



引用格式:赵大洲. 运用紫外分光光度法测定枣肉、枣核的铁元素含量[J]. 轻工学报,2019, 34(6):9-14.

中图分类号:TS201.2 文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.2096-1553.2019.06.002

文章编号:2096-1553(2019)06-0009-06

# 运用紫外分光光度法测定枣肉、枣核的铁元素含量

## Determination of iron content in jujube flesh and jujube core by ultraviolet spectrophotometry

赵大洲

ZHAO Dazhou

### 关键词:

枣肉;枣核;酸消解;  
紫外分光光度法;铁  
元素含量

陕西学前师范学院 化学化工学院,陕西 西安 710100

*School of Chemistry & Chemical Engineering, Shaanxi Xueqian Normal University, Xi'an 710100, China*

### Key words:

jujube flesh;  
jujube core;  
acid digestion; ultraviolet spectrophotometry;  
iron content

**摘要:**通过酸消解法分别对新疆和田枣、新疆若羌灰枣、陕西清涧狗头枣、山西黄河滩枣的枣肉和枣核进行处理,亦对其进行枣肉和枣核吸光度值的测定,进而计算得出这4种红枣枣肉和枣核中的铁元素含量.结果表明:枣肉中铁元素含量由高到低为山西黄河滩枣>陕西清涧狗头枣>新疆若羌灰枣>新疆和田枣;枣核中含有少量的铁,铁元素含量由高到低为山西黄河滩枣>陕西清涧狗头枣>新疆和田枣>新疆若羌灰枣.

收稿日期:2018-10-18;修回日期:2019-01-03

基金项目:国家自然科学基金项目(50573030);陕西学前师范学院“基础化学实验”教学团队项目;农业部富硒重点实验室开放课题(Se-2018B04);陕西学前师范学院教学改革研究项目(18JG029Z)

作者简介:赵大洲(1985—),男,山西省朔州市人,陕西学前师范学院副教授,博士,主要研究方向为功能无机化合物的合成与应用.

**Abstract:** The jujube flesh and the jujube core of Xinjiang Hetian jujube, Xinjiang Ruoqiang grey jujube, Shaanxi Qingjian Goutou jujube and Shanxi Yellow River beach jujube were treated by acid digestion. The absorption of jujube flesh and jujube core was measured, and the iron content of jujube flesh and jujube core was calculated. The results showed that the iron content in jujube flesh was from high to low for Shanxi Yellow river beach jujube > Shaanxi Qingjian dogtou jujube > Xinjiang Ruoqiang grey jujube > Xinjiang Hetian jujube; the iron content in jujube cores was from high to low for Shanxi Yellow river beach jujube > Shaanxi Qingjian dogtou jujube > Xinjiang Hetian jujube > Xinjiang Ruoqiang grey jujube, which determined that the jujube cores contained a small amount of iron.

## 0 引言

铁元素是人体合成血红蛋白必不可少的原料,是人体中重要的微量元素之一,人体内含铁元素总量为 $3 \sim 5 \text{ g}^{[1-3]}$ 。在人体中,存在着千千万万个输送着人体赖以生存的 $\text{O}_2$ 的红细胞,铁存在于这些红细胞中,作为 $\text{O}_2$ 的运输载体,把 $\text{O}_2$ 供给各个组织,使其能进行正常的运作。铁还可参与体内能量代谢,也可以作为多种酶的活性中心。人体如果缺铁,容易导致代谢紊乱,出现缺铁症或缺铁性贫血<sup>[4-5]</sup>。若人体内铁过量,则可能出现肿瘤,对人体健康造成潜在性危害<sup>[6]</sup>。所以,人体应当补充适量的铁元素以保证肌体的健康。

在日常生活中,人体补充铁的方式有很多,可以通过服用保健产品来补充铁,但在大多数情况下,主要是通过饮食摄取铁元素<sup>[7-10]</sup>。猪肉、牛肉、鸡肉、鱼、虾等肉类,菠菜、油菜、生菜等蔬菜类,葡萄、红枣、桃子、李子等水果类都含有极其丰富的微量铁元素。红枣又名中华大枣、大枣、华枣,是鼠李科枣属植物枣树的果实<sup>[11-15]</sup>。红枣之所以被冠以“铁杆庄稼”的称号,是因为红枣中的铁元素含量极为丰富,常吃红枣既可以预防贫血,还可以治疗消化不良<sup>[16]</sup>。目前,在红枣的相关研究领域中,大多数文献都集中在对红枣枣肉中的总黄酮含量、环磷酸腺苷(CAMP)测定等方面进行研究,仅有少部分文献涉及红枣不同部位中元素含量的测定,而对红枣枣肉中铁元素含量的测定也是作

为辅助内容来研究,对枣核中铁元素含量的测定更是鲜见报道。

鉴于此,本文拟选用新疆和田枣、新疆若羌灰枣、陕西清涧狗头枣和山西黄河滩枣为实验材料,采用酸消解法处理红枣样品,通过对枣肉和枣核进行吸光度的测定,计算4种红枣枣肉和枣核中的铁元素含量,以期在市场上补铁型产品的类型多样化提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 主要原料、试剂与仪器

主要原料:红枣(新疆和田枣、新疆若羌灰枣、陕西清涧狗头枣、山西黄河滩枣),购于沃尔玛超市。

主要试剂:浓 $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,无水乙醇,浓 $\text{HNO}_3$ ,天津市红岩化学试剂厂产;1,10-菲啰啉,氯化羟胺,国药集团有限公司产;乙酸钠,NaOH,北京化工厂产。以上试剂均为分析纯且未做进一步纯化处理。铁标准溶液( $100 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ),二次蒸馏水,陕西学前师范学院自制。

主要仪器:UV-8000S型紫外可见分光光度计,南昌捷岛科学仪器有限公司产;BPG-9000AH烘箱,上海和呈仪器制造有限公司产;WFJ-(15/20)型粉碎机,江阴市永昌机械有限公司产;BSA224S-CW型电子天平,深圳市林涛仪器有限公司产;SK2R型管式电炉,上海卓的仪器设备有限公司产。

### 1.2 样品处理方法

选取若干个新疆和田枣、新疆若羌灰枣、陕

西清涧狗头枣、山西黄河滩枣,分别进行枣肉和枣核的分离(枣核浸泡后,用刷子反复刷洗,直至枣核上无枣肉残留);然后将它们置于 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右的烘箱中 $5\text{ h}$ ,烘干后取出降至室温;枣肉用研钵研碎成粉末,枣核用粉碎机粉碎成粉末,将所得枣肉粉末、枣核粉末分别装袋备用。

枣肉待测样液的制备:分别准确称取 $2.0\text{ g}$ 上述枣肉粉末样品,将其置于4个已清洗干净并烘干的 $250\text{ mL}$ 锥形瓶中,再分别加入 $30\text{ mL}$ 的浓 $\text{HNO}_3$ 和 $5\text{ mL}$ 的浓 $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,静置 $15\text{ h}$ 后,溶液颜色变为透亮的橙黄色,然后将4个锥形瓶分别放置在有通风橱的实验台上用电炉加热.加热过程中有大量橙红色的烟冒出,待加热至沸腾,溶液颜色由橙黄色变为棕红色,将其放在通风橱口自然冷却.冷却后若溶液颜色没有变为清亮的浅黄色,继续向锥形瓶中滴入 $1\sim 2\text{ mL}$ 的浓 $\text{HNO}_3$ ,再将其继续置于电炉上加热煮沸.重复以上的实验操作,直至加入浓 $\text{HNO}_3$ 后溶液不再变为棕红色.继续加热煮至橙红色的烟变为淡黄色的烟并不再改变时,此时4个锥形瓶内的溶液均呈浅黄色.用新配制的 $6\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaOH}$ 溶液调节4个锥形瓶内的枣肉消解液的 $\text{pH}$ 值至 $4\sim 6$ 后,将所得溶液分别移入4个 $100\text{ mL}$ 的容量瓶中,加入蒸馏水定容至刻度线后摇匀,得枣肉待测样液。

枣核待测样液的制备:除称取枣核粉末样品质量为 $1.50\text{ g}$ 外,其他实验操作同枣肉待测样液的制备。

### 1.3 实验方法

**1.3.1 最大吸收波长的测定** 用移液管准确吸取 $0\text{ mL}$ , $1\text{ mL}$ , $3\text{ mL}$ , $5\text{ mL}$ , $7\text{ mL}$ , $9\text{ mL}$ 的 $100\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 铁标准溶液,分别移入编号为 $1^{\#}$ — $6^{\#}$ 的6个规格为 $50\text{ mL}$ 的容量瓶中,然后再向各个容量瓶中按顺序依次加入 $1\text{ mL}$ 质量分数为 $10\%$ 的氯化羟胺溶液, $6\text{ mL}$  $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的乙酸钠缓冲溶液和 $3\text{ mL}$ 质量分数为 $0.10\%$

的 $1,10\text{-}$ 菲罗啉溶液,而后将容量瓶中的溶液用蒸馏水稀释至刻度线定容,摇匀,并于阴凉处静置 $15\text{ min}$ ,待用。

将编号为 $2^{\#}$ — $6^{\#}$ 的溶液依次分别移入同为 $10\text{ mm}$ 的玻璃比色皿中,将其放入紫外可见分光光度计中作为待测样品溶液,以编号为 $1^{\#}$ 的空白试剂溶液(不含铁标准溶液)为参比溶液,以测定波长为横坐标,吸光度值为纵坐标,设定波长范围为 $150\sim 550\text{ nm}$ ,然后依次分别测量编号为 $2^{\#}$ — $6^{\#}$ 溶液的吸光度值,绘制吸收曲线,以确定待测液的最大吸收波长。

需要注意的是,为减少实验误差,排除干扰,需要对测试系统进行空白校正实验:以空白试剂(编号为 $1^{\#}$ ,不加铁标准溶液)为参比溶液,以配制溶液的蒸馏水为待测溶液,设定波长范围为 $150\sim 550\text{ nm}$ ,进行水的吸光度值测定。

**1.3.2 显色剂用量的确定** 用移液管准确吸取体积同为 $3\text{ mL}$ 的 $100\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 铁标准溶液,分别移入7个规格同为 $50\text{ mL}$ 的容量瓶中,然后再分别向各个容量瓶中按顺序依次加入 $1\text{ mL}$ 质量分数为 $10\%$ 的氯化羟胺溶液, $6\text{ mL}$  $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的乙酸钠缓冲溶液,再将体积分别为 $0\text{ mL}$ , $1.0\text{ mL}$ , $1.5\text{ mL}$ , $2.0\text{ mL}$ , $2.5\text{ mL}$ , $3.0\text{ mL}$ , $4.0\text{ mL}$ ,质量分数为 $0.10\%$ 的 $1,10\text{-}$ 菲罗啉溶液按顺序加入上述7个容量瓶中,按照与上述同样的测量方法,以显色剂体积用量为横坐标,吸光度值为纵坐标,依次测定显色剂用量不同时溶液的吸光度值,并绘制吸收曲线,以确定显色剂 $1,10\text{-}$ 菲罗啉溶液的用量。

**1.3.3 缓冲溶液用量的确定** 用移液管准确吸取体积同为 $3\text{ mL}$ 的 $100\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 铁标准溶液,分别移入8个规格同为 $50\text{ mL}$ 的容量瓶中,然后分别再向8个容量瓶中按顺序依次加入 $1\text{ mL}$ 质量分数为 $10\%$ 的氯化羟胺溶液, $3\text{ mL}$ 质量分数为 $0.10\%$ 的 $1,10\text{-}$ 菲罗啉溶液,然后再向8个容量瓶中依次加入 $1\text{ mL}$ , $2\text{ mL}$ , $3\text{ mL}$ ,

4 mL, 5 mL, 6 mL, 7 mL, 8 mL  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的乙酸钠缓冲溶液, 按照与上述相同的操作方法测量其吸光度值, 以乙酸钠缓冲溶液的用量为横坐标, 吸光度值为纵坐标, 绘制吸收曲线, 从而确定缓冲溶液的用量。

**1.3.4 铁元素含量的测定** 用移液管准确吸取 5 mL 处理后的 4 种不同地区红枣枣肉和枣核的待测样品溶液, 分别移入同为 50 mL 的容量瓶中, 然后分别再向各个容量瓶中按顺序依次加入 1 mL 质量分数为 10% 的氯化羟胺溶液, 5 mL  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的乙酸钠缓冲溶液, 3 mL 质量分数为 0.10% 的 1,10-菲啰啉溶液, 而后将容量瓶中的溶液用蒸馏水稀释至刻度线定容, 摇匀, 于阴凉处静置 15 min。

将各种红枣待测液依次移入 10 mm 的玻璃比色皿中, 将其放入紫外可见分光光度计中作为待测样品溶液, 以空白试剂溶液 (不含铁标准溶液) 为参比溶液, 测定其铁元素的吸光度值, 然后由标准曲线计算出待测样中铁元素的含量。

## 2 结果与讨论

### 2.1 最大吸收波长的确定结果

图 1 为编号 2<sup>#</sup>—6<sup>#</sup> 溶液的吸光度曲线。由图 1 可以看出, 在波长为 350 ~ 510 nm 范围内, 溶液的吸光度值随着波长的增大而增大, 并在波长为 510 nm 处达到最大值; 当波长大于 510 nm 后, 吸光度值开始减少。因此, 后续实验的适宜测定波长为 510 nm。

### 2.2 显色剂用量的确定结果

图 2 为溶液吸光度值随显色剂用量的变化曲线。由图 2 可以看出, 当显色剂用量为 0 mL, 1.0 mL, 1.5 mL, 2.0 mL, 2.5 mL, 3.0 mL, 4.0 mL 时, 溶液吸光度值分别为 0.038 9, 0.497 7, 0.627 3, 0.731 6, 0.989 4, 1.236 2, 1.236 0, 吸光度值变化不大, 且较为稳定。综合

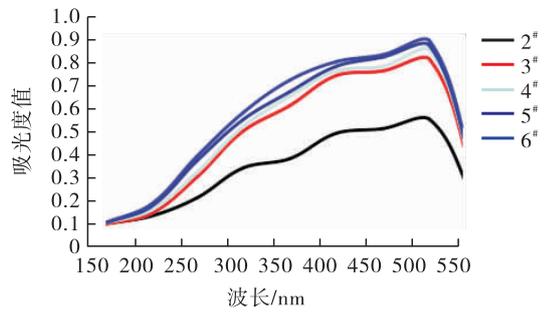


图 1 编号 2<sup>#</sup>—6<sup>#</sup> 溶液的吸光度曲线

Fig. 1 Absorption curves of solution No. 2<sup>#</sup> - 6<sup>#</sup>

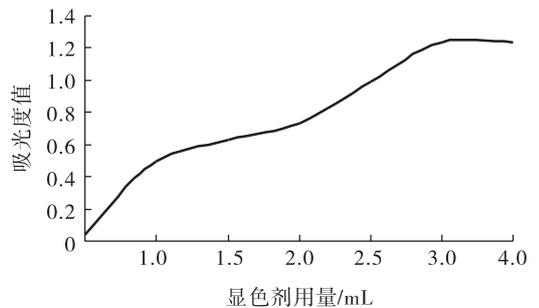


图 2 溶液吸光度值随显色剂用量的变化曲线  
Fig. 2 The curves of the absorption value of the solution with the dosage of the reagent

考虑, 显色剂 1,10-菲啰啉溶液的适宜用量为 3.0 mL。

### 2.3 缓冲溶液用量的确定结果

图 3 为溶液吸光度值随缓冲溶液用量的变化曲线。由图 3 可以看出, 随着缓冲溶液用量的增加, 溶液的吸光度值也一直在增大, 在 5 ~ 7 mL 的用量范围内, 吸光度值的变化较为稳定, 趋向于最大值。当缓冲溶液的用量为 1 mL, 2 mL, 3 mL, 4 mL, 5 mL, 6 mL, 7 mL, 8 mL 时, 溶液的吸光度值分别为 0.238 3, 0.517 4, 0.863 3, 0.901 9, 1.004 8, 1.267 7, 1.267 7, 1.267 6。因此, 乙酸钠缓冲溶液的适宜用量为 6 mL。

### 2.4 标准曲线的绘制

图 4 为编号为 2<sup>#</sup>—6<sup>#</sup> 溶液的吸光度标准曲线。由图 4 可以得出线性回归方程为  $y = 0.154x + 0.038$ ,  $R^2 = 0.9993$ 。这表明溶液中铁元素含量与吸光度值呈良好的线性关系, 实验

结果较准确。

## 2.5 不同地区红枣枣肉和枣核中铁元素含量的测定

通过线性回归方程  $y = 0.154x + 0.038$ , 计算出各枣肉和枣核待测样液中的铁元素含量, 结果见表 1。

通过公式  $w = 10 \cdot xv/m$  可以计算红枣样品中的铁元素含量, 其中,  $w$  为红枣样品中的铁元素含量/ $(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$ ,  $x$  为红枣待测样液中的铁元素含量/ $(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$ ,  $v$  为红枣待测样液总体积/mL,  $m$  为红枣样品质量/g。本实验中, 枣肉粉末质量  $m_1 = 2.0 \text{ g}$ , 枣核粉末质量  $m_2 = 1.50 \text{ g}$ , 检出限为  $0.002 \text{ mg/kg}$ , 计算结果见表 2。由表 2 可知, 枣肉中铁元素含量由高到低为: 山西黄河滩枣 > 陕西清涧狗头枣 > 新疆若羌灰枣 > 新疆和田枣; 枣核中铁含量由高到低为: 山

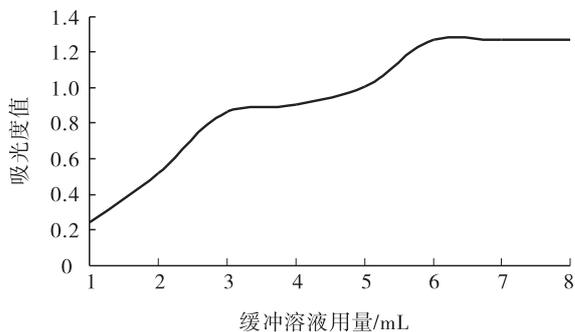


图 3 溶液吸光度值随缓冲溶液用量的变化曲线

Fig. 3 The curves of the absorption value of the solution with the dosage of the buffer solution

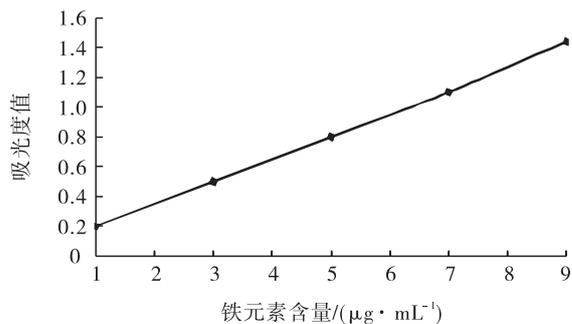


图 4 编号为 2<sup>#</sup>—6<sup>#</sup>溶液的吸光度标准曲线

Fig. 4 The standard curves of absorption value of solution No. 2<sup>#</sup> - 6<sup>#</sup>

西黄河滩枣 > 陕西清涧狗头枣 > 新疆和田枣 > 新疆若羌灰枣。

## 3 结论

本文采用酸消解法对新疆和田枣、新疆若羌灰枣、陕西清涧狗头枣和山西黄河滩枣的枣肉和枣核进行处理并进行吸光度测定, 从而计算出这 4 种红枣枣肉和枣核中的铁元素含量: 枣肉中铁元素含量由高到低为山西黄河滩枣 > 陕西清涧狗头枣 > 新疆若羌灰枣 > 新疆和田枣; 枣核中铁元素含量由高到低为山西黄河滩枣 > 陕西清涧狗头枣 > 新疆和田枣 > 新疆若羌

表 1 不同地区枣肉和枣核待测样液的吸光度值和铁元素含量

Table 1 Absorption value and iron content of sample solution for jujube flesh and core from different regions

待测样液	吸光度值	铁元素含量/ $(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$
新疆和田枣	枣肉	0.197 1
	枣核	0.079 4
新疆若羌灰枣	枣肉	0.218 2
	枣核	0.078 7
陕西清涧狗头枣	枣肉	0.248 5
	枣核	0.082 5
山西黄河滩枣	枣肉	0.252 0
	枣核	0.086 3

表 2 不同地区枣肉和枣核中铁元素含量

Table 2 The iron content of jujube flesh and core from different regions

待测样液	铁元素含量/ $(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	相对标准偏差/%
新疆和田枣	枣肉	23.442 7
	枣核	2.972 8
新疆若羌灰枣	枣肉	27.247 7
	枣核	2.816 6
陕西清涧狗头枣	枣肉	32.707 3
	枣核	3.732 8
山西黄河滩枣	枣肉	33.339 9
	枣核	4.640 7

灰枣。

该结论明确了枣核中含有少量的铁元素,将食品生产中弃用的枣核加工成补铁型产品,可使市场上补铁型产品的类型更加多样化。目前已着手相关研究,后期实验将以红枣枣肉和枣核为原料,在酵母菌的作用下,把原料中的糖分转化成乙醇进而制成红枣酒,并进一步发酵制成红枣醋。红枣酒和红枣醋不仅保留红枣中的大部分营养物质,而且,在发酵过程中产生的铁元素等可使红枣酒和红枣醋具有更高的营养价值。

#### 参考文献:

- [1] PAWLOWSKA A M, CAMANGI F, BADER A, et al. Flavonoids of *Zizyphus jujuba* L. and *Zizyphus spina-christi* (L.) Wild (Rhamnaceae) fruits[J]. Food Chemistry, 2009, 112(4): 858.
- [2] 张彬. 邻二氮菲法测定食品中铁元素含量研究[J]. 石家庄学院学报, 2016, 18(6): 15.
- [3] 何伟忠. 新疆骏枣中15种成分的营养质量分析[J]. 食品工业科技, 2017(22): 291.
- [4] QU C L, YU S C, LUO L, et al. Optimization of ultrasonic extraction of polysaccharides from *Zizyphus jujuba* Mill by response surface methodology[J]. Chemistry Central Journal, 2013, 7(1): 160.
- [5] 尚尔坤. 4种分光光度法测定铁含量的对比分析[J]. 食品工业, 2013(10): 223.
- [6] 刘聪. 红枣不同部位中有效成分含量的比较研究[J]. 现代食品科技, 2014(3): 258.
- [7] 李玉贤. 大枣多糖铁的合成及其铁含量测定[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(15): 9112.
- [8] GUO S, DUAN J, TANG Y, et al. Simultaneous qualitative and quantitative analysis of triterpenic acids, saponins and flavonoids in the leaves of two *Zizyphus* species by HPLC-PDA-MS/ELSD[J]. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 2011, 56(2): 264.
- [9] 郭婕. 分光光度法测定茶叶与红枣中铁的含量[J]. 周口师范学院学报, 2014(5): 104.
- [10] 武文. 分光光度法测定蔬菜中铁的含量[J]. 广东农业科学, 2011, 38(2): 169.
- [11] CHENG G, BAI Y Y, ZHAO Y Y, et al. Flavonoids from *Zizyphus jujuba* Mill var *spinosa* [J]. Tetrahedron, 2000, 56(45): 8915.
- [12] 杨永祥, 陈锦屏, 吴曼. 红枣营养保健价值及其加工利用的研究进展[J]. 农产品加工, 2009(1): 52.
- [13] 张琼, 王中堂, 单公华, 等. 枣化学成分研究进展[J]. 江西农业学报, 2013, 25(11): 25.
- [14] 李高燕. 4种大枣的营养成分分析[J]. 山东科学, 2017, 30(3): 33.
- [15] LI J W, FAN L P, DING S D, et al. Nutritional composition of five cultivars of Chinese jujube [J]. Food Chemistry, 2007, 103(2): 454.
- [16] 高锦红. 陕北红枣中微量元素含量测定及聚类分析[J]. 光谱实验室, 2013, 30(5): 2385.