکر در جهان است. مقدار تولید فرآورده در ایران درسال ۹۴ به میزان ۱۳۰۰۰۰۰ تن بوده که استان خوزستان بیشترین میزان تولید را داشته است (بی نام، ۱۳۹۳).

در کارخانه‌های تولید شکر، روش غالب برای حمل و نقل شکر، نوع مکانیکی می‌باشد. این نوع سیستم سنتی انتقال، تنها قابلیت انتقال مواد در مسیرهای مستقیم با کم‌ترین میزان تغییر در جهت را دارند و هر تغییر مسیر انتقال، نیازمند موتور و محرک‌های جداگانه است. همچنین به علت باز بودن سیستم، محصولات کشاورزی بیشتر در معرض آلودگی قرار دارند و ایجاد گرد و غبار می‌کنند. با تغییر سیستم انتقال شکر از مکانیکی به نئوماتیک لازم است تاثیر این نوع از انتقال و پارامترهای آن بر خواص کیفی شکر بررسی شود.

مواد و روش‌ها

اندازه‌گیری قطر میانگین و درصد پراکندگی ذرات

قطر میانگین ذرات شکر و درصد پراکندگی آن‌ها توسط آزمون توزیع اندازه بلورهای شکر تعیین شد که به تفصیل در زیر شرح داده می‌شود.

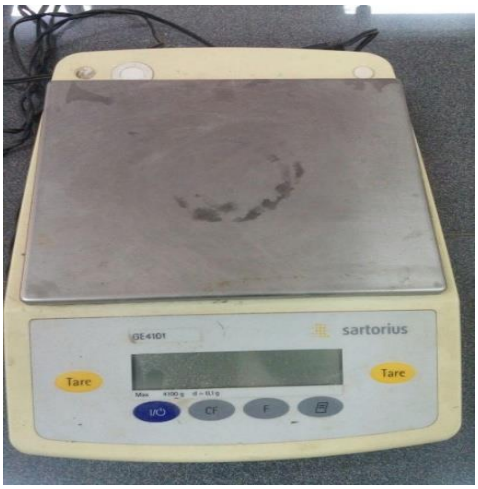
آزمون توزیع اندازه بلورهای شکر (CSD)

آزمون توزیع اندازه بلورهای شکر بر اساس درصد تجمعی مقادیر شکر باقی مانده بر روی الک‌ها انجام می‌شود. نتایج به صورت نموداری که محور افقی آن اندازه الک‌ها و محور عمودی آن درصد تجمعی شکر باقی مانده روی هر الک است، رسم می‌شود. مقادیر قطر میانگین (MA) و درصد پراکندگی (CV) از روی نمودار بدست می‌آیند. برای انجام آزمایش از ۷ عدد الک استفاده می‌شود که برای انتخاب آن‌ها باید درصد تجمعی وزن‌های نمونه شکر باقی مانده بر روی الک بالایی، پس از الک کردن نباید از ۱۰ تا ۲۰ درصد وزن کل نمونه بیشتر شود. همچنین درصد تجمعی وزن‌های شکر باقی مانده روی الک پایینی نباید کمتر از ۷۰ تا ۸۰ درصد کل نمونه باشد. لذا در این تحقیق مراحل انجام آزمایش‌ها به ترتیب زیر طی شد:

وزن ظرف زیرین و هر یک از الک‌ها اندازه‌گیری و یادداشت شد. الک‌ها به ترتیب صحیح بر اساس اندازه (از اندازه بزرگ به کوچک) بر روی لرزاننده۷ مدل Retsch ساخت آلمان قرار داده شد (شکل۱). یک نمونه از شکر مورد آزمایش جدا شد و مقدار ۱۰۰ گرم از آن وزن گردید (شکل۲). شکر به آرامی بر روی بالاترین الک ریخته شد. درپوش الک بالایی را گذاشته و دستگاه برای ۵ دقیقه روشن گردید. الک‌ها پس از جدا شدن از لرزاننده، وزن شدند. درصد شکر باقی مانده روی هر الک محاسبه گردید.

7 - Shaker

شکل ۱- الک‌ها و دستگاه لرزاننده



شکل ۱- ترازو Sartorius مدل GE4101

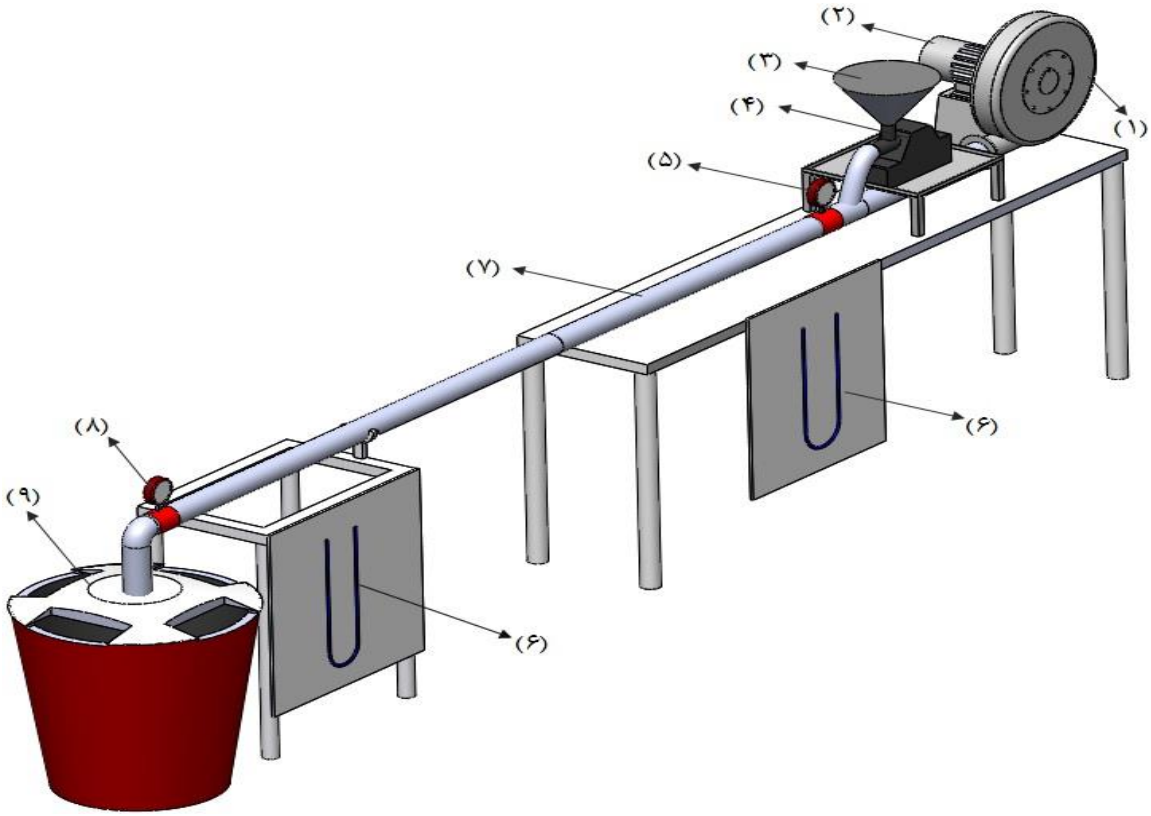
پس از رسم نمودار اندازه الک‌ها در مقابل درصد تجمعی شکر باقی مانده روی هر الک، مقادیر $D_{50\%}$ و $D_{16\%}$ محاسبه شد. بوسیله رابطه‌ی (۱ و ۲) مقادیر MA برحسب µm و CV برحسب درصد محاسبه می‌شود (اسدی، ۲۰۰۶).

$$MA = D_{50\%} \quad (۱)$$

$$CV = \frac{D_{16\%} - MA}{MA} \times 100 \quad (۲)$$

که در رابطه‌های بالا، $D_{50\%}$ اندازه روزنه‌ی الکی که نیمی از نمونه از آن عبور کرده و نیم دیگر باقی مانده است، $D_{16\%}$ اندازه روزنه‌ی الکی که ۱۶ درصد نمونه از آن عبور کرده است.

در انتقال نئوماتیک شکر، تنها خاصیتی از ذرات آن که در هنگام انتقال دستخوش تغییرات می‌شود اندازه و میزان پراکندگی آن‌ها می‌باشد. هر سه پارامتر انتقال نئوماتیک (طول، سرعت و دبی) تاثیر متفاوتی بر این خواص کیفی شکر دارند که در ادامه تاثیرات این پارامترها بر این خواص بررسی خواهد شد. طرحواره‌ی نقاله‌ی نئوماتیکی استفاده شده در شکل (۳) آمده است.



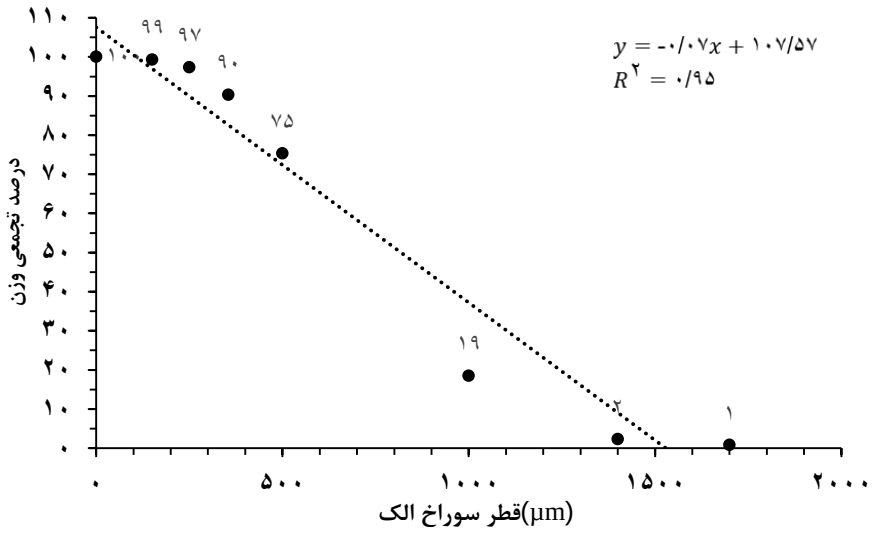
شکل ۳ : طرحواره‌ی دستگاه انتقال نیوماتیک فاز رقیق افقی شکر، ۱) دمنده، ۲) الکتروموتور، ۳) مخزن تغذیه، ۴) موزع، ۵) فشارسنج شماره ۱، ۶) مانومترها، ۷) لوله‌ی انتقال، ۸) فشارسنج شماره ۲، ۹) مخزن تخلیه

تیمارهای مورد آزمایش و سطوح آن شامل طول لوله در سه سطح (۲، ۴ و ۶ متر)، سرعت هوای ورودی در پنج سطح (۱۳، ۱۶، ۱۹، ۲۲ و ۲۵ متر بر ثانیه) و دبی جرمی شکر در سه سطح (۱۶۰، ۱۸۰ و ۲۰۰ کیلوگرم بر ساعت) به صورت فاکتوریل و در قالب طرح آماری کاملا تصادفی انجام گردید. سپس آنالیز واریانس و مقایسه میانگین¬ها به روش دانکن در هر مورد در سطح ۵ درصد صورت گرفت و اثرات فاکتورها بر قطر میانگین و درصد پراکندی در اندازه‌ی ذرات بررسی شد. تحلیل داده‌ها به کمک نرم افزار SPSS16 صورت گرفت و ترسیم نمودارها توسط نرم افزار EXCEL2013 انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج اندازه‌گیری خواص کیفی شکر اولیه

نمودار وزن اندازه‌گیری شده نسبت به قطر سوراخ الک‌ها برای ۱۰۰ گرم شکر از نمونه اولیه در شکل (۴) رسم شده است. برای بقیه تیمارهای آزمایش به همین ترتیب مقادیرMA و CV بدست آمد و با یکدیگر مقایسه شد.



شکل ۴ نمودار درصد تجمعی میزان شکر باقی مانده روی هر الک

جدول ۱ مقادیر پارامترهای کیفی نمونه اولیه شکر

$D_{50\%}$ = MA (µm)	$D_{16\%}$ (µm)	CV (%)
۸۰۹/۷۶	۱۲۹۵/۹۶	۶۰/۵۴

مقایسه‌ی تغییرات قطر میانگین (MA) و ضریب پراکندگی (CV)

آنالیز واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که تاثیر طول انتقال، دبی جرمی ذرات شکر، سرعت هوای ورودی و اثر متقابل دبی جرمی و سرعت هوا، بر خواص کیفی شکر در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول۲). با توجه به معنی‌دار شدن اثرات فاکتورهای اصلی و متقابل دوگانه بین سرعت هوا و دبی جرمی، به بررسی و مقایسه‌ی اثر هر کدام از فاکتور اصلی و اثر متقابل دوگانه سرعت هوا × دبی جرمی بر خصوصیات کیفی نمونه بررسی شد.

جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس خواص کیفی اندازه‌گیری شده

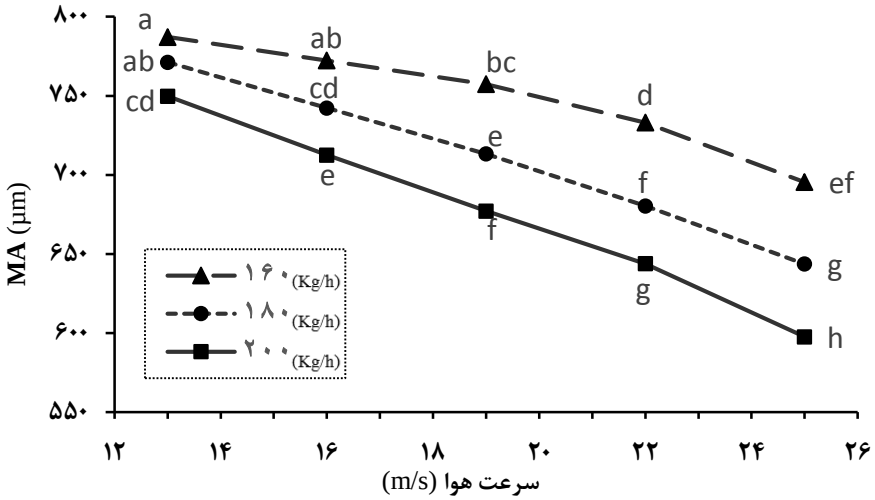
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)	
		قطر میانگین (MA)	ضریب یکنواختی (CV)
طول	۲	۲۱۹۱۱/۲۹ **	۱۱۶/۵۴ **
دبی جرمی	۲	۵۹۸۳۸/۶۲ **	۲۵۵/۷۶ **
سرعت هوا	۴	۶۳۰۰۶/۴۴ **	۲۳۱/۱۴ **
طول × دبی جرمی	۴	۱۸۸/۸۹ ns	۱/۱۸۶ ns
طول × سرعت هوا	۸	۷۴/۵ ns	۰/۳۸۳ ns
دبی جرمی× سرعت هوا	۸	۱۳۸۴/۴ **	۱۲/۶۲ **
طول × دبی جرمی× سرعت هوا	۱۶	۳۱/۸۸ ns	۰/۱۲۷ ns
خطا	۹۰	۵۲/۸۵	۲/۳۷۶

**، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

اثر متقابل دبی جرمی و سرعت هوای ورودی بر قطر میانگین و ضریب پراکندگی

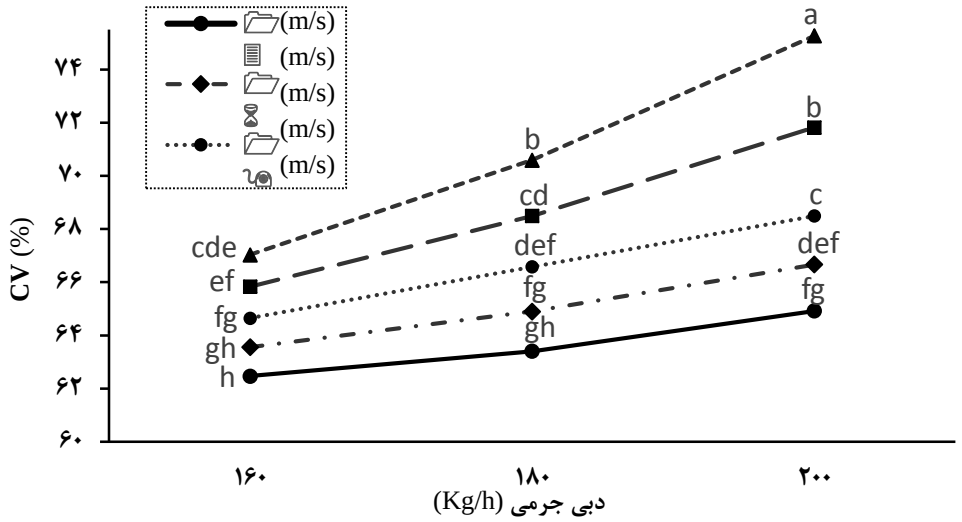
با افزایش سرعت در هر دبی جرمی، مقدار قطر میانگین و ضریب پراکندگی به صورت معنی‌داری به ترتیب کاهش و افزایش می‌یابد. مطابق شکل (۴) در هر دو سرعت متوالی، بین میانگین‌های قطر میانگین در دبی جرمی ۱۶۰ کیلوگرم بر ساعت از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد که دلیل آن کم بودن دبی جرمی (رقیق‌ترین حالت آزمایش) می‌باشد. در سایر حالات بین میانگین‌های قطر میانگین اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر قرار است.

در هر سرعت نیز با فزایش دبی جرمی قطر میانگین کاهش و ضریب پراکندگی افزایش یافت. با افزایش دبی جرمی تاثیر سرعت هوا بر کاهش قطر میانگین و افزایش ضریب تغییرات بیشتر می‌شود و در سرعت‌های بالا تاثیر دبی جرمی نمایان‌تر می‌شود (شکل ۴ و ۵). مهمترین علت آن این است که با افزایش دبی جرمی، مقداری از ذرات ته نشین شده و لایه‌ای از ذرات در کف لوله تشکیل می‌شود که با سرعتی کمتر از سرعت جریان هوا و دیگر ذرات معلق حرکت می‌کنند. با افزایش هر چه بیشتر دبی جرمی، مقدار این لایه و اختلاف سرعت آن با سرعت جریان بیشتر می‌شود که سبب افزایش مقدار بارهای برشی و سایشی بین ذرات می‌شود. شاپل[8] و همکاران با ارائه مدلی برای پیشبینی میزان تنزل رتبه‌ی[9] مواد در انتقال نئوماتیک فاز رقیق، نشان دادند که نیروی اصطکاکی بین لایه‌ی ذرات تشکیل شده در کف لوله و ذرات معلق، با مربع اختلاف سرعت حرکت آن دو رابطه دارد (شاپل و همکاران، ۲۰۰۳).



شکل ۴-۱ نمودار تغییرات قطر میانگین در سطوح مختلف سرعت هوا و دبی جرمی

1 - Chapelle
9 - Degradation



شکل ۴-۲ نمودار تغییرات قطر ضریب پراکندگی در سطوح مختلف سرعت هوا و دبی جرمی

نتیجه‌گیری

۱- نتایج آزمون CSD شکر خریداری شده از کارخانه‌ی دعبل خزایی نشان داد که مقادیر CV و MA بترتیب ۶۰/۵۴ و ۸۰۹/۷۶ است که با توجه به مقادیر استاندارد این دو پارامتر (CV<۳۵ و ۸۰۰>MA>۴۰۰) مشخص شد که این نمونه شکر دارای کیفیت استاندارد از لحاظ پراکندگی در اندازه ذرات نیست.

۲- آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که تاثیر طول انتقال، دبی جرمی ذرات شکر، سرعت هوای ورودی و اثر متقابل دبی جرمی و سرعت هوا، بر خواص کیفی شکر در سطح ۱ درصد معنی‌دار است.

۳- طول لوله با کاهش ۱۵ درصدی در قطر میانگین و افزایش ۱۳/۵۷ درصدی ضریب پراکندگی نسبت به نمونه‌ی شکر اولیه کمترین تاثیر را بر این دو خواص کیفی شکر داشت بنابراین در طراحی سیستم انتقال نئوماتیک، طول لوله عامل محدود کننده‌ایی نخواهد بود. با توجه به اینکه یکی از مهم‌ترین عوامل شکستگی و سایش ذرات زانوئی‌ها هستند، افزایش طول لوله بدون افزایش تعداد زانوئی‌ها تاثیر زیادی بر شکستگی ذرات نخواهد داشت.

۴- با افزایش سرعت هوای ورودی از ۱۳ به ۲۵ متر بر ثانیه، مقادیر MA و CV به ترتیب ۲۰/۲۷ کاهش و ۱۷/۲۲ افزایش یافت و مشخص شد که سرعت نسبت به دیگر پارامترهای انتقال (طول و دبی جرمی) بیشترین تاثیر را بر تغییر خواص کیفی شکر دارد. از میان ۵ سرعت هوای ورودی سرعت ۱۳ متر بر ثانیه با ایجاد ۵/۱۹ درصد کاهش در قطر میانگین و ۶/۶۹ درصد افزایش در مقدار ضریب پراکندگی نسبت به نمونه ی اولیه شکر، کمترین تاثیر را بر اندازه و میزان

پراکندگی ذرات دارد که در طراحی سیستم انتقال نئوماتیک شکر به طول معین و دبی جرمی‌مشخص به عنوان بهترین سرعت پیشنهاد می‌شود.

۵- با افزایش دبی جرمی ذرات از ۱۶۰ به ۲۰۰ کیلوگرم بر ساعت، مقادیر MA و CV به ترتیب ۱۶/۴۹ درصد کاهش و ۱۴/۷۵ درصد افزایش یافت. با افزایش دبی جرمی تراکم ذرات بیشتر شده، تعداد برخوردهای بین ذره ایی و ذرات با دیواره بیشتر می‌شود و این در حالی است که افزایش سرعت ذرات باعث برخورد شدید تر ذرات با یکدیگر با دیواره‌ی لوله و مخصوصا زانوئی می‌شود.

منابع

۱. بی‌نام. ۱۳۹۳. انجمن صنفی کارخانه‌های قند و شکر ایران. آمار کل تولید شکر از چغندر و نیشکر ۱۳۹۳

2. Asadi, M. 2006. Beet-sugar handbook. John Wiley and Sons.
3. Chapelle, P., Abou-Chakra, H., Christakis, N., Patel, M., Abu-Nahar, A., Tüzün, U., and Cross, M. 2004. Computational model for prediction of particle degradation during dilute-phase pneumatic conveying: the use of a laboratory-scale degradation tester for the determination of degradation propensity. Advanced Powder Technology, 15(1), 13-29.
4. Klinzing, G. E., Rizk, F., Marcus, R., and Leung, L. S. 2011. Pneumatic conveying of solids: a theoretical and practical approach (Vol. 8). Springer Science and Business Media. 216.
5. Marcus, R. D. 2012. Pneumatic conveying of solids. Springer Science and Business Media.
6. Mills, D., Jones, M. G., and Agarwal, V. K. 2004. Handbook of pneumatic conveying engineering. CRC Press.
7. Paulson, J. 1978. Effective Means for Reducing Formation of Fines and Streamers in Air Conveying Systems. In Regional Technical Conference of the Society of Plastics Engineers, 13(2), 290-302.
8. Ranganna, S. 1977. Manual of analysis of fruit and vegetable products.