

خواص بیوفیزیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی

برای دانشجویان رشته‌های مهندسی

دکتر سیدمحمدعلی رضوی
استاد دانشگاه فردوسی مشهد
ریحانه اکبری

سرشناسه:	رضوی، محمدعلی.
عنوان و نام پدیدآور:	خواص بیوفیزیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی برای دانشجویان رشته‌های مهندسی
مشخصات نشر:	[کتاب] / سیدمحمدعلی رضوی، ریحانه اکبری.
مشخصات ظاهری:	مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات، ۱۳۹۷.
فروست:	۳۳۹ ص. مصور، جدول، نمودار.
شابک:	انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ ۴۶۶.
وضعیت فهرست‌نویسی:	فایا (چاپ ششم)
یادداشت:	پشت جلد به انگلیسی:
یادداشت:	چاپ هفتم: ۱۴۰۲ (فیپا).
یادداشت:	کتابنامه.
موضوع:	فیزیک کشاورزی.
شناسه افزوده:	اکبری، ریحانه.
شناسه افزوده:	دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات.
رده‌بندی کنگره:	۱۳۹۷ ۶خ۹/۵۸۹ S
رده‌بندی دیویی:	۶۳۰/۲۳
شماره کتابشناسی ملی:	۲۷۷۳۰۵۲
ISBN:	978-964-386-272-5
	Seyed M.A. Razavi, Reihaneh Akbari.
	Biophysical properties of agricultural & food materials.
	Agricultural physics

خواص بیوفیزیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی

برای دانشجویان رشته‌های مهندسی

پدیدآورندگان: دکتر سیدمحمدعلی رضوی؛ ریحانه اکبری
 مشخصات: وزیری، ۲۰۰ نسخه، چاپ هفتم، زمستان ۱۴۰۲ (اول، ۱۳۸۵)
 چاپ و صحافی: چاپخانه دقت
 بها: ۲/۴۰۰/۰۰۰ 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، میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی، بین روانمهر و وحید نظری، بن‌بست
 گشتاسب، پلاک ۸ تلفن: 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	پیش‌گفتار چاپ سوم
۱۱	پیش‌گفتار چاپ اول
۱۳	فصل اول: خواص هندسی و ثقلی
۱۳	۱-۱. مقدمه
۱۴	۲-۱. اندازه یا ابعاد
۱۹	۳-۱. شکل و سبک
۲۰	۱-۳-۱. شکل‌های استاندارد
۲۲	۲-۳-۱. ضریب گردی
۲۳	۳-۳-۱. ضریب کرویت
۲۶	۴-۱. سطح
۳۰	۵-۱. چگالی
۳۱	۱-۵-۱. چگالی مواد جامد
۳۱	۱-۱-۵-۱. چگالی واقعی (چگالی‌های جامد و ذره‌ای)
۳۵	۲-۱-۵-۱. چگالی ظاهری (چگالی توده‌ای)
۳۸	۳-۱-۵-۱. حجم
۳۹	۴-۱-۵-۱. روش‌های اندازه‌گیری حجم و چگالی
۴۰	۱-۴-۱-۵-۱. ترازوی کفه‌ای
۴۱	۲-۴-۱-۵-۱. ترازوی چگالی سنج
۴۲	۳-۴-۱-۵-۱. لوله‌گرادیان چگالی
۴۵	۴-۴-۱-۵-۱. بطری‌های چگالی سنج
۴۷	۵-۴-۱-۵-۱. بورت مدرج
۴۸	۵-۱-۵-۱. چگالی توده‌ای مواد غذایی متخلخل
۴۹	۶-۱-۵-۱. تخلخل
۵۱	۷-۱-۵-۱. چروکیدگی
۵۲	۲-۵-۱. چگالی سیالات
۵۴	۱-۲-۵-۱. پیکنومترها
۵۵	۲-۲-۵-۱. هیدرومترها

۵۷	۱-۲-۳. مقادیر چگالی مایعات
۶۰	۱-۳-۵. چگالی گازها و بخارات
۶۱	۱-۴-۵. چگالی محصولات هوادهی شده
۶۳	منابع

۶۷ فصل دوم: اصطکاک مواد جامد و جریان مواد گرانولی

۶۷	۱-۲. مقدمه
۶۸	۲-۲. اصطکاک- تعاریف اصلی و خصوصیات آن
۷۱	۲-۲-۱. اثر عوامل مختلف بر اصطکاک
۷۱	۲-۲-۱-۱. بار (نیرو عمودی) و خواص اجسام در حال تماس
۷۲	۲-۲-۲. سرعت لغزش و دمای سطح تماس
۷۳	۲-۲-۳. لایه نازک آب (اصطکاک و چسبندگی)
۷۴	۲-۲-۴. زبری سطح (ضریب اصطکاک جهت دار)
۷۵	۲-۲-۲. اندازه گیری ضرایب اصطکاک خارجی
۷۸	۲-۳. ضرایب اصطکاک خارجی محصولات کشاورزی و غذایی
۸۲	۲-۳. مقاومت غلشی
۸۶	۲-۴. اصطکاک داخلی مواد گرانولی
۸۹	۲-۵. زاویه های ریپوز مواد گرانولی
۹۳	۲-۵-۱. زاویه ریپوز تخلیه
۹۴	۲-۵-۲. زاویه ریپوز پر کردن
۹۵	۲-۶. جریان مواد گرانولی
۹۷	۲-۶-۱. الگوهای جریان
۹۸	۲-۶-۱-۱. جریان قیفی
۹۹	۲-۶-۱-۲. جریان توده ای
۹۹	۲-۶-۱-۳. جریان توسعه یافته
۱۰۰	۲-۶-۲. سرعت جریان
۱۰۱	۲-۷. کاربردهای خواص اصطکاکی
۱۰۱	۲-۷-۱. توزیع فشار در محفظه های ذخیره سازی
۱۰۳	۲-۷-۱-۱. توزیع فشار در مخازن کم عمق
۱۰۳	۲-۷-۱-۲. توزیع فشار در مخازن عمیق
۱۰۹	۲-۷-۲. توزیع فشار در محفظه های تحت فشار
۱۱۲	منابع

۱۷۵	۱-۳-۳-۴. ویسکوزیته‌های نسبی
۱۷۶	۲-۳-۳-۴. ویسکوزیته ذاتی
۱۷۹	۴-۴. رفتار غیر نیوتنی
۱۸۰	۱-۴-۴. سیالات مستقل از زمان
۱۸۳	۲-۴-۴. سیالات وابسته به زمان
۱۸۵	۳-۴-۴. مدل‌های پیشگویی رفتار سیالات مستقل از زمان
۱۹۰	۴-۴-۴. مدل‌های پیشگویی رفتار سیالات وابسته به زمان
۱۹۰	۵-۴. روش‌های اندازه گیری ویسکوزیته سیالات
۱۹۱	۱-۵-۴. ویسکومتر لوله موینه
۱۹۶	۲-۵-۴. ویسکومتر روزنه‌ای
۱۹۷	۳-۵-۴. ویسکومترهای چرخشی هم محور
۱۹۹	۱-۳-۵-۴. نوع استرمر
۲۰۰	۲-۳-۵-۴. نوع مک میکائیل
۲۰۱	۳-۳-۵-۴. روتوویسکو هاکی
۲۰۲	۴-۳-۵-۴. کنتراوها
۲۰۲	۴-۵-۴. ویسکومترهای مخروط و صفحه
۲۰۳	۱-۴-۵-۴. ویسکومتر فرانتی-شرلی
۲۰۴	۵-۵-۴. سایر ویسکومترهای دورانی
۲۰۴	۱-۵-۵-۴. ویسکو کر در برابر
۲۰۵	۲-۵-۵-۴. ویسکو آمیلوگراف برابر
۲۰۵	۳-۵-۵-۴. قوام سنج اف. ام. سی
۲۰۶	۴-۵-۵-۴. ویسکومتر بروکفیلد
۲۰۷	۶-۵-۴. ویسکومترهای سقوط گوی
۲۱۱	۷-۵-۴. ویسکومترها و رئومترهای نوسانی (دینامیک)
۲۱۳	۸-۵-۴. ویسکومترهای تقلیدی
۲۱۳	۱-۸-۵-۴. قوام سنج بوستویک
۲۱۴	۲-۸-۵-۴. قوام سنج آدام

منابع

فصل پنجم: خواص آبرودینامیکی و هیدرودینامیکی

۲۱۹	۱-۵. مقدمه
۲۲۰	۲-۵. نیروها و ضرایب دراگ

۲۲۴	۱-۲-۵. دراگ اصطکاکی
۲۲۵	۲-۲-۵. دراگ فشاری یا پروفیلی
۲۲۷	۳-۵. سرعت نهایی یا حذی
۲۳۱	۱-۳-۵. تخمین سرعت حد اجسام کروی
۲۳۳	۲-۳-۵. تخمین سرعت حد اجسام غیر کروی
۲۳۶	۳-۳-۵. روشهای اندازه گیری سرعت حد
۲۳۷	منابع

۲۳۹ فصل ششم: خواص ترمودینامیکی و حرارتی

۲۳۹	۱-۶. مقدمه
۲۴۰	۲-۶. خواص ترمودینامیکی
۲۴۰	۱-۲-۶. گرمای ویژه
۲۴۷	۲-۲-۶. گرمای نهان
۲۵۰	۳-۲-۶. انتالپی
۲۵۲	۳-۶. خصوصیات حرارتی
۲۵۲	۱-۳-۶. ضریب هدایت حرارتی
۲۶۰	۲-۳-۶. ضریب نفوذ حرارتی
۲۶۳	۳-۳-۶. ضریب انتقال حرارت سطحی (یا جابجایی)
۲۶۴	۴-۶. روش های اندازه گیری خواص حرارتی و ترمودینامیکی
۲۶۴	۱-۴-۶. گرمای ویژه
۲۶۵	۱-۴-۶. روش مخلوط ها
۲۶۶	۲-۴-۶. ضریب هدایت حرارتی
۲۶۷	۱-۴-۶. روش منبع حرارتی خطی
۲۶۹	۳-۴-۶. ضریب نفوذ حرارتی
۲۷۰	منابع

۲۷۳ فصل هفتم: خواص الکترومغناطیسی

۲۷۳	۱-۷. مقدمه
۲۷۵	۲-۷. طیف الکترومغناطیس
۲۷۶	۱-۲-۷. تقابل امواج الکترومغناطیس با محصولات کشاورزی و غذایی
۲۷۸	۲-۲-۷. تئوری اندازه گیری خواص نوری

۲۸۲	۳-۲-۷. موقعیت‌های نسبی منبع تابش، نمونه و آشکارساز
۲۸۴	۴-۲-۷. تجزیه و تحلیل اندازه‌گیری‌های نوری
۲۸۶	۵-۲-۷. شاخص کیفیت
۲۸۷	۶-۲-۷. تکنیک‌های اندازه‌گیری خواص نوری
۲۸۸	۷-۲-۷. کاربردهای خواص نوری
۲۹۱	۳-۷. رنگ
۲۹۳	۱-۳-۷. سیستم‌های اندازه‌گیری و توصیف رنگ
۲۹۸	۱-۱-۳-۷. سیستم CIE یا ICI
۲۹۹	۲-۱-۳-۷. سیستم مانسل
۳۰۱	۳-۱-۳-۷. سیستم هانترلب
۳۰۳	۴-۱-۳-۷. سیستم لاوی باند
۳۰۳	۵-۱-۳-۷. ماشین بینایی و رایانه بینایی
۳۰۹	۱-۵-۱-۳-۷. کاربرد پردازش تصویر در صنایع غذایی
۳۱۴	۴-۷. دورنمای آینده
۳۱۴	منابع
۳۱۷	پیوست‌ها
۳۱۷	۱. مسائل نمونه
۳۳۶	۲. ضرایب تبدیل ابعاد در سیستم‌های مختلف آحاد

پیش‌گفتار چاپ سوم

حال که پس از گذشت حدود پنج سال، کتاب حاضر به چاپ سوم رسیده است، خداوند متعال را بسیار سپاسگزاریم. طبیعتاً ویرایش اول کتاب علیرغم دقت فراوان در تدوین آن، اشکالات تایپی و علمی متعددی داشته است که در طی تدریس این کتاب برای دانشجویان رشته علوم و صنایع غذایی و همچنین دقت نظر دانشجویان عزیز دوره‌های تحصیلات تکمیلی، سعی شده است این اشکالات در ویرایش جدید مرتفع شوند.

تجربیات آموزشی و پژوهشی به دست آمده طی این سالها موجب گردیده است که مقالات علمی ارزشمندی در زمینه‌های مختلف بیوفیزیک مواد غذایی در مجلات بین‌المللی و ملی به چاپ برسد که از اطلاعات بدست آمده در حد امکان در ویرایش جدید استفاده شده است.

افزودن فصل جدیدی با عنوان خواص الکترومغناطیسی از ویژگی‌های بارز ویرایش سوم کتاب است. در دهه اخیر خواص الکترومغناطیسی محصولات کشاورزی و مواد غذایی بسیار مورد توجه محققان و اندیشمندان در حوزه‌های مختلف صنعت غذا قرار گرفته است. این خواص مبین تقابل ماده با امواج الکترومغناطیس است، بنابراین اهمیت فراوانی در کاربردهای امواج صوتی، مادون قرمز، ماوراء بنفش، نور مرئی، میکروویو و ... خواهد داشت. برای مثال تکنیک ماشین بینایی و رایانه بینایی که در کنار روش‌های آماری و ریاضی کاربرد شگرفی و گسترده‌ای در زمینه‌های تشخیص الگو، طبقه‌بندی، پیش‌بینی، مدلسازی و ... یافته‌اند بر مبنای خواص الکترومغناطیسی می‌باشند.

نکته آخر این که درک مباحث فیزیکی بدون ارائه مثال‌ها و مسائل متنوع چندان میسر نیست. در ویرایش سوم کتاب، تعداد مسائل نمونه تقریباً سه برابر شده است. امید است این موضوع نقش موثری در فهم و یادگیری مباحث ارائه شده داشته باشد.

سید محمد علی رضوی-ریحانه اکبری

دانشگاه فردوسی مشهد

بهمن ماه سال ۱۳۹۰

press.um.ac.ir

پیش‌گفتار چاپ اول

افزایش روزافزون نقش اقتصادی محصولات کشاورزی و غذایی در جوامع امروزی و پیچیدگی فناوری‌های مدرن برای تولید (کاشت، داشت و برداشت)، حمل و نقل، ذخیره‌سازی، فرآوری، نگهداری، ارزیابی کیفی، توزیع، بازاریابی و مصرف این محصولات، نیازمند درک دقیق و صحیح خواص فیزیکی است. محصولات کشاورزی و غذایی از واحدهای تولید در مزرعه تا مصرف، متحمل عملیات فیزیکی مختلف شامل فرآیندهای مکانیکی، حرارتی، الکتریکی، نوری و صوتی می‌شوند. بنابراین، درک قوانین فیزیکی حاکم بر تقابل این محصولات بیولوژیکی با فرآیندها به منظور طراحی عملیات واحدی با حداکثر کارایی و تولید محصولی با بهترین کیفیت الزامی است. در حقیقت، حفظ و تضمین کیفیت محصول، کاهش هزینه‌های عملیات حمل و نقل و فرآوری، و یافتن راههای جدید برای تولید و مصرف مستلزم درک خواص فیزیکی پایه محصولات کشاورزی و دامی است.

این کتاب بر پایه سرفصل دروس خواص بیوفیزیکی محصولات کشاورزی و رئولوژی مواد غذایی دوره کارشناسی ارشد و دکتری در رشته علوم و صنایع غذایی تدوین شده است. برای این منظور از مطالبی که طی چند ترم تدریس و تحقیق از چندین کتاب مرجع درسی و بیش از ۵۰ مقاله علمی منتشر شده (بعد از سال ۱۹۹۸) در مجلات علمی معتبر در زمینه خواص فیزیکی محصولات کشاورزی و غذایی جمع آوری شده، استفاده گردیده است. فصول این کتاب به گونه‌ای است که نه تنها برای مدرسان و دانشجویان رشته علوم و صنایع غذایی در زمینه‌های آموزشی و پژوهشی به عنوان کتاب مرجع قابل استفاده است، بلکه برای سایر رشته‌های دانشگاهی مرتبط، از جمله مهندسی ماشینهای کشاورزی، مهندسی شیمی، مهندسی مکانیک، بیولوژی گیاهی و بیوفیزیک بسیار مفید است.

مطالب این کتاب در قالب شش فصل به ترتیب مشتمل بر خواص هندسی و ثقلی، اصطکاکی، رئولوژی جامدات، رئولوژی سیالات، هیدرودینامیکی - آیرودینامیکی و حرارتی - ترمودینامیکی می‌باشد. در هر فصل مباحث به گونه‌ای جمع آوری و تدوین شده است که علاوه بر مبانی فیزیکی مربوطه، روشهای اندازه‌گیری خواص فیزیکی و نتایج علمی مربوط به محصولات کشاورزی و غذایی نیز آورده شود. هم‌چنین در بخش ضمائم کتاب، تعدادی مسایل نمونه آورده شده است تا دانشجویان عزیز با کاربردهای مباحث ارائه شده در فصول مختلف از جنبه‌های پژوهشی و

محاسبات مهندسی آشنا شوند. اگرچه در جمع آوری و تدوین مطالب این کتاب حساسیت و دقت فراوانی لحاظ شده است، اما قطعاً اشکالاتی خواهد داشت که از چشم تیزبین اساتید، محققان و دانشجویان ارجمند به دور نخواهد بود. از این رو، بسیار موجب افتخار و سپاسگزاری است که خوانندگان محترم اشکالات، پیشنهادها و نکات لازم در جهت ارتقای سطح علمی کتاب را متذکر شوند.

در پایان لازم است از استاد ارجمند جناب آقای دکتر شاهدی، که افتخار شاگردی ایشان را در دوره کارشناسی ارشد و دکتری داشته‌ام، به خاطر ویراستاری علمی این کتاب صمیمانه تشکر نمایم. حقیقتاً ایشان برخلاف مشغله فراوان کاری، با ریزینی و دقت به بررسی علمی کتاب پرداختند و نکات ارزشمندی، که برای اینجانب بسیار آموزنده بود، برای ارتقاء سطح علمی کتاب متذکر شدند.

همچنین از همکاران ارجمند معاونت محترم پژوهشی دانشگاه (به خصوص آقای مهندس قندهاری به خاطر تلاش دلسوزانه و راهنمایی‌های ارزشمند از تصویب تا چاپ کتاب)، تمامی دست اندرکاران محترم انتشارات دانشگاه برای زحماتشان در چاپ کتاب، سرکار خانم مرضیه صدریزاز به خاطر ویرایش ادبی کتاب و آقای حریری برای طراحی جلد کتاب سپاسگزارم.

سید محمد علی رضوی

گروه علوم و صنایع غذایی

دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

بهار سال ۱۳۸۵

فصل اول

خواص هندسی و ثقلی

من به سرچشمه خورشید نه خود بردم راه نرهای بودم و مهر تو مرا بالا برد
علامه طباطبایی (قدس سره)

۱-۱. مقدمه

خصوصیات هندسی و ثقلی^۱ محصولات کشاورزی و فرآورده‌های غذایی، بسیار گسترده است. ذرات شیر خشک دارای قطر ۱۵۰ - ۱۰ میکرومتر هستند، در حالی که قطر بعضی از هندوانه‌ها به ۵/۰ متر هم می‌رسد. شکل‌ها نیز بسیار متفاوتند. نخود فرنگی از لحاظ شکل تقریباً کروی است. پرتقال و گریپ فروت بیضوی شکل و دانه‌های جو دراز و باریک هستند. چگالی واقعی سیب از ۷۰۰ تا ۹۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب متغیر است، پس چگالی آن کمتر از چگالی آب است، اما دانه‌های گندم چگالی واقعی بزرگتری نسبت به آب دارند (۱۴۵۰-۱۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب). چگالی توده^۲ (چگالی ظاهری) سیب در حدود ۵۷۷ کیلوگرم بر متر مکعب است، در حالی که چگالی توده^۳ گندم حدود ۷۹۳ کیلوگرم بر متر مکعب است. معمولاً واژه‌های متعددی مانند قطر بزرگ^۴، ضریب کرویت^۵ و تخلخل^۶ برای تعریف خواص هندسی و ثقلی یک محصول، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

اندازه‌گیری دقیق و سریع خصوصیات هندسی و ثقلی در هنگام فرآوری محصولات کشاورزی، طراحی دستگاه‌های حمل و نقل، فرآیند، نگهداری و همچنین دستیابی به محصولی با

1. Geometric and gravimetric properties

2. Bulk density

3. Major diameter

4. Sphericity

5. Porosity

کیفیت بالا بسیار حائز اهمیت است. برای مثال شکل و ابعاد فیزیکی برای غربال کردن مواد جامد و جداسازی مواد خارجی و یا برای جداسازی^۱ و درجه بندی میوه‌ها و سبزی‌ها مورد نیاز هستند. اصولاً ماشین‌های گوناگون تمیز کردن، درجه بندی، جداسازی و نقاله‌ها بر پایه خواص فیزیکی دانه‌ها طراحی و ساخته می‌شوند. اندازه و شکل محصول تعیین می‌کنند که چه تعداد میوه یا سبزی را می‌توان درون جعبه‌ها، کارتن‌ها و ظروف بسته بندی با یک اندازه مشخص قرار داد.

اختلاف در چگالی برای ارزیابی کیفی میوه‌ها، سبزی‌ها، دانه‌های غلات و بذور مختلف استفاده می‌شود. چگالی مایعات غذایی در طی فرآیندهای جداسازی مانند سانتریفوژ و ترسیب و همچنین برای تعیین خصوصیات جریان و محاسبه توان پمپ، حائز اهمیتند. وقتی دانه‌های غلات، حبوبات و انواع پودرها به طریق پنوماتیکی انتقال داده می‌شوند و یا وقتی که از جریان هیدرولیکی برای حمل و نقل میوه‌ها و سبزی‌ها استفاده می‌شود، تعیین سرعت‌های جریان مورد نیاز برای سیال (هوا و آب) بستگی به چگالی و شکل ماده غذایی مورد حمل دارد.

حجم و مساحت سطحی مواد جامد برای مدل سازی دقیق انتقال جرم و حرارت در طی فرآیندهای گرم کردن و سرد کردن بایستی معلوم باشند. تخلخل (یا درصد فضای خالی درون توده مواد غذایی جامد) بر مقاومت جریان هوای عبوری از درون توده تاثیر می‌گذارد. مقاومت هوا به نوبه خود بر کارایی سیستم‌های خشک کن و سیستم‌های هوادهی (به منظور کنترل دمای توده) اثر خواهد گذاشت. وقتی هدف، آسیاب کردن دانه‌های غلات و دانه‌های روغنی است، اطلاعات مربوط به توزیع اندازه دانه‌ها برای حصول خصوصیات مطلوب بدون صرف انرژی اضافی مورد نیاز است. اندازه ذره مواد غذایی پودری مانند شیر خشک بایستی به اندازه کافی بزرگ باشد تا از تجمع و به هم چسبیدن جلوگیری شود و به اندازه کافی کوچک باشد تا در هنگام بازسازی^۲ به سرعت حل گردد.

۱-۲. اندازه یا ابعاد^۳

تنوع بسیار زیادی در اندازه و ابعاد محصولات کشاورزی و مواد غذایی مشاهده می‌شود. روش متداول برای توصیف اندازه غلات، بذور، میوه‌ها و سبزی‌ها تعریف سه بعد جسم (قطر بزرگ، a ؛ قطر متوسط، b و قطر کوچک، c) بر مبنای نمایش سطح تصویری جسم^۴ است. ابعاد دانه‌های

-
1. Sorting
 2. Reconstitution
 3. Size or dimensions
 4. Projected area

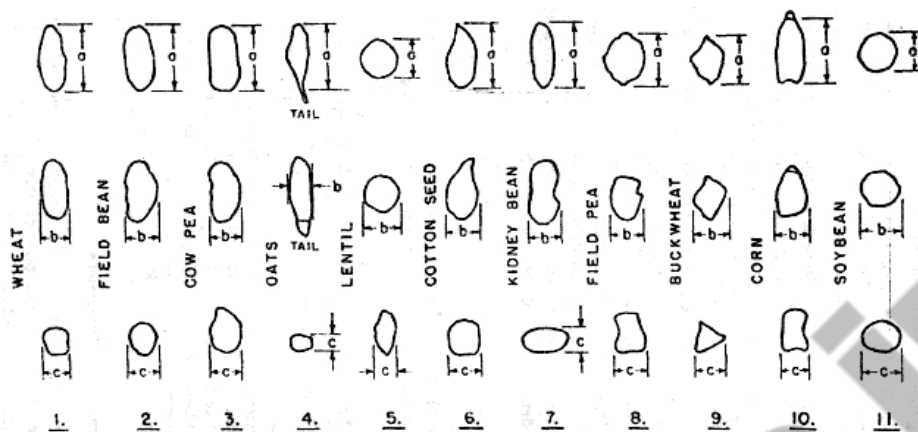
کوچک غلات و بذرها را می‌توان با استفاده از فتوگراف (عکس نگار)^۱ اندازه گیری کرد. جسم را روی صفحه‌ای قرار داده و می‌چرخانیم تا بزرگترین و کوچکترین سطح جسم روی پرده آشکار شود. سپس سطوح جسم را در دو حالت ترسیم می‌نماییم. قطر بزرگ بلندترین بعد بزرگترین سطح جسم است. در حال که قطر کوچک کوتاهترین بعد کوچکترین سطح جسم است. اما قطر متوسط قطر کوچک بزرگترین سطح یا اغلب معادل قطر بزرگ کوچکترین سطح جسم است. در شکل (۱-۱) شکل‌های ترسیم شده و سه بعد محوری بعضی از بذرها و دانه‌های غلات توسط عکس نگار برای نمونه نمایش داده شده است.

قطرهای بزرگ، متوسط و کوچک مواد غذایی جامد را می‌توان به کمک یک میکرومتر یا یک کولیس^۲ (قطر سنج) با دقت ۰/۰۱ تا ۰/۰۰۱ میلی متر اندازه گیری کرد. برای این منظور حداقل ۱۰ درصد کل نمونه ماده غذایی به صورت تصادفی انتخاب شده و سه بعد اصلی آنها اندازه گیری می‌شود، سپس متوسط داده‌های اندازه گیری شده به عنوان طول، عرض و ضخامت نمونه‌ها گزارش می‌شود. تنها نکته قابل توجه در هنگام اندازه گیری کنترل نیروی فشار ناشی از نگه داشتن جسم با دست یا اندازه گیری با میکرومتر و کولیس است. معمولاً بسیاری از مواد غذایی جامد دارای بافت نرم هستند و عدم دقت در فشار دست یا دستگاه اندازه گیری موجب تغییر شکل بافت جسم و خطای اندازه گیری می‌شود.

روش سریعتر و دقیق‌تر برای اندازه گیری ابعاد محوری و تعیین شکل محصولات کشاورزی استفاده از شادوگراف^۳ یا سایه نگار است (شکل ۱-۲). دو میکرومتر روی دستگاه نصب شده که به کمک آنها می‌توان ابعاد دو محور جسم را در حالت‌های دلخواه به طور خودکار اندازه گیری کرد. همچنین می‌توان شکل جسم را از روی سایه‌ای که بر زمینه شیشه‌ای دستگاه ظاهر می‌شود، ترسیم و تعیین نمود.

ابعاد محصولات کشاورزی و مواد غذایی تا اندازه زیادی تابع فصل و محل رشد، واریته و سایر شرایط برداشت و نگهداری است، بنابراین بهتر است که اندازه گیری برای تعداد زیادی نمونه (حداقل ۱۰۰ نمونه و یا ۱۰ درصد کل نمونه‌ها) و شرایط مختلف با توجه به نوع منطقه کشت و واریته‌های مورد نظر انجام گیرد. سپس میانگین و انحراف معیار اندازه گیری‌ها محاسبه شده و با میانگین و انحراف معیار سایر نمونه‌ها مقایسه شود. ابعاد بعضی از غلات، میوه‌ها و سبزی‌ها برای نمونه در جدول (۱-۱) آورده شده است.

-
1. Photograph
 2. Caliper
 3. Shadowgraph



شکل ۱-۱: ترسیم شکل و نمایش سه بعد بذرها و دانه‌های غلات توسط عکس نگار



شکل ۱-۲: دستگاه سایه نگار نیکون برای اندازه‌گیری ابعاد محوری و شکل اجسام

در تجارت و صنعت معمولاً از عبارات قطرهای بزرگ و متوسط و کوچک به ندرت استفاده می‌شود. برای غلات و بذور، اغلب واژه‌های طول (L)، عرض (W) و ضخامت (T) به ترتیب به جای قطرهای بزرگ، متوسط و کوچک به کار می‌رود (شکل ۱-۳).

در مورد بسیاری از میوه‌ها و سبزی‌ها، طول به عنوان بزرگترین بعد در جهت موازی با ساقه در نظر گرفته می‌شود، در حالی که قطر بزرگ، بعد عمود بر ساقه است. البته استثنائاتی هم در این خصوص وجود دارند. برای مثال، در مورد سیب زمینی، قطر، بزرگترین بعد در زاویه‌های قائمه نسبت به محور طولی بدون توجه به موقعیت ساقه است. تعاریف مورد استفاده در صنعت را