

به نافع خدر

ایمنی‌شناسی ماهی و سخت‌پوستان

ویراستاران :

ب. سواين،

پ. ک. ماهو،

اس. اياپان

مترجمين :

دکتر رضا پور غلام

مهندس ابوالفضل مهدوی

مترجم و نام پدیدآور	: ایمنی شناسی ماهی و سخت پوستان ویراستاران پ. سوائین، پ. ک. ساهو، اس. آیپان؛ مترجمین رضا پورغلام، ابوالفضل مهدوی امیری؛ ویراستار علمی کوروش منوچهری نایینی.
مشخصات نشر	: تهران : موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ۱۳۹۱.
مشخصات کتابخانه	: ۴۶۰ ص.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۵۸۵۶-۷۲-۲
وضعیت فهرست نویسی	: فیا
یادداشت	: Fish and shellfish immunology: an introduction, c2006
موضوع	: ماهی ها - ایمنی شناسی
موضوع	: صدف داران - ایمنی شناسی
موضوع	: آبزیان - ایمنی شناسی
نشانه افزوده	: ساهو، پی. کئی. ویراستار
نشانه افزوده	: Sahoo, P.K.
نشانه افزوده	: سوائین، پی. ویراستار
نشانه افزوده	: Swain, P.
نشانه افزوده	: آیپان، اس. ویراستار
نشانه افزوده	: Ayyappan, S.
نشانه افزوده	: پورغلام، رضا، ۱۳۳۸، مترجم
نشانه افزوده	: مهدوی امیری، ابوالفضل، ۱۳۴۱، مترجم
نشانه افزوده	: مهدوی نایینی، کوروش، ۱۳۳۹، ویراستار
نشانه افزوده	: موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور
رده بندی کنگره	: QL ۶۳۸/۹۷ - ۱۳۹۰
رده بندی دیویی	: ۵۷ - ۱۷
شماره کتابشناسی ملی	: ۸

نام کتاب : ایمنی شناسی ماهی و سخت پوستان

تألیف : پ. سوائین، پ. ک. ساهو، اس. آیپان

مترجمین : دکتر رضا پورغلام، مهندس ابوالفضل مهدوی

ویراستار علمی : دکتر کوروش منوچهری

ویراستار ادبی : گل اندام آل علی

شمارگان : ۶۰۰ نسخه

چاپ اول : سال ۱۳۹۲

ناشر : موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور

ناظر چاپ : مدیریت اطلاعات و ارتباطات علمی و بین المللی

(بزرگراه تهران کرج، خروجی پیکان شهر، خیابان سروناز، خیابان سپهر آستان، خیابان هشتم

غربی (بلوار باغ ملی گیاهشناسی - تلفن ۴۴۵۸۰۹۵۴ - www.ifro.ir)

شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۵۸۵۶-۷۲-۲ (ISBN : 978-964-5856-72-2)

قیمت : ۱۲۰۰۰۰ ریال

حق چاپ و نشر برای موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور محفوظ است.

سپاس خداوند بزرگ را که به ما توفیق داد تا بتوانیم اثری در زمینه ایمنی‌شناسی ماهیان و سخت پوستان به دانش‌پژوهان و جویندگان علوم شیلاتی تقدیم نماییم. ایمنی‌شناسی آبزیان روز به روز در حال گسترش بوده و افق‌های بیشتری را در عرصه علوم شیلاتی تسخیر می‌نماید. با توجه به جایگاه کلیدی ماهیان در درخت تکاملی و نیز توسعه روش‌های پرورش متراکم آبزیان آگاهی بیشتر از چگونگی عملکرد سیستم ایمنی آنها اهمیت ویژه‌ای می‌یابد. افق‌های نوین ایمنی‌شناسی آبزیان در آبزی‌روری، بیوتکنولوژی، روش‌های تشخیص بیماری‌های آبزیان و بویژه در زمینه بهداشت و پیشگیری بیماری‌های آنها سبب گردید تا پژوهندگان مربوطه مقصود خویش را بطور مطلوب یافته و دل‌پاکان بیشتری بسپارند. دانش ایمنی‌شناسی آبزیان، اصول، قواعد و روش‌های تشخیص سرولوژیک، ارتباطات بیماری‌های آبزیان، تهیه واکسن و نیز کاربرد آن در ایمنی‌بخشی ماهی، تولید آنتی‌بادی‌ها، مولکول‌ها، مکانیسم ایمنی سخت پوستان و نقش هموسیت‌ها در ایمنی بخشی آنها، مکانیسم‌های دفاع علیه عفونت‌های قارچی، ویروسی و باکتریایی، استفاده از پروبیوتیک‌ها جهت مقاومت در برابر بیماری‌ها، نقش تغذیه در سیستم ایمنی، نقش سیتوکین‌ها، سیستم کمپلمان ماهی و نیز مقاومت و مکانیسم‌های غیرلنفوئیدی در آبزیان را در بر می‌گیرد. در دهه اخیر پیشرفت‌هایی که در زمینه زیست‌شناسی مولکولی صورت پذیرفته تأثیر شگرفی در تولید واکسن‌های ماهی برجای گذاشته است. در این راستا تشخیص ژن‌های بدست آمده از برخی از عوامل بیماری‌زای ماهیان که نامزد های مناسبی برای تولید واکسن می‌باشند شناخته شده‌اند. امروزه واکسن‌های حاصل از مهندسی ژنتیک بطور فزاینده‌ای جهت پیشگیری از بسیاری از عوامل بیماری‌زای ماهیان مورد استفاده قرار گرفته‌اند. امید است ادامه روند تحقیقات مکانیسم‌های مولکولی ایمنی در ماهیان و شناسایی آنتی‌ژن‌های عوامل بیماری‌زا در این موجودات در آینده به تولید واکسن‌های موثر در ماهیان کمک نماید. با توجه به نقش قابل توجه مواد غذایی در پاسخ‌های ایمنی، جنبه‌های تغذیه‌ای عملکرد سیستم ایمنی و مقاومت ماهیان در مقابل بیماری‌ها عرصه

تحقیقی مهمی بشمار می رود. همچنین نظر به کاربرد ایمنوتوکیکولوژی در ارزیابی سیستم ایمنی ماهی تصور می شود در آینده پیشرفت های بیشتری در این زمینه رخ دهد. سیستم ایمنی سخت پوستان نیز قادر به تشخیص و تمایز پروتئین های بیگانه و خودی بوده و پروتئین های بیگانه را بصورت انتخابی از طریق تجزیه از سیستم پاک می کند. در سخت پوستان هموسیت ها سلول های موثر مهمی محسوب می شوند و در حفاظت ایمنی در برابر عوامل بیماریزا نقش مهمی داشته و این عمل را از طریق بیگانه خواری، کپسوله کردن، مسمومیت سلولی و سیستم فعال شدن پروفیل اکساز انجام می دهند.

بایان کرد است ترجمه این کتاب مشتمل بر هفده فصل بوده که بنظر می رسد برای دانشجویان و پژوهشگران علم شیلاتی در مقاطع کارشناسی و بالاتر در زمینه ایمنی شناسی ماهیان و سخت پوستان مفید باشد. در خاتمه لازم است از زحمات بیدریغ استاد ارجمند جناب آقای دکتر منوچهری که زحمت ویرایش این کتاب را تقبل نمودند و نیز مسئولین و همکاران محترم موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور و پژوهشگاه کنترلوزی دریای خزر بویژه سرکارخانم احترام السادات علوی طبری و سرکار خانم گل اندام آل علی تشکر و سپاسگذاری نمایم.

رضا پورغلام

ابوالفضل مهدوی

پیشگفتار

در گذشته ای نه چندان دور عواملی همچون افزایش تقاضای فرآورده های ماهی و سخت پوستان و کاهش ذخایر ماهیان وحشی سبب گردید تا بسرعت تلاش های زیادی در زمینه تحقیق و توسعه آبی پروری صورت پذیرد. اگرچه در طی قرون گذشته آبی پروری در بخشهایی از دنیا رواج داشت، اما فقط در سه دهه اخیر است که آبی پروری ماهیان به صورت تجاری ابعاد صنعتی بخود گرفته است. در سال ۲۰۰۱ تولید جهانی آبی پروری حدود ۳۷/۸ میلیون تن برآورد گردید و انتظار می رود که در سال های آینده آبی پروری در دنیا رشدی حدود ۱۰ درصد داشته باشد. اما از سویی رشد و توسعه قابل توجه صنعت آبی پروری با شیوع بیماری های عفونی که عامل اصلی خسارات اقتصادی پرورش دهندگان ماهی و سخت پوستان می باشد همراه بوده است. بر اساس تخمین های ارائه شده خسارت اصلی از بیماریها بطور متوسط بیش از ۱۰ درصد کل خسارات آبی پروری را تشکیل می دهد. در سیستم های پرورش متراکم ماهیان شرایط استرس زای محیطی منجر به از بین رفتن توازن موجود بین ماهیان، عامل بیماری زا و محیط گردیده است. به همین علت در صنعت آبی پروری مدیریت بیماری ها اهمیت خاصی برخوردار است. از چند دهه اخیر تا کنون آنتی بیوتیک ها عوامل درمانی رایجی بوده اند که در ماهیان جهت درمان بیماری های باکتریایی مورد استفاده قرار گرفته اند. با این حال، استفاده مستمر و گسترده از آنتی بیوتیک با مقادیر کم یا زیاد منجر به افزایش مقاومت میکروب ها بر علیه بسیاری از آنتی بیوتیک ها گردیده است. بعلاوه هزینه تامین آنتی بیوتیک ها، مقررات سخت متعاقب استفاده از آنها، خطرات بالقوه برای بهداشت انسان و حیوانات، مصنوعیت کوتاه مدت ایجاد شده بوسیله آنتی بیوتیک ها و عدم کارایی آنها علیه بیماری های ویروسی برخی از جمله مشکلات و عدم مزایایی است که توجه محققین و مصرف کنندگان را بخود معطوف داشته است. بنابراین تصور می گردد بهره گیری از روش های پیشگیری همانند استفاده از واکسن ها و محرک های ایمنی احتمالاً راهکارهای بسیار

مفیدی جهت کنترل بیماری‌های ماهیان باشند. در شرایطی که در عرصه های پزشکی و دامپزشکی برای پیشگیری از بیماری‌ها، مطالعات و تحقیقات وسیعی برای ابداع و تولید واکسن‌ها صورت گرفته است، اما تحقیق در این زمینه در ماهیان مراحل آغازین خود را سپری می‌نماید. وجود گروه‌های نامتجانسی از عوامل مختلف بیماری‌زا در محیط‌های آبی، مشکلات موجود جهت تجویز واکسن و آگاهی محدود از پاسخ ایمنی ماهیان در برابر عوامل بیماری‌زای ماهی از جمله چالش‌هایی است که در این مسیر وجود دارد. از نقطه نظر فیزیولوژیک، سیستم ایمنی برای ایجاد مناسبت علیه عفونت‌ها تکامل و توسعه می‌یابد و بنابراین منطقی است که در ابتدا با عوامل اصلی سیستم ایمنی ذاتی نظیر کمپلیمان، بیگانه‌خواری، سلول‌های کشنده طبیعی و سایر عوامل میکروب‌کش محله آشناشویم.

در سال‌های اخیر، ترانزژنومیکس و شگرفی در عرصه یولوژی مولکولی و متعاقباً ایمونولوژی مولکولی رخ داده است. به طوری که می‌توان ادعا نمود که بررسی ایمونولوژی ماهیان تنها به واکنش آنتی‌ژن، آنتی‌بادی محدود نمی‌گردد. سرعت تحولات بگونه ای است که مکانیسم‌های مولکولی دخیل در این فرآیند همانند از تالیت‌سلول‌ها با یکدیگر، نقش گیرنده‌ها در مکانیسم‌های مختلف ایمونولوژیک بطور مستمر در حال آشکار شدن می‌باشند. از آنجائیکه بخشی از این کتاب در رابطه با مفاهیم پایه ایمونولوژی است بنابراین تا حد امکان است که آخرین مفاهیم مکانیسم‌های مولکولی در هر ارائه مورد بررسی قرار گیرد. در حال حاضر بیش از ۲۴۰۰۰ گونه ماهی استخوانی شناخته شده است که این تعداد نشانگر تقریباً نیمی از تعداد گونه‌ها می‌باشد. وجود و بسیار بیش از گونه‌های سخت پوستان شناخته شده است. بنابراین توصیف مکانیسم‌های ایمنی در همه گونه‌های ماهیان و سخت پوستان فراتر از محدوده این کتاب بوده و از علاقمندان درخواست می‌شود در چنین مواردی به منابع اختصاصی رجوع نمایند.

این کتاب مشتمل بر ۱۷ فصل است که در این فصول مکانیسم‌های ایمنی ذاتی و اختصاصی به همراه پیشرفت‌های اخیر در زمینه واکسیناسیون و کنترل بیماری با استفاده از ابزارهای ایمونولوژیک مورد بحث قرار می‌گیرد. در این مجموعه مکانیسم‌های پیچیده با استفاده از نمودارهای خطی ساده، اشکال و جداول توضیح داده شده‌اند، تا به آسانی قابل درک باشند. خصوصیت دیگر این کتاب آن است که در مواردی که نیاز بوده جنبه‌های ایمونولوژیک در انسان یا حیوان با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. امید می‌رود این مجموعه علمی قادر به توصیف مکانیسم‌های دفاعی تحت سلولی یا بیومولکولی در ماهیان و سخت پوستان باشد. جهت کسب آگاهی‌های بیشتری در مورد مکانیسم‌های ایمنی ماهیان و سخت پوستان استفاده از چنین کتابی می‌تواند مرجع مناسبی برای دانشجویان لیسانس، فوق‌لیسانس و دکترای شیلات، آبزی‌پروری، جانورشناسی و علوم زمین باشد.

در پایان از کمک کلیه نویسندگان اصناف مختلف کتاب که در حقیقت کارشناسان این عرصه محسوب می‌شوند سپاسگزاری می‌نمایم.

پ. سواین،^۱

پ. ک. ساهو،^۲

اس. آیایان^۳

^۱ . P. Swain

^۲ . P. K. Sahoo

^۳ . S. Ayyappan

فهرست مطالب

مقدمه مترجمین

پیشگفتار

فصل اول: اندامهای ایمنی در ماهیان استخوانی ۱

۱-۱- جنین شناسی اندامهای لنفاوی ۲

۱-۲- اندامهای لنفاوی: ساختمان و عملکرد ۳

۳- نتیجه گیری ۱۸

فصل دوم: مقاومت ذاتی یا طبیعی و مکانیسمهای دفاع غیر لنفوئیدی در ماهیان ۱۹

۲-۱- مکانیسمهای دفاع غیر لنفوئیدی ۲۰

۲-۲- مکانیسمهای دفاع غیر اختصاصی همورال ۲۲

۲-۳- مکانیسمهای دفاع غیر اختصاصی دفاع سلولی ۳۴

۲-۴- التهاب ۳۶

۲-۵- نتیجه گیری ۳۹

فصل سوم: بیگانه خواری در ماهیان استخوانی ۴۰

۳-۱- انواع سلولهای بیگانه خوار ماهیان استخوانی ۴۱

۳-۲- ذرات هدف ۴۲

۳-۳- فعال شدن سلول بیگانه خوار ۴۳

۳-۴- مهاجرت بیگانه خوار ۴۴

۳-۵- مراحل بیگانه خواری ۴۶

۳-۶- بقاء عوامل بیگانه در داخل سلولهای بیگانه خوار ۵۳

۳-۷- ایجاد نوسان در فرآیند بیگانه خواری ۵۵

۳-۸- نتیجه گیری ۵۹

فصل چهارم: مکانیسمهای دفاع اختصاصی ماهیان : اساس تولید آنتی بادی ۶۰

پاسخ ایمنی با واسطه سلولی ۶۰

۴-۱- تکامل و توزیع لمفوسیت های B ۶۱

۴-۲- پاسخ لمفوسیت های B به آنتی ژن (تئوری انتخاب کلونی) ۶۴

۷۰	۴-۳- محدودیت پاسخ هومورال
۷۰	۴-۴- تکامل و پراکنش لمفوسیت های T
۷۳	۴-۵- کمپلکس سازگاری نسجی (MHC) اصلی در ماهیان
۷۶	۴-۶- نتیجه گیری
۷۸	فصل پنجم: آنتی ژن ها و آنتی بادی ها
۷۹	۵-۱- هاپتن ها
۸۰	۵-۲- مشخصات آنتی ژنها
۸۲	۵-۳- آنتی ژنها، ماکرومولکولی
۸۳	۵-۴- اجزای آنتی ژنی
۸۴	۵-۵- واکنش های متقاطع
۸۴	۵-۶- آنتی بادی
۸۶	۵-۷- ساختار آنتی بادی
۸۹	۵-۸- کلاس ها یا انواع آنتی بادی
۹۱	۵-۹- اتصال آنتی بادی ها به آنتی ژن
۹۳	۵-۱۰- اعمال موثر آنتی بادی
۹۶	۵-۱۱- شاخص های آنتی ژنی موجود در آنتی بادی ها
۹۸	۵-۱۲- واکنش های آنتی بادی
۱۰۰	۵-۱۳- سازمان ژنی و بروز ژن آنتی بادی
۱۰۵	۵-۱۴- ایجاد تنوع در آنتی بادی
۱۰۷	۵-۱۵- آنتی بادی های ماهیان
۱۱۳	۵-۱۶- نتیجه گیری
۱۱۴	فصل ششم: سیستم کمپلیمان
۱۱۵	۶-۱- اعمال اساسی کمپلیمان
۱۱۶	۶-۲- اجزاء سیستم کمپلیمان در ماهی
۱۱۸	۶-۳- مسیر فعال شدن کمپلیمان
۱۲۶	۶-۴- فعال شدن کمپلیمان، پیامدهای بیولوژیکی و دفاع میزبان
۱۳۳	۶-۵- نتیجه گیری

فصل هفتم: سیتوکین‌های ماهیان	۱۳۴
۱-۷- سیتوکین‌ها و اعمال انتخابی آنها	۱۳۵
۲-۷- سیتوکین‌ها و عملکرد آنها در ماهیان	۱۴۳
۳-۷- نتیجه گیری	۱۵۱
فصل هشتم: مکانیسم‌های دفاع ایمنی ماهی علیه باکتری‌ها و ویروس‌ها	۱۵۳
۱-۸- مکانیسم‌های دفاع ذاتی ماهیان در مقابل باکتری‌ها	۱۵۵
۲-۸- مکانیسم‌های دفاعی در تخم و جنین ماهیان	۱۶۵
۳-۸- مکانیسم‌های دفاع اختصاصی بر ضد باکتری‌ها	۱۶۶
۴-۸- مکانیسم‌های دفاعی بر ضد بیماری‌های ویروسی	۱۷۰
۵-۸- مکانیسم‌های ایمنی ذاتی در برابر ویروس‌ها	۱۷۱
۶-۸- مکانیسم‌های ایمنی اختصاصی علیه ویروس‌ها	۱۷۶
۷-۸- نتیجه گیری	۱۷۷
فصل نهم: مکانیسم‌های ایمنی دفاع ماهیان علیه عفونت‌های قارچی	۱۷۹
۱-۹- بیماری‌های قارچی ماهیان	۱۸۳
۲-۹- دفاع خارجی در برابر عفونت‌های قارچی	۱۹۲
۳-۹- دفاع سلولی در برابر عفونت‌های قارچی	۱۹۴
۴-۹- پاسخ‌های هومورال در برابر عفونت‌های قارچی	۲۰۰
۵-۹- توان تنظیم ایمنی در بیماری‌های قارچی	۲۰۳
۶-۹- نتیجه گیری	۲۰۴
فصل ۱۰- مکانیسم‌های ایمنی سخت‌پوستان و نرم‌تنان	۲۰۶
۱-۱۰- مکانیسم مقاومت در نرم تنان	۲۰۷
۲-۱۰- مکانیسم دفاع سلولی	۲۰۹
۳-۱۰- مکانیسم دفاعی هومورال	۲۲۴
۴-۱۰- نتیجه گیری	۲۲۷

فصل ۱۱- آنتی‌بادی تک‌دودمانی در بهداشت ماهیان	۲۲۸
۱۱-۱- تولید آنتی‌بادی تک‌دودمانی	۲۳۰
۱۱-۲- کاربرد آنتی‌بادی‌های تک‌دودمانی در آبی‌پروری	۲۳۲
۱۱-۳- نتیجه‌گیری	۲۴۵
فصل ۱۲- اصول روش‌های سرم‌شناسی در تشخیص بیماری‌ها	۲۴۶
۱۲-۱- دلایل منطقی لزوم تشخیص اختصاصی بیماری‌ها	۲۴۷
۱۲-۲- جمع‌آوری، بسته‌بندی و ارسال نمونه‌های بیماری به آزمایشگاه‌ها	۲۴۹
۱۲-۳- روش‌های سرم‌شناسی مورد استفاده در تشخیص	۲۵۰
۱۲-۴- اعتبار آزمایش‌های سرم‌شناسی	۲۷۲
۱۲-۵- نتیجه‌گیری	۲۷۵
فصل ۱۳- شیوه‌های تقویت‌کننده ایمنی در سلامت ماهیان	۲۷۷
۱۳-۱- دسته‌بندی آدجوان‌ها	۲۷۸
۱۳-۲- ساز و کار یا مکانیسم عمل مواد تقویت‌کننده ایمنی	۲۸۰
۱۳-۳- کاربرد آدجوان در صنعت آبی‌پروری	۲۸۴
۱۳-۴- نتیجه‌گیری	۲۸۹
فصل ۱۴- پیشرفت‌های صورت گرفته در زمینه تولید واکسن در ماهیان	۲۹۱
۱۴-۱- واکسن کشته تهیه شده از سلول کلان	۲۹۲
۱۴-۲- واکسن‌های زنده تخفیف‌حادث یافته	۲۹۴
۱۴-۳- واکسن‌های مبتنی بر DNA نوترکیب	۲۹۵
۱۴-۴- واکسن‌های پروتئینی نوترکیب	۲۹۶
۱۴-۵- واکسن‌های پروتئینی نوترکیب برای بیماری ویروسی ماهیان	۲۹۸
۱۴-۶- واکسن پروتئینی نوترکیب برای بیماری‌های باکتریایی ماهیان	۳۰۲
۱۴-۷- واکسن پروتئینی نوترکیب برای بیماری‌های انگلی ماهیان	۳۰۳
۱۴-۸- واکسن‌های پپتیدی	۳۰۵
۱۴-۹- واکسن‌های زنده تغییر یافته از نظر ژنتیکی	۳۰۷
۱۴-۱۰- واکسن‌های DNA	۳۱۰
۱۴-۱۱- جنبه‌های زیست محیطی، اخلاقی و قانونی ایمنی‌زایی در ماهیان	۳۱۳

۳۱۵	 نتیجه گیری	۱۲-۱۴
۳۱۶	 فصل ۱۵- تغذیه و ایمنی	
۳۱۷	 ۱-۱۵- نقص ایمنی ناشی از سوء تغذیه	
۳۱۸	 ۲-۱۵- چربی ها	
۳۲۳	 ۳-۱۵- پروتئین ها و کربوهیدرات ها	
۳۲۴	 ۴-۱۵- ویتامین ها	
۳۲۹	 ۵-۱۵- سایر ویتامین ها	
۳۳۰	 ۱۱-۱۵- مواد معدنی	
۳۴۱	 ۱۵- نتیجه گیری	
۳۴۲	 فصل ۱۶- نقش پروبیوتیک ها در مقاومت در علیه بیماری	
۳۴۳	 ۱-۱۶- تاریخچه پژوهش های صورت پذیرفته در زمینه پروبیوتیک ها	
۳۴۴	 ۲-۱۶- کاربرد پروبیوتیک ها در آبرزی پروری	
۳۴۵	 ۳-۱۶- جایگزینی پروبیوتیک ها در ماهی و میگو	
۳۴۷	 ۴-۱۶- پروبیوتیک ها در کاتایم مقاومت نسبت به بیماری	
۳۵۰	 ۵-۱۶- کاربرد پروبیوتیک ها در پرورش ماهیان	
۳۵۳	 ۶-۱۶- کاربرد پروبیوتیک ها در پرورش میگوی آب شیرین	
۳۵۵	 ۷-۱۶- شیوه های مختلف عمل پروبیوتیک	
۳۶۱	 ۸-۱۶- روش انتخاب سویه مناسب پروبیوتیک	
۳۶۷	 ۹-۱۶- نتیجه گیری	
۳۶۸	 فصل ۱۷- آلاینده های محیطی و سیستم ایمنی	
۳۶۹	 ۱-۱۷- تاثیر مواد سمی بر ایمنی ذاتی	
۳۸۷	 ۲-۱۷- نتیجه گیری	
۳۸۹	 منابع	
۴۱۹	 واژه های متداول در ایمونولوژی	
۴۳۶	 پیشرفتهای تاریخی در زمینه ایمونولوژی	
۴۴۰	 مقالات برتر در ایمونولوژی	