

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

پیشرفت‌های صورت گرفته در کاربردهای پلاسمای سرد در ایمنی و نگهداری مواد غذایی



دانیلا برمودز-آگوئیر

ترجمه:

دکتر سید حمیدرضا ضیاءالحق

عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش

کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان

مهندس اعظم اشرفی

عنوان و نام پدیدآور:

پیشرفت‌های صورت گرفته در کاربردهای پلاسمای سرد در ایمنی و نگهداری مواد غذایی/
[ویراستار] دانیلا برمودز- آگوئیر؛ ترجمه سیدحمیدرضا ضیاءالحق، اعظم اشرفی؛ ویراستار ادبی
هانیه اسدیپور فعال مشهد.

مشخصات نشر:

مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات، ۱۴۰۰.

مشخصات ظاهری:

۳۸۴ ص: مصور، جدول، نمودار.

فروست:

انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ ۸۰۹.

شابک:

ISBN: 978-964-386-502-3

وضعیت فهرست‌نویسی:

فیبا.

یادداشت:

عنوان اصلی:

Advances in cold plasma applications for food safety and preservation, 2019.

یادداشت:

کتابنامه.

موضوع:

Food industry and trade
Low temperature plasmas -- Industrial applications
Food -- Preservation
Bermúdez-Aguirre, Daniela

مواد غذایی -- صنعت و تجارت

پلاسمای دمای پایین -- کاربردهای صنعتی

مواد غذایی -- نگهداری

برمودز-آگوئیر، دانیلا، ویراستار

ضیاءالحق، سیدحمیدرضا، ۱۳۵۳ - مترجم

اشرفی، اعظم، ۱۳۶۵ - مترجم

دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات.

شناسه افزوده:

شناسه افزوده:

شناسه افزوده:

شناسه افزوده:

رده‌بندی کنگره:

TP۳۷۲/۲

رده‌بندی دیویی:

۶۶۴/۰۲۸۵۲

شماره کتابشناسی ملی:

۸۷۰۹۰۱۸

پیشرفت‌های صورت گرفته در کاربردهای
پلاسمای سرد در ایمنی و نگهداری مواد غذایی



انتشارات
۸۰۹

پدیدآورنده:

دانیلا برمودز-آگوئیر

ترجمه:

دکتر سیدحمیدرضا ضیاءالحق؛ مهندس اعظم اشرفی

ویراستار ادبی:

هانیه اسدیپور فعال مشهد

مشخصات:

وزیری، ۲۰۰ نسخه، چاپ اول، بهار ۱۴۰۱

چاپ و صحافی:

چاپخانه دقت

بها:

۱/۱۰۰/۰۰۰ ریال

حق چاپ برای انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد محفوظ است.

مراکز پخش:

فروشگاه و نمایشگاه کتاب پردیس: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد، جنب سلف یاس

تلفن: ۳۸۸۰۲۶۶۶ - ۳۸۸۳۳۷۲۷ (۰۵۱)

مؤسسه کتابیران: تهران، خیابان کارگر جنوبی، خیابان لبافی‌نژاد، بین خیابان فروردین و اردیبهشت،

شماره ۲۳۸، تلفن: ۶۶۴۹۴۴۰۹ - ۶۶۴۸۴۷۱۵ (۰۲۱)

مؤسسه دانشیران: تهران، خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت) نبش خیابان نظری، شماره ۱۴۲

تلفکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰ - ۶۶۴۰۰۱۴۴ (۰۲۱)

<http://press.um.ac.ir>

Email: press@um.ac.ir

فهرست مطالب

۹.....	مقدمه مترجمان
۱۱.....	پیشگفتار
۱۷.....	مقدمه
۴۳.....	فصل ۱. اصول مهندسی پلاسمای سرد
۴۳.....	۱- مقدمه
۴۵.....	۲- اصول پلاسمای سرد
۴۶.....	۲-۱- حالت پلاسما
۵۲.....	۲-۲- معادلات ماکسول
۵۶.....	۲-۳- نظریه کینتیک پلاسما
۵۸.....	۲-۴- پدیده تخلیه پلاسما
۶۸.....	۳- انواع رآکتورهای پلاسمای سرد
۶۹.....	۳-۱- رآکتورهای پلاسمای سرد فشار اتمسفری
۷۳.....	۳-۲- رآکتورهای پلاسمای سرد کم فشار
۷۵.....	۳-۳- ویژگی ها و پدیده های انواع مختلف رآکتور پلاسمای سرد
۷۷.....	۴- نتیجه گیری
۸۱.....	منابع
۸۷.....	فصل ۲. پیشرفت در غیرفعال سازی میکروارگانیزم ها و ویروس ها در سیستم های غذایی و مدل با استفاده از پلاسمای سرد
۸۷.....	۱- مقدمه
۸۸.....	۲- پلاسمای سرد
۸۹.....	۳- غیرفعال سازی باکتری ها با تیمار پلاسمای سرد
۹۰.....	۳-۱- اثرات فیزیکی و شیمیایی بر سلول ها
۹۷.....	۳-۲- عوامل درونی و بیرونی مؤثر بر کارایی پلاسمای سرد
۱۰۸.....	۴- غیرفعال سازی کپک ها و مخمرها با استفاده از پلاسمای سرد
۱۱۴.....	۵- غیرفعال سازی اسپورها با استفاده از پلاسمای سرد
۱۱۸.....	۵-۱- سازوکار احتمالی غیرفعال سازی اسپور

- ۶- غیرفعال سازی ویروس‌ها با استفاده از پلاسمای سرد ۱۲۲
- ۷- غیرفعال سازی انگل‌ها با استفاده از پلاسمای سرد ۱۲۳
- ۸- نتیجه گیری ۱۲۵
- منابع ۱۲۵

فصل ۳. مدل سازی غیرفعال سازی میکروبی در فراوری با پلاسمای سرد فشار اتمسفری (CAPP) ۱۳۱

- ۱- مقدمه ۱۳۱
- ۲- مدل سازی غیرفعال سازی میکروبی توصیفی در مقابل پیشگویانه ۱۳۳
- ۲-۱ الگوهای بقای تحت تیمار با CAPP ۱۳۳
- ۲-۲ غلظت اجزای کشنده در حین فرایندهای پلاسمای سرد- استخراج پارامترهای بقا و پیشگویی‌ها ۱۳۷
- ۲-۳ اثرات کشنده و زیر کشنده- مدل سازی سلول‌های آسیب دیده ۱۴۰
- ۳- نکات پایانی ۱۴۲
- منابع ۱۴۲

فصل ۴. اثر پلاسمای سرد برای کنترل بیوفیلم روی مواد غذایی و در محیط فراوری مواد غذایی ۱۴۵

- ۱- مقدمه ۱۴۵
- ۲- پلاسمای سرد فشار اتمسفری (CAP) ۱۴۶
- ۳- تشکیل بیوفیلم ۱۴۷
- ۳-۱ چسبیدن به سطح و بلوغ ۱۴۷
- ۳-۲ نظم و قاعده و پراکندگی بیوفیلم ۱۴۹
- ۴- بیوفیلم‌های روی مواد غذایی و در محیط غذایی ۱۵۰
- ۴-۱ بیوفیلم‌های خوب و بد در مواد غذایی ۱۵۱
- ۴-۲ کامپلویاکتر ججونی ۱۵۲
- ۴-۳ لیستریا مونوسیتوزنز ۱۵۴
- ۵- اثرات پلاسمای سرد بر سلول‌های میکروبی و بیوفیلم‌ها ۱۵۵
- ۵-۱ اثرات پلاسمای سرد بر سلول‌های میکروبی ۱۵۷
- ۵-۲ تغییر پلاسمایی خواص سطحی برای جلوگیری از اتصال بیوفیلم‌ها ۱۶۱
- ۵-۳ اثر گازهای مختلف، تنظیمات تجهیزات پلاسما و شرایط تیمار ۱۶۲
- ۵-۴ مایعات فعال شده با پلاسما ۱۷۰
- ۶- نتیجه گیری ۱۷۱
- منابع ۱۷۲

فصل ۵. ضدعفونی مواد غذایی با رطوبت بالا با استفاده از پلاسمای سرد	۱۷۹
۱- مقدمه	۱۷۹
۲- میوه ها و سبزیجات	۱۸۱
۲-۱ محصولات تازه	۱۸۲
۲-۲ برش های تازه محصولات	۱۸۵
۳- فراورده های طیور	۱۹۰
۴- گوشت	۱۹۴
۵- ماهی	۱۹۷
۶- غذاهای مایع	۱۹۷
۷- سایر محصولات غذایی با رطوبت بالا	۲۰۱
۸- آب فعال شده با پلاسمای (PAW)	۲۰۱
۹- نتیجه گیری	۲۰۷
منابع	۲۰۷

فصل ۶. ضدعفونی کردن محصولات غذایی گرانولی با استفاده از پلاسمای سرد	۲۱۳
۱- مقدمه	۲۱۳
۲- فناوری پلاسمای و روش های آزمایشی عملی برای ضدعفونی غذاهای گرانولی	۲۱۵
۲-۱ سازوکارهای غیرفعال کردن میکروارگانیسم ها توسط پلاسمای	۲۱۵
۲-۲ سیستم های پلاسمای کم فشار و کاربردهای آنها در ضدعفونی پلاسمایی	۲۲۴
۲-۳ پلاسمای فشار اتمسفری و کاربردهای آنها در ضدعفونی پلاسمایی	۲۲۶
۳- پارامترهای تأثیرگذار بر غیرفعال سازی میکروارگانیسم ها توسط پلاسمای	۲۳۱
۳-۱ تأثیر تنظیمات منبع تغذیه بر کارایی ضدعفونی کنندگی پلاسمای	۲۳۱
۳-۲ تأثیر گاز ورودی بر کارایی ضدعفونی کنندگی پلاسمای	۲۳۳
۳-۳ تأثیر رطوبت بر کارایی ضدعفونی کنندگی پلاسمای	۲۳۵
۳-۴ تأثیر بستره بر کارایی ضدعفونی کنندگی پلاسمای	۲۳۸
۳-۵ تأثیر میکروفلورا بر کارایی ضدعفونی کنندگی پلاسمای	۲۴۱
۴- نقش عوامل تنش حرارتی، مکانیکی، الکتریکی و گونه های واکنش پذیر پلاسمای	۲۴۴
۵- اثر تیمار پلاسمایی بر خواص عملکردی محصول	۲۴۶
۶- خلاصه و چشم انداز	۲۴۹
۷- نتیجه گیری	۲۵۱
منابع	۲۵۱

فصل ۷. غیرفعال سازی آنزیمی در سیستم‌های مدل با پایه غذایی با استفاده از پلاسمای سرد ۲۵۷

- ۱- مقدمه ۲۵۷
- ۲- ضرورت غیرفعال سازی آنزیم‌های غذایی چیست؟ ۲۵۸
- ۳- کاربرد پلاسمای سرد در غیرفعال کردن آنزیم‌های غذایی ۲۵۹
- ۳-۱ پراکسیدازها (PODs) ۲۵۹
- ۳-۲ پلی فنل اکسیدازها (PPOs) ۲۶۱
- ۳-۳ لیپازها و لیپو کسینازها ۲۶۲
- ۳-۴ کاتالازها ۲۶۲
- ۳-۵ دهیدروژنازها ۲۶۳
- ۳-۶ سایر آنزیم‌ها ۲۶۳
- ۴- سازوکار غیرفعال شدن آنزیم توسط پلاسمای سرد ۲۶۴
- ۴-۱ اثر پلاسما بر اسیدهای آمینه ۲۶۴
- ۴-۲ اثر پلاسما بر ساختار آنزیم ۲۶۷
- ۴-۳ اثر پرتو دهی UV بر غیرفعال سازی آنزیم ۲۷۱
- ۴-۴ اثر پلاسما بر pH ۲۷۱
- ۵- کینتیک غیرفعال سازی پلاسما ۲۷۲
- ۵-۱ معادله توزیع ویبول ۲۷۳
- ۵-۲ معادله مدل لگجستیک ۲۷۳
- ۶- مسیر آینده و نکات پایانی ۲۷۵
- منابع ۲۷۵

فصل ۸. اثرات فراوری با پلاسمای سرد بر ترکیبات مواد غذایی ۲۷۹

- ۱- مقدمه ۲۷۹
- ۲- فناوری‌های غیرحرارتی ۲۸۱
- ۲-۱ اصول اساسی پلاسمای سرد (CP) ۲۸۱
- ۲-۲ شیمی پلاسما ۲۸۳
- ۲-۳ کاربردهای پلاسمای سرد در فراوری مواد غذایی ۲۸۳
- ۳- نتیجه گیری ۲۹۱
- منابع ۲۹۲

فصل ۹. ضد عفونی مواد غذایی بسته بندی شده و مواد بسته بندی با پلاسمای سرد ۲۹۵

- ۱- مقدمه ۲۹۵

۲۹۷.....	۲- ضد عفونی مواد غذایی بسته بندی شده.....
۲۹۷.....	۱-۲ مزایای استفاده از پلاسمای تخلیه سدّی الکتریک (DBD).....
۲۹۸.....	۲-۲ کارایی و تجزیه و تحلیل فناوری ضد عفونی مواد غذایی بسته بندی شده با پلاسمای سرد.....
۳۰۲.....	۳- استریلیزاسیون بسته بندی مواد غذایی.....
۳۰۲.....	۳-۱ استریلیزاسیون مستقیم بسته بندی مواد غذایی با استفاده از پلاسمای سرد.....
۳۰۶.....	۳-۲ استفاده از پلاسمای سرد برای افزایش مقاومت میکروبی مواد بسته بندی.....
۳۰۶.....	۴- نتیجه گیری و مسیر آینده.....
۳۰۷.....	منابع.....

۳۱۱.....	فصل ۱۰. تجهیزات پلاسمای سرد برای ضد عفونی مواد غذایی.....
۳۱۱.....	۱- مقدمه.....
۳۱۳.....	۲- روش های تولید پلاسما.....
۳۱۳.....	۲-۱ تخلیه کرونا.....
۳۱۳.....	۲-۲ تخلیه تابان.....
۳۱۴.....	۲-۳ تخلیه سدّی الکتریک.....
۳۱۴.....	۲-۴ تخلیه پالسی.....
۳۱۵.....	۲-۵ تخلیه فرکانس بالا.....
۳۱۶.....	۲-۶ تخلیه میکروویو.....
۳۱۷.....	۳- کاربرد ضد عفونی با پلاسمای سرد در صنایع غذایی و تولید دستگاهی مخصوص محصولات کشاورزی.....
۳۲۴.....	۴- خلاصه.....
۳۲۶.....	۵- نتیجه گیری.....
۳۲۶.....	منابع.....

فصل ۱۱. کاربردهای پلاسمای سرد مبتنی بر میکروویو و فرکانس رادیویی در نگهداری

۳۳۱.....	و ایمنی مواد غذایی.....
۳۳۱.....	۱- مقدمه.....
۳۳۲.....	۲- پلاسمای میکروویو.....
۳۳۲.....	۲-۱ پلاسمای میکروویو کم فشار برای غیرفعال سازی میکروبی و اسپورها.....
۳۳۷.....	۲-۲ لامپ فرابنفش (UV) پلاسمای میکروویو (MPUVL).....
۳۳۷.....	۲-۳ پلاسمای میکروویو رزونانس سیکلوترون مغناطیسی (ECR).....
۳۳۷.....	۲-۴ استریلیزاسیون مواد بسته بندی مواد غذایی.....
۳۳۸.....	۲-۵ رسوب دهی پوشش های محافظ برای مواد بسته بندی.....

۳۳۸.....	۲-۶ پلاسمای مایکروویو در فشار اتمسفری برای غیرفعال‌سازی
۳۴۱.....	۲-۷ سازوکار غیرفعال‌سازی توسط پلاسماهای مایکروویو
۳۴۲.....	۳- پلاسمای رادیوفرکانس
۳۴۳.....	۳-۱ پلاسمای رادیوفرکانس برای کاربردهای ضدعفونی
۳۴۶.....	۳-۲ سازوکار غیرفعال‌سازی پلاسماهای RF
۳۴۶.....	۴- نتیجه‌گیری
۳۴۸.....	منابع

۳۵۱.....	فصل ۱۲. پلاسمای سرد برای ضدعفونی کردن محصولات تولیدشده در پروازهای فضایی
۳۵۱.....	۱- خطرات میکروبیولوژیکی ناشی از محصولات تازه در پروازهای فضایی
۳۵۲.....	۲- چالش‌های ضدعفونی محصولات در پروازهای فضایی
۳۵۳.....	۳- پلاسمای سرد به‌عنوان یک فناوری بالقوه ضدعفونی‌کننده در پروازهای فضایی
۳۵۷.....	۴- آینده پلاسمای سرد در پروازهای فضایی
۳۵۸.....	منابع

۳۵۹.....	فصل ۱۳. وضعیت قانونی پلاسمای سرد در کاربردهای غذایی
۳۵۹.....	۱- مقدمه
۳۶۱.....	۲- قوانین فناوری مواد غذایی
۳۶۲.....	۳- عوامل مؤثر در ارائه عریضه برای تصویب مقررات
۳۶۳.....	۴- عوامل اصلی در بررسی قانونی
۳۶۵.....	۵- نتیجه‌گیری
۳۶۵.....	منابع

۳۶۷.....	واژه‌نامه انگلیسی به فارسی
۳۷۲.....	واژه‌نامه فارسی به انگلیسی
۳۷۷.....	نمایه

مقدمه مترجمان

دانش بشری هر روز با درنوردیدن مرزهای جدید علم، توسعه و تکامل می‌یابد. از نخستین روزهای توسعه فناوری‌های جایگزین روش‌های سالم‌سازی حرارتی، دانشمندان رؤیای بهره‌گیری تجاری از توانایی روش‌های مذکور جهت سالم‌سازی و بهبود خصوصیات کیفی مواد غذایی را در ذهن خود پرورانده‌اند؛ به نحوی که در حال حاضر با افزایش روزافزون جمعیت، نه تنها تأمین منابع غذایی کافی، بلکه دستیابی به فناوری‌های نوین به منظور افزایش زمان ماندگاری، حفظ و ارتقای کیفیت، بهبود ارزش تغذیه‌ای و ویژگی‌های حسی فراورده‌های تولیدی همواره یکی از دغدغه‌های صاحبان صنایع محسوب می‌شود. پلاسمای سرد با ویژگی نابودسازی اسپور باکتری‌های بیماری‌زا و مولد فساد مواد غذایی، یکی از کارآمدترین فناوری‌های نوین در صنعت غذاست که در کتاب پیشرفت‌های صورت گرفته در کاربردهای پلاسمای سرد در ایمنی مواد غذایی، قابلیت‌های بالقوه تکنیکی، ظرفیت‌های کاربردی، مزایای استفاده از این فناوری و شیوه عمل آن در ایمنی مواد غذایی به خواننده معرفی می‌شود.

کتاب حاضر جدیدترین کتاب ترجمه شده به زبان فارسی در مورد فناوری پلاسمای سرد و کاربرد آن در صنعت غذاست. در حال حاضر، استفاده از پلاسمای سرد در صنایع غذایی و کشاورزی در مراحل اولیه و در حال رشد می‌باشد و طی دهه آینده با استفاده از پیشرفت‌های صورت گرفته در بخش‌هایی مانند پزشکی، نظامی و هوافضا، رشد قابل ملاحظه‌ای خواهد داشت. بخش کشاورزی و صنایع غذایی با استفاده از ابزارها و روش‌های برگرفته از فناوری پلاسمای سرد شاهد پیشرفت چشمگیری خواهد بود. در این کتاب آخرین نتایج مربوط به تحقیقات صورت گرفته در مورد کاربردهای پلاسمای سرد در ایمنی و نگهداری مواد غذایی ارائه شده است. تحقیقات در دهه گذشته، در مورد پلاسمای سرد به عنوان یک گزینه بالقوه برای غیرفعال کردن عوامل بیماری‌زا در مواد غذایی و به طور عمده محصولات تازه، شروع شد. در حال حاضر، مطالعات در مورد امکان استفاده از پلاسمای سرد برای کنترل بیوفیلرها و غیرفعال کردن اسپورها، مخمرها و کپک‌ها، ویروس‌ها و حشرات ادامه دارد و تحقیقات زیادی در مورد اصلاح تیمار پلاسمای سرد، تغییر متغیرها هنگام فرایند و طراحی دستگاه‌های جدید پلاسمای با تأکید بر مواد غذایی انجام شده است که تغییر در هر کدام از این متغیرها طبق اطلاعات به دست آمده، سبب تغییر اثر فناوری مذکور جهت هدف مدنظر می‌شود. فناوری پلاسمای سرد هنوز قابلیت تحقیق و کنکاش در زمینه‌ها و اهداف مختلف را داراست و می‌تواند گزینه جذابی جهت تحقیقات در آینده باشد.

کتاب ارائه‌شده می‌تواند راهنمای سودمندی نه‌تنها برای دانشجویان رشته‌های علوم و صنایع غذایی، کشاورزی، فیزیک، مهندسی شیمی و سایر رشته‌های وابسته در مقاطع کارشناسی‌ارشد و دکتری باشد، بلکه برای هر خواننده‌ای که علاقه‌مند به یادگیری کاربردهای پلاسمای سرد در نگهداری و ایمنی مواد غذایی جهت بهبود این فناوری و استفاده بهتر از آن است، مفید است. در انجام این رسالت مهم نیازمند نظریات ارزشمند شما محققان ارجمند و دانشجویان عزیز هستیم که امید است نظریات شما بر غنای علمی چاپ‌های آینده این مختصر بیفزاید.

دکتر سید حمیدرضا ضیاءالحق

عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
اعظم اشرفی
دانشجوی دکتری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

پیشگفتار

در بیست سال گذشته، فناوری‌های نوظهور در حوزه علوم غذایی و مهندسی غذا به‌طور مستمر و سریع توسعه یافته‌اند. یکی از اهداف اصلی در این زمینه، یافتن گزینه‌های جایگزین برای فناوری‌های مرسوم فراوری و نگهداری مواد غذایی جهت بهبود کیفیت تغذیه‌ای و حسی مواد غذایی و همچنین اطمینان از ایمنی میکروبی محصولات است. تعدادی از فناوری‌ها که به‌علت غیرحرارتی بودن عامل نگهدارنده در آن‌ها، به فناوری‌های غیرحرارتی موسوم‌اند، در کانون توجه قرار گرفته‌اند که ازجمله این فناوری‌ها می‌توان به میدان‌های الکتریکی پالسی، فراصوت و فرابنفش اشاره کرد. برخی از این فناوری‌های غیرحرارتی مانند فشار هیدروستاتیک بالا به‌رسمیت شناخته شده و به‌عنوان یک فناوری فراوری غذایی نوین مورد تأیید قرار گرفته‌اند و امروزه در صنایع غذایی برای کاربرهای خاصی مورد استفاده قرار می‌گیرند. باوجود این، یکی از جدیدترین فناوری‌هایی که امروزه در فناوری و علوم غذایی در حال بررسی و تحقیق است، فناوری پلاسمای سرد است.

پلاسمای سرد براساس یک اصل بنیادی استفاده از گازی است که توسط یک منبع انرژی الکتریکی به‌طور کامل یا تاحدودی یونیزه شده است. این گاز به رادیکال‌های آزاد، یون‌های مثبت و منفی، الکترون‌ها و گونه‌های باردار تجزیه می‌شود و علاوه‌براین، نور فرابنفش تولید می‌کند. تمام این ترکیبات روی غشای سلولی عمل و میکروارگانیسم‌ها را غیرفعال می‌کنند که مبنای پلاسمای سرد برای ضدعفونی میکروبی محصولات غذایی است. البته پلاسمای سرد قبلاً در محصولات مختلفی مانند مواد نساجی، مواد بسته‌بندی، تجهیزات پزشکی و صنایع الکترونیک مورد استفاده قرار می‌گرفته است. برخی از آزمایش‌های قبلی مربوط به غیرفعال‌سازی میکروبی در علوم غذایی، با دستگاه‌های پلاسمایی انجام شده‌اند که برای سایر موارد غیر از مواد غذایی بوده‌اند، یا برای موارد خاصی در آزمایشگاه ساخته شده بودند. در سال‌های اولیه ظهور فناوری پلاسمای سرد، معمولاً از دستورالعمل یک دستگاه پلاسمای پزشکی به‌عنوان بخشی از مواد و روش‌های غیرفعال‌سازی میکروبی در مواد غذایی استفاده می‌شد. در حال حاضر، پلاسمای سرد علاوه‌بر غیرفعال کردن میکروبی در کاربردهای علوم غذایی، برای سایر موارد نیز آزمایش می‌شود. به‌عنوان مثال، در زمینه کشاورزی، کاربرد پلاسمای سرد برای سرعت بخشیدن به جوانه‌زنی بذرها در دست بررسی است. در زمینه فراوری مواد غذایی، پلاسمای سرد در حال حاضر برای تغییر دادن خواص عملکردی مواد غذایی بررسی شده است. کاربرد پلاسمای سرد برای ازبین‌بردن سموم دفع آفات از محصولات زراعی یا ازبین‌بردن ترکیبات حساسیت‌زای غذاهای خاص نیز در دست بررسی است. اگرچه این کاربردها بسیار مهم هستند، اما در این

کتاب کاملاً مورد بحث قرار نگرفته‌اند. از بین بردن سموم دفع آفات و آلرژن‌ها بخشی از ایمنی مواد غذایی هستند، اما تحقیقات در هر دو زمینه به تازگی آغاز شده است و مطالب کافی برای تکمیل یک فصل جامع و مفصل وجود ندارد. اگرچه برخی از این جنبه‌ها به طور خلاصه در برخی از فصل‌ها مورد بحث قرار گرفته‌اند. با وجود این، ذکر این کاربردها بسیار مهم است، بنابراین خواننده در ویرایش‌های بعدی این کتاب که در سال‌های آینده تدوین خواهد شد، اطلاعات کافی به دست خواهد آورد.

در این کتاب، آخرین نتایج مربوط به تحقیقات صورت گرفته در مورد کاربردهای پلاسمای سرد در ایمنی و نگهداری مواد غذایی ارائه شده است. حدود ده سال پیش، تحقیقات در مورد پلاسمای سرد به عنوان یک گزینه ممکن برای غیرفعال کردن عوامل بیماری‌زا در مواد غذایی و به طور عمده محصولات تازه، شروع شد. در حال حاضر، مطالعات در مورد اثر پلاسمای سرما بر عوامل بیماری‌زا ادامه دارد و علاوه بر این، برای کنترل بیوفیلیم‌ها و غیرفعال کردن اسپورها، مخمرها و کپک‌ها، ویروس‌ها و حتی حشرات نیز استفاده شده است. در حال حاضر تحقیقات زیادی در مورد اصلاح تیمار پلاسمای سرد، تغییر متغیرها هنگام فرایند و طراحی دستگاه‌های جدید پلازما با تأکید بر مواد غذایی انجام شده است. در مورد مطالعه ترکیب مواد غذایی بعد از تیمار پلاسمایی، غیرفعال‌سازی آنزیم‌ها، تغییرات ایجاد شده در حین نگهداری، مواد غذایی بسته‌بندی شده، فراورده‌های غذایی خشک و غذاهای با رطوبت بالا، مواد بسته‌بندی و بسیاری موارد دیگر نیز تحقیقاتی انجام شده است.

این کتاب به چهار بخش تقسیم شده است: در بخش اول، اصول بنیادی پلاسمای سرد توضیح داده شده است. در بخش دوم بر کاربرد این فناوری در نگهداری مواد غذایی تأکید شده و در بخش سوم به طراحی تجهیزات پلاسمای سرد پرداخته شده است. در بخش چهارم نیز برخی از کاربردهای خاص پلاسمای سرد و مراحل قانون‌گذاری برای انتقال این فناوری از سطح آزمایشگاهی به سطح صنعتی مورد بحث قرار گرفته است.

در اولین بخش کتاب، فناوری‌های غیرحرارتی معرفی شده‌اند و لزوم یافتن روش‌های جایگزین برای فراوری و نگهداری مواد غذایی بحث می‌شود. همچنین مرور کوتاهی در مورد پلاسمای سرد و چگونگی عملکرد این فناوری صورت گرفته و نمونه‌هایی از کاربردهای آن معرفی شده است. در فصل ۱ اصول مهندسی مربوط به پلاسمای سرد و طرح‌های مختلف رآکتورهای پلاسمای سرد به طور کامل ارائه شده است. اگرچه در این فصل معادلات متعددی ارائه شده و اطلاعات قبلی از دانش فیزیک و جبر مورد نیاز است، این اطلاعات می‌توانند برای کسانی که در زمینه مهندسی ایمنی مواد غذایی کار کرده و علاقه‌مند به طراحی تجهیزات پلازما هستند، بسیار باارزش باشد. برای خوانندگانی که پیش‌زمینه مهندسی ندارند، توصیه می‌شود که دوره‌های مقدماتی فیزیک و الکتریسیته را بگذرانند. البته سایر فصل‌های کتاب برای این خوانندگان جالب توجه خواهد بود. در فصل ۲ نتایج به روز مربوط به غیرفعال‌سازی میکروبی و همچنین تحقیقات انجام شده در زمینه غیرفعال‌سازی اسپورها، ویروس‌ها و قارچ‌ها ارائه شده است. امروزه، برخی از

نظریه‌های قبلی در مورد سازوکار غیرفعال‌سازی میکروبی توسعه یافته‌اند و اطلاعات جدید و بسیار با ارزشی در سال‌های اخیر به دست آمده‌اند. لزوم تحقیقات جدی در مورد ایمنی مواد غذایی از لحاظ غیر فعال‌سازی انگل‌ها نیز مورد تأکید قرار گرفته است؛ زیرا بسیاری از موارد شیوع بیماری‌های ناشی از مواد غذایی با انگل‌ها مرتبط می‌باشند، ولی متأسفانه در این زمینه هنوز تحقیقات جدی صورت نگرفته است. همانند سایر فناوری‌های نوین، الگوهای غیرفعال‌سازی میکروبی در نمونه‌های تیمارشده با پلاسمای سرد از کینتیک خطی لگاریتمی پیروی نمی‌کنند. در فصل ۳ مدل‌های غیرخطی بالقوه‌ای که می‌توانند برای توصیف دقیق غیرفعال‌سازی میکروبی توسط پلاسمای سرد استفاده شوند، بحث شده‌اند. همچنین به این نکته اشاره شده است که پیشنهاد یک مدل مکانیستی برای غیرفعال‌سازی میکروبی توسط پلاسمای سرد، به علت دخالت داشتن چندین عامل کشنده و هم‌زمان عمل کردن سازوکارهای مختلف غیرفعال‌سازی مربوط، مشکل است. فصل ۴ تحقیقات جدید مربوط به استفاده از پلاسمای سرد برای تخریب بیوفیلم‌ها را نشان می‌دهد. اگرچه این فناوری در غیرفعال‌سازی میکروبی موفق بوده است، اما برای از بین بردن بیوفیلم‌ها زمان تیمار طولانی‌تری مورد نیاز بوده و هنگامی که بیوفیلم‌ها از چندین میکروارگانیسم مختلف تشکیل شده باشند، تیمار آن‌ها با محدودیت‌هایی مواجه می‌شود. البته در این فصل بحث جالبی نیز در مورد چگونگی استفاده از پلاسمای سرد برای اصلاح یا پوشش‌دار کردن سطوح به منظور کاهش تشکیل بیوفیلم‌ها آمده است.

بخش دوم کتاب مربوط به کاربردهای پلاسمای سرد برای در نگهداری مواد غذایی است. در فصل ۵ کارهای اخیر انجام شده روی ضد عفونی مواد غذایی با رطوبت بالا مانند محصولات تازه، فراورده‌های طیور و گوشت، مایعات و کاربردهای نوین آب فعال شده با پلاسمای (PAW)^۱ برای ضد عفونی برخی محصولات در حین شست و شو جمع آوری و ارائه شده است. در فصل ۶ بحث جامعی در مورد ضد عفونی پلاسمایی مواد غذایی خشک مانند بذر، دانه‌ها و آجیل‌ها که در آن‌ها میکروارگانیسم‌ها به علت سطح زبر و پیچیده این نوع محصولات به راحتی در مقابل عوامل ضد عفونی کننده محافظت می‌شوند، صورت گرفته است. البته به نظر می‌رسد که استفاده از پلاسمای سرد در فشار پایین، بدون آسیب رساندن به مواد غذایی، در غیرفعال کردن میکروارگانیسم‌ها مؤثر است. مطالعات انجام شده در مورد غیرفعال کردن آنزیم‌ها توسط پلاسمای سرد در فصل ۷ مورد بحث قرار گرفته است. کاهش کیفیت مواد غذایی بر اثر واکنش‌های آنزیمی را می‌توان با استفاده از پلاسمای سرد به طور قابل توجهی کاهش داد. برهم کنش‌های شیمیایی بین گونه‌های فعال پلاسمای و ساختار پروتئین نیز در این فصل به طور کامل بحث شده و چندین نمونه از غیرفعال‌سازی آنزیم‌ها در سیستم‌های مدل و مواد غذایی ارائه شده است. فصل ۸ به مطالعات جدید انجام شده روی تأثیر پلاسمای سرد بر ترکیبات مواد غذایی پرداخته است. برخی از رادیکال‌های آزاد تولید شده در تابش پلاسمای علاوه بر غیرفعال کردن میکروارگانیسم‌ها، بر ترکیبات تشکیل دهنده مواد غذایی نیز تأثیر گذاشته و باعث دیپلمریزاسیون کربوهیدرات‌ها، اکسیداسیون لیپیدها یا آزاد شدن ویتامین‌ها از بافت سبزی‌ها می‌شوند. این

فصل اهمیت دانستن شیمی پلازما در فراوری میوه‌ها و سبزی‌ها، دانه‌ها و غلات و فراورده‌های گوشتی و لبنی را بیان می‌کند. فصل ۹ نیز برخی از کارهای انجام‌شده در مورد ضدعفونی مواد غذایی بسته‌بندی‌شده و مواد بسته‌بندی را ارائه می‌دهد. در ابتدای فصل، استفاده از پلاسمای سرد برای ضدعفونی مواد غذایی بسته‌بندی‌شده خطر میکروبی ناشی از آلودگی جانبی را به‌شدت کاهش می‌دهد و علاوه‌براین، امکان حذف سموم آفت‌کش از محصولی که درون بسته‌بندی قرار دارد و آماده‌ارسال به بازار مصرف است را فراهم می‌کند. نمونه‌هایی از مواد غذایی بسته‌بندی‌شده که تحت تیمار با پلاسمای سرد قرار گرفته‌اند نیز ارائه شده است. در ادامه این فصل، استفاده از پلاسمای سرد برای ضدعفونی مواد بسته‌بندی بحث شده و نمونه‌هایی از مواد متداول بسته‌بندی مانند پلی‌اتیلن ترفتالات (PET)^۱، پلی‌اتیلن، نایلون، پلی‌استایرن و پلی‌پروپیلن همراه با فرصت‌های تحقیقاتی استفاده از پلازما برای پلیمرهای زیست‌تجزیه‌پذیر جدید ارائه گردیده است.

بخش سوم کتاب به مطالعه تجهیزات پلاسمای سرد اختصاص یافته است و همان‌طور که قبلاً گفته شد، تحقیقات اولیه زیادی در مورد تجهیزات پلاسمایی با کاربردهای غیر غذایی صورت گرفته است. نکات بسیار مهمی وجود دارند که هنگام طراحی یک دستگاه پلازما برای فراوری مواد غذایی باید در نظر گرفته شوند. از جمله اینکه باید از تیمار یکنواخت تمام قسمت‌های ماده غذایی اطمینان حاصل شود (مشابه نقطه سرد در فراوری حرارتی)، هنگام تیمار مایعات عمق نفوذ باید زیاد باشد، در صورت امکان فرایند باید مداوم باشد، سیستم باید دارای درجه غذایی بوده و برای محصولات غذایی مختلف انعطاف‌پذیری داشته باشد، هزینه فرایند باید پایین و جزو فناوری‌های سبز محسوب شود. در فصل ۱۰ بحث کاملی در مورد قطعات مختلف تجهیزات پلاسمای سرد که برای کاربردهای غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، صورت گرفته است. برخی از انواع اولیه و متداول مانند تجهیزات تخلیه کرونا و تخلیه سدّی الکتریکی (DBD)^۲ و چند مورد دیگر ارائه شده است. در این فصل اجزای اصلی هر دستگاه پلازما نشان داده شده و یک تحلیل هزینه بسیار ابتدایی از یک دستگاه پلاسمای آزمایشگاهی برای ضدعفونی میوه‌ها در ژاپن نیز ارائه گردیده است. اگرچه متغیرهای بسیار زیادی در یک تحلیل هزینه کامل دخالت داشته و به‌کشوری که دستگاه پلازما در آن استفاده می‌شود نیز بستگی دارد، یک تحلیل ابتدایی از لحاظ پولی در مورد کاربرد پلاسمای سرد جالب توجه خواهد بود. فصل ۱۱ تنها بر استفاده از تجهیزات پلاسمای سرد مبتنی بر مایکروویو و رادیوفرکانس که برای غیرفعال کردن اسپورها مفیدند، متمرکز شده است. در این فصل چندین کاربرد غذایی از هر دو نوع تجهیزات برای غیرفعال کردن عوامل بیماری‌زا و حفظ کیفیت مواد غذایی ارائه شده است. پلاسمای کم‌فشار مبتنی بر مایکروویو برای رسوب‌گذاری مواد پوشش‌دهنده نیز استفاده می‌شود.

آخرین و چهارمین بخش کتاب به برخی از کاربردهای خاص پلاسمای سرد و روند قانونی که این فناوری باید برای گرفتن مجوز و انتقال یافتن به صنعت طی کند، پرداخته است. فصل ۱۲ کاربرد پلاسمای

1. Polyethylene terephthalate

2. Dielectric Barrier Discharge

سرد در تهیه غذا برای فضانوردان را مطرح می‌کند. این فناوری به عنوان یک گزینه ممکن برای استفاده در مأموریت‌های فضایی آینده مانند مأموریت مریخ که فضانوردان نیاز دارند که سبزیجات را خودشان در فاصله چندین میلیون کیلومتری زمین کشت و ضدعفونی کنند، در دست بررسی و تحقیق است. نتایج اولیه نشان می‌دهند که پلاسمای سرد قابلیت استفاده برای ضدعفونی سبزیجات فضایی را دارد که به‌ویژه به‌خاطر ویژگی‌های خاص این فناوری نظیر بدون آب بودن و بدون بقایای شیمیایی بودن جزو فناوری‌های سازگار با فضای موردنظر سازمان فضایی ناساست. البته نیازهای تحقیقاتی بیشتر بر روی افزایش میزان غیرفعال‌سازی در شرایط هوای اتمسفری است. فصل آخر کتاب (فصل ۱۳) مسیری که یک فناوری جدید باید جهت تأیید شدن توسط مراجع قانونی برای استفاده در صنایع غذایی دنبال کند را به خواننده نشان می‌دهد. اگرچه پلاسمای سرد هنوز در مرحله توسعه قرار دارد، تاکنون تحقیقات زیادی در این ارتباط صورت گرفته است و انتظار می‌رود که در سال‌های آینده نتایج بیشتری به‌دست آیند که در نهایت مزایای استفاده از این فناوری را نشان می‌دهند و مدارک کافی برای مراجع قانونی جهت تأیید استفاده از این فناوری در صنایع غذایی را فراهم می‌کنند.

این کتاب به‌عنوان یک مرجع برای دانشجویان مقاطع کارشناسی و بالاتر رشته علوم غذایی و مهندسی غذایی و همچنین برای دانشجویان مهندسی الکترونیک مورداستفاده قرار می‌گیرد. محتوای این کتاب برای محققان جوان و باتجربه که در زمینه فناوری‌های غذایی نوظهور در دانشگاه‌ها، مراکز دولتی، مراکز تحقیقاتی یا حتی مراکز صنعتی کار می‌کنند نیز مفید است. مطالب این کتاب نه تنها برای کسانی که در زمینه میکروبیولوژی، فیزیک یا شیمی کار می‌کنند، بلکه برای هر خواننده‌ای که علاقه‌مند به یادگیری کاربردهای پلاسمای سرد در نگهداری و ایمنی مواد غذایی باشد نیز جالب توجه است.

نویسنده از تمامی همکاران خود که در این پروژه جدید همکاری کرده و تجربه خود را در هر فصل به اشتراک گذاشتند، تشکر می‌کند. همچنین از کار برجسته و حرفه‌ای گروه انتشاراتی الزویر، نینا باندیریا، کارلی دیمتری، کلسی کانرز و تمام کارکنان تحریریه و انتشاراتی که در مراحل مختلف تهیه کتاب همکاری داشتند، قدردانی می‌شود.

این کتاب به تمام محققان جوان و باتجربه‌ای اختصاص دارد که روی پلاسمای سرد کار می‌کنند و به ما این امکان را می‌دهند تا این فناوری را بهتر بشناسیم و مسیری که باید در آینده دنبال کنیم را به ما نشان می‌دهند.

دانیلا برمودز - آگوئیر