食品添加物エリソルビン酸のビタミンC効果と添加物としての健康への寄与

鈴　木　恵美子（お茶の水女子大学食物学科講師）

エリソルビン酸 (Erythorbic Acid, 以下ErAと略す) はアスコルビン酸 (L-Ascorbic Acid, 以下AsAと略す) の立体異性体の一つで，広く食品添加物として用いられており，わが国でも果実缶詰の褐変の防止剤，あるいは，ハム・ソーセージの発色助剤として多用されている。

ErAのビタミンC効果は，これまでにモルモットへの投与試験の結果からAsAの1/20である[1,2]と言われているが，ErAは全くビタミンC効果を持たないとの報告[3]やErA投与量が多量であればビタミンC効果を示すとの報告[4]もあり，ErAのビタミンC効果については錯綜した結果がみられ，明らかな見解はなされていない。これは従来のモルモットへの投与試験では組織中のErAのみをAsAと分別して測定できず，ErAのビタミンC効果を正確に評価できなかったためと考えられる。ところで，近年，HPLC法によるErAの分別定量法が確立された[5]のでそのビタミンC効果を正確に判定できるものと考える。

そこで，本研究では体内ビタミンCレベルが正常な状態，完全ビタミンC欠乏状態および生体異物を投与した化学的ストレス負荷状態のモルモットに対してErA投与試験を行い，臓器中のAsAおよびErAの含量を分別定量した。さらに，体内ビタミンCレベルの低下を反映して変動する肝アニリンヒドロキシラーゼ活性[6,7]および血清ホスファターゼ活性[8]を生化学的指標として測定し，ErAの正味のビタミンC効果を総合的に調べ，併せてErAの人の健康に対する寄与について評価した。

〔方　法〕

1．実験計画

実験1：5mgのAsAを経口投与して予備飼育したモルモットを次のような群に分けて16日間飼育した。AsA投与群として，A群には1mg AsA/day，B群には5mg AsA/day，C群には100mg AsA/dayを経口投与した。ErA投与群として，D群には1mg ErA/day，E群には5mg ErA/day，F群には20mg ErA/day，G群には100mg ErA/dayを経口投与した。

実験2：完全ビタミンC欠乏モルモットにErAを投与し，回復試験を行った。ErAの投与4日目はビタミンC欠乏状態からの回復過程にあると考え，投与期間を4日間とした。16日間のAsA無投与飼育後，モルモットを次のような群に分けて4日間飼育した。AsA投与群として，H群には1mg AsA/dayを，またI群には5mg AsA/day，J群には100mg AsA/dayを経口投与した。ErA投与群として，K群には1mg ErA/day，L群には5mg ErA/day，M群には20mg ErA/day，N群には100mg ErA/dayを経口投与した。

実験3：生体異物に対するErAの効果を調べるために，モルモットを予備飼育後，次のような群に分けた。試験群のモルモット全てに1mgのPCBを含む0.2m*l*の植物油を経口投与し，P群にはPCB投与に加えて2mg AsA/day，Q群には40mg AsA/day，R群には2mg ErA/day，S

群には40mg ErA/day をそれぞれ腹腔内投与して10日間飼育した。対照のモルモット（0群）にはPCBを含まない植物油を0.2m*l*経口投与し，同時に2mg AsA/day を腹腔内に投与した。本実験では消化管内でのAsAとErAの吸収量が異なることを考慮して腹腔内投与を行った。

2．実験方法

（1） 臓器の摘出

飼育終了後，モルモットを24時間絶食させ，エーテル麻酔下にて開腹し，腹大動脈から採血した後，肝臓と副腎を摘出した。

（2） エリソルビン酸およびアスコルビン酸の定量

臓器中に含まれるAsAおよびErAは2％メタリン酸を用いて抽出し，メタリン酸終濃度を0.4％以下とした溶液を試料液とした。

AsAおよびErAの定量は荒川らの方法[5]に準じ，HPLC法を用いた。充塡剤にはLiChrosorb-NH_2を，溶出液にはアセトニトリル：水：酢酸（90：9：1あるいは90：8：2）を用い，流速は2.5 m*l*/minとして，254nmにおける紫外部吸収を測定した。

（3） 酵素活性の測定

1） 肝アニリンヒドロキシラーゼ活性測定

肝アニリンヒドロキシラーゼ活性は今井らの方法[9]に従い，生成した*p*-aminophenol量を定量した。

2） 血清アルカリ性ホスファターゼ活性測定

血清アルカリ性ホスファターゼの活性は，*p*-nitrophenylphosphateを基質とした，アルカリ性ホスファB-テストワコー（和光純薬工業，大阪）を用いて測定した[10]。

（4） タンパク質の定量

タンパク質量は標準物質に牛血清アルブミンを

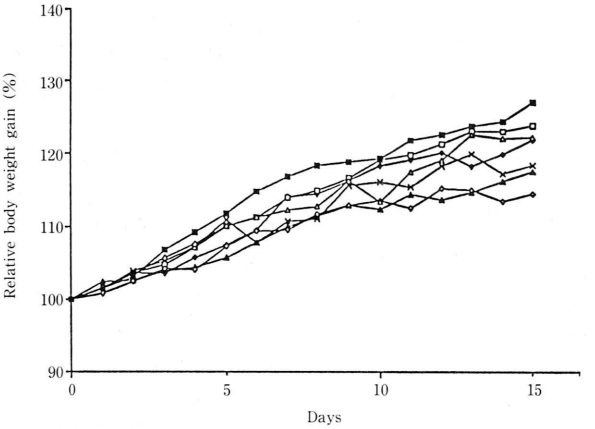

Fig. 1 Body weight changes of guinea pigs supplemented with AsA or ErA

▲A：1mg AsA-supplemented group
◆B：5mg AsA-supplemented group
□C：100mg AsA-supplemented group
◇D：1mg ErA-supplemented group
×E：5mg ErA-supplemented group
△F：20mg ErA-supplemented group
■G：100mg ErA-supplemented group

用いて Lowry 法[11] により測定した。

〔結果および考察〕

正常モルモットへの ErA 投与試験：**Fig. 1** に各試験群の体重の変化を示した。AsA および ErA を投与した試験群のいずれも体重が増加した。

Table 1 Contents of AsA and ErA in liver of guinea pigs supplemented with AsA or ErA.

Group	AsA	ErA
A	$0.20\pm0.09^{*\,a,b}$	—
B	$2.29\pm0.42^{a,c,d}$	—
C	$4.01\pm0.54^{b,c,e}$	—
D	ND	ND
E	ND	ND
F	ND	0.12 ± 0.07^{c}
G	$0.06\pm0.04^{d,e}$	0.45 ± 0.12^{c}

A：1mg AsA-supplemeted group
B：5mg AsA-supplemeted group
C：100mg AsA-supplemeted group
D：1mg ErA-supplemeted group
E：5mg ErA-supplemeted group
F：20mg ErA-supplemeted group
G：100mg ErA-supplemeted group
* Values (mg/100g tissue) are means±SE ; n=5−17.
Means in the same column with a common superscript letter are significantly different.
a, b, d, e, $p<0.001$, c, $p<0.05$.
ND ; not deteced.

Table 2 Contents of AsA and ErA in adrenal glands of guinea pigs supplemented with AsA or ErA.

Group	AsA	ErA
A	$8.3\pm1.7^{*\,a,b,c,d,e,f}$	—
B	$23.6\pm4.1^{b,g,h,i,j}$	—
C	$45.6\pm9.8^{c,k,l,m,n}$	—
D	$1.9\pm0.7^{d,g,k}$	$0.9\pm0.4^{o,p}$
E	$0.6\pm0.2^{a,h,l}$	1.9 ± 0.5^{q}
F	$1.2\pm0.4^{e,i,m}$	4.0 ± 1.1^{o}
G	$1.4\pm0.5^{f,j,n}$	$8.9\pm2.4^{p,q}$

A-G, see **Table 1** legend.
* Values (mg/100g tissue) are means±SE ; n=5−17.
Means in the same column with a common superscript letter are significantly different.
a, g, h, i, j, $p<0.001$,
b, c, d, e, f, k, l, m, n, $p<0.01$,
o, p, q, $p<0.05$

Table 1, 2 にはそれぞれ投与試験群の肝臓と副腎中の AsA および ErA の含量を示した。肝臓中の AsA 含量は 1 mg AsA 投与群（A群），5 mg AsA 投与群（B群），100mg AsA 投与群（C群）では AsA の投与量の増加にしたがい増加したが，ErA を投与した群では 100mg ErA 投与群（G群）にのみ AsA が僅かに含まれていた。ErA は 20mg ErA 投与群（F群），100mg ErA 投与群（G群）にしか含まれなかった。しかし，F群および G群の ErA 含量は ErA の 1/20 量しか投与していない AsA 投与群の AsA 含量よりも低かった。

AsA は全ての試験群の副腎中に含まれていた。AsA を投与した群ではその投与量の増加にしたがい，AsA 含量は増加したが，ErA を投与した各群の AsA 含量はほぼ同程度であった。ErA を投与した群の副腎中の ErA 含量もまた投与量の増加にしたがい増加したが，ErA 含量は ErA 投与量の 1/20 しか投与していない AsA 投与群の AsA 量よりも低かった。

ErA 投与群の臓器中の ErA 含量は投与量が ErA の 1/20 である AsA 投与群の AsA 含量よりも低く，さらに，ErA 投与群の臓器中の AsA 含量と ErA 含量の合量は ErA と等しい量の AsA を投与した群の AsA 含量よりも低かった。この結果から，ErA は臓器中で AsA と置き換わることはなく，ほとんど貯留されないものと思われる。臓器中の AsA 含量と ErA 含量の間に大きな差がみられたのは，両者の臓器内貯留の機構に差があるためと考えられる。さらに，AsA を臓器内に貯留する機構は ErA に対してほとんど作用せず，AsA に対する特異性は極めて高いものと推測される。

Table 3, 4 にそれぞれ，各試験群の肝アニリンヒドロキシラーゼ活性および血清ホスファターゼ活性を示した。AsA を投与した群の肝アニリンヒドロキシラーゼ活性は AsA 投与量の増加にとも

Table 3 Activity of liver aniline hydroxylase in guinea pigs supplemented with AsA or ErA.

Group	Activity $\left(\frac{\text{nmol } p\text{-aminophenol formed}}{\text{min} \cdot \text{mg prot}}\right)$
A	$0.197 \pm 0.019^{*\ a,\ b}$
B	0.240 ± 0.014^{c}
C	$0.287 \pm 0.018^{a,\ d,\ e,\ f}$
D	$0.131 \pm 0.022^{b,\ c,\ d,\ g,\ h,\ i}$
E	$0.206 \pm 0.021^{e,\ g}$
F	$0.203 \pm 0.017^{f,\ h}$
G	0.246 ± 0.025^{i}

A-G, see **Table 1** legend.
* Values are means±SE ; n= 5 −13.
Means in the same column with a common superscript letter are significantly different.
c, d, $p < 0.001$, a, f, i, $p < 0.01$,
b, e, g, h, $p < 0.05$

Table 4 Activity of serum alkaline phosphatase in guinea pigs supplemented with AsA or ErA.

Group	Activity $\left(\frac{\text{mmol } p\text{-nitrophenol liberated}}{\text{h} \cdot \text{litec}}\right)$
A	$6.02 \pm 0.42^{*\ a,\ b}$
B	$5.70 \pm 0.49^{c,\ d}$
C	5.28 ± 0.66^{e}
D	$2.49 \pm 0.39^{a,\ c,\ e,\ f,\ g,\ h}$
E	$4.24 \pm 0.37^{b,\ d,\ f}$
F	5.76 ± 0.99^{g}
G	5.04 ± 0.22^{h}

A-G, see **Table 1** legend.
* Values are means±SE ; n= 4 −13,
Means in the same column with a common superscript letter are significantly different.
a, c, h, $p < 0.001$, b, e, f, $p < 0.01$,
d, g, $p < 0.05$.

ない上昇し，その活性は1 mg AsA 投与群（A群）と100mg AsA 投与群（C群）との間で有意差が認められた。ErA を投与した群でも100mg ErA 投与群（G群）の活性が最も高かったが，G群と20mg ErA 投与群（F群）および5 mg ErA 投与群（E群）との間に有意差は見られなかった。また，1 mg ErA 投与群（D群）の活性は他の全ての試験群より有意に低かった。ErA投与群の活性はその対照である投与量が等しい AsA 投与群よりも低い傾向にあった。

AsA を投与したA群，B群，C群では血清ホスファターゼ活性に差はみられなかった。ErA を投与した群でもE群，F群，G群の間には活性に有意差はなかった。1 mg ErA 投与群（D群）の活性は他の全ての試験群より有意に低かった。

ErA を5 mg 以上投与したE群，F群，G群の間では肝アニリンヒドロキシラーゼ活性および血清ホスファターゼ活性に有意差はみられず，それらは5 mg の AsA を投与した場合とほぼ同じレベルであった。5 mg 以上の ErA を投与したモルモットでは臓器中の ErA 含量は AsA よりもかなり低いが，各酵素活性および体重の増加から見る限り，ビタミンC欠乏状態では全くなく，5 mg 以上の ErA 投与は AsA とほぼ同等のビタミンC効果を示すものと考えられる。一方，1 mg ErA 投与群（D群）の酵素活性は1 mg AsA 投与群（A群）よりもさらに低かったことから，D群のビタミンCの栄養状態はA群より低いものと思われる。したがって，少量投与においてはＥｒＡのビタミンC効果は AsA のそれより明らかに低いものと考えられる。比較的多量の ErA を投与すると酵素活性を正常レベルに保つのに十分な ErA 量が組織内へ取り込まれるが，少量投与では組織内へ取り込まれる ErA 量は同等量の AsA を投与した場合の AsA の取り込み量よりも低いために AsA と ErA との効果の差が顕著にみられたものと思われる。

体重の増加および各酵素活性からみて，多量の ErA は AsA とほぼ同程度のビタミンC効果を示すと思われ，ErA のその効果は従来言われている AsA の1/20 よりは高いと考えられる。

ビタミンC欠乏モルモットへのErA投与試験：**Fig. 2** に各試験群の体重変化を示した。AsA 投与群では，5 mg AsA 投与群（I群），100mg AsA 投与群（J群）に体重の回復傾向がみられたが，

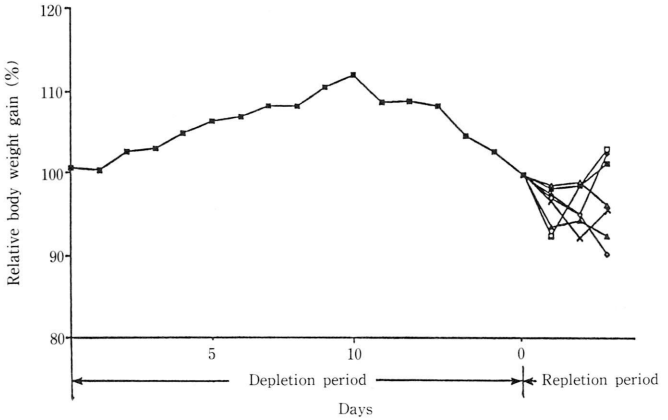

Fig. 2 Body weight changes of guinea pigs during depletion and repletion period

▲H : 1mg AsA-supplemented group
◆I : 5mg AsA-supplemented group
□J : 100mg AsA-supplemented group
◇K : 1mg ErA-supplemented group
×L : 5mg ErA-supplemented group
△M : 20mg ErA-supplemented group
■N : 100mg ErA-supplemented group

Table 5 Contents of AsA and ErA in liver of guinea pigs supplemented with AsA or ErA on day 4 of repletion period

Group	AsA	ErA
H	$0.30\pm0.21^{*\ a}$	—
I	1.54 ± 0.74^{b}	—
J	$6.90\pm1.65^{a,\ b}$	—
K	ND	ND
L	ND	ND
M	ND	ND
N	ND	0.35±0.22
T	0.06±0.03**	—

H : 1mg AsA-supplemented group,
I : 5mg AsA-supplemented group,
J : 100mg AsA-supplemented group,
K : 1mg ErA-supplemented group,
L : 5mg ErA-supplemented group,
M : 20mg ErA-supplemented group,
N : 100mg ErA-supplemented group,
* Values (mg/100g tissue) are means±SE ; n=4−5.
Means in the same column with a common superscript letter are significantly different.
a, b, $p<0.05$.
ND : not detected.
** T : 16-day AsA-deficient group [data from Arakawa et al.: J. Nutr. Sci. Vitaminol., **32**, 171 (1986)]

Table 6 Contents of AsA and ErA in adrenal glands of guinea pigs supplemented with AsA or ErA on day 4 of repletion period

Group	AsA	ErA
H	$5.7\pm\ 1.7^{*\ a,\ b}$	—
I	$13.0\pm\ 4.0^{c,\ d}$	—
J	$44.1\pm\ 9.0^{a,\ c,\ e}$	—
K	trace	trace
L	trace	$3.8\pm\ 1.4^{a}$
M	$0.4\pm\ 0.2^{b,\ d,\ e}$	4.3± 2.0
N	ND	$10.3\pm\ 2.4^{a}$
T	1.0± 0.3**	—

H-N, see **Table 5** legend.
* Values (mg/100g tissue) are means±SE ; n=4−6.
Means in the same column with a common superscript letter are significantly different.
a, b, c, d, e, $p<0.05$.
** T : 16-day AsA-deficient group [data from Arakawa et al.; J. Nutr. Sci. Vitaminol., **32**, 171 (1986)]

1 mg の AsA 投与群（H群）の回復は不十分であった。ErA 投与群では 100mg ErA 群（N群）に回復傾向がみられたが，20mg 以下の ErA 投与群（K群，L群，M群）では認められず，1 mg の ErA 投与群（K群）の体重はむしろ減少傾向を示した。

Table 5, 6 に各試験群の肝臓と副腎中の AsA および ErA の含量をそれぞれ示した。AsA 投与群では AsA は肝臓，副腎の各臓器中に含まれ，投与量の増加に伴い，AsA 含量も増加した。一方，ErA 投与群では，100mg と多量の ErA を投与した群（N群）のみが両臓器中に ErA を含有していたが，20mg 以下の ErA 投与群（K群，L群，M群）では副腎にのみ ErA は含まれた。ErA 投与群の副腎中の ErA 含量は投与量の増加に伴い増加傾向を示し，100mg ErA 投与群（N群）の ErA 含量は 5 mg AsA 投与群（I群）の AsA 含量にほぼ等しく，また，20mg ErA 投与群（M群）の ErA 含量は 1 mg AsA 投与群（H群）の AsA 含量と同程度であった。

肝アニリンヒドロキシラーゼ活性は AsA 投与群および ErA 投与群ともに投与量の増加に従い増加する傾向を示した（**Table 7**）。1 mg の ErA を投与した群（K群）の活性は他の全ての試験群よりも低く，活性の回復は認められなかった。100mg ErA 投与群（N群）の活性は 5 mg AsA 投与群（I群）と，20mg ErA 投与群（M群）の活性は 1 mg AsA 投与群（H群）と同程度であった。

血清ホスファターゼ活性は肝アニリンヒドロキシラーゼ活性と同様に AsA 投与群および ErA 投与群ともに，投与量の増加に伴い増加する傾向を示した（**Table 8**）。5 mg AsA 投与群（I群），100mg AsA 投与群（J群）および100mg ErA 投与群（N群）の活性はほぼ等しかった。1 mg AsA 投与群（H群）の活性は 20mg ErA 投与群（M群）と同レベルにあり，それより 1 mg ErA 投与群（K群）および 5 mg ErA 投与群（L群）は低かった。また，K群の活性は16日間 AsA を与え

Table 7 Activity of liver aniline hydroxylase in *guinea pigs supplemented with* AsA or ErA on day 4 of repletion period

Group	Activity $\left(\frac{\text{nmol } p\text{-aminophenol formed}}{\text{min} \cdot \text{mg prot}}\right)$
H	0.157 ± 0.054*
I	0.169 ± 0.020^{a}
J	0.219 ± 0.092
K	$0.089 \pm 0.025^{a,b}$
L	0.124 ± 0.029
M	0.157 ± 0.030
N	0.173 ± 0.016^{b}
T	0.109 ± 0.015**

H-N, see **Table 5** legend.
* Values are means±SE ; n= 4 − 7 .
Means in the same column with a common superscript letter are significantly different.
a , b , $p < 0.05$.
** T : 16-day AsA-deficient group [data from Suzuki et al.: J. Nutr. Sci. Vitaminol., **35**, 123 (1989)]

Table 8 Activity of serum alkaline phosphatase in guinea pigs supplemented with AsA or ErA on day 4 of repletion period

Group	Activity $\left(\frac{\text{mmol } p\text{-nitrophenol liberated}}{\text{h} \cdot \text{liter}}\right)$
H	$5.41 \pm 0.60^{*\ a,b,c,d}$
I	$9.41 \pm 0.93^{a,e,f}$
J	$10.99 \pm 1.17^{b,g,h,i}$
K	$1.56 \pm 0.26^{c,e,g,j,k,l}$
L	$3.56 \pm 0.74^{f,h,j,m,n}$
M	$6.61 \pm 1.14^{i,k,m}$
N	$9.33 \pm 1.09^{d,l,n}$
T	1.21 ± 0.09**

H-N, see **Table 5** legend.
* Values are means±SE ; n= 4 − 9 .
Means in the same column with a common superscript letter are significantly different.
c , h , $p < 0.001$,
a , b , e , f , g , k , l , n , $p < 0.01$,
d , i , j , m , $p < 0.05$.
** T : 16-day AsA-deficient group [data from Suzuki et al.: J. Nutr. Sci. Vitaminol., **35**, 123 (1989)]

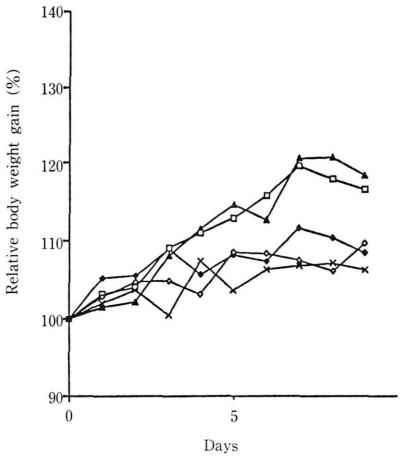

Fig. 3 Body weight changes of guinea pigs supplemented with only AsA, or AsA and PCB, or ErA and PCB

▲O : 2mg AsA-supplemented group
◆P : 2mg AsA+1mg PCB-supplemented group
□Q : 40mg AsA+1mg PCB-supplemented group
◇R : 2mg ErA+1mg PCB-supplemented group
×S : 40mg ErA+1mg PCB-supplemented group

なかった群とほぼ等しかった。

ビタミンC欠乏状態からの回復過程においても，ErA は臓器中に貯留されにくいものと考えられ，臓器内での AsA の貯留機構は ErA とは異なるものと推察される。

以上の体重および酵素活性の回復の結果から，100mg と多量の ErA を投与しても 100mg の AsA 投与の場合と同程度のビタミンC欠乏状態からの回復は認められず，ErA のビタミンC効果は AsA と同等ではなく，AsA よりもかなり低いと考えられる。AsA 要求が高まっているビタミンC欠乏状態では，AsA のビタミンC効果と ErA のそれとの差が正常状態よりも大きいのは，ErA の組織内への取り込みおよび貯留性が AsA より極めて低いためであると推察される。

化学的ストレス負荷モルモットへの ErA 投与試験：**Fig. 3** に各試験群の体重変化を示した。PCB を投与していない対照群（O群）は試験期間を通して順調な成育を示した。試験群では，40mg AsA+PCB 投与群（Q群）はほぼO群と同程度の成長を示したが，他の 2 mg AsA+PCB 投与群（P群），2 mg ErA+PCB 投与群（R群），40mg ErA+PCB 投与群（S群）はO群と比べて成長が抑制され，順調な体重増加はみられなかった。

Table 9 には各試験群の肝臓と副腎中の AsA および ErA の含量を示した。対照群（O群）の肝臓中の AsA 含量は 2 mg AsA+PCB 投与群（P

Table 9 Contents of AsA and ErA in liver and adrenal glands of guinea pigs supplemeted with only AsA, or AsA and PCB, or ErA and PCB

Group	Liver		Adrenal glands	
	AsA	ErA	AsA	ErA
O	$2.54\pm0.69^{*\ a,b,c}$	—	$29.1\pm\ 4.1^{a,b,g}$	—
P	2.41 ± 1.41^{d}	—	$28.6\pm\ 4.9^{c,d,g}$	—
Q	$10.60\pm2.22^{a,d,e,f}$	—	$76.9\pm15.5^{a,c,e,f}$	—
R	$0.49\pm0.24^{b,e}$	ND	$9.4\pm\ 2.7^{b,d,e}$	$3.7\pm\ 0.7^{a}$
S	$0.21\pm0.12^{c,f}$	1.30 ± 0.22	$2.0\pm\ 1.2^{f,g,h}$	57.2 ± 11.3^{a}

O : 2mg AsA supplemented group,
P : 2mg AsA+1mg PCB supplemented group,
Q : 40mg AsA+1mg PCB supplemented group,
R : 2mg ErA+1mg PCB supplemented group,
S : 40mg ErA+1mg PCB supplemented group,
* Values (mg/100g tissue) are means±SE ; n= 3 − 4 .
Means in the same column with a common superscript letter are significantly different.
a, b, c, d, e, f, $p<0.05$, g, $p<0.01$, h, $p<0.001$.
ND ; not detected.

群）と等しく，40mg AsA＋PCB 投与群（Q群）の AsA 含量はO群の約4倍量であった。2 mg ErA＋PCB 投与群（R群）および40mg ErA ＋PCB 投与群（S群）の AsA 含量はO群よりもはるかに低かった。肝臓中の ErA は ErA 投与量の高いS群にのみみられたが，その含量はO群の AsA 量に比べ低かった。

副腎中の AsA 含量はO群と2 mg AsA＋PCB 投与群（P群）とではほぼ等しく，40mg AsA＋PCB 投与群（Q群）はO群よりも高かった。2 mg ErA＋PCB 投与群（R群）および40mg ErA ＋PCB 投与群（S群）の副腎中の AsA 含量は僅かであった。ErA を投与したR群およびS群の副腎中に ErA は認められたが，R群の ErA 含量はS群よりも低かった。また，S群の ErA 含量はQ群の AsA 含量よりも低かった。

Table 10, 11 にそれぞれ，各試験群の肝アニリンヒドロキシラーゼ活性および血清ホスファターゼ活性を示した。PCB 投与の各試験群の肝アニリンヒドロキシラーゼ活性は対照群（O群）よりも明らかに増加しており，PCB 投与により薬物代謝系が亢進されたことを示している。AsA 投与群では AsA 投与量が多い40mg AsA＋PCB 投与群（Q群）の酵素活性は2 mg AsA＋PCB 投与群（P群）よりも高かった。ErA 投与群でも同様に，40mg ErA 投与のS群の酵素活性は2 mg ErA 投与のR群よりも高かった。さらに，AsA と ErA の投与量が等しい場合では，いずれも AsA 投与群の活性が ErA 投与群よりも高い傾向を示した。

対照のO群の血清ホスファターゼ活性は試験群に比べて高いが，P群とQ群の活性は対照群と有意差はなかった。ErA 投与のR群とS群の活性はO群よりも有意に低く，さらに AsA 投与のP群とQ群よりも低い傾向にあった。

2 mg の AsA に加えて PCB を投与すると体重増加の抑制がみられたが，40mg AsA＋PCB 投与群（Q群）はO群とほぼ同様な体重増加を示し，薬物代謝に関係のある肝アニリンヒドロキシラーゼ活性は2 mg AsA＋PCB 投与群（P群）よりも高い傾向にあり，AsA の投与量が多くなると薬物代謝が亢進されることを示している。このように多量の AsA 投与は PCB による影響を緩和させ，モルモットの全身状態を良好に保つと思われる。

一方，PCB 投与に加えて40mg の ErA を与えた場合では，モルモットの体重増加は見られず，肝アニリンヒドロキシラーゼ活性および血清ホス

Table 10 Activity of liver aniline hydroxylase in guinea pigs supplemented with only AsA, or AsA and PCB, or ErA and PCB

Group	Activity $\left(\frac{\text{nmol } p\text{-aminophenol formed}}{\text{min} \cdot \text{mg prot}}\right)$
O	0.354±0.045* [a]
P	0.558±0.088
Q	0.621±0.084[a]
R	0.454
S	0.535±0.089

O-S, see **Table 9** legend.
* Values are means±SE ; n= 2 − 4.
Means in the same column with a common superscript letter are significantly different.
a, $p < 0.05$.

Table 11 Activity of serum alkaline phosphatase in guinea pigs supplemented with only AsA, or AsA and PCB, or ErA and PCB

Group	Activity $\left(\frac{\text{mmol } p\text{-nitrophenol liberated}}{\text{h} \cdot \text{liter}}\right)$
O	6.29±0.14* [a, b]
P	5.32±0.93
Q	5.24±0.45
R	4.96±0.07[b]
S	3.98±0.49[a]

O-S, see **Table 9** legend.
* Values are means±SE ; n= 3 − 4.
Means in the same column with a common superscript letter are significantly different.
a, $p < 0.01$, b, $p < 0.001$.

ファターゼ活性は40mgのAsAを投与した場合よりも低い傾向にあった。PCBと同時に2mgのAsAを投与した場合の肝アニリンヒドロキシラーゼ活性はPCB投与に加えて2mgのErAを投与した場合に比べ高い傾向にあった。PCB投与群に与えたErA量がAsAと等しい場合では，組織内での両者の貯留機構が異なるためにAsAとErAとの含量に違いが生じ，したがって，両者のPCBによる影響からの回復に差がみられたものと考えられる。

以上の結果から，PCB投与によるストレスを与えた場合では，モルモットにおけるErAのビタミンC効果はAsAよりも低いものと思われる。

ErAそのもののビタミンC効果をモルモットの体重増加および各酵素活性から判定する限りでは，正常なモルモットにおいて少量のErA投与はAsAに比べて低いビタミンC効果しか示さなかったが，多量投与ではAsAとほぼ同等の効果を示した。一方，完全ビタミンC欠乏状態および化学的ストレス負荷状態にあるモルモットに対してはErAを多量に投与しても，AsAに比べてかなり低いビタミンC効果しか認められなかった。以上のように，ErAのビタミンC効果はモルモットのビタミンCレベルにより異なることが示され，その効果はAsAよりも劣るものと推察される。ErAとAsAのビタミンC効果に差がみられたのはErAの組織内への取り込みおよび組織中での貯留性の低さによるものと思われる。

国民栄養調査の結果によれば，平成2年度の国民一人当りのビタミンC摂取量は120mg/dayで，国民全体で見る限りビタミンCは充足しているといえる。しかし，一人世帯ではビタミンCの主要な供給源である野菜類の摂取が全国平均より低い傾向にあり，1日のビタミンCの摂取量が所要量に満たない世帯が比較的多く，潜在性のビタミンC欠乏状態にある者も少なくない。一方，食品添加物として用いられているErAは一般の市販加工食品中に含まれ，日常的に摂取される機会が多い。したがって，単身者層にみられる潜在性ビタミンC欠乏状態にある者にとってErAはAsAを補足するものとしてその効果が期待できるものと思われる。

文 献

1) V. Demole: Biochem. J., **28**, 770 (1934).
2) F.J. Yourga, W.B. Esselen Jr. and C.R. Fellers: Food Res., **9**, 188 (1944).
3) J.S. Reiff and A.H. Free: Agr. Food Chem., **7**, 55 (1959).
4) J. Fabianek and A. Herp: Pro. Soc. Exp. Biol. Med., **125**, 462 (1967).
5) N. Arakawa, M. Otsuka, T. Kurata, and C. Inagaki: J. Nutr. Sci. Vitaminol., **27**, 1 (1981).
6) F.J. Peterson, D.E. Holloway, P.H. Duquette and J. M. Rivers: Biochem. Pharmacol., **32**, 91 (1983).
7) P.H. Sato and V.G. Zannoni: Biochem. Pharmacol., **23**, 3121 (1974).
8) H.R. Perkins and S.S. Zilva: Biochem. J., **47**, 306 (1950).
9) Y. Imai, A. Ito, and R. sato: J. Biochem., **60**, 417 (1966).
10) O.A. Bessey, O.H. Lowry and M.J. Brock: J. Biol. Chem., **164**, 321 (1946).
11) O.H. Lowry, N.J. Rosebrough, A.L. Farr and R.J. Randall: J. Biol. Chem., **193**, 265 (1951).

The vitamin C activity of erythorbic acid used as food additive, and its contribution to health

Emiko Suzuki (Department of Food and Nutrition, Ochanomizu University)

Erythorbic acid (ErA) is a stereoisomer of L-ascorbic acid (AsA) and has been widely used in the food industry as a food additive. However, the vitamin C activity of ErA is not confirmed yet. In this study, to evaluate the vitamin C activity of ErA, AsA and ErA were separately supplemented to normal, AsA-deficient and xenobiotic-supplemented guinea pigs, and the contents of AsA and ErA in the tissues, and the activities of liver aniline hydroxylase and serum alkaline phosphatase were measured and compared. Moreover, the contribution of ErA to human health was discussed.

In the case of the normal guinea pigs supplemented with ErA or AsA, the body weight gain and enzyme activities of guinea pigs supplemented with 5mg or more of ErA were similar to those of guinea pigs supplemented with the same amount of AsA. However, the body weight gain and the enzyme activities of guinea pigs supplemented with 1mg ErA were lower than those of guinea pigs supplemented with 1mg AsA.

Supplementation of 5mg and 100mg AsA to 16-day AsA-deficient guinea pigs showed recovery in body weight during repletion period. On the other hand, supplementation of 20mg or less of ErA did not show any recovery, however, supplementation of 100mg ErA showed recovery in body weight. The enzyme activities of 20mg ErA-supplemented guinea pigs and 100mg ErA-supplemented guinea pigs were similar to those of 1mg AsA-supplemented guinea pigs and 5mg AsA-supplemented guinea pigs respectively on day 4 ofrepletion period.

In the case of the guinea pigs supplemented with AsA and xenobiotic or ErA and xenobiotic, the body weight gain and the enzyme activities of guinea pigs supplemented with ErA and xenobiotic tended to be lower than those of guinea pigs supplemented with the same amount of AsA and xenobiotic.

In all the experiments, the content of ErA in tissues of guinea pigs supplemented with ErA was much lower than that of AsA in guinea pigs supplemented with AsA at equal dosage.

When a high amount of ErA was supplemented to normal guinea pigs, ErA showed similar vitamin C activity to that of AsA. However, in AsA-deficient guinea pigs and xenobiotic-supplemented guinea pigs, the vitamin C activity of ErA seemed to be lower

than that of AsA even at high dosage. The results suggested that the vitamin C activity of ErA in normal guinea pigs might be higher than that in AsA-deficient and xenobiotic-supplemented guinea pigs which required more vitamin C than normal guinea pigs. Therefore, the vitamin C activity of ErA might be dependent on vitamin C level of guinea pig tissues.

Based on the results, the vitamin C activity of ErA seemed to be lower than that of AsA, and the difference in the vitamin C activity might be greatly attributed to the difference in the absorption and retention mechanisms of AsA and ErA.

ErA showed vitamin C activity and is popularly used in processed foods, thus the nutritional effect of ErA on people who do not take enough vitamin C from fresh foods is expected.