دانشکده مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مواد

(گرایش شناسایی، انتخاب و روش ساخت مواد مهندسی)

جذب یون فلز مس توسط چوب ذرت و ساقه ذرت

به کوشش

ساره وفاخواه

استاد راهنما

دکتر محمد ابراهیم بحرالعلوم

اسفند ۱۳۹۱

بسم الله الرحمن الرحيم

به نام خدا

اظهار نامه

اینجانب ساره وفاخواه (۸۹۰۳۷۴) دانشجوی رشته‌ی مهندسی مواد گرایش شناسایی انتخاب و روش ساخت مواد مهندسی دانشکده‌ی مهندسی اظهار می‌کنم که این پایان نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده‌ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته‌ام. همچنین اظهار می‌کنم که تحقیق و موضوع پایان‌نامه‌ام تکراری نیست و تعهد می‌نمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیه حقوق این اثر مطابق با آیین نامه مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی: ساره وفاخواه

تاریخ و امضاء:

به نام خدا

جذب یون فلز مس توسط چوب ذرت و ساقه ذرت

به کوشش

ساره وفاخواه

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه شیراز به عنوان بخشی از فعالیت‌های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی

مهندسی مواد

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی کمیته پایان نامه، با درجه‌ی: عالی

دکتر محمد ابراهیم بحرالعلوم، استاد بخش مهندسی مواد(رئیس کمیته) .....

دکتر محمد حسین شریعت، استاد بخش مهندسی مواد .....

دکتر رضا بازرگان لاری، استادیار بخش مهندسی مواد دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت.....

اسفند ۱۳۹۱

تقدیم به

پدر و مادر مهربانم به پاس محبت های بی دریغشان

و

همسر عزیزم به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودش

سپاسگزاری

اکنون که به یاری خداوند متعال این پایان نامه به اتمام رسیده، وظیفه‌ی خود می‌دانم که از تمام کسانی که در این راه مرا یاری رسانده‌ام تشکر کنم. از مادر و پدر عزیزم که با حمایت‌های همه جانبه محیطی فراهم نمودند تا مراتب تحصیلی را به پایان برسانم کمال تشکر را دارم. از همسر مهربان و عزیزم که در همه حال پشتیبان و مایه دلگرمی من بوده است سپاسگزارم. از استاد راهنمای گران‌قدرم جناب آقای دکتر محمد ابراهیم بحرالعلوم که در طول انجام پایان نامه از توصیه‌ها و راهنمایی‌های بسیار ارزنده‌شان استفاده بردم بسیار سپاسگزارم. از اساتید راهنما آقای دکتر محمد حسین شریعت و آقای دکتر رضا بازرگان لاری که در طول این راه یاری رسان و از لحاظ علمی پشتیبان من بوده‌اند کمال تشکر را دارم. از جناب آقای دکتر محمد علی زارع مسئول محترم آزمایشگاه جذب دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت و دیگر مسئولان آزمایشگاه بخش مهندسی مواد دانشگاه شیراز تشکر می‌کنم.

چکیده

جذب یون فلز مس توسط چوب ذرت و ساقه ذرت

به کوشش

ساره وفاخواه

در این تحقیق سعی شده است تا با استفاده از جاذب‌های بیولوژیکی گیاهی چوب ذرت و ساقه ذرت یون فلزی مس را از محلول شبه پساب‌های صنعتی خارج نمود. علاوه بر بررسی بازده جذب یون مس توسط جاذب‌ها در حالت طبیعی، ساقه ذرت اصلاح شده توسط اسید نیتریک نیز مورد بررسی قرار گرفت. جذب یون مس توسط روش‌های جذب تعادلی لانگمویر و فرندلیچ نیز مورد مطالعه قرار گرفت. طبق نتایج به دست آمده، میزان جذب یون مس توسط چوب ذرت در حالت طبیعی بیشتر از ساقه ذرت اصلاح نشده بود، اما در نتیجه‌ی اصلاحات انجام گرفته میزان بازده ساقه ذرت به مراتب افزایش یافت. هم چنین تأثیر پارامترهای مختلف نظیر pH و اندازه‌ی ذرات جاذب و زمان تماس جاذب و یون فلزی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بیشینه‌ی ظرفیت جذب را در pH های بالاتر و اندازه‌ی دانه‌ی کوچک‌تر نشان داد.

فهرست مطالب

۱- مقدمه ۲

۱-۱-بررسی خصوصیات فیزیکی اجزاء گیاه ذرت..... ۲

۱-۱-۱- میزان رطوبت..... ۶

۱-۱-۲-توزیع اندازه ذرات..... ۷

۱-۱-۳-دانسیته حجمی..... ۷

۱-۱-۴-تخلخل..... ۸

۱-۲-جذب بیولوژیکی: استراتژی کاربردی..... ۱۳

۱-۲-۱-لزوم توجه به جذب بیولوژیکی..... ۱۳

۱-۲-۲-امکان اجرای فعالیت‌های اقتصادی جذب بیولوژیکی..... ۱۵

۲- پیشینه‌ی تحقیق ۲۱

۲-۱-جذب..... ۲۱

۲-۱-۱-جاذب‌های تجاری..... ۲۲

۲-۱-۱-۱-ژل سیلیکا..... ۲۲

۲-۱-۱-۲-آلومینای فعال شده..... ۲۳

۲-۱-۱-۳-زئولیت..... ۲۳

۲-۱-۱-۴-کربن فعال شده..... ۲۳

۲-۱-۲-جاذب‌های ارزان قیمت جایگزین ۲۴
۲-۱-۳-گروه های کارکردی موثر در جذب بیولوژیکی ۲۶
۲-۱-۳-۱-ضایعات کشاورزی به عنوان جاذب‌های ارزان قیمت جایگزین..... ۳۰
۲-۱-۳-۲-خواص شیمیایی مواد دورریز کشاورزی ۳۱
۲-۱-۳-۳-اصلاحات شیمیایی انجام شده بر دور ریز های کشاورزی ۳۴
۳-مواد و روش‌های به کار رفته در تحقیق ۵۱
۳-۱-لوازم و تجهیزات ۵۱
۳-۱-۱-pH متر..... ۵۱
۳-۱-۲-هم زن مغناطیسی ۵۱
۳-۱-۳-دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی ۵۲
۳-۱-۴-دستگاه جذب اتمی(AA) ۵۲
۳-۲-مواد مورد استفاده ۵۵
۳-۲-۱-محلول شامل فلزات سنگین..... ۵۵
۳-۲-۲-بافرها ۶۱
۳-۲-۳-تنظیم pH نمونه ها..... ۶۱
۳-۲-۴-محلول اسید نیتریک به عنوان ماده‌ی اصلاحی اکسید کننده..... ۶۱
۳-۲-۵-مواد جاذب..... ۶۲
۳-۲-۵-۱-روش آماده سازی چوب ذرت ۶۲
۳-۲-۵-۲-روش آماده سازی ساقه ذرت ۶۲
۳-۳-روش انجام محاسبات ۶۴
۳-۳-۱-آزمایشات جذب تعادل هم دما ۶۴

۳-۳-۱-۱-مدل لانگمویر ۶۵
۳-۳-۱-۲-مدل فرندلیچ ۶۶
۳-۳-۲-مقایسه‌ی عملکرد جاذب‌ها ۶۷
۳-۳-۳-محاسبه‌ی pH در نقطه‌ی با بار صفر به روش رانش اسیدیته ۷۰
۴-نتایج تحقیق و بحث در نتایج تحقیق ۷۲
۴-۱-نتایج حاصل از تست میکروسکوپ الکترونی روبشی(SEM) ۷۲
۴-۲-محاسبه‌ی pH در نقطه‌ی با بار صفر(pH_{pzc}) ۷۵
۴-۳-نتایج آزمایشات جذب ۷۷
۴-۳-۱-نتایج آزمایشات جذب یون مس توسط چوب ذرت ۷۷
۴-۳-۱-۱-تأثیر پارامتر pH محلول بر بازده جذب یون مس توسط چوب ذرت... ۸۶
۴-۳-۱-۲-تأثیر اندازه ذرات جاذب بر بازده جذب یون مس توسط چوب ذرت ... ۸۷
۴-۳-۱-۳-تأثیر مدت زمان تماس جاذب و ماده‌ی جذب شونده بر بازده جذب یون مس توسط چوب ذرت ۸۷
۴-۳-۲-نتایج آزمایشات جذب یون مس توسط ساقه‌ی ذرت ۸۸
۵- نتیجه گیری و پیشنهادها ۱۰۰
۵-۱- نتیجه گیری ۱۰۰
۵-۲- پیشنهادها ۱۰۱
۶- فهرست منابع ۱۰۳

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱ تولید جهانی ذرت ۳
جدول ۱-۳ توزیع اندازه ذرات در باقی مانده های ذرت ۹
جدول ۱-۲ میزان رطوبت ، میانگین اندازه ذرات ، دانسیته حجمی و میزان تخلخل باقی مانده های ذرت ۹
جدول ۲-۱- حد مجاز و تهدیدات سلامتی بعضی از فلزات سنگین..... ۲۵
جدول ۲-۲- لیگاندهای حاضر در سیستم‌های بیولوژیکی و سه گروه فلزات..... ۲۷
جدول ۲-۳-معرفی گروه های موثر و تقسیمات ترکیبات اورگانیکی در مواد بیولوژیکی ۲۹
جدول ۲-۴ -خلاصه ای از ضایعات گیاهی مورد استفاده به عنوان جاذب فلزات سنگین محلول در آب ۳۵
جدول ۲-۵- ترکیب شیمیایی چوب ذرت..... ۴۱
جدول ۲-۶- برخی از خصوصیات ساقه ذرت ۴۱
جدول ۲-۷-مقادیر مکان‌های فعال و pH مربوط به چوب ذرت طبیعی و اکسید شده ۴۶
جدول ۳-۱ مدت زمان جذب در غلظت ۳ میلی مول بر لیتر و اندازه ذرات جاذب ۰/۷۴ میلی متر و pHبرابر ۴/۵..... ۵۶
جدول ۳-۲- مدت زمان جذب در غلظت ۳ میلی مول بر لیتر و اندازه ذرات جاذب ۰/۷۴ میلی متر..... ۵۷
جدول ۳-۳- مدت زمان جذب در غلظت ۶ میلی مول بر لیتر و اندازه ذرات جاذب ۰/۷۴ میلی متر..... ۵۷
جدول ۳-۴- مدت زمان جذب در غلظت ۶ میلی مول بر لیتر و اندازه ذرات جاذب ۰/۲۱۱ میلی متر..... ۵۸

جدول ۳-۵- نمونه های به کار رفته در اندازه و pH مختلف در زمان ۱۲۰ دقیقه..... ۵۸
جدول ۳-۶- مقادیر متفاوت از جاذب در زمان ۱۰ دقیقه و غلظت ۳ میلی مولار و۴/۵ =pH. ۵۹
جدول ۳-۷- مدت زمان جذب در غلظت ۳ میلی مول بر لیتر و pH=۴/۵..... ۵۹
جدول ۳-۸- مدت زمان جذب در غلظت ۶ میلی مول بر لیتر و pH=۴/۵..... ۶۰
جدول ۳-۹- نمونه های تهیه شده با غلظت ۵ میلی مولار و pH=۴/۵ در زمان تعادل و مقدار جاذب ۱۲ گرم بر لیتر..... ۶۰
جدول ۴-۱-مقادیر سینتیک جذب چوب ذرت برای یون مس..... ۷۸
جدول ۴-۲-مقادیر سینتیک جذب چوب ذرت برای یون مس..... ۷۹
جدول ۴-۳-مقادیر سینتیک جذب چوب ذرت برای یون مس در زمان ۱۲۰ دقیقه..... ۷۹
جدول ۴-۴-مقادیر C_e و q_e چوب ذرت برای نمونه های ۱۲۰ دقیقه ای یون مس در اندازه ی دانه ی ۰/۷۴ میلی متر..... ۸۱
جدول ۴-۵- مقادیر C_e و q_e چوب ذرت برای نمونه های ۱۲۰ دقیقه ای یون مس در اندازه ی دانه ی ۰/۲۱۱ میلی متر..... ۸۱
جدول ۴-۶-ثوابت لانگمویر برای جذب یون مس توسط دانه های چوب ذرت..... ۸۱
جدول ۴-۷- ثوابت فرندلیچ برای جذب یون مس توسط چوب ذرت..... ۸۶
جدول ۴-۸- مقدار سینیتیک جذب یون مس توسط ساقه ذرت به منظور بهینه سازی مقدارگرم جاذب. ۸۹
جدول ۴-۹- مقدار سینتیک جذب یون مس توسط ساقه ذرت در زمان های مختلف و غلظت های ۳ و ۶ میلی مولار..... ۹۰
جدول ۴-۱۰- مقدار سینتیک جذب یون مس توسط ساقه ذرت در غلظت ۵ میلی مولار و زمان ۱۲۰ دقیقه..... ۹۰
جدول ۴-۱۱- داده های لازم برای رسم مدل لانگمویر و فرندلیچ مربوط به ساقه ذرت طبیعی دراسیدیته ی ۴/۵ و اندازه ذرات جاذب ۰/۲۱۱ میلی متر..... ۹۱
جدول ۴-۱۲- داده های لازم برای رسم مدل لانگمویر و فرندلیچ مربوط به ساقه ذرت اصلاح شده دراسیدیته ی ۴/۵ و اندازه ذرات جاذب ۰/۲۱۱ میلی متر..... ۹۱

جدول ۴-۱۳-ثوابت لانگمویر برای جذب یون مس توسط دانه های ساقه ذرت طبیعی ۹۲
جدول ۴-۱۴-ثوابت فرندلیچ برای جذب یون مس توسط دانه های ساقه ذرت طبیعی..... ۹۳
جدول ۴-۱۵- ثوابت لانگمویر برای جذب یون مس توسط دانه های ساقه ذرت اصلاح شده. ۹۵
جدول ۴-۱۶- ثوابت فرندلیچ برای جذب یون مس توسط دانه های ساقه ذرت اصلاح شده. ۹۵

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱ جمعیت جهان و تولید ذرت در طی دوره معین. ۳

شکل ۱-۲ مصرف سرانه ذرت در ده کشور برجسته ۴

شکل ۱-۳ واردات ذرت به ده کشور برجسته ۴

شکل ۱-۴ صادرات ذرت از ده کشور برجسته ۵

شکل ۱-۵-توزیع اندازه ذرات در باقی مانده های ذرت ۱۰

شکل ۱-۶ عکس SEM اجزاء ذرت(نوار مقیاس برابر با ۱ میلی متر است) a)چوب ذرتb)ساقه ذرت ۱۱

شکل ۱-۷ رابطه‌ی بین تخلخل و میانگین اندازه ذرات اجزاء ذرت ۱۲

شکل ۱-۸ فعالیت‌های اقتصادی با منشأ جذب بیولوژیکی که می‌توانند قسمتی از فعالیت‌های برون مرزی را پوشش دهند ۱۸

شکل ۱-۹ پتانسیل متقاضی‌های موجود. ۱۹

شکل ۲-۱- ساختار سلولز.انهیدروکلوکز به عنوان منومر سلولز ۳۱

شکل ۲-۲-تصویر شماتیک زایلان ها :a) چوب سخت. b) چوب نرم ۳۳

شکل ۲-۳- تصویر شماتیک اجزاء سازنده‌ی لیگنین. ۳۴

شکل ۲-۴- طیف FTIR چوب ذرت طبیعی ۴۳

شکل ۲-۵- طیف FTIR ساقه ذرت خام ۴۴

شکل ۳-۱- دستگاه همزن مغناطیسی مورد استفاده در تحقیق. ۵۲

شکل ۳-۲- دستگاه جذب اتمی مدل A800 مورد استفاده در این تحقیق. ۵۴

شکل ۳-۳- تاثیر pH بر میزان جذب یون فلزی بر اساس غلظت نهایی فلز ۶۷

شکل ۳-۴- تصویر نشان دهنده ی بهتر بودن جاذب A نسبت به B در غلظت های پایین..

..... ۶۸

شکل ۳-۵- تصویر نشان دهنده ی بهتر بودن جاذب B نسبت به A در غلظت های بالاتر.۶۹

شکل ۴-۱-تصویر SEMچوب ذرت قبل از فرآیند جذب با بزرگنمایی ۵۰۰..... ۷۳

شکل ۴-۲- تصویر SEMچوب ذرت بعد از فرآیند جذب با بزرگنمایی ۵۰۰..... ۷۳

شکل ۴-۳- تصویر SEM ساقه ذرت قبل از فرآیند جذب با بزرگنمایی ۵۰۰..... ۷۴

شکل ۴-۴- تصویر SEM ساقه ذرت بعد از فرآیند جذب با بزرگنمایی۵۰۰ ..... ۷۴

شکل ۴-۵-آزمایش تعلیق برای محاسبه ی pH_{pzc} به دست امده از روش رانش اسیدیته. ۷۷

شکل ۴-۶-مدل لانگمویر هم دما برای جذب یون مس توسط دانه های چوب ذرت با اندازه ی ۰/۷۴ میلی متر و اسیدیته ی ۴/۵..... ۸۲

شکل ۴-۷- مدل لانگمویر هم دما برای جذب یون مس توسط دانه های چوب ذرت با اندازه ی ۰/۷۴ میلی متر و اسیدیته ی ۲/۶..... ۸۲

شکل ۴-۸- مدل لانگمویر هم دما برای جذب یون مس توسط دانه های چوب ذرت با اندازه ی ۰/۲۱۱ میلی متر و اسیدیته ی ۴/۵..... ۸۳

شکل ۴-۹- - مدل لانگمویر هم دما برای جذب یون مس توسط دانه های چوب ذرت با اندازه ی ۰/۲۱۱ میلی متر و اسیدیته ی ۲/۶..... ۸۳

شکل ۴-۱۰-مدل فرندلیچ هم دما برای جذب یون مس توسط دانه های چوب ذرت در اندازه ی ۰/۷۴ و اسیدیته ی ۴/۵..... ۸۴

شکل ۴-۱۱- مدل فرندلیچ هم دما برای جذب یون مس توسط دانه های چوب ذرت در اندازه ی ۰/۷۴ و اسیدیته ی ۲/۶..... ۸۴

شکل ۴-۱۲- مدل فرندلیچ هم دما برای جذب یون مس توسط دانه های چوب ذرت در اندازه ی ۰/۲۱۱ و اسیدیته ی۴/۵..... ۸۵

شکل ۴-۱۳- مدل فرندلیچ هم دما برای جذب یون مس توسط دانه های چوب ذرت در اندازه ی ۰/۲۱۱ و اسیدیته ی۲/۶..... ۸۵

شکل ۴-۱۴- تاثیر زمان تماس و میزان گرم جاذب بر میزان جذب یون مس توسط چوب ذرت با غلظت اولیه ۳ میلی مولار، اسیدیته ی ۴/۵ و اندازه ذرات ۰/۷۴ میلی متر..... ۸۸

شکل ۴-۱۵- مقایسه ی میزان سینیتیک جذب یون مس توسط ساقه ذرت در جرم های

متفاوت از جاذب. ۸۹
شکل ۴-۱۶- مدل لانگمویر هم دما برای جذب یون مس توسط دانه های ساقه ذرت طبیعی با اندازه ی ۰/۲۱۱ میلی متر و اسیدیته ی ۴/۵. ..... ۹۲
شکل ۴-۱۷- مدل فرندلیچ هم دما برای جذب یون مس توسط دانه های ساقه ذرت طبیعی با اندازه ی ۰/۲۱۱ میلی متر و اسیدیته ی ۴/۵..... ۹۳
شکل ۴-۱۸- مدل لانگمویر هم دما برای جذب یون مس توسط دانه های ساقه ذرت اصلاح شده با اندازه دانه ۰/۲۱۱ میلی متر و اسیدیته ی ۴/۵. ..... ۹۴
شکل ۴-۱۹- - مدل فرندلیچ هم دما برای جذب یون مس توسط دانه های ساقه ذرت اصلاح شده با اندازه دانه ی۰/۲۱۱ میلی متر و اسیدیته ی ۴/۵..... ۹۵

فصل اول

۱- مقدمه

۱-۱-بررسی خصوصیات فیزیکی اجزاء گیاه ذرت

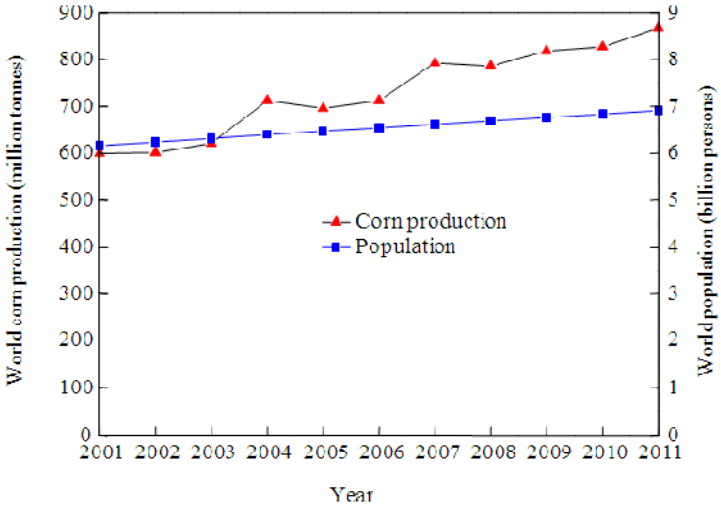
ذرت یکی از مهم‌ترین منابع غذایی مردم افریقا، آسیا و آمریکای لاتین به شمار می‌رود و هم چنین در تغذیه حیوانات در آمریکای شمالی و دیگر نقاط جهان استفاده می‌شود. ذرت به عنوان غذای انسان‌ها به صورت‌های نان ذرت مکزیکی، حریره، پاپکورن و بلال و در حیوانات به صورت علوفه و سیلاژ[1] مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱]. این محصول همچنین یک منبع مناسب برای صنایع تولید نشاسته، ویتامین، فیبر، روغن و اتانول محسوب می‌شود [۲] .

همان طور که درشکل ۱-۱ مشاهده می‌شود، تولید جهانی ذرت مابین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱ از ۵۹۹/۳۵ میلیون تن به ۸۶۷/۵۲ میلیون تن (۴۴/۷۴٪) افزایش یافته است، که این میزان حتی از افزایش۱۲/۳۴درصدی رشد جمعیت در طی سال‌های مشابه بیشتر بوده است. مقدار محاسبه شده‌ی تولید ذرت در سال ۲۰۱۱ به ۱۹۹/۵۳ بیلیون دلار آمریکا می‌رسد.

تولید ذرت در کشورهای مهم تولید کننده در جدول ۱-۱ مشاهده می شود. در شکل ۱-۲ ، شکل ۱-۳ و شکل ۱-۴ نیز مقادیر مصرف سرانه، واردات و صادرات ذرت در ۱۰ کشور مهم نشان داده شده است [۱] .

[1] Silage

چوب و ساقه و برگ جزء مهم‌ترین باقیمانده های حاصله از تولید و مصرف ذرت هستند. به ازای هر ۱کیلوگرم دانه ذرت خشک تولید شده، در حدود ۰/۱۵کیلوگرم چوب، ۰/۲۲ کیلوگرم برگ و ۰/۵۰کیلوگرم ساقه به دست می‌آید [۳] . در نتیجه در سال ۲۰۱۱ در حدود ۱۹۰/۸۵، ۱۱۳/۳۰ و ۴۳۳/۷۶ میلیون تن چوب، برگ و ساقه تولید شده است[۱] .

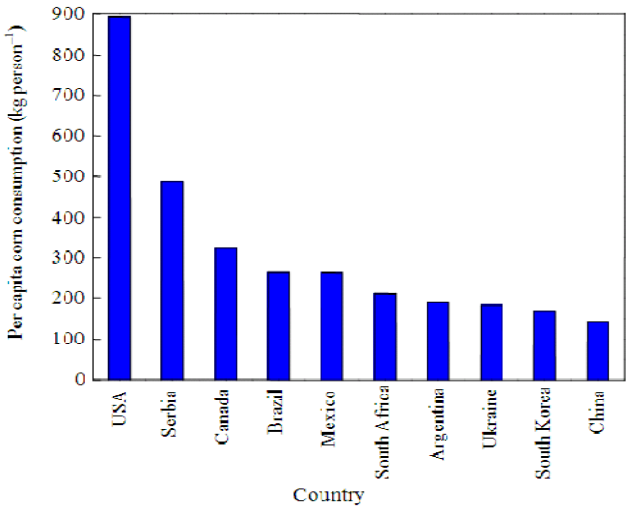


شکل ۱-۱ جمعیت جهان و تولید ذرت در طی دوره معین[۱].

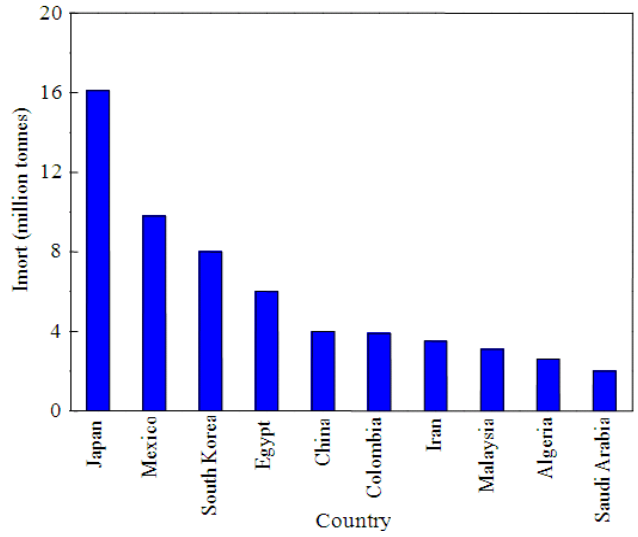
جدول ۱-۱ تولید جهانی ذرت [۱].

Country	Corn production			
	Weight (million tonnes)	Percentage (%)[a]	Yield (tonnes ha^{-1})	Per capita (tonnes $person^{-1}$)
United States	313.92	36.19	9.24	1.003
China	191.75	22.10	5.74	0.142
Brazil	62.00	7.15	4.05	0.315
Ukraine	22.50	2.59	6.43	0.498
Argentina	22.00	2.54	6.11	0.540
India	21.50	2.48	2.47	0.017
Mexico	20.50	2.36	3.08	0.179
South Africa	12.00	1.38	3.75	0.238
Canada	10.70	1.23	8.92	0.312
Nigeria	8.70	1.00	1.78	0.054
Indonesia	8.10	0.94	2.57	0.033
Philippines	7.14	0.82	2.67	0.075
Russia	6.68	0.77	3.83	0.047
Serbia	6.27	0.72	4.97	0.636
Viet Nam	5.40	0.62	4.32	0.061
Ethiopia	4.40	0.51	2.20	0.052
Thailand	4.15	0.48	4.15	0.060
Malawi	3.90	0.45	2.23	0.254
Egypt	3.80	0.44	7.31	0.046
Turkey	3.60	0.42	8.00	0.049
EU-27	64.52	7.44	7.35	0.129
OtherS	63.99	7.38	–	–

[a] Percentage of world production.



شکل ۱-۲ مصرف سرانه ذرت در ده کشور برجسته [۱].



شکل ۱-۳ واردات ذرت به ده کشور برجسته [۱].