

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

کاربردهای دینامیک سیالات محاسباتی در فرآوری مواد غذایی

ترجمه:

دکتر علی محمد نیک‌نیت

(دانشیار گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه ارومیه)

عادل رضوانی‌وند فنائی

(دانشجوی دکتری مکانیک بیوسیستم دانشگاه ارومیه)

ایمان گل‌پور

(دانشجوی دکتری مکانیک بیوسیستم دانشگاه ارومیه)

آناندهاراما کریشنان، سی.

کاربردهای دینامیک سیالات محاسباتی در فرآوری مواد غذایی / تالیف آناندهاراما کریشنان، سی
/ ترجمه علی محمد نیکبخت، عادل رضوانی وند فنائی، ایمان گل پور. - ارومیه: دانشگاه ارومیه،

۱۳۹۶

۱۳۹ ص. (انتشارات دانشگاه ارومیه: ۲۰۰)

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۶۴۸-۸۹-۷

۱- مواد غذایی، صنعت و تجارت - الگوهای ریاضی. الف. محمد نیکبخت، علی، مترجم ب.
رضوانی وند فنائی، عادل. ترجمه همکار، ج. گل پور، ایمان، مترجم همکار. د. عنوان ه. فروست.

شماره ملی: ۳۶۶۲۶۲۹ TP.۱۰۰/۵/۳۵۲



عنوان: کاربردهای دینامیک سیالات محاسباتی در فرآوری مواد غذایی

مولف: سی. آناندهاراما کریشنان

مترجمین: علی محمد نیکبخت، عادل رضوانی وند فنائی، ایمان گل پور

ناشر: دانشگاه ارومیه

سال نشر: ۱۳۹۶

شمارگان: ۱۰۰۰

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۶۴۸-۸۹-۷

قیمت: ۱۲۰۰۰۰ ریال

خداوند بی‌همتای بزرگ را می‌ستاییم که همواره الطاف بی‌پایانش را بر ما ارزانی داشته است و از این بابت سپاس فراوان را از خدای منان داریم که این فرصت را در اختیار ما قرار داده است تا بدان وسیله بنا بر احساس مسئولیت از انجام خدمتی کوچک به جامعه علمی - پژوهشی کشور عزیزمان دریغ ننماییم.

نظر به فقدان مجموعه‌ای مدون در زمینه‌ی کاربردهای دینامیک سیالات محاسباتی در فرآوری مواد غذایی در داخل کشور، به محض کسب اطلاع از تالیف و انتشار چنین کتاب ارزشمندی توسط محقق، پرآوازه آقای سی. آناندهاراما کریشنن، بر آن شدیم با ترجمه کامل آن علاوه بر ارزش نهادن به فعالیت‌های علمی و تحقیقاتی مولف ارجمنند، به منظور ارائه‌ی جهانی مندرجات علمی و کاربردی کتاب، وظیفه‌ی کوچک خود را به منظور معرفی مجموعه‌ای مفید و علمی به دانشجویان و محققان مرتفعه در این زمینه ادا نماییم.

این کتاب نخستین نسخه کامل و تخصصی از مباحث کاربردی دینامیک سیالات محاسباتی در فرآوری مواد غذایی، اطلاعات پایه‌ای، کاربردی و مبسوطی را برای مطالعه‌ی اقشار مرتبط با آن همچون دانشجویان علاقمند رشته‌ای تحصیلی مهندسی مکانیک بیوسیستم، صنایع غذایی و مهندسی شیمی در دوره‌های تحصیلی کارشناسی و دوره‌های تحصیلات تکمیلی و همچنین اساتید و اعضای هیئت علمی مراکز آموزش عالی و محققان مربوطه در این زمینه فراهم می‌نماید.

دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) یک ابزار شبیه‌سازی است که در آن از کامپیوتر قدرتمند و ریاضیات کاربردی با مدل‌سازی شرایط جریان سیال برای پیش‌بینی حرارت، انتقال جرم، مومنتوم و طراحی بهینه در فرآیندهای صنعتی استفاده می‌شود. در حال حاضر، طراحی و توسعه برنامه‌ها، CFD، فقط ابزار استاندارد عددی رفتار جریان مایع قابل پیش‌بینی نیست؛ بلکه انتقال حرارت، انتقال جرم، تغییر فاز فیزیکی مواد، حرکت مکانیکی، تنش و یا تغییر شکل مرتبط به سازه‌های جامد را نیز در بر می‌گیرد. این فناوری به دلیل توسعه شیوه‌های جدید فناوری و فرآوری مواد غذایی و همچنین وعده‌ی تولید غذای با کیفیت وارد این صنعت شده است. این سیستم نرم‌افزاری در صنایع غذایی به جهت کمک به درک بهتر از اثر مکانیسم‌های

فیزیکی پیچیده بر خواص حرارتی، فیزیکی و رئولوژیکی مواد غذایی به کار می‌رود. در هر حال، محققان، طراحان تجهیزات و مهندسين فرآیند به طور فزاینده با استفاده از CFD می‌توانند به تجزیه و تحلیل جریان و عملکرد تجهیزات تکنولوژیکی مانند: فر پخت، مخازن سرمایشی، خشک‌کن پاششی، مبدل‌های حرارتی و برخی تجهیزات دیگر بپردازند. از آنجا که این روش می‌تواند در فرآوری صنعت غذا سودمند باشد در چند سال اخیر توسعه و پیشرفت سریعی داشته است. این ابزار در صنعت غذا در بخش‌های مختلفی مانند: استریلیزاسیون، پاستوریزه کردن، خشک کردن، انجماد و همچنین مخلوط کردن کاربرد دارد و در ارزیابی تست‌های آزمایشگاهی تغییرات هندسی با صرف زمان و هزینه کمتر نقش دارد. به خصوص در شبیه سازی شرایطی مانند اندازه‌گیری دماهای بالا که امکان پذیر نمی‌باشد و یا شرایط خطرناک در محیط‌های فید می‌باشد.

این کتاب در قالب دست‌نویس به مباحث کاربردهای CFD در فرآوری مواد غذایی، خشک کردن پاششی محصولات غذایی، فرآوری حرارتی غذاهای کنسرو شده، فرآیند پخت نان، مدل‌سازی CFD سیستم‌های بیولوژیکی مرتبط با نان، مدل‌سازی دینامیک سیالات محاسباتی برای فرآیندهای فشار بالا و کاربردهای دینامیک سیالات محاسباتی در دیگر عملیات‌های فرآوری صنایع غذایی می‌پردازد.

با این حال، امیدواریم خوانندگان و صاحب‌نظران محترم، پیشنهادات و نکات لازم پیرامون لغزش‌ها و اشتباهات احتمالی را در اختیار ما قرار دهند. در بخش‌های بعدی، نهایت استفاده را از آن‌ها نموده و بتوانیم کتابی شایسته تمامی عزیزان و دانشجویان محترم سربلندمان ارائه نماییم.

فهرست

- فصل ۱- کاربردهای دینامیک سیالات محاسباتی در فرآوری مواد غذایی..... ۹
- ۱-۱- مقدمه‌ای بر دینامیک سیالات محاسباتی..... ۱۰
- ۱-۲-۱- نظریه‌ی مدل‌سازی CFD..... ۱۱
- ۱-۲-۱-۱- معادله‌ی بقای جرم..... ۱۲
- ۱-۲-۲-۱- معادله‌ی اندازه حرکت..... ۱۲
- ۱-۳-۲-۱- معادله‌ی انرژی..... ۱۳
- ۳-۱- مدل تلاطم..... ۱۴
- ۴-۱- چارچوب‌های مرجع..... ۱۷
- ۵-۱- تجزیه و تحلیل CFD..... ۱۹
- ۶-۱- کاربردهای CFD در فرآوری مواد غذایی..... ۲۰
- ۷-۱- فهرست علائم و اختصارات..... ۲۲
- فصل ۲- کاربردهای دینامیک سیالات محاسباتی در خشک کردن پاششی محصولات غذایی..... ۲۵
- ۱-۲- فرآیند خشک کردن پاششی..... ۲۵
- ۱-۱-۲- اتمیزه کردن..... ۲۶
- ۲-۱-۲- تماس پاشش با هوا..... ۲۷
- ۳-۱-۲- تبخیر رطوبت..... ۲۸
- ۴-۱-۲- جداسازی محصولات خشک شده..... ۲۸

۲۸..... ۲-۲- انواع خشک کن های پاششی

۲۹..... ۲-۳- الگوی جریان هوا

۳۰..... ۲-۴- اتمیزه کردن

۳۵..... ۲-۵- پیشینه های ذره

۳۵..... ۲-۶- تعامل ذره با هوا

۳۶..... ۲-۷- پاشش ذره

۴۰..... ۲-۸- دمای ذره

۴۱..... ۲-۹- زمان ماندگاری ذره

۴۳..... ۲-۱۰- موقعیت و ته نشینی ذره

۴۴..... ۲-۱۱- گرایش های اخیر

۴۶..... ۲-۱۲- حوزه هایی برای تحقیقات آینده

فصل ۳- کاربردهای از دینامیک سیالات محاسباتی در فرآیند حرارتی مواد غذایی کنسرو
شده..... ۴۹

۵۰..... ۳-۱- کنسرو کردن مواد غذایی

۵۰..... ۳-۲- مخلوط های غذایی کنسرو شده جامد- مایع

۵۱..... ۳-۳- سینتیک غیرفعال سازی باکتریایی

۵۶..... ۳-۴- تجزیه و تحلیل الگوی جریان سیال در طول فرآیند استریلیزاسیون حرارتی

۵۷..... ۳-۵- فرآوری حرارتی میوه های کنسرو شده

۵۸..... ۳-۵-۱- پروفیل های دمایی و آهسته ترین ناحیه ی گرمادهی

- ۳-۵-۲ مقدار F_0 در طول فراوری حرارتی برش های آناناس کنسرو شده.....۶۲
- فصل ۴- مدل سازی دینامیک سیالات محاسباتی برای فرآیند پخت نان.....۶۵
- ۴-۱- مقدمه۶۵
- ۴-۲- فرآیند پخت نان۶۶
- ۴-۳- مدل سازی CFD فرآیند پخت نان۶۸
- ۴-۴- چو مهمایی برای مدل سازی CFD در فرآیند پخت نان۸۰
- فصل ۵- مدل سازی CFD سیستم های بیولوژیکی مرتبط با انسان.....۸۳
- ۵-۱- فرآیند هضم غذا۸۳
- ۵-۲- مدل سازی هضم غذا در داخل معده ی انسان۸۴
- ۵-۲-۱- هندسه ی معده۸۴
- ۵-۲-۲- تغییر شکل دیواره های معده۸۵
- ۵-۲-۳- جریان سیال در داخل معده ی انسان۸۷
- ۵-۲-۴- معادلات عددی حاکم بر جریان سیال۸۷
- ۵-۳- خواص رئولوژیکی مواد غذایی۸۸
- ۵-۳-۱- اثر ویسکوزیته روی مشخصه ی میدان جریان در داخل معده.....۸۸
- ۵-۴- اثر تفاوت چگالی جامد- مایع روی توزیع ذرات۸۹
- ۵-۵- اثر بارگذاری ذرات در مخلوط کردن۹۰
- ۵-۶- مدل سازی فرآیند جذب در روده ی کوچک۹۱

۹۴	۵-۶-۱- مخلوط شدگی غذا حاصل از تحرکات در روده‌ی کوچک
۹۴	۵-۶-۲- اثر انقباضات دیواره بر جریان محتویات روده
۹۷	فصل ۶- مدل سازی دینامیک سیالات محاسباتی برای فرآوری فشار بالا
	فصل ۷- کاربردهای دینامیک سیالات محاسباتی در دیگر عملیات های فرآوری صنایع غذایی
۱۰۳	
۱۰۳	۷-۱- شبیه سازی CFD عملیات انجماد پاششی
۱۰۵	۷-۱-۱- متودولوژی شبیه سازی CFD
۱۰۶	۷-۱-۲- مقایسه بین دمای گاز اندازه گیری شده و پیش بینی شده
۱۰۸	۷-۱-۳- موقعیت های برخورد ذرات
۱۰۹	۷-۲- مدل سازی CFD برای فرجت برخورد
۱۱۲	۷-۲-۱- الگوی جریان جت برخوردی
۱۱۳	۷-۲-۲- اثر هندسه ی نازل بر انتقال حرارت
۱۱۵	۷-۳- کاربرد مدل سازی CFD در صنعت آسیاب آرد
۱۱۹	۷-۴- مدل سازی CFD ضد عفونی کردن آسیاب های آرد
۱۲۱	منابع