

بیوشیمی جامع ایران

(کربوهیدرات‌ها)

جمع‌آوری و تالیف

هیمن مرادی سردره

هاجر شکری افرا

(دانشجویان دکترای تخصصی بیوشیمی بالینی دانشگاه علوم پزشکی تهران)

زیر نظر

پروفسور محمد تقی گودرزی

عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی همدان

پروفسور زهره رحیمی

عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه

سرشناسه	: مرادی سردره، هیمن، ۱۳۶۶ -
عنوان و نام پدیدآور	: بیوشیمی جامع ایران (کربوهیدرات‌ها) / جمع‌آوری و تألیف هیمن
مشخصات نشر	: مرادی سردره، هاجر شکری‌افرا؛ زیرنظر محمدتقی گودرزی، زهره رحیمی. اسدآباد: نشر دایان، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	: ۱۴۰ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۹۷۸ - ۶۰۰ - ۹۴۳۰۱ - ۲ - ۳
وضعیت فهرست‌نویسی: فیا	
عنوان دیگر	: کربوهیدرات‌ها.
موضوع	: کربوهیدرات‌ها.
موضوع	: زیست‌شیمی
شناسه افزوده	: شکری‌افرا، هاجر، ۱۳۶۶ -
شناسه افزوده	: گودرزی، محمدتقی، ۱۳۴۲ -، ناظر
شناسه افزوده	: رحیمی، زهره، ناظر
رده‌بندی کنگره	: QP ۷۰۱۳۹۳ ۹ب۴م /
رده‌بندی دیویی	: ۵۶/۵۷۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۷۴۱۰۹۵



مدیر پخش: ۰۹۱۲۴۹۵۲۰۵۷

عنوان	: بیوشیمی جامع ایران (کربوهیدرات‌ها)
ناشر	: انتشارات دایان
جمع‌آوری و تألیف	: هیمن مرادی سردره، هاجر شکری‌افرا
زیرنظر	: پروفسور محمدتقی گودرزی، پروفسور زهره رحیمی
صفحه‌آرایی	: منیژه فاتحی
لیتوگرافی	: صبا
چاپ	: شادیران
نوبت چاپ	: اول / ۱۳۹۳
صحافی	: آرمان
تیراژ	: ۱۰۰۰ نسخه
شابک	: ۹۷۸ - ۶۰۰ - ۹۴۳۰۱ - ۲ - ۳
قیمت	: ۲۰۸۶۰ تومان

فهرست مطالب

فصل اول: کربوهیدراتها	۱۵
مونوساکاریدها:	۱۶
نامگذاری آلدوپنتوزها	۱۷
نامگذاری آلدوهگزوزها	۱۸
اشکال ساختمانی مونوساکاریدها	۱۹
فرم خطی (فیشر) مونوساکاریدها	۱۹
فرم حلقوی مونوساکاریدها	۱۹
تالن (Tollen)	۲۱
هاورث	۲۲
ایزومری در قندها	۲۳
ایزومر عاملی (Functional)	۲۳
ایزومر فضایی	۲۴
انواع ایزومر فضایی:	۲۴
دیساکاریدها	۲۷
۱- دی ساکارید احیا کننده	۲۷
۲- دی ساکارید غیر احیا کننده:	۲۹
طریقه نامگذاری انواع دی ساکارید	۲۹
الیگوساکاریدها:	۳۰
پلی ساکاریدها (گلیکانها)	۳۰
۱- هموپلیساکارید (پلیساکارید ساده):	۳۰
۲- هتروپلیساکارید (پلیساکارید مرکب):	۳۴
پروتئوگلیکانها (موکوپلیساکاریدها)	۳۵
گلیکوپروتئینها و گلیکولیپیدها	۳۶
واکنشهای مربوط به مونوساکاریدها و مشتقات آنها در بدن	۳۹

۳۹	۱- اکسیداسیون و مشتقات قندی اکسید شده.....
۴۱	۲- احیاء قندها و مشتقات قندی احیا شده.....
۴۲	۳- آمیناسیون و مشتقات آمینی.....
۴۳	۴- فعال شدن قندها.....
۴۴	۵- ایزومریزاسیون.....
۴۴	۶- تشکیل پیوندهای گلیکوزیدی.....
۴۶	شناسایی قندها و آزمایشهای مربوط به آنها.....
۴۶	۱- در محیط قلیایی.....
۴۷	۲- در محیط اسیدی.....
۴۹	فصل دوم: متابولیسم کربوهیدراتها.....
۴۹	گلیکولیز (مسیر آمیدن میرهوف).....
۶۲	سرنوشت پیرووات.....
۶۵	راههای تنظیم گلیکولیز.....
۶۷	مسیر رایاپورت لوپرینگ (شنت بیس فسفو گلیسرات).....
۶۸	میزان تولید انرژی بستگی به امکان انجام فسفریلاسیون اکسیداتیو دارد.....
۷۰	دکربوکسیلاسیون پیرووات به استیلکوا در میتوکندری.....
۷۱	اجزای کمپلکس پیرووات دهیدروژناز.....
۷۲	تنظیم پیرووات دهیدروژناز.....
۷۳	اسیدوز لاکتیک.....
۷۳	متابولیسم گلوکز در سرطان: اثر واربرگ (Warburg Effect).....
۷۷	فصل سوم: چرخه کربس (چرخه تری کربوکسیلیک اسید، TCA).....
۸۲	تنظیم چرخه کربس.....
۸۴	ارتباط چرخه کربس با سایر مسیرهای متابولیسم.....
۸۴	ارتباط چرخه کربس با گلوکونئوز.....
۸۵	ارتباط چرخه کربس با سنتز اسیدهای آمینه.....
۸۶	ارتباط بین چرخه کربس با سنتز اسیدهای چرب (FA).....
۸۶	چرخه گلیاکسیلات.....
۸۹	فصل چهارم: گلوکونئوز.....
۹۳	سوبستراهای گلوکونئوز.....

۹۶	تنظیم فعالیت گلوکونئوز
۹۹	منابع تامین گلوکز خون
۱۰۱	گلوکونئوز در سلولهای روده کوچک
۱۰۲	انسولین تنظیم کننده اصلی گلوکز خون
۱۰۵	فصل پنجم: متابولیسم گلیکوژن
۱۰۶	مدل ساختاری گلیکوژن
۱۰۶	گلیکوژن: بیوسنتز گلیکوژن
۱۱۰	گلیکوژنولیز: تجربه گلیکوژن
۱۱۱	تنظیم متابولیسم گلیکوژن
۱۱۵	بیماریهای ذخیره‌های گلیکوژن
۱۱۷	فصل ششم: پنتوز فسفات (pp، شنت هگزوز منوفسفات)
۱۱۸	فاز اکسیداتیو
۱۲۰	فاز غیر اکسیداتیو
۱۲۵	مسیر پنتوز فسفات در محافظت گلیولهای قرمز در برابر همولیز
۱۲۷	سایر مسیرهای متابولیسم هگزوز
۱۲۷	مسیر اسید اورونیک
۱۲۸	متابولیسم فروکتوز
۱۳۲	متابولیسم گالاکتوز
۱۳۴	متابولیسم مانوز
۱۳۵	ضمائم
۱۴۹	منابع

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱. ساختار آلدوپنتوزها..... ۱۷
- شکل ۱-۲. ساختار الدوهگوزها..... ۱۸
- شکل ۱-۳. ساختار کتوهگوزها..... ۱۹
- شکل ۱-۴. مقایسه فرم فیشر در سه مونوساکارید..... ۲۰
- شکل ۱-۵. نحوه ایجاد حلقه در آلدوزها..... ۲۰
- شکل ۱-۶. نحوه ایجاد اشکال پیران و فوران..... ۲۱
- شکل ۱-۷. فرم حلقوی هاورث..... ۲۲
- شکل ۱-۸. مقایسه اشکال الفا و بتا در فرم های پیرانوزی و فورانوزی..... ۲۳
- شکل ۱-۹. مقایسه کربن متقارن و نامتقارن..... ۲۴
- شکل ۱-۱۰. D- گلیسرآلدئید و L- گلیسرآلدئید..... ۲۵
- شکل ۱-۱۱. ایزومری α و β و ایزومری حلقه (پیرانوز و فورانوز) فروکتوز..... ۲۶
- شکل ۱-۱۲. مقایسه سه ایزومر انانتیومر، دیاسترمر و آنومر..... ۲۷
- شکل ۱-۱۳. انواع دیساکاریدهای احیاکننده..... ۲۸
- شکل ۱-۱۴. دی ساکاریدهای غیر احیاکننده..... ۲۹
- شکل ۱-۱۵. اجزا و نوع پیوندهای رافینوز..... ۳۰
- شکل ۱-۱۶. مقایسه اشکال حلقوی و منشعب در آمیلوز و آمیلوپکتین..... ۳۲
- شکل ۱-۱۷. مولکول گلیکوژن..... ۳۳
- شکل ۱-۱۸. ساختمان سلولز و کیتین و واحدهای تشکیل دهنده آنها..... ۳۳
- شکل ۱-۱۹. چند نوع موکوپلی ساکارید..... ۳۶
- شکل ۱-۲۰. ساختمان گلیکوپروتئینهای O-linked..... ۳۷
- شکل ۱-۲۱. ساختمان انواع گلیکوپروتئین های N-linked..... ۳۸
- شکل ۱-۲۲. محصولات حاصل از اکسیداسیون گلوکز..... ۴۰
- شکل ۱-۲۳. چند قند داکسی مهم..... ۴۲
- شکل ۱-۲۴. قندهای آمینو و استیله..... ۴۳

- شکل ۲۵-۱. پیوند همی استال و استال ۴۵
- شکل ۲۶-۱. تولید ایندیول از سه هگزوز Fru، Man، Glc ۴۶
- شکل ۲۷-۱. تشکیل اوزازون از قندهای احیاکننده ۴۷
- شکل ۱-۲. خلاصه گلیکولیز: ۵۰
- شکل ۱-۲. مسیر گلیکولیز. الف) فاز آمادسازی ب) فاز بهروری ۵۱
- شکل ۲-۳. مرحله اول گلیکولیز فسفریلاسیون گلوکز ۵۲
- شکل ۲-۴. مرحله دوم گلیکولیز تبدیل Glc 6-p به Fru 6-p ۵۳
- شکل ۲-۵. مرحله سوم گلیکولیز تبدیل Fru 6-p به Fru 1,6-BP ۵۴
- شکل ۲-۶. مرحله چهارم گلیکولیز تبدیل Fru 1,6-BP به دو تریوز ۵۵
- شکل ۲-۷. مرحله پنجم گلیکولیز تبدیل متقابل DHAP و GA3P ۵۶
- شکل ۲-۸. مرحله ششم گلیکولیز اکسیداسیون GA3P به 1,3-BPG ۵۷
- شکل ۲-۹. مکانیسم اکسیداسیون گلیسرآلدئید ۳ فسفات توسط آنزیم گلیسرآلدئید ۳-فسفات دهیدروژناز ۵۸
- شکل ۲-۱۰. مرحله هفتم گلیکولیز تبدیل 3-PG از 1,3-BPG ۵۹
- شکل ۲-۱۱. مرحله هشتم گلیکولیز تبدیل متقابل 3-PG به 2-PG ۵۹
- شکل ۲-۱۲. مسیر 2,3BPG در RBC ۶۰
- شکل ۲-۱۳. مرحله نهم گلیکولیز تبدیل 2-PG به PEP ۶۱
- شکل ۲-۱۴. مرحله دهم گلیکولیز تبدیل PEP به Pyr ۶۱
- شکل ۲-۱۵. نحوه شکلگیری تریوز از کربنهای گلوکز ۶۲
- شکل ۲-۱۶. احیای پیروات به لاکتات ۶۳
- شکل ۲-۱۷. تخمیر الکلی پیروات به اتانول ۶۳
- شکل ۲-۱۸. تصویر شماتیک از سرنوشت پیروات ۶۳
- جدول ۲-۳. تغییرات انرژی آزاد در مسیر گلیکولیز ۶۴
- شکل ۲-۱۹. مسیر راپاپورت لوبرینگ در RBC ۶۷
- شکل ۲-۲۰. شاتل ملات-آسپارات ۶۹
- شکل ۲-۲۱. شاتل گلیسرول ۳-فسفات ۷۰
- شکل ۲-۲۲. اجزای آنزیم پیروات دهیدروژناز و مراحل تبدیل پیروات به استیلکوا ۷۱
- شکل ۲-۲۳. متابولیسم گلوکز در سرطان ۷۵
- شکل ۳-۱. چرخه کربس ۷۷

شکل ۲-۳. مرحله سوم TCA: دکربوکسیلاسیون اکسیداتیو.....	۷۹
شکل ۳-۳. تنظیم جریان متابوليتها از PDH تا چرخه کربس.....	۸۳
شکل ۳-۴. چرخه گلی اسيلات.....	۸۷
شکل ۴-۱. تبديل پيرووات به فسفوانول پيرووات.....	۹۰
شکل ۴-۲. مسيرهاي تبديل Pyr به PEP.....	۹۰
شکل ۴-۳. مسيرهاي اصلي گليکوليز و گلوکونئوز.....	۹۲
شکل ۴-۴. چرخه کوري.....	۹۳
شکل ۴-۵. تبديل گليسرول به گلوکز.....	۹۴
شکل ۴-۶. تبديل پروپيونات به سوکسينيل CoA.....	۹۶
شکل ۴-۷. نقش Fru 2,6-BP در تنظيم گليکوليز و گليکونئوز.....	۹۷
جدول ۴-۱. تنظيم بلند مدت هورمونها بر رتھا.....	۹۹
شکل ۴-۸. چرخه گلوکز-آلانين.....	۱۰۰
شکل ۴-۹. گلوکونئوز در سلولهاي روده کوچک.....	۱۰۱
شکل ۴-۱۰. مکانيسم ترشح انسولين.....	۱۰۲
شکل ۴-۱۱. اثر انسولين بر افزايش ناقل GLUT4 و کاهش گلوکز خون.....	۱۰۳
شکل ۵-۱. نمایی از ساختار لايهاي گليکوزن.....	۱۰۶
شکل ۵-۲. ساختمان UDP-Glc.....	۱۰۷
شکل ۵-۳. گليکوزن سنتاز و طويل سازي رشته گليکوزن با اضافه شدن UDP-Glc به انتهاي غير احيائيکنده.....	۱۰۸
شکل ۵-۴. نقش نوکلئوزيد دي فسفوكيناز.....	۱۰۸
شکل ۵-۵. اتصال اولين گلوکز فعال شده به تيروزين ۱۹۴ گليکوزنين.....	۱۰۹
شکل ۵-۶. فعاليت آنزيم شاخه ساز.....	۱۰۹
شکل ۵-۷. مراحل شماتيك گليکونوليز.....	۱۱۱
شکل ۵-۸. تاثير اپينفرين در متابوليسم گليکوزن.....	۱۱۵
شکل ۶-۱. مسير پنتوز فسفات.....	۱۱۸
شکل ۶-۲. مرحله اول پنتوز فسفات.....	۱۱۹
شکل ۶-۳. مرحله دوم پنتوز فسفات.....	۱۱۹
شکل ۶-۴. مرحله سوم پنتوز فسفات.....	۱۲۰
شکل ۶-۵. مرحله چهارم پنتوز فسفات.....	۱۲۱

- شکل ۶-۶. مرحله پنجم پنتوز فسفات..... ۱۲۱
- شکل ۶-۷. مرحله ششم پنتوز فسفات..... ۱۲۲
- شکل ۶-۸. مکانیسم آنزیم ترانس کتولاز..... ۱۲۲
- شکل ۶-۹. مرحله هفتم پنتوز فسفات..... ۱۲۳
- شکل ۶-۱۰. مرحله هشتم پنتوز فسفات..... ۱۲۴
- شکل ۶-۱۱. نقش مسیر پنتوز فسفات در واکنش گلوکاتایون پراکسیداز RBC..... ۱۲۶
- شکل ۶-۱۲. مسیر اسید اورونیک..... ۱۲۸
- شکل ۶-۱۳. نقش هگزوکیناز در متابولیسم فروکتوز..... ۱۲۹
- شکل ۶-۱۴. مسیر اصلی متابولیسم فروکتوز در کبد..... ۱۲۹
- شکل ۶-۱۵. مسیرهای متابولیسم فروکتوز..... ۱۳۰
- شکل ۶-۱۶. مسیر سوربیتول..... ۱۳۱
- شکل ۶-۱۷. مسیر تبدیل گالاکتوز به گلوکز در کبد..... ۱۳۲
- شکل ۶-۱۸. مسیر تبدیل گلوکز به لاکتوز در غده پستانی شیرده..... ۱۳۳
- شکل ۶-۱۹. ارتباط بین متابولیسم هگزوزهای مهم در بدن..... ۱۳۴

فهرست جداول

جدول ۱-۱. خصوصیات و طبقه بندی مونوساکاریدها	۱۶
جدول ۱-۲. کربنهایی که در ایجاد حلقه شرکت دارند	۲۱
جدول ۱-۳. اپیمرهای مهم در طبیعت	۲۵
جدول ۱-۴. مشخصات انواع دی ساکاریدهای احیاکننده	۲۸
جدول ۱-۵. مشخصات دی ساکاریدهای غیراحیاکننده	۲۹
جدول ۱-۶. مشخصات انواع هموبلی ساکارید	۳۱
جدول ۱-۷. انواع هتروپلی ساکارید	۳۴
جدول ۱-۸. هفت نوع اصلی گلیکوز آمینو گلیکانها	۳۵
جدول ۱-۹. انواع قندهای موجود در ساختمان گلیکوپروتئینها	۳۸
جدول ۲-۱. چکیده گلیکولیز	۵۱
جدول ۲-۲. نحوه شکلگیری تریوز از کربنهای گلوکز	۶۲
جدول ۲-۴. تنظیم آلوستریک PFK-1	۶۶
جدول ۲-۵. عوامل محرک و مهارکننده آنزیم PFK-1	۶۶
جدول ۲-۶. تنظیم آلوستریک پیروات کیناز	۶۶
جدول ۵-۱. بیماریهای ذخیرههای گلیکوژن	۱۱۶
جدول ۶-۱. سوبستراها و محصولات حاصل از ترانس کتولاز	۱۲۴
جدول ۶-۲. محصولات حاصل از مسیر پنتوز فسفات	۱۲۵

به نام خالق قلم

اهمیت کتابخوانی در اسلام به قدری است که معجزه پیامبر اکرم (ص) از نوع کتاب است و در این کتاب مقدس هم اولین آیاتی که بر پیامبر (ص) نازل شده با امر به خواندن و الفاظ کتاب، قلم، و علم توأم شده است. در این میان علم بیوشیمی جایگاه خاص خود را در بین سایر رشته‌ها دارد از منظر اینکه باید برای رهایی فردی از بیماری به کار گرفته شود.

در ارتباط با اهمیت علم بیوشیمی اگر کتاب‌ها هم نوشته شود باز کم است. در حال حاضر در ایران کتب زیادی وجود دارند که با بهره‌گیری از آنها می‌توان به علم آموزی بیوشیمی پرداخت. هدف ما از تالیف و جمع‌آوری این کتاب اشاره به تمام جزئیات و گوشه‌کنارهای مباحث بیوشیمی به صورت کاملاً جدید و متفاوت است به طوری که بتوانیم همه منابع ذکر شده برای امتحانات مقاطع کارشناسی ارشد و دکترای تخصصی را پوشش دهیم. مطالبی که ارائه شده اند تماماً از منابع بیوشیمی معتبر و مورد تأیید استخراج شده است. همه تلاش این گروه بر آن بوده که مطالب کاملاً به روز باشند و به زبانی شیوا و ساده نوشته شوند. در این بین از تمام خوانندگان خود تقاضا داریم در صورت داشتن انتقاد، پیشنهاد و یا هر خواسته‌ای برای تصحیح یا تغییر قسمتی از مطالب، آن را به ما اطلاع داده تا در ویرایش‌های بعدی از آن استفاده کنیم.

با تشکر فراوان