

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دعای پیش از مطالعه

اَللّٰهُمَّ اَخْرِجْنِيْ مِنْ ظُلُمَاتِ الْوَهْمِ وَاكْرِمْنِيْ بِنُورِ الْفَهْمِ
اَللّٰهُمَّ افْتَحْ عَلَيْنَا اَبْوَابَ رَحْمَتِكَ وَاَنْشُرْ عَلَيْنَا خَزَائِنَ عُلُوْمِكَ
بِرَحْمَتِكَ يَا اَرْحَمَ الرَّاحِمِيْنَ

پروردگارا، خارج کن مرا از تاریکی های فکر و گرامی بدار به نور فهم
پروردگارا، بکشای بر ما درهای رحمت را و بکستران کنج های دانشت را به امید رحمت
تو ای مهربان ترین مهربانان

بیایید به حقوق دیگران احترام بگذاریم

دوست عزیز، این کتاب حاصل دسترنج چندین ساله ی مؤلف، مترجم و ناشر آن است. تکثیر و فروش آن به هر شکلی بدون اجازه از پدیدآورنده کاری غیراخلاقی، غیرقانونی، غیرشرعی و کسب درآمد از دسترنج دیگران است، نتیجه ی این عمل نادرست، موجب رواج بی اعتمادی در جامعه و بروز پی آمدهای ناگوار در زندگی و محیط ناسالم برای خود و فرزندانمان می گردد.



درسنامه علوم و مهندسی صنایع غذایی

ویژه دکتری رشته‌ی علوم و مهندسی صنایع غذایی وزارت علوم

تألیف و گردآوری:

دکتر فاطمه رحمانی

«دکتری تخصصی علوم و مهندسی صنایع غذایی»

سرشناسه

: رحمانی، فاطمه، ۱۳۷۲-

عنوان و نام پدیدآور

: AGK درسنامه علوم و مهندسی صنایع غذایی ویژه دکتری رشته‌ی علوم و مهندسی صنایع غذایی وزارت علوم /

تألیف و گردآوری فاطمه رحمانی.

مشخصات نشر

: تهران: آناهید گستر خلیلی، ۱۴۰۳.

مشخصات ظاهری

: ۱۳۱ص. : مصور، نمودار ؛ ۲۲×۲۹س.م.

شابک

: 978-622-8348-77-3

وضعیت فهرست‌نویسی

: فیپا

موضوع

: مواد غذایی -- صنعت و تجارت -- راهنمای آموزشی (عالی)

Food industry and trade -- Study and teaching (Higher)

: مواد غذایی -- صنعت و تجارت -- آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی)

Food industry trade -- Examinations, questions, etc (Higher)

: دانشگاه‌ها و مدارس عالی -- آزمون‌ها -- آزمون دوره‌های تحصیلات تکمیلی -- ایران

Universities and colleges -- Examinations -- Graduate Record Examination -- Iran

شناسه افزوده

: ایران . وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

شناسه افزوده

: Iran . Ministry of Health and Medical Education

رده‌بندی کنگره

: TP۳۷۰

رده‌بندی دیویی

: ۶۶۴/۰۷۶

شماره کتابشناسی ملی

: ۹۶۶۷۱۲۹



انتشارات آناهید گستر خلیلی

نام: AGK درسنامه علوم و مهندسی صنایع غذایی

(ویژه دکتری رشته‌ی علوم و مهندسی صنایع غذایی وزارت علوم)

تألیف و گردآوری: دکتر فاطمه رحمانی

ناشر: آناهید گستر خلیلی

نوبت و سال چاپ: اول. ۱۴۰۳

شمارگان: ۱۰۰۰

چاپ و صحافی: گیلان

مدیر تولید: امیرحسین خلیلی

مدیر فنی و هنری: مریم آرده

بهاء: ۲۵۰۰۰۰ تومان

آموزشگاه/فروشگاه: ۰۲۱۶۶۵۶۸۶۲۱

مرکز پخش: ضلع جنوب غربی میدان انقلاب . جنب بانک پارسیان . مجتمع تجاری پارس . طبقه اول

مدیر فروش: ۰۹۱۹۱۶۸۵۹۷۰ (ارتباط از طریق پیامک)

 agkpublisher@gmail.com



www.agkins.com

طلیعه سخن مدیر تولید:

سپردن کار به اهلش نشانه‌ی خردمندی است.

برای تولید بسته‌های آموزشی تمام تلاش خود را به کار گرفته‌ایم تا محصولی شایسته را تقدیم شما عزیزان نماییم.

مجموعه‌ای که پیش روی شماست براساس معتبرترین و به‌روزترین منابع کنکور و به قلم مجرب‌ترین اساتید تألیف شده است و مطالعه آن موجب صرفه‌جویی در زمان و هزینه شما خواهد شد. ارائه بالاترین آمار قبولی در کنکور کارشناسی ارشد و دکتری در دهه اخیر بیان‌گر توانایی این مجموعه در راستای اهداف آموزشی خود می‌باشد. اینک با اتکا به تجربه‌ای ۱۷ ساله می‌توانیم ادعا کنیم که مجموعه حاضر، بی‌شک از جمله کامل‌ترین و به‌روزترین بسته‌های آموزشی موجود در عرصه کنکور می‌باشد.

✍ برخی از ویژگی‌های بسته‌های آموزشی:

- منطبق با معتبرترین و به‌روزترین منابع کنکور
- گردآوری و تألیف توسط مجرب‌ترین اساتید کنکور
- تدریس مطالب از سطح پایه تا پیشرفته به بیان ساده و روان
- انتقال بهتر مفاهیم با استفاده از شکل، جدول و نمودار
- تألیف مبتنی بر نحوه‌ی طراحی سوالات کنکور
- مطالعه یک منبع منسجم به جای مطالعه چندین منبع مختلف
- منبعی خودآموز و بدون نیاز به مدرس

اینک علاوه بر مطالعه بسته‌های آموزشی استفاده از خدمات و محصولات زیر را به عنوان ضمانتی برای قبولی به شما داوطلبان عزیز توصیه می‌کنم؛

✍ آزمون‌های آزمایشی: خوش بود گر محک تجربه آید به میان

داوطلب شجاع کیست؟ داوطلبی است که خود را مورد سنجش (خود را با خود) و ارزیابی (خود را با دیگران) قرار دهد تا پیش از کنکور به نقاط ضعف خود پی ببرد و آن‌ها را تقویت نماید. آزمون‌های آزمایشی دارای یک برنامه‌ریزی منسجم است و به شما اولتیماتوم می‌دهد. یعنی شما باید در یک زمان معین مطالب معینی را مطالعه نمایید.

آزمون‌های آزمایشی مجموعه دارای سوالات استاندارد، پاسخنامه تشریحی و کارنامه تحلیلی می‌باشد. صادقانه شرکت در آزمون‌های آزمایشی را به شما عزیزان توصیه می‌کنم.

✍ مشاوره تخصصی و برنامه‌ریزی: زیر نظر حرفه‌ای‌ها درس بخوانید ...

در صورتی که نمی‌توانید با توجه به زمان آزادتان برنامه‌ی مطالعاتی استاندارد را برای خود تدوین کنید حتماً از افراد متخصص کمک بخواهید. افرادی که تجربیات خود را صادقانه در اختیار شما قرار می‌دهند و برنامه‌ریزی مناسب با شرایط شما را انجام می‌دهند.

📖 کتاب تست:

کوچک‌ترین واحد یادگیری در کنکور، تست است. شما می‌توانید برای این‌که سطح یادگیری خود را پس از مطالعه بسنجید از کتاب‌های تست مجموعه (تست کنکور) و ماطراحان (تست‌های تألیفی) استفاده کنید. این کتاب‌ها به‌صورت موضوعی طبقه‌بندی شده‌اند و می‌توانند نحوه‌ی طرح سوالات کنکور و سطح آن‌ها را به‌صورت واضح به شما نشان دهند.

📖 درسنامه‌های نکات داغ و کتاب‌های الگوریتم مناسب‌ترین منابع برای دوران مرور و جمع‌بندی:

بیش‌تر داوطلبان حین مطالعه نگران خلاصه‌نویسی و مرور آموخته‌های خود هستند و برای خلاصه‌نویسی زمان زیادی را صرف می‌کنند. اینک به شما مژده می‌دهیم که این‌بار زمان به نفع شما در حال گذر است و دیگر با استفاده از درسنامه‌های نکات داغ و کتاب‌های الگوریتم نیاز به خلاصه‌نویسی ندارید.

شما می‌توانید نظرات، انتقادات و پیشنهادهای سازنده خود را در مورد بسته‌های آموزشی به شماره‌تلفن همراه ۰۹۱۹۱۶۸۵۹۷۰ فقط و فقط پیامک نمایید.

مشاور و مدیر تولید

امیرحسین خلیلی

طلیعه سخن مؤلف:

خداوند حکیم را سپاسگزاریم که با یاری او توانستیم درسنامه علوم و مهندسی صنایع غذایی ویژه‌ی دانشجویان کارشناسی ارشد و آمادگی آزمون کارشناسی ارشد به دکتری را در اختیار علاقمندان این رشته قرار دهیم. امید است این کتاب برای دانشجویان و داوطلبین متقاضی شرکت در آزمون دکتری علوم و مهندسی صنایع غذایی، مفید باشد و گوشه‌ای از بار سنگین جستجو در منابع مختلف درسی از دوش آن‌ها برداشته شود. در هر فصل از این کتاب، مطالب مهم و کلیدی و تست کنکور دکتری سال‌های گذشته‌ی مربوط به آن فصل آورده شده است. در طراحی این کتاب کوشش بر آن بوده است که تمامی سرفصل‌ها پوشش داده شود و برای این مهم از منابع و کتب مرجع اعلام شده از سوی وزارت علوم، بهره برده‌ام که نام برخی از آن‌ها در انتهای کتاب آمده است. لازم به ذکر است از آنجایی که هیچ تلاشی بی‌نقص نیست، این مجموعه نیز نیازمند پیشنهادات شما عزیزان می‌باشد. از تمام عزیزانی که این کتاب را مطالعه می‌کنند در خواست داریم که نظرات خود را به پست الکترونیک fatemerahmani904@ut.ac.ir ارسال فرمایند.

با احترام

دکتر فاطمه رحمانی

فهرست مطالب

صفحه

فصل و عنوان

فصل اول: میکروبیولوژی صنعتی	۹
فصل دوم: روش‌های نوین آزمایشگاهی صنایع غذایی	۴۵
فصل سوم: خواص فیزیکی مواد غذایی	۸۰
فصل چهارم: انتقال جرم و حرارت در مواد غذایی	۱۰۷
منابع	۱۳۱

فصل

۱

میکروبیولوژی صنعتی

۹

در میکروبیولوژی صنعتی به چگونگی استفاده از فرمانتورها برای انجام یک فرآیند تخمیر پرداخته می‌شود. میکروب‌شناسان صنعتی به هر فرآیندی که برای تولید محصولات دلخواه از طریق کشت میکروارگانیسم‌ها در مقیاس صنعتی به کار گرفته شود، تخمیر می‌گویند.

زیست شیمی‌دانان تخمیر را نوعی فرآیند برای تولید انرژی تعریف می‌کنند که مواد آلی گیرنده‌ی نهایی و دهنده‌ی الکترون هستند. استفاده از فناوری‌های زیستی برای تولید فرآورده‌های شیمیایی در فرآیندهای صنعتی را زیست فناوری صنعتی می‌گویند. از زیست فناوری صنعتی یا زیست فناوری سفید برای تولید انواع محصولات شیمیایی مانند آنزیم‌ها، اسیدهای آلی، ویتامین‌ها، اسیدآمین، آنتی‌بیوتیک‌ها و ... استفاده می‌شود. تولید این فرآورده‌ها با فناوری DNA نو ترکیب (یعنی با استفاده از موجودات زنده‌ای که در حالت طبیعی این محصولات را تولید نمی‌کنند) به شدت مورد توجه قرار گرفت. امروزه فرآورده‌های مختلفی که تولید آن‌ها را از راه‌های شیمیایی صورت می‌گرفت، با استفاده از فرآیندهای زیستی تولید می‌شوند. تولید محصولات با فرآیندهای زیستی مزیت‌های نسبت به روش‌های شیمیایی دارد. از جمله: تولید محصولات زیست تخریب‌پذیر و کاهش خطرات برای محیط و تولید ضایعات کمتر و بازدهی بالاتر از نظر انرژی. موجودات زنده به دلیل سرعت رشد، تولید انبوه، امکان استفاده از محیط‌های کشت ارزان (می‌توان از ضایعات برای برخی میکروارگانیسم‌ها به عنوان بستره‌ی ارزان استفاده کرد) و تنوع محصولات تولیدی آن‌ها، بسیار مفید و با اهمیت هستند.

مراحل رشد میکروارگانیسم‌ها

افزایش اجزای سلولی که باعث بزرگ شدن سلول است و باعث تقسیم سلولی می‌گردد را رشد میکروب می‌نامند. جمعیت میکروارگانیسم‌ها در تخمیرهای ناپیوسته، چند فاز رشد را طی می‌کند. فاز کمون: در فاز کمون، جمعیت میکروبی تقریباً ثابت است و رشدی اتفاق نمی‌افتد. در این فاز، میکروارگانیسم به شرایط محیطی جدید تطبیق می‌یابد. بعد از این مرحله، سلول وارد فاز شتاب می‌گردد. (به فاز کمون، Lag Phase هم گفته می‌شود)

رشد نمایی یا فاز لگاریتمی: در این مرحله، تعداد سلول‌ها یا زیست توده با سرعت ثابت، افزایش می‌یابد. یک رابطه‌ی مستقیم بین سرعت رشد ویژه و زمان مضاعف شدن ایجاد می‌شود. اگر مواد مغذی به صورت نامحدود در محیط باشند.

در انتهای فاز لگاریتمی سرعت رشد کم شده و سپس متوقف می‌گردد که ممکن است به دلیل متابولیت‌های سمی تولید شده (اتانول یا اسید لاکتیک) یا کم شدن مواد مغذی مورد نیاز (اسیدهای آمینه، منبع کربن و ...) رخ دهد. تأثیر کمبود مواد مغذی ضروری برای رشد به وسیله‌ی معادله موناد قابل توضیح است:

$$\mu = \frac{\mu_{\max} S}{K_S + S}$$

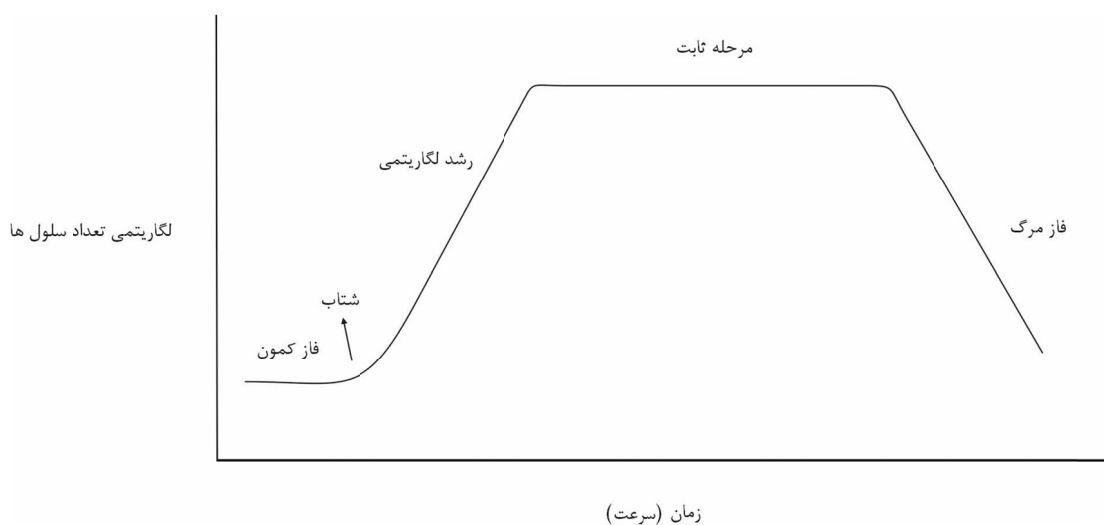
($\mu_{\max}$ = حداکثر رشد ویژه‌ی سلول)

$$S = \text{غلظت بستری محدودکننده} \text{ g/L}$$

K_S = ضریب ثابت اشباع که برابر است با گرم بر لیتر مواد مغذی محدودکننده که باعث رشد در $\frac{1}{4}$ حداکثر سرعت رشد ویژه می‌شود. K_S معیاری از میزان وابستگی سلول‌ها به ماده‌ی مغذی است. یعنی هرچه K_S کم‌تر باشد، با غلظت سوبسترای کم‌تری به نصف سرعت ماکزیمم می‌رسد.

فاز ثابت یا Stationary: زمانی که مواد مغذی کاهش یافته یا مواد سمی تولید شوند، سرعت رشد ویژه‌ی میکروارگانیسم کاهش می‌یابد و سلول وارد فاز ثابت می‌شود. در این فاز، سرعت تقسیم سلول‌ها با سرعت مرگ آنها برابر است و در واقع در تعداد سلول‌ها تغییری ایجاد نمی‌شود.

فاز مرگ یا Death: بعد از فاز ثابت، سلول‌ها با یک سرعت ثابت از بین می‌روند.



فرآیند تخمیر

شامل بخش‌هایی می‌شود که باید به آنها توجه شود.

– فرآیند بالا دستی یا **Upstream Processing**:

- ✓ انتخاب میکروارگانیسم صنعتی و محیط کشت مناسب
- ✓ تنظیم ترکیب محیط کشت
- ✓ استریلیزه کردن محیط و لوازم کشت
- ✓ تأمین تجهیزات و لوازم کل فرآیند
- ✓ تلقیح میکروارگانیسم به محیط کشت استریل

– **کشت سلول برای تولید محصول:**

- ✓ حفظ وضعیت سترون در حین تخمیر
- ✓ کنترل فرآیند در حین تخمیر
- ✓ انتخاب زمان مناسب خاتمه‌ی تخمیر

- فرآیند پایین دستی یا Downstream Processing:

- ✓ جدا کردن توده زیستی
- ✓ تخریب دیواره سلولی
- ✓ تغلیظ و خالص سازی محصول
- ✓ کنترل محصول و بسته بندی آن
- ✓ استریل کردن پساب در صورت نیاز و تصفیه ی آن

محیط کشت تخمیر

در استفاده از محیط کشت، توجه به قیمت و تأمین مواد مغذی ضروری، اهمیت دارد. انتخاب مناسب منبع کربن و انرژی ارزان قیمت باعث افزایش سودآوری خواهد شد. می توان از ضایعات حاصل از صنایع دیگر نیز استفاده کرد طوری که بازدهی تولید محصول بیشترین مقدار باشد.

در تولید توده زیستی، ضریب عملکرد عبارت است از مقدار توده ی زیستی تولیدی به ازای هر گرم سوسترای مصرف شده که این ضریب عملکرد به دلیل تأثیر روی هزینه ها اهمیت ویژه ای دارد. هرچه این میزان بیش تر باشد، بازدهی تخمیر بالاتر است.

$$\text{Biomass یا توده زیستی} = \frac{\text{بازدهی یا ضریب عملکرد}}{\text{سوسترای مصرفی}}$$

می توان از ضایعات کارخانه های تولید قند، آب پنیر، ضایعات سلولزی، شربت ذرت و ... در محیط کشت تخمیر استفاده کرد.

نیاز میکروارگانیسم ها شامل عناصر پر مقدار یا macronutrients (غلظت آن ها در میکروارگانیسم ها زیاد است) و عناصر کم مقدار یا micronutrients (سایر عناصری که مقدار آن ها در میکروارگانیسم ها کم است) می شود.

مواد مغذی پر مقدار شامل کربن، هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن، فسفر، گوگرد، پتاسیم و منیزیم است که به مقدار بیش تر مورد نیاز هستند و عناصر کم مقدار که اثر زیادی دارند کم تر نیاز است مانند بیوتین.

منبع کربن، یک منبع انرژی مهم برای سوخت و ساز میکروارگانیسم ها است. میکروارگانیسم ها را براساس منبع کربن مورد استفاده به ۲ گروه هتروتروف و اتوتروف تقسیم می کنند.

هتروتروف ها (Heterotroph) (ناخودپرور) از مولکول های آلی مانند اسیدهای آلی، هیدروکربن ها، لیپیدها و ... کربن سلولی خود را به دست می آورند در حالی که اتوتروف ها (خودپرور) از CO_2 به عنوان منبع کربن استفاده می کنند.

به میکروارگانیسم هایی که از هر دو روش بالا برای تأمین انرژی خود استفاده می کنند، میکسوتروف (mixotroph) می گویند.

هم چنین میکروارگانیسم ها براساس روش کسب انرژی به ۲ گروه تقسیم می شوند:

۱. کموتروف ها (Chemotroph) انرژی خود را از طریق اکسایش مواد شیمیایی به دست می آورند در حالی که فتوتروف ها انرژی مورد نیاز خود را از نور خورشید به دست می آورند.

۲. اگر در فرآیند تخمیر، ترکیبات آلی هم به عنوان دهنده ی الکترون و هم گیرنده ی الکترون باشند، به این نوع تخمیر سنسو استریکتا (Sensu Stricta) گفته می شود.

✓ بیش ترین و مهم ترین منابع کربنی در تخمیر، کربوهیدرات ها هستند (مونوساکاریدها، دی ساکاریدها و پلی ساکاریدها) از مونوساکاریدها، می توان گلوکز را نام برد که به دلیل قیمت آن، برای تولید محصولات دارویی استفاده می شود. یکی از معایب گلوکز این است که در دمای بالا در حضور اسیدهای آمین یا پروتئین ها، ترکیبات قهوه ای رنگی ایجاد می شود که برای رشد میکروارگانیسم ها سمی هستند.

در دی ساکاریدها، ساکارز را می توان نام برد که معمولاً در صنعت از ملاس به جای آن استفاده می شود. ملاس درصد بالایی ساکارز دارد و از محصولات جانبی کارخانه ی تولید قند است.

فصل

۲

روش‌های نوین آزمایشگاهی صنایع غذایی

۴۵

هدف از آنالیز شیمیایی مواد غذایی، بررسی تغییرات کمی و کیفی در ترکیب شیمیایی ماده‌ی غذایی است. روش‌های نوین تکرارپذیری و دقت بالایی دارند و با استفاده از آن‌ها می‌توان مقادیر در حد ppm (قسمت در میلیون) و ppb (قسمت در بیلیون) را تشخیص داد.

هم‌چنین وجود برخی مواد شیمیایی مانند حشره‌کش‌ها، مواد ضدآفت، آنتی‌بیوتیک‌ها و آلودگی غذا به فلزات که باعث ایجاد مسمومیت‌های حاد یا مزمن در مصرف‌کننده می‌شوند، نیاز به روش‌های نوین آزمایشگاهی بیش از پیش افزایش داده است. روش‌های کلاسیک که در آن‌ها با تغییرات وزن و حجم نمونه (مانند تیتراسیون) سروکار دارند، حساسیت کارپایین است و هم‌چنین تکرارپذیری و دقت کافی ندارند.

از مزایای روش کلاسیک می‌توان به ارزان قیمت بودن، سهولت انجام کار و نیاز نداشتن به مهارت و تخصص بالا اشاره کرد و از معایب روش‌های نوین می‌توان، نیاز به مهارت و تجربه‌ی بالا، نیاز به کالیبراسیون و نیاز به رسم منحنی استاندارد کالیبراسیون را نام برد.

بعد از تحقیق و بررسی باید روش مناسب را برای ارزیابی ترکیب و نمونه‌ی مورد نظر انتخاب کرد و در ابتدا باید به آماده‌سازی نمونه پرداخت. در آماده‌سازی نمونه می‌توان از هموژن کردن به‌منظور انتخاب بهترین مقدار نمونه و کاهش خطا استفاده کرد. از هموژنایزرها می‌توان Blender، هاون چینی، Ball mill (آسیاب ساچمه‌ای یا گلوله‌ای)، امواج فراصوت، استفاده از فشار بالا، Freezing Thaming، hypotonic shock و ... را نام برد.

✓ **هاون چینی:** استفاده از این هموژنایزر به‌دلیل ساده بودن و عدم تولید حرارت بسیار رایج است. گاهی می‌توان برای بهبود انجام کار از مواد ساینده مانند ماسه‌ی آزمایشگاهی که به راحتی قابل جداسازی هستند، استفاده نمود.

✓ آسیاب ساچمه‌ای یا گلوله‌ای: در آن یک گلوله‌ی ریز در حین چرخش بافت نمونه را تخریب می‌کند.

✓ **Ultrasonic:** برای نمونه‌های دقیق و حساس به کار می‌رود.

✓ **High pressure:** در این روش نمونه با فشار بالا از منافذ ریز عبور می‌کنند.

✓ **Freezing-Thaming:** از جمله هموژنایزهای غیرمکانیکی است که در آن به‌دلیل انجماد و دیفراسست‌های مکرر، بافت نمونه تخریب می‌شود و عصاره سلولی استخراج می‌شود.

✓ **Hypotonic Shock:** در این حالت، فشار اسمزی در محیط خارج کم‌تر از داخل سلول است و تورژسانس باعث متلاشی شدن سلول خواهد شد. این روش نیز از هموژنایزهای غیرمکانیکی است.

✓ با استفاده از آنزیم‌ها نیز می‌توان نمونه را آماده ساخت. برای تخریب دیواره‌ی مخمرها از Zymolaser استفاده می‌شود. برای گرم مثبت‌ها از Lysozym و گرم منفی‌ها از EDTA برای تخریب لایه لیپوپلی‌ساکارییدی استفاده می‌شود. بعد از انجام مرحله‌ی آماده‌سازی نمونه، باید ترکیب مورد نظر را استخراج کنیم و به خالص‌سازی آن بپردازیم. از سانتریفیوژ (برای جداسازی ترکیبات نامحلول)، اولترافیلتراسیون، دیالیز (برای جداسازی یون‌ها)، ترسیب و ... برای این منظور استفاده می‌شود. برای ترکیبات قطبی از آب و اتانول و برای چربی‌ها استخراج با حلال هگزان انجام می‌گیرد. پروتئین‌ها در pH ایزوالکتریک نامحلول هستند و از این خاصیت می‌توان برای استخراج آن‌ها استفاده کرد. برای استخراج آنزیم‌ها از بافی‌ها استفاده می‌شود زیرا آنزیم‌ها ماهیت پروتئینی دارند و در pHهای مختلف آسیب می‌بینند. اگر ترکیب مورد نظر خالص نشده باشد از مشق‌سازی استفاده می‌کنند که فقط ترکیب مورد نظر در آن شرکت می‌کند و خالص می‌شود. در آخرین مرحله می‌توان ترکیب خالص شده‌ی مورد نظر را ارزیابی کرد.

کروماتوگرافی

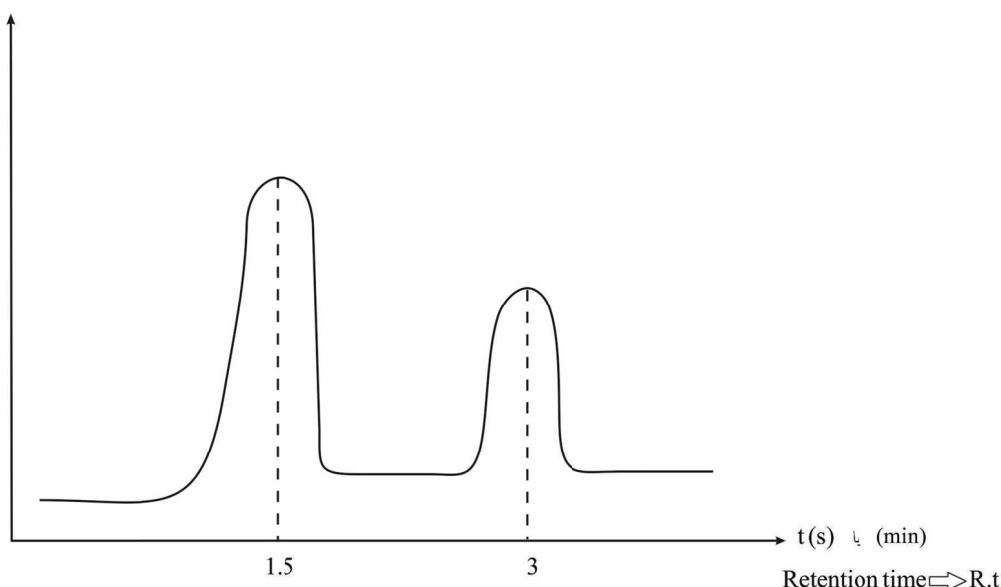
کروماتوگرافی پرکاربردترین جداسازی تجزیه‌ای است که در تمام شاخه‌های علوم به‌کار می‌رود و امکان می‌دهد تا اجزای سازنده‌ی نزدیک به هم مخلوط‌های کمپلکس را جدا و شناسایی کنند. واژه‌ی کروماتوگرافی ریشه‌ای یونانی دارد که در آن Chroma به معنی رنگ و Gorphein به معنی نوشتن است. بسیاری از پژوهشگران بر این باورند که حرکت محلول‌ها در خاک و جذب مواد معدنی توسط گیاهان، پدیده‌ی کروماتوگرافی را در طبیعت به نمایش می‌گذارد.

در دهه ۴۰، کروماتوگرافی کاغذی معرفی و گسترش داده شد. هم‌چنین در آن دوره اصول و فرمول روش‌های گوناگون کروماتوگرافی ارائه گردید. دهه‌ی ۵۰ را می‌توان دهه‌ی پیشرفت کروماتوگرافی گازی به‌شمار آورد. در این دهه، برای نخستین بار به‌طور کامل کروماتوگرافی مایع-گاز را شرح دادند که در آن مولکول‌های نمونه، چه فرار و چه نیم فرار توسط فاز متحرک یعنی گاز حمل می‌شدند. در دهه ۶۰ با بهره‌گیری از پژوهش‌های محققین، کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا مطرح شد و به این ترتیب بسیاری از مشکلات موجود در کروماتوگرافی مایع کلاسیک، مانند کندی انتقال جرم میان دو فاز متحرک و ثابت برطرف شد. استفاده از این روش، کاربرد گسترده‌ای در جامعه علمی پیدا کرد.

پیشرفت‌های چشمگیر در پیوند دادن تجهیزات کروماتوگرافی به دستگاه‌های گوناگون طیف‌سنجی از رویدادهای دهه ۷۰ به‌شمار می‌آید. در دهه ۷۰ بود که نخستین دستگاه تجاری کروماتوگرافی مبادله یون وارد بازار شد. سپس کروماتوگرافی موئین با مایع فراجرانی مطرح گردید. این روش نسبت به کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا توانایی بیش‌تری داشته و می‌تواند ترکیبات حساس به گرما و مولکول‌های بزرگ با وزن مولکولی بالا را مورد بررسی قرار دهد. این نوع از کروماتوگرافی به‌عنوان مکملی برای کروماتوگرافی گازی و کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا به‌شمار می‌رود. پیشرفت گسترده در کروماتوگرافی موئین در دهه ۱۱۳۹۸۰ اتفاق افتاد. در این روش غربال نمونه توسط یک شبکه از ژل انجام می‌گیرد و اجزایی که بار مثبت یا منفی دارند در pH ویژه از نمونه خارج می‌شوند. پیوند این دستگاه‌ها به دستگاه طیف‌سنج جرمی، از پیشرفت‌های برجسته‌ی کروماتوگرافی در این دهه به‌شمار می‌رود.

اساس روش کروماتوگرافی این است که یک ترکیب با فاز جامد واکنش‌های مختلفی دهد و جدا شود. هدف استفاده از آن جداسازی ترکیبات از یکدیگر است. این جداسازی کیفی است.

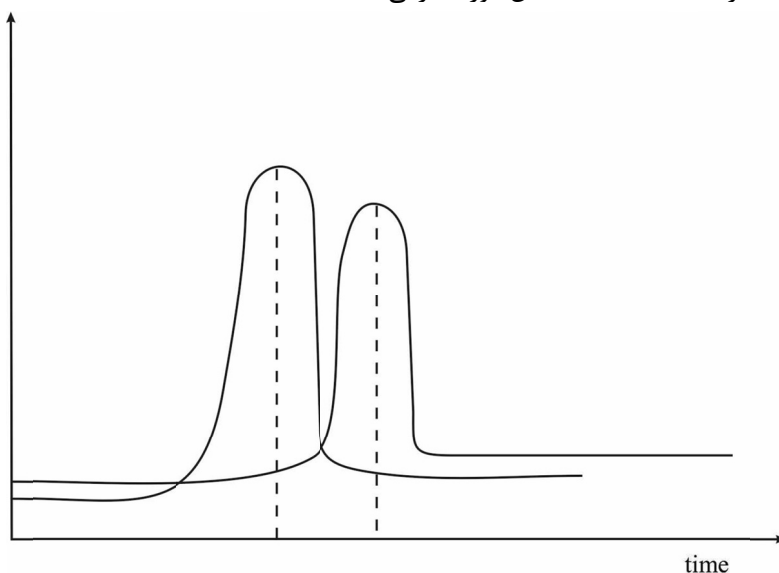
ترکیبی که پیوند ضعیف‌تری با ستون داشته باشد در قسمت پایین‌تر ستون قرار می‌گیرد. بعد از خروج مواد، غلظت را می‌توان محاسبه کرد.



در کروماتوگرافی، نمونه در ستون یا فاز ثابت (Stationary Phase) قرار می‌گیرد. در واقع نمونه توسط جریان مایع یا فاز متحرک (mobile phase) وارد فاز ثابت می‌شود و ترکیبات نمونه با شدت‌ها نسبت‌های مختلف با فاز ثابت واکنش می‌دهند و به این طریق جداسازی انجام می‌شود. هر ترکیبی که واکنش شدیدتری با فاز ثابت دهد، Retention time طولانی‌ترین دارد و دیرتر از ستون خارج می‌شود.

۴۷

اگر ۲ ترکیب ساختار مولکولی مشابه داشته باشند (ایزومر) اختلاف زمانی زیادی بین آن‌ها به وجود نمی‌آید. زیرا شدت واکنش آن‌ها با ستون مشابه خواهد بود. در این صورت Resolution به خوبی ایجاد نمی‌شود و Peak‌ها درهم ادغام می‌شوند. در صورتی که اختلاف شدت واکنش ترکیبات با فاز ساکن متفاوت باشد، Peak کاملاً جدا از هم تشکیل می‌شود. ✓ اگر ۲ ترکیب ایزومر یکدیگر باشند، Peak‌ها به این صورت درمی‌آیند.



به طور کلی باید سعی شود تا اختلاف بین ترکیبات زیاد شود تا Peak‌های جداگانه به وجود آید. نوع ستون مهم‌ترین عامل در ایجاد پیک مناسب و Resolution است. برای بهتر جدا کردن ترکیبات باید به عوامل مختلفی مانند تعیین نوع فاز ساکن، تغییر نوع فاز متحرک و سرعت عبور فاز متحرک توجه کرد.

در کروماتوگرافی می‌توان سطح زیر منحنی را در معادله قرار داده و غلظت مورد نظر را به دست آورد. کروماتوگرافی براساس نوع فاز ثابت و متحرک به انواع مختلفی تقسیم می‌شود. ستون‌ها ممکن است به صورت Capillary (تهی و توخالی) یا Packed (پر از ذرات رزین) باشند.

فصل

۳

خواص فیزیکی مواد غذایی

برای کاهش تلفات و حفظ کیفیت محصولات کشاورزی در هنگام برداشت و پس از برداشت و به منظور طراحی و بهینه‌سازی ماشین‌های پس از برداشت نیاز به اطلاعات کافی از خواص فیزیکی و مکانیکی آن‌ها است. محصولات کشاورزی معمولاً از زمان برداشت تا زمان مصرف، تحت تاثیر عوامل و فرآیندهای مختلفی قرار می‌گیرند. این فرآیندها ممکن است عملیات ساده، مانند تمیز کردن، جدا کردن، شستشو، جابه‌جایی و توزین یا فرآیندهای تکمیلی یا تبدیلی باشند که به نوعی ویژگی‌های محصول را تحت تاثیر قرار می‌دهند. بنابراین شناخت ویژگی‌های مختلف فیزیکی، مکانیکی، شیمیایی و بیولوژیکی محصولات کشاورزی و نحوه‌ی حفظ یا تغییر آن‌ها در جهت اهداف مورد نظر فرآیند می‌تواند در حفظ کمی و کیفی محصول تاثیر به‌سزایی داشته باشد. در تعیین و اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی محصولات کشاورزی، روش‌های مکانیکی و خودکار متعددی تدوین شده است که در این میان، روش‌های بینایی‌سنجی و ویدئویی تازه‌ترین آن‌هاست. تعیین ابعاد، حجم و چگالی نقش مهمی در فرآیند نگهداری، طراحی سیلوها و مخازن، جدا کردن مواد خارجی و درجه‌بندی دارد.

در طراحی ماشین‌های جداکننده، شستشودهنده‌ها، بالابرها و ماشین‌آلات مربوط به فرآوری محصولات کشاورزی، تعیین خصوصیات فیزیکی این محصولات کاربرد فراوان دارد.

چگالی

اندازه‌گیری خصوصیات هندسی و ثقلی محصولات کشاورزی بسیار گسترده است زیرا ابعاد و اشکال محصولات بسیار با هم متفاوتند. دستگاه‌های اندازه‌گیری حجم و چگالی محصولات کشاورزی بسیار مهم هستند.

دانشیته مایعات نسبتاً مشخص است اما مواد غذایی جامد دانه‌ای یا ذره‌ای شکل علاوه بر دانسیته واقعی، دارای دانسیته ظاهری نیز می‌باشند. از دانسیته برای محاسبه عدد رینولدز، عملیات سانتریفیوژها، ضریب نفوذ حرارتی، ترسیب، طراحی سیلوها و ارزیابی کیفی محصولات استفاده می‌شود.

مشکلات زیادی برای اندازه‌گیری حجم و چگالی محصولات کشاورزی وجود دارد مانند شکل بی‌قاعده‌ی آن‌ها، اندازه‌ی کوچک دانه‌ها و تخلخل آن‌ها.

مهم‌ترین دستگاه‌ها و روش‌های اندازه‌گیری چگالی

- ✓ پیکنومتر مایع و گازی
- ✓ بورت مدرج
- ✓ ترازوی چگالی‌سنج
- ✓ لوله‌های گرادیان چگالی

به چگالی توده‌ی ماده‌ی غذایی با در نظر گرفتن فضاهای خالی بین ماده‌ی غذایی، چگالی ظاهری گفته می‌شود.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad v = \text{حجم مربوط به توده‌ی جرم ماده‌ی غذایی} \quad m = \text{جرم توده}$$

چگالی ظاهری طبق فرمول بالا برابر است با نسبت جرم توده به ججم ماده غذایی.

معمولا به دلیل بی‌قاعدگی بودن شکل اکثر محصولات کشاورزی از روش جابه‌جایی با آب برای تعیین حجم، دانسیته و چگالی نسبی استفاده می‌شود.

استفاده از پیکنومتر

حجم دانه‌ها و بذره‌های کوچک را می‌توان با استفاده از پیکنومتر یا بطری وزن مخصوص محاسبه نمود. پیکنومتر دارای یک سوراخ کوچک در درپوش آن می‌باشد و زمانی که درپوش روی پیکنومتر قرار داده می‌شود، سیال می‌تواند از داخل این سوراخ خارج شود.

روش کار به این صورت است که ابتدا پیکنومتر به دقت وزن می‌شود و سپس با سیال دارای دانسیته مشخص برمی‌گردد. سپس درپوش بطری گذاشته شده و سوراخ داخل سرپوش اجازه می‌دهد که سیال اضافه از داخل بطری خارج شود. مایع خارج شده را کاملا پاک نموده و دوباره بطری وزن می‌شود. سپس بطری کاملا خالی شده و خشک می‌شود و ذرات جامد یا همان دانه‌ها داخل آن ریخته شده و دوباره وزن می‌شود. مجدداً بطری حاوی دانه‌ها توسط سیال کاملاً پر شده و درپوش بر روی آن قرار می‌گیرد. تا سیال اضافه از داخل سوراخ آن خارج شود. بطری دوباره وزن می‌شود. حجم دانه‌ها از این رابطه به دست می‌آید:

$$v = \frac{(w_{pf} - w_p) - (w_{pfs} - w_{ps})}{\rho_f}$$

$$w_p = \text{وزن پیکنومتر خالی (gr)}$$

$$w_{ps} = \text{وزن پیکنومتر حاوی دانه (gr)}$$

$$w_{pf} = \text{وزن پیکنومتر پر شده با سیال (gr)}$$

$$w_{pfs} = \text{وزن پیکنومتر حاوی دانه‌ها و پر شده با سیال (gr)}$$

$$\rho_f = \text{دانسیته سیال (g/cm}^3\text{)}$$

پیکنومتر گازی نیز برای تعیین حجم و چگالی به کار می‌رود و براساس قانون گاز ایده‌آل کار می‌کند. در این نوع پیکنومتر با تغییر فشار اولیه، حجم نمونه‌ها اندازه‌گیری می‌شود.

بورت مدرج

در استفاده از بورت مدرج، حجم را مستقیماً می‌توان از روی بورت قرائت کرد. در ابتدا مقدار معینی سیال را درون بورت ریخته و حجم سیال را از روی اعداد بورت می‌خوانند، سپس مقداری نمونه‌ی مورد نظر را درون بورت دارای سیال اضافه می‌کنند، افزایش حجم سیال برابر حجم نمونه خواهد بود.

خطا در اندازه‌گیری در پیکنومتر و بورت زمانی اتفاق می‌افتد که حباب‌های هوا به ذرات جامد بچسبند و یا اگر در مدت زمانی که اندازه‌گیری انجام می‌شود، سیال توسط ذرات جامد جذب می‌شود. بنابراین سیالی را باید استفاده نمود که

کشش سطحی بسیار پایینی داشته باشد و یا خیلی مسیر جذب ذرات شود. قبل از این که درپوش پیکنومتر روی آن قرار داده شود یا قبل از این که قرائت از روی بورت انجام شود، باید به پیکنومتر و بورت به آهستگی ضربه زد تا حباب‌های هوا به روی سطح بیایند. سیالاتی که معمولاً برای این آزمایش استفاده می‌شوند الکل، تولوئن و تتراکلر اتیلن هستند.

ترازوی چگالی سنج

ترازوی چگالی سنج برای اندازه‌گیری حجم، چگالی و چگالی نسبی اجسام کوچک (مواد غذایی کوچک مانند میوه‌ها و دانه‌ها) به کار گرفته می‌شود لوله‌ی گرادیان چگالی نیز برای تعیین حجم و چگالی دانه‌ها و بذرها کوچک به کار می‌رود.

نکاتی در مورد چگالی

- ✓ چگالی میوه‌ها و سبزی‌های منجمد از میوه‌ها و سبزی‌های تازه کم‌تر خواهد بود.
- ✓ دلیل این که سیب در آب شناور می‌ماند، کم‌تر بودن چگالی آن نسبت به آب است (سیب دارای خلل و فرج است).
- ✓ چگالی یخ در صفر درجه سانتی‌گراد $\frac{kg}{m^3}$ ۹۱۶ است.
- ✓ چگالی آب در صفر درجه سانتی‌گراد $\frac{kg}{m^3}$ ۹۹۹ است.
- ✓ چگالی آب در $4^{\circ}C$ در حداکثر مقدار خود است $(\frac{kg}{m^3})$ ۱۰۰۰ با افزایش دما، چگالی کاهش می‌یابد.
- ✓ تقریباً در همه سیالات با افزایش دما چگالی کاهش می‌یابد.

تخلخل

ساختارهای متخلخل در اغلب مواد غذایی یا به‌طور طبیعی جزو ماهیت اولیه‌ی بافت آن ماده‌ی غذایی است، یا طی فرآیندهای بعدی مانند خشک کردن، اکستروژن کردن، هم‌زدن و ... در فرآورده به وجود می‌آیند. شناخت ویژگی‌ها و رفتارهای مواد متخلخل در طراحی فرآیندها و فرمولاسیون مواد غذایی می‌تواند جایگاه زیادی در بهبود کیفیت آن‌ها داشته باشد. در مورد کف‌ها، بستنی‌ها و خامه‌ها که وارد کردن هوا به آن‌ها جزئی از فرآیند است، تخلخل جزئی از پارامترهای کیفی مهم در آن‌ها به شمار می‌رود. استفاده از فرآیندهای حرارتی و تاثیر آن‌ها بر توسعه تخلخل در مواد غذایی یکی از مباحث زیربنایی جهت کنترل کیفیت فرآورده نهایی می‌باشد. تخلخل از طریق اندازه‌گیری چگالی جامد و توده‌ای به دست می‌آید:

$$\text{Porosity} = \frac{\text{Solid density} - \text{Bulk density}}{\text{Solid density}} = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s}$$

چروکیدگی

از خواص فیزیکی مواد غذایی است که در فرآیندهای خشک کردن اهمیت دارد. چروکیدگی کاهش حجم ظاهری محصول نهایی است. معمولاً از نظر کیفی، چروکیدگی یک ویژگی منفی از دیدگاه مصرف‌کننده محسوب می‌شود. چروکیدگی، بر روی ضریب انتشار موثر رطوبت اثر گذاشته و به‌عنوان یک عامل محدودکننده در برابر پدیده‌ی انتقال جرم، باعث افت خصوصیات کمی و کیفی محصولات سرخ شده نیز می‌شود.

هیدرومتر

وسيله‌ای برای اندازه‌گیری مشخصاتی از یک مایع مانند چگالی یا وزن مخصوص است. این دستگاه اساساً از یک حباب شیشه‌ای بلند و مهر و موم شده تشکیل شده است که در مایع مورد نظر غوطه‌ور می‌شود. عمق شناوری نشانه‌ای از چگالی مایع است.

مایعی که باید آزمایش شود در یک ظرف بلند استوانه‌ای ریخته می‌شود و هیدرومتر به آرامی درون مایع پایین می‌آید تا زمانی که آزادانه شناور شود. نقطه‌ای که سطح مایع با ساقه هیدرومتر تماس می‌گیرد مشخص می‌شود. هیدرومترها معمولاً دارای مقیاس یا شماره‌هایی در بدنه خود می‌باشند.

فصل

۴

انتقال جرم و حرارت مواد غذایی

۱۰۷

منظور از فرایندهای نگهداری، مراحل فرآوری مورد نیاز جهت حذف عوامل بروز بیماری‌های غذایی (تهیه غذای ایمن و سالم برای مصرف‌کننده) و فراهم کردن غذای آماده مصرف می‌باشد.

به‌طور مثال، استریلیزاسیون، فرایند حرارتی شدیدی است که شامل نابودی کامل یا حذف همه میکروارگانیسم‌های زنده موجود در مواد غذایی است و پاستوریزاسیون مواد غذایی، فرایند حرارتی نسبتاً ملایم است که در آن مواد غذایی تا دمای زیر ۱۰۰ درجه حرارت داده می‌شود.

درجه حرارت یک ماده تمایزدهی انرژی سینتیک انتقالی متوسط مولکولی آن ماده می‌باشد و به عبارت دیگر، دمای یک ماده حالت حرارتی آن را از نظر توان انتقال حرارت به مواد دیگر بیان می‌کند.

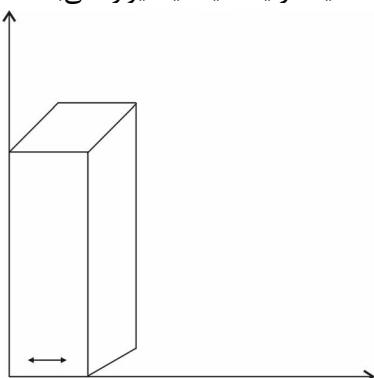
✓ درجه‌ی حرارتی که در آن حرکات مولکولی مواد متوقف می‌شود دمای صفر مطلق نامیده می‌شود. در سیستم انگلیسی واحدهای SI صفر مطلق برابر با -273°C و در سیستم انگلیسی برابر با -460°F می‌باشد. هم‌چنین دمای مطلق را دمای ترمودینامیک نیز می‌نامند.

انتقال حرارت

۱. هدایت (Conduction): زمانی است که مولکول‌ها در یک جسم به یکدیگر نزدیک باشند.
۲. جابه‌جایی (Convection): به واسطه‌ی جابه‌جایی و حرکت سیال صورت می‌گیرد.
۳. تشعشع (Radiation): بر اثر گرمایی است که ناشی از امواج الکترومغناطیس است.

هدایت

در روش هدایت، گرما مولکول به مولکول بر اثر تماس منتقل می‌شود. انتقال گرما به شیوه‌ی هدایت از یک تیغه یا دیواره می‌باشد.



ضریب هدایت حرارت (Thermal Conductivity)

مقدار سرعت انتقال حرارت از واحد ضخامت جسم به ازای یک واحد اختلاف دما می‌باشد که واحد آن عبارت است از:

$$K = \frac{J}{s \cdot m \cdot ^\circ C} = \frac{W}{m \cdot ^\circ C}$$

✓ مقدار K به نوع ماده‌ی غذایی بستگی دارد.

در K می‌توان، به جای درجه سلسیوس از درجه کلوین نیز استفاده کرد.

ضریب هدایت حرارتی برخی از مواد غذایی به صورت زیر می‌باشد:

$$\text{آب: } \frac{0.597 W}{m \cdot ^\circ C}$$

$$\text{هوا: } \frac{0.0251 W}{m \cdot ^\circ C}$$

$$\text{عایق‌ها: } \frac{0.035 - 0.173 W}{m \cdot ^\circ C}$$

$$\text{فلزات: } \frac{50 - 400 W}{m \cdot ^\circ C}$$

$$\text{آلیاژها: } \frac{10 - 120 W}{m \cdot ^\circ C}$$

با توجه به این اعداد، می‌توان نتیجه گرفت که رطوبت باعث خارج شدن عایق از حالت عایق بودن می‌شود.

K در فلزات بالاتر از مواد غذایی است. فلزات ناخالص یعنی آلیاژها، K بالاتری نسبت به فلزات خالص دارند.

در یک ماده با افزایش خلل و فرج مقدار K کاهش می‌یابد. آب با تبدیل شدن به یخ و کاهش فضاهای خالی و نزدیک

شدن مولکول‌ها به هم، K آن (یخ) ۴ برابر می‌شود. یعنی K یخ ۴ برابر K آب است.

میزان K در اجزای غذایی

$$K \text{ کربوهیدرات} \Leftarrow \frac{0.25 W}{m \cdot ^\circ C}$$

$$K \text{ چربی} \Leftarrow \frac{0.16 W}{m \cdot ^\circ C}$$

$$K \text{ پروتئین} \Leftarrow \frac{0.155 W}{m \cdot ^\circ C}$$

$$K \text{ خاکستر} \Leftarrow \frac{0.135 W}{m \cdot ^\circ C}$$

برای اندازه‌گیری یک ضریب هدایت حرارتی یک ماده غذایی از دو فرمول زیر می‌توان استفاده کرد:

$$K = 0.25X_c + 0.155X_p + 0.16X_f + 0.135X_a + 0.58X_w \quad (1)$$

$$X_c = \text{جزء مولی کربوهیدرات}$$

$$X_p = \text{جزء مولی پروتئین}$$

$$X_p = \text{جزء مولی چربی}$$

$$X_w = \text{جزء مولی آب}$$

$$X_a = \text{جزء مولی خاکستر}$$

$$K = \sum_{i=1}^n K_i Y_i = K_1 Y_1 + K_2 Y_2 + \dots + K_n Y_n \quad (2)$$

K_i = ضریب هدایت حرارتی جزء مورد نظر

Y_i = کسر حجمی جزء مورد نظر

در مورد اکثر ترکیبات تشکیل دهنده غذاها رابطه‌ی زیر در مورد ضریب هدایت حرارتی برقرار است:
 $K > \text{چربی} > K > \text{پروتئین} > K > \text{کربوهیدرات} > K > \text{آب} > K > \text{یخ}$

گرمای ویژه

مقدار گرمایی است که واحد جرم جسم دریافت می‌کند یا از دست می‌دهد تا درجه حرارتش یک درجه افزایش یا کاهش یابد.

$$Q = mc\Delta\theta$$

$$C = \frac{Q}{m\Delta\theta} = \frac{\text{KJ}}{\text{KgK}}$$

(در مورد گازها گرمای ویژه در دو شرایط حجم ثابت (C_v) و فشار ثابت (C_p) اندازه‌گیری می‌شود که $C_p < C_v$ می‌باشد.

به دلیل این‌که بخش اعظم مواد غذایی مانند میوه‌ها از آب تشکیل شده است، لذا گرمای ویژه‌ی ماده‌ی غذایی مستقیماً از روی میزان آب محاسبه می‌گردد.

$$C_p = X_w \times C_{pw}$$

$$X_w = \text{کسر مولی آب موجود در غذا}$$

$$C_{pw} = \text{گرمای ویژه آب در فشار ثابت}$$

گرمای ویژه آب در مقایسه با سایر اجزای مواد غذایی مانند چربی، کربوهیدرات و پروتئین بسیار بیش‌تر است:

$$C > \text{پروتئین} > C > \text{چربی} > C > \text{یخ} > C > \text{آب}$$

با افزایش رطوبت ماده‌ی غذایی، گرمای ویژه آن نیز افزایش می‌یابد.

$$\checkmark \text{ گرمای ویژه آب در فشار ثابت برابر است با } \frac{3}{349} \frac{\text{KJ}}{\text{KgK}}$$

ضریب انتشار حرارتی (Thermal Diffusivity)

مقدار ضریب انتشار حرارتی مواد، قابلیت آن‌ها را از نقطه‌نظر سرعت تغییر دما در اثر انتقال حرارت نشان می‌دهد:

$$\alpha = \frac{K}{\rho C_p} = \frac{\text{m}^2}{\text{S}}$$

$$\alpha = \text{ضریب انتشار حرارتی}$$

$$\rho = \text{دانسیته}$$

$$C_p = \text{گرمای ویژه}$$

انتقال حرارت به روش هدایت Conductive Heat Transfer

انتقال حرارت به شکل هدایت مبتنی است بر انتقال حرارت به وسیله‌ی مولکول‌ها از یک مولکول به مولکول دیگر (ارتعاش‌های مولکولی) و مکانیزم دوم عبارت است از انتقال انرژی حرارتی و الکتریکی به وسیله‌ی الکترون‌های آزاد.

در صورت وجود اختلاف دما در یک جسم، انتقال حرارت از سمت ناحیه‌ی گرم‌تر به سمت ناحیه‌ی سردتر روی می‌دهد. این شار حرارتی با اختلاف دما متناسب است.

$$q = -KA \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$\text{شار حرارتی} = \text{flux}$$

$$\frac{q}{A} = -K \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$q = \text{سرعت جریان حرارت (W یا } \frac{\text{J}}{\text{S}})$$

$$A = \text{سطحی که حرارت از داخل آن جریان می‌یابد (m}^2)$$

بانک سوالات

جمع آوری سوالات کنکور کاردانی به کارشناسی
کارشناسی ارشد و دکتری به صورت فصل بندی شده

سوالات تألیفی

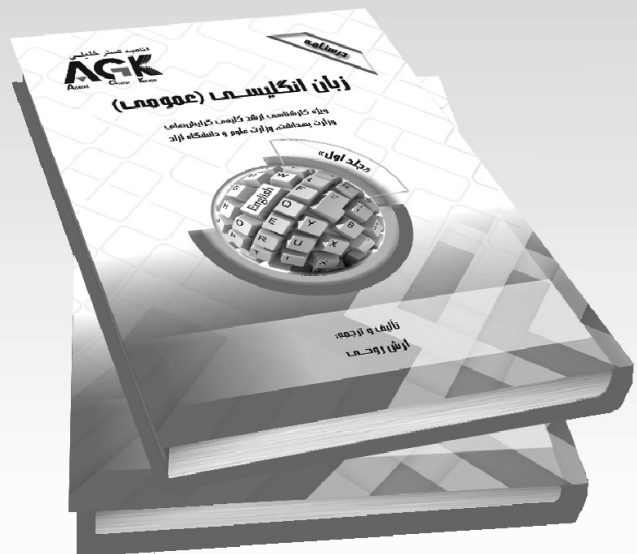
تألیف سوالات مشابه کنکور

جامع

حاوی تمامی مطالب و نکات لازم
برای کنکور براساس منابع

الگوریتم

چکیده‌ی تمامی مطالب و نکات لازم
برای کنکور براساس منابع



دریافت نمونه‌ی کتاب به صورت رایگان



www.agkins.com

شماره تماس با نمایندگی‌های فعال و رسمی آناهید گستر خلیلی

شماره تماس	نمایندگی	شماره تماس	نمایندگی
۰۹۱۰۱۷۱۱۸۷۲	سبزوار (آقای شریفان)	۰۹۹۱۳۷۱۳۷۵۰	اراک (آقای حسینی)
۰۹۹۱۳۷۱۳۷۴۱	شاهرود (آقای سلمانی)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۸	اردبیل (خانم عاصمی‌زاده)
۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۹	شهرکرد (خانم تقی‌پور)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۱	ارومیه (آقای آرمیون)
۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۲	شیراز (آقای فروردین / خانم هوشمندی)	۰۹۱۹۶۳۲۱۸۵۲	اسفراین (خانم اسماعیل‌زاده)
۰۹۱۹۳۷۱۳۷۴۲	فسا (خانم شعبانی)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۰	اصفهان (آقای کیانی)
۰۹۱۹۵۷۳۰۱۴۹	قزوین (خانم چگینی)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۴	اهواز (آقای دکتر رضازاده)
۰۹۱۹۷۷۸۱۹۴۷۱	کرج (آقای دکتر علیرضاپور)	۰۹۱۹۰۹۸۰۳۱۸	ایلام (آقای دکتر بوچانی)
۰۹۱۳۱۹۸۱۲۷۰	کرمان (خانم ضمانتی‌یار)	۰۹۱۹۶۸۵۳۱۱۶	بروجرد (آقای احمدی‌صدر)
۰۹۱۹۵۷۳۰۱۴۸	کرمانشاه (آقای ابراهیمی)	۰۹۹۱۳۷۱۳۷۴۹	بم (خانم سرحدی‌نژاد)
۰۹۱۹۵۳۷۱۸۹۰	کوهدشت (خانم یاریان)	۰۹۱۹۵۹۰۷۲۰۳	بیرجند (آقای دکتر بهروان)
۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۷	گرگان (آقای شاه‌علی)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۴۷	تبریز (خانم عاصمی‌زاده)
۰۹۱۹۵۷۳۳۱۷۹	مراغه (آقای صمدی)	۰۹۰۱۳۷۳۷۸۹۶	جهرم (آقای یاعلی جهرمی)
۰۹۹۱۳۷۱۳۷۴۴	مشهد (خانم دکتر شجاعی)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۰	جیرفت (خانم دکتر محمدی)
۰۹۱۹۵۷۳۳۱۷۹	میاندوآب (آقای صمدی)	۰۹۱۹۲۷۰۵۸۷۸	خرم‌آباد (خانم میر)
۰۹۱۹۶۳۵۰۷۶۸	نیشابور (آقای موسوی)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۳	رشت (خانم تنها)
۰۹۱۹۵۷۳۳۲۸۴	هرمزگان (آقای زارعی)	۰۹۱۹۶۸۲۹۲۸۰	رفسنجان (آقای یوسفی)
۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۵	همدان (آقای سوری)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۵	زاهدان (آقای مهمان‌دوست)
۰۹۱۹۵۹۰۷۲۰۴	یاسوج (آقای مرتضوی)	۰۹۱۹۲۷۰۵۸۷۱	زنجان (خانم دکتر هوشیار)
۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۳	یزد (خانم آزاد)	۰۹۱۹۷۷۸۱۹۴۴	ساری (آقای دکتر اکبری)

بانک کتاب ناهید



«هر کتابی، از هر انتشاراتی را از ما بخواهید»

✓ جامع‌ترین بانک کتاب

✓ تحویل روزانه

✓ ارسال به تمامی نقاط کشور

✓ سفارش کتاب به صورت تلفنی و آنلاین

www.NIBS.ir



کتاب دانشگاهی، فنی و مهندسی، علوم پزشکی، علوم انسانی، عمومی،
ادبی، مذهبی، کمک آموزشی، کودک و نوجوان و کتاب نفیس

فروشگاه: تهران - خیابان انقلاب - روبه روی درب اصلی دانشگاه تهران

پاساژ فروزنده - طبقه همکف - پلاک ۳۳۱

تلفن: ۶۶۴۸۹۳۷۵ - ۰۲۱ - ۶۶۴۸۹۳۴۹ - ۰۲۱