

## 青藏高原中国沙棘果汁中 抗坏血酸稳定性的研究\*

杨海荣

(中国科学院西北高原生物研究所)

### 摘 要

本文对5个类型的中国沙棘 (*Hippophae rhamnoides* Linn. ssp. *chinensis* Rousi) 果汁, 在不同温度下贮存时, 抗坏血酸的稳定性进行了比较研究。发现贮存环境的温度是影响抗坏血酸稳定性的主要因素。普通沙棘、小果沙棘和橙红沙棘果汁在3°C或室温条件下存放时, 抗坏血酸的衰减曲线呈直线或近似直线, 表示抗坏血酸氧化损耗的速度在贮存过程中相对稳定。这个规律在沙棘产品生产具有重要的指导意义, 利用它可以预测任一贮存时间果汁中抗坏血酸的含量。

**关键词:** 中国沙棘; 青藏高原; 抗坏血酸; 抗坏血酸的稳定性

抗坏血酸和其他“维生素”类化合物一样, 在粗营养物质, 如蛋白质、碳水化合物和脂肪的正常新陈代谢过程中, 起着重要的催化作用, 是人体必需, 而又不能自身合成的一种重要营养素。目前, 对于抗坏血酸的生化效能, 虽然在某些方面仍有争议, 但对于一些疾病的防治功能和维持人体正常生理机能所起的不可替代的重要作用是没有异议的。沙棘果实含有比一般水果和蔬菜多得多的抗坏血酸, 因而愈来愈广泛地受到人们的重视。可以预期, 沙棘果实将以食品、饮料和药品的形式, 为人类提供足够量的抗坏血酸。

抗坏血酸在溶液状态时, 容易被氧化破坏。沙棘果实或果汁在贮藏和加工过程中抗坏血酸的稳定性, 是沙棘产品生产中最为引人关注的问题之一, 在很大程度上它将决定沙棘浆果开发利用的前途。因此, 从40年代以来, 许多学者对部分地区的沙棘浆果及其产品中抗坏血酸的稳定性进行过零星的观察, 如 Stefan Mrozewski 等 (1960) 曾注意到, 用巴氏灭菌法处理的沙棘果汁贮存半年后, 其中抗坏血酸损失12%, 而冻结浆果在同样的时间内仅损失7.7%。Luigi lipparini (1964) 将沙棘鲜果装入塑料袋, 在2°C下贮存3个月, 其抗坏血酸含量从595毫克%降到584毫克%; 压榨的果汁在2°C贮存

\* 1. “七·五”国家科技攻关项目。

2. 王生新、苏锡晓等同志参加部分样品采集, 谨此致谢。

本文1991年3月20日收到。

1年,抗坏血酸仅损失15%。但对于沙棘果实或果汁在贮藏期间抗坏血酸含量的变化过程,却未见涉及。事实上沙棘果汁中抗坏血酸在贮存过程中的动态变化规律研究,在沙棘产品生产中具有更加重要的指导意义,同时也有一定的学术意义。

苏联和欧洲其他国家数十年来所研究的沙棘,根据沙棘属植物的地理分布状况和有关资料来判断,主要是沙棘(*Hippophae rhamnoides* L.)种下的中亚沙棘亚种(*H. rhamnoides* Linn. ssp. *turkestanica* Rousi)和蒙古沙棘亚种(*H. rhamnoides* Linn. ssp. *mongolica* Rousi)以及这两个亚种下的各种天然生态类型和人工培育的各种沙棘品种。中国沙棘亚种(*H. rhamnoides* Linn. ssp. *sinensis* Rousi)其果实的化学组成与中亚沙棘和蒙古沙棘果实差异很大。因此,中国沙棘果汁中的抗坏血酸及其化学行为,具有它自身的规律性,本研究的目的是探索这种规律性,为生产服务,为人类造福。

## 一、材料与方 法

中国沙棘是青藏高原分布最广,资源最丰富的一种沙棘属植物,本研究以中国沙棘为对象。我国部分地区中国沙棘果汁中抗坏血酸含量比较如表1。

表1 我国部分地区中国沙棘果汁中抗坏血酸含量比较

Table 1 The comparison of contents of ascorbic acid in fruit juice of *H. rhamnoides* Linn. ssp. *sinensis* Rousi in partial regions of China

| 采样地点<br>Localities of<br>specimens               | 青海大通<br>Datong,<br>Qinghai | 甘肃陇西<br>Longxi,<br>Gansu | 辽宁建平<br>Jianping,<br>Liaoning | 宁夏六盘山<br>Liupan<br>Mountain,<br>Ningxia | 陕西黄龙<br>Huanglong,<br>Shaanxi |
|--|----------------------------|--------------------------|-------------------------------|---|-------------------------------|
| 海拔(米)<br>Altitude(m)                             | 3 020                      |                          | 700                           | 2 315                                   | 1 745                         |
| 抗坏血酸含量(毫克%)<br>Contents of<br>ascorbic acid(mg%) | 1645.9                     | 1 267.3                  | 511.1                         | 1 263.8                                 | 491.6                         |

抗坏血酸的稳定性观察,在严格相同的条件下进行。鲜果样品采集后,在同一条件下压榨取汁和保存,并在尽可能短的时间内测定抗坏血酸的起始含量,测定的步骤、仪器和条件彼此完全相同(杨海荣等,1988)。然后将同一样品立即分成2等份,密封后分别放置在选定的温度下,定期测定抗坏血酸含量,观察抗坏血酸含量逐渐下降的过程。在低温条件下观察的样品,每次取样时,样品不能离开低温环境,且动作要迅速,尽可能避免外界环境因素的干扰。研究主要于1987年和1988年进行,观察样品的存放环境温度,全年变化范围为8—25℃。

## 二、结 果

沙棘果汁中抗坏血酸在贮存过程中的稳定性,可以其衰减速度定量表示,衰减速度是单位时间抗坏血酸被氧化损耗的百分数,损耗的百分数也称损耗率。因此,各种果汁中抗坏血酸在某一指定时间的稳定性及一定时间后抗坏血酸损耗的程度,可以衰减速度

和损耗率进行比较。沙棘果汁中抗坏血酸的稳定性, 不仅种与种之间有差别, 各个亚种间, 甚至同一亚种的各个变异类型之间也有明显的差异。

中国沙棘亚种的黄果沙棘、普通沙棘、小果沙棘、橙红沙棘和红果沙棘等5个类型的沙棘果汁, 分别在室温和3°C贮存时, 其中抗坏血酸含量的变化过程如图1所示。

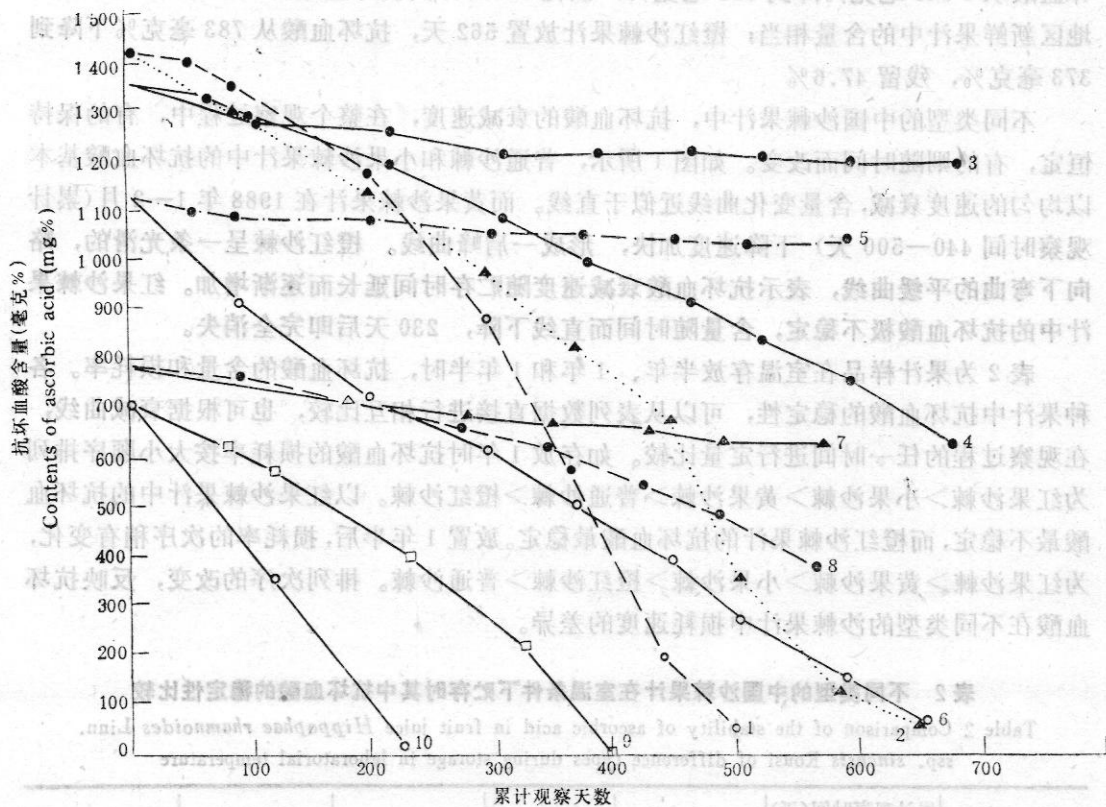


图1 不同类型的中国沙棘果汁中抗坏血酸稳定性的比较

Fig. 1 The comparison of the stability of ascorbic acid in juice of *Hippophae rhamnoides* Linn. ssp. *sinensis* Rousi of different types during the storage

| 果汁类型 (Juice Type)                       | 贮存条件 (Storage Condition)                |
|---|---|
| 1. 黄果沙棘果汁 (Yellow Fruit Juice)          | 3°C 贮存 (3°C storage)                    |
| 2. 黄果沙棘果汁 (Yellow Fruit Juice)          | 室温贮存 (laboratorial temperature storage) |
| 3. 普通沙棘果汁 (General Sea-buckthorn Juice) | 3°C 贮存 (3°C storage)                    |
| 4. 普通沙棘果汁 (General Sea-buckthorn Juice) | 室温贮存 (laboratorial temperature storage) |
| 5. 小果沙棘果汁 (Small Fruit Juice)           | 3°C 贮存 (3°C storage)                    |
| 6. 小果沙棘果汁 (Small Fruit Juice)           | 室温贮存 (laboratorial temperature storage) |
| 7. 橙红沙棘果汁 (Orange-red Fruit Juice)      | 3°C 贮存 (3°C storage)                    |
| 8. 橙红沙棘果汁 (Orange-red Fruit Juice)      | 室温贮存 (laboratorial temperature storage) |
| 9. 红果沙棘果汁 (Red Fruit Juice)             | 3°C 贮存 (3°C storage)                    |
| 10. 红果沙棘果汁 (Red Fruit Juice)            | 室温贮存 (laboratorial temperature storage) |



1. 室温条件下不同类型的沙棘果汁中抗坏血酸稳定性的比较: 黄果沙棘果汁存放 641 天, 抗坏血酸含量从起始时的 1 427 毫克%降到 62 毫克%, 损耗 95.5%; 小果沙棘果汁, 存放 649 天, 抗坏血酸从 1 127 毫克%下降到 65 毫克%, 损耗 94.2%。而普通沙棘果汁和橙红沙棘果汁中的抗坏血酸就显得较为稳定, 如普通沙棘果存放 669 天, 抗坏血酸从 1 349 毫克%降到 622 毫克%, 损耗 53.9%, 其抗坏血酸的残留量, 仍和低海拔地区新鲜果汁中的含量相当; 橙红沙棘果汁放置 562 天, 抗坏血酸从 783 毫克%下降到 373 毫克%, 残留 47.6%

不同类型的中国沙棘果汁中, 抗坏血酸的衰减速度, 在整个观察过程中, 有的保持恒定, 有的则随时间而改变。如图 1 所示, 普通沙棘和小果沙棘果汁中的抗坏血酸基本以均匀的速度衰减, 含量变化曲线近似于直线。而黄果沙棘果汁在 1988 年 1—2 月(累计观察时间 440—500 天) 下降速度加快, 形成一肩峰曲线。橙红沙棘呈一条光滑的, 略向下弯曲的平缓曲线, 表示抗坏血酸衰减速度随贮存时间延长而逐渐增加。红果沙棘果汁中的抗坏血酸极不稳定, 含量随时间而直线下降, 230 天后即完全消失。

表 2 为果汁样品在室温存放半年、1 年和 1 年半时, 抗坏血酸的含量和损耗率。各种果汁中抗坏血酸的稳定性, 可以从表列数据直接进行相互比较, 也可根据衰减曲线, 在观察过程的任一时间进行定量比较。如存放 1 年时抗坏血酸的损耗率按大小顺序排列为红果沙棘>小果沙棘>黄果沙棘>普通沙棘>橙红沙棘。以红果沙棘果汁中的抗坏血酸最不稳定, 而橙红沙棘果汁的抗坏血酸最稳定。放置 1 年半后, 损耗率的次序稍有变化, 为红果沙棘>黄果沙棘>小果沙棘>橙红沙棘>普通沙棘。排列次序的改变, 反映抗坏血酸在不同类型的沙棘果汁中损耗速度的差异。

表 2 不同类型的中国沙棘果汁在室温条件下贮存时其中抗坏血酸的稳定性比较

Table 2 Comparison of the stability of ascorbic acid in fruit juice *Hippophae rhamnoides* Linn. ssp. *sinensis* Rousi of difference types during storage in laboratorial temperature

| 抗坏血酸含量(毫克%)<br>The contents of ascorbic acid(mg%) | 累计观察时间(天)<br>Total time of observation(day) | 黄果沙棘<br>Yellow fruit | 普通沙棘<br>General | 小果沙棘<br>Small fruit | 橙红沙棘<br>Orange-red fruit | 红果沙棘<br>Red fruit |
|---|---|----------------------|-----------------|---------------------|--------------------------|-------------------|
|   | 0   | 1 427                | 1 349           | 1 127               | 783                      | 714               |
|   | 183   | 1 143                | 1 209           | 748                 | 703                      | 145               |
|   | 365   | 802                  | 995             | 497                 | 590                      | 0                 |
|   | 548   | 205                  | 790             | 198                 | 385                      | 0                 |
| 抗坏血酸损耗率<br>The loss ratio of ascorbic acid(%)     |   |                      |                 |                     |                          |                   |
|   | 183   | 19.9                 | 10.4            | 33.6                | 10.2                     | 79.7              |
|   | 365   | 43.8                 | 26.2            | 55.9                | 24.6                     | 100.0             |
|   | 548   | 85.6                 | 41.4            | 82.4                | 50.8                     | 100.0             |

2. 低温恒温条件下不同类型的中国沙棘果汁中抗坏血酸稳定性的比较: 观察样品放置在冰箱的同一位置, 温度控制在  $3 \pm 1^\circ\text{C}$  范围内, 定期在完全相同的条件下测定抗坏血酸的含量。5 个类型的沙棘果汁中抗坏血酸的衰减过程如图 1。普通沙棘、小果沙棘和橙红沙棘果汁中抗坏血酸的衰减曲线均几乎呈一条直线, 且与横坐标轴线接近平行,

说明这3种类型的沙棘果汁在3°C贮存时,抗坏血酸非常稳定。如普通沙棘果汁放置671天,抗坏血酸含量从起始时的1349毫克%降到1182毫克%,损耗167毫克,为起始含量的12.4%;小果沙棘放置585天抗坏血酸含量从1127毫克%降到1029毫克%,仅损耗98毫克%,占起始含量的8.7%;橙红沙棘,放置562天抗坏血酸从783毫克%降到625毫克%,损失158毫克%,损耗率20.2%。因此,上述3个类型的沙棘果汁,只要简单的控制贮存环境的温度,就可有效地达到保鲜的目的。而黄果沙棘和红果沙棘果汁截然不同,黄果沙棘果汁存放497天,抗坏血酸从1427毫克%降到48毫克%,损耗率达96.6%;红果沙棘果汁放置394天,从714毫克%到仅残存2毫克%,损耗99.7%。显然,对于这2种沙棘的果汁,仅降低贮存环境的温度,并不能完全达到抑制抗坏血酸氧化损耗的目的。

表3列出果汁在3°C贮存半年、1年和1年半后抗坏血酸的含量和损耗的百分数。各种类型沙棘果汁中抗坏血酸的稳定性依下列顺序递减:小果沙棘>普通沙棘>橙红沙棘>黄果沙棘>红果沙棘。普通沙棘是青藏高原分布最广,资源最丰富的一个中国沙棘类型,同时也是我国从东北、华北、西北到西南地区分布最广,资源蕴藏量最大的一个类型。小果沙棘仅次于普通沙棘,在我国一些地区分布也十分广泛。因此,普通沙棘和小果沙棘果汁中抗坏血酸的特殊稳定性,为我国沙棘资源的开发利用提供了极为有利的条件。

表3 不同类型的中国沙棘果汁在3°C贮存时其中抗坏血酸的稳定性比较

Table 3 Comparison of stability of ascorbic acid in fruit juice of *Hippophae rhamnoides* Linn. ssp. *sinensis* Rousi of different types during storage in 3°C

| 项目<br>Item   | 累计观察时间(天)<br>Total time of observation (day) | 黄果沙棘<br>Yellow fruit | 普通沙棘<br>General | 小果沙棘<br>Small fruit | 橙红沙棘<br>Orange-red fruit | 红果沙棘<br>Red fruit |
|--|--|----------------------|-----------------|---------------------|--------------------------|-------------------|
| 抗坏血酸含量(毫克%)<br>The contents of ascorbic acid (mg%) | 0  | 1427                 | 1349            | 1127                | 783                      | 714               |
|  | 183  | 1184                 | 1254            | 1075                | 710                      | 470               |
|  | 365  | 533                  | 1200            | 1033                | 658                      | 85                |
|  | 548  | 0                    | 1185            | 1022                | 623                      | 0                 |
| 抗坏血酸损耗率<br>The loss ratio of ascorbic acid (%)     | 183  | 17.0                 | 7.0             | 4.6                 | 9.3                      | 34.2              |
|  | 365  | 62.6                 | 11.0            | 7.9                 | 16.0                     | 88.1              |
|  | 548  | 100.0                | 12.2            | 9.3                 | 20.4                     | 100.0             |

3. 温度对中国沙棘果汁中抗坏血酸稳定性的影响:图1表示5个类型的沙棘果汁分别在室温和3°C保存时抗坏血酸的衰减曲线。普通沙棘和橙红沙棘果汁中的抗坏血酸在室温和3°C贮存时,其稳定性差异较小,普通沙棘果汁室温放置1年后抗坏血酸损耗26.2%,在3°C放置1年后损耗11.0%;橙红沙棘果汁相应的损耗分别为24.6%和16.0%(表2,表3)。

小果沙棘果汁和红果沙棘果汁在室温和3°C贮存时,其中抗坏血酸的稳定性差别十



分明。小果沙棘果汁室温放置 1 年, 抗坏血酸损耗 55.9%, 3°C 放置 1 年损耗 7.9%; 红果沙棘果汁在上述条件下, 相应的损耗为 100.0% 和 88.1%。

黄果沙棘果汁中抗坏血酸的衰减规律与其他类型沙棘果汁中的抗坏血酸完全不同, 从开始观察到第 220 天, 室温贮存样中抗坏血酸衰减速度大于 3°C 贮存样, 第 220 天时两者相等, 220 天以后 3°C 贮存样中抗坏血酸的衰减速度反大于室温贮存样, 如到 439 天时, 3°C 贮存样中抗坏血酸含量从起始时的 1 427 毫克% 降到 197 毫克%, 损耗 86.2%, 室温贮存样品则从 1 427 毫克% 降到 674 毫克%, 损耗 52.8%; 3°C 贮存样品到第 497 天进行最后一次测定时, 残留抗坏血酸 47.7 毫克%, 室温贮存样第 641 天最后一次测定时, 残留 61.5 毫克%。因此, 黄果沙棘果汁在室温贮存其保存期限比 3°C 贮存延长约 144 天。这种反常现象的产生, 自然是包括各种酶在内的黄果沙棘果汁组成成分的特殊性的一种反映。这个反常现象的发现, 同时具有十分重要的理论意义, 它为深入探讨在沙棘果汁这个特殊介质中抗坏血酸氧化损耗的机理, 提供了重要的事实根据。

### 三、讨 论

中国沙棘亚种的普通沙棘类型是我国重要的自然资源, 它将成为我国天然抗坏血酸的主要来源。普通沙棘果汁中的抗坏血酸十分稳定, 这是一个非常可贵的特性。西宁地区普通沙棘果汁可以在室温下长期贮存。新鲜果汁呈淡黄色, 在室温条件下存放时, 颜色逐渐加深, 存放 1 年时呈淡棕色, 存放 2 年以上呈深棕色。尽管果汁颜色稍有变化, 但其中抗坏血酸残留量仍相当高, 如密封贮存 1 年, 其中尚含 1 000 毫克% 左右的抗坏血酸, 果汁仍具鲜果特有的芳香气味。在长期的观察中发现, 果汁的颜色和口味的变化与其中抗坏血的损耗同步进行。

小果沙棘、橙红沙棘和黄果沙棘的分布范围和资源量均比不上普通沙棘, 但它们各具特色, 且有与普通沙棘的某些特性相接近的优良品质, 可以作为我国宝贵的种质资源。

有些类型, 在一定温度下贮存时, 其中抗坏血酸的衰减速度保持恒定, 其衰减过程在含量—时间坐标图上表现为直线, 对于这样的果汁, 采用延长衰减直线的方法, 即可直接在坐标图上读取任一贮存时间抗坏血酸的近似含量。也可采用回归分析法, 求出表示抗坏血酸残留量与贮存时间之间线性关系的回归方程, 然后进行含量和时间的相互运算, 可方便地计算任一时间的残留量和任一含量的时间。根据上述规律, 沙棘果汁中抗坏血酸衰减过程的观察步骤可大大简化, 仅用较短观察时间的少数测定数据, 绘出表示衰减速度的直线, 再延长直线, 获得表示抗坏血酸衰减全过程的直线。如果观察是在鲜果汁存放一定时间以后开始, 那么直线与纵坐标轴的交点便是新鲜果汁中抗坏血酸的含量。

衰减曲线呈直线, 表示果汁中抗坏血酸在单位时间损失的绝对量在逐渐减少。抗坏血酸被氧化的第一阶段为可逆反应, 利用可逆反应的规则可以说明这个现象, 但也可能还有其他的影响因素。另一些类型的沙棘果汁, 其抗坏血酸的衰减过程, 在坐标图上却表现为形状彼此略有区别的曲线, 表示在贮藏过程中抗坏血酸的衰减速度随时间而变化, 果汁在较高温度下贮存时表现尤为明显。

## 参 考 文 献

- 杨海荣、王生新、苏锡晓, 1988, 青海省的沙棘类型及其果实中的抗坏血酸, 高原生物学集刊, (8): 101—108。  
杨海荣、王生新、苏锡晓, 1988, 青海沙棘果实中抗坏血酸的动态分布研究, 高原生物学集刊, (8): 109—113。  
杨海荣, 1989, 青藏高原沙棘果实中一些活性组分的动态研究, 国际沙棘学术交流会论文集, 125—128。  
Luigi Ipparini, 1964, The ascorbic acid content of the fruit of seabuckthorn, uaderni Merceol., 3 (1), 147—153。  
Stefan Mrozewski et al., 1960, The use of *Hippophae rhamnoides* berry in the food industry, Przemyst Spozywczy, 14, 715—717。

## STUDIES ON STABILITY OF ASCORBIC ACID IN FRUIT JUICE OF *HIPPOPHAE RHAMNOIDES* LINN. SPP. *SINENSIS* ROUSI FROM THE QINGHAI-XIZANG PLATEAU

Yang Hairong

(Northwest Plateau Institute of Biology, The Chinese Academy of Sciences, Xining)

*Hippophae rhamnoides* Linn. ssp. *sinensis* Rousi is a widely distributed plant of *Hippophae* in China. The stability of ascorbic acid in fruit juice is a important quality index of seabuckthorn fruits. The stability is indicated quantitatively by the rate of loss of ascorbic acid per unit time.

This paper deals with the comparison of the stability of ascorbic acid in fruit juice of 5 types of *H. rhamnoides* Linn. ssp. *sinensis* Rousi during storage in different temperature. For majority types of seabuckthorn the effective measure for storage of fruit juice is reducing the temperature of environment. The ascorbic acids in juice of General and Orange-red fruit are quite stable during a long-term storage even in normal temperature in Xining. The attenuation curves of ascorbic acids in fruit juice of General, Small fruit and Orangered fruit during storage in 3°C and normal temperature are straight lines, that is, the loss velocity of ascorbic acid keeps stable in process of storage. According to this law, the contents of ascorbic acid may be calculated in any time of whole process from starting observation to complete disappearance of ascorbic acid. This regularity undoubtedly has important guiding significance in production of seabuckthorn products, and it also probably provides important enlightenment and leads for theoretical studies of oxidation mechanism and oxidation dynamics of ascorbic acid in special medium of seabuckthorn fruit juice.

**Key words:** *Hippophae rhamnoides* Linn. ssp. *sinensis* Rousi; Qinghai-Xizang Plateau; Ascorbic acid; Stability of ascorbic acid