

抗酸化作用を有する栄養素についてと還元型 E- TEN を用いた新しい抗酸化力の評価方法について

株式会社ナックス 製品開発部 加藤寛士

株式会社NACSでは、抗酸化作用(還元力)についてと各抗酸化物質の実測値及び簡易測定の検討を行っています。今回は、NAD+試験と酸化還元電位の測定を用いてサプリメントの栄養素の実測値と皆様方が認識している食品と比較してどのような食品、栄養素がよいか検討及び結果をご報告させていただきます。

1. はじめに抗酸化作用とは？

体内で増えた活性酸素を除去していくことが、老化や、がん、生活習慣病などの予防になります。活性酸素によって酸化を抑えることを、抗酸化と言い、活性酸素から体を守ることを抗酸化作用と言います。抗酸化とは体の中を錆びつかせない(酸化を抑えること)ことですが、活性酸素は体内の酵素によって分解されます。

2. 活性酸素とは？

活性酸素は、毎日呼吸によって酸素を取り込み、食べ物からエネルギーを作り出すときに使用しています。この過程の中で酸素の一部が変化し、活性酸素となります。活性酸素は、普通の酸素に比べて、細胞を酸化させてしまうのが特徴です。酸化というと分かりにくいかもしれませんが、リンゴが変色するのをイメージしてみてください。これも酸化の一つです。活性酸素は、もともと体内に侵入した細菌やウイルスの攻撃から体を守るために働くという大切な役割を持っていますが、過剰に発生しすぎると、自分自身の細胞をも攻撃してしまうのです。そして、活性酸素による細胞のダメージは、老化・動脈硬化・がん・免疫機能の低下などを引き起こします。

酸化及び身体のサビについてより詳しくは下記の URL に記載しています。

[抗酸化作用のある成分を効率よく吸収する方法とさびない身体づくり](https://nacs-yamanashi.jp/supplement/kousanka/5693/)

<https://nacs-yamanashi.jp/supplement/kousanka/5693/>

3. 活性酸素の増える原因

活性酸素は、生きている限り、誰の体内でも発生するものです。普通に生活しているだけでも、呼吸によって体内に取り込んだ酸素の約2%が活性酸素に変化すると言われていています。さらに、次のような生活習慣や生活環境によって、活性酸素が増加しやすくなることも知られています。

原因： ストレス、喫煙、暴飲暴食、紫外線、激しい運動、排気ガスの大気汚染などがあげられます。

4. 抗酸化作用のある成分について

抗酸化作用とは、酸化(さびや変色)を抑制させる働き、つまり、活性酸素を抑制する働きのことを言います。私たちの体にはもともと抗酸化作用が備わっていて、体内で抗酸化酵素(抗酸化作用を持つ酵素)が作られ、活性酸素の抑制に働いています。しかし、抗酸化酵素を作り出す力は20代をピークに低下し、抗酸化作用は加齢と共に減弱してしまいます。そこで、体内での抗酸化酵素の生成を高めるためにも、食品から抗酸化作用を持つ栄養素を摂取することが大切です。抗酸化作用を持つミネラルとビタミンは、下記の食品から摂取できます。

| | 栄養成分・食品 |
|-------|--|
| ミネラル類 | 亜鉛、銅、セレン、マンガン、牡蠣、牛肉、豚肉、ウナギ、干しエビ、ココア、レバー、しらす干し、しょうが、海藻、豆類 |
| ビタミン類 | ビタミン C、ビタミン E |
| その他 | ポリフェノール類(アントシアニン、イソフラボン、セサミン、ルチン、カテキン、タンニン、リコピン、アスタキサンチン等) |

ビタミンCについてより詳しくは下記の URL に記載しています。

[ビタミン C の役割とは？ビタミン C 摂取にオススメのサプリメント](#)

<https://nacs-yamanashi.jp/supplement/vitamin/5410/>

ポリフェノールについてより詳しくは下記の URL に記載しています。

[ポリフェノール\(カテキン\)を摂取するメリット](#)

<https://nacs-yamanashi.jp/supplement/polyphenol/5113/>

[万能成分！ポリフェノールは植物由来の抗酸化物質](#)

<https://nacs-yamanashi.jp/supplement/kousanka/5967/>

5. NAD+試験による試験での抗酸化作用(還元力の評価)

前置きが長くなりましたが、今回弊社の還元型 E- TEN を用いて、他の抗酸化物質と比較して評価を行いました。

還元型 E- TEN とは、貝殻、真珠の真珠層、造礁サンゴ、骨又は卵殻を乾燥して得られた、カルシウム塩を主成分とするものを原料として、弊社ナックスの独自加工技術によりビタミン類などの抗酸化物質と同じ還元力を持つ原料です。

[還元型 E-TEN とは](#)

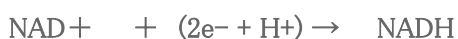
<https://nacs-yamanashi.jp/e-ten/>

還元型 E-TEN の抗酸化力(還元力)についての結果及び各抗酸化物質の比較について示します。

NAD+試験に関して

還元型 E-TEN の抗酸化力(還元力)を測定方法は、NAD+試験方法を用いて行いました。NADH 水溶液は、340nm 付近にてピークが出現し、NAD+水溶液は、340nm 付近で存在しません。これによりNAD+水溶液と還元型 E-TEN を反応させた溶液は、下記の図でわかるように 340nm 付近でピークが存在しています。

このことから NAD+水溶液が NADH 水溶液に変化していることがわかります。このことから下記の反応式が成り立ち、また還元型 E-TEN は、抗酸化力(還元力)があることが確認できます。



還元型 E-TEN の実測値

実験条件

- 準備
- NAD+1mmol/L 水溶液・・・NAD+0.0663g を精製水 100ml にて調整
- NADH0.5mmol/L 水溶液・・・NADH0.0035g を精製水 10ml にて調整
- NAD+1mmol/L 水溶液 15ml に還元型 E-TEN0.03g 投入した溶液

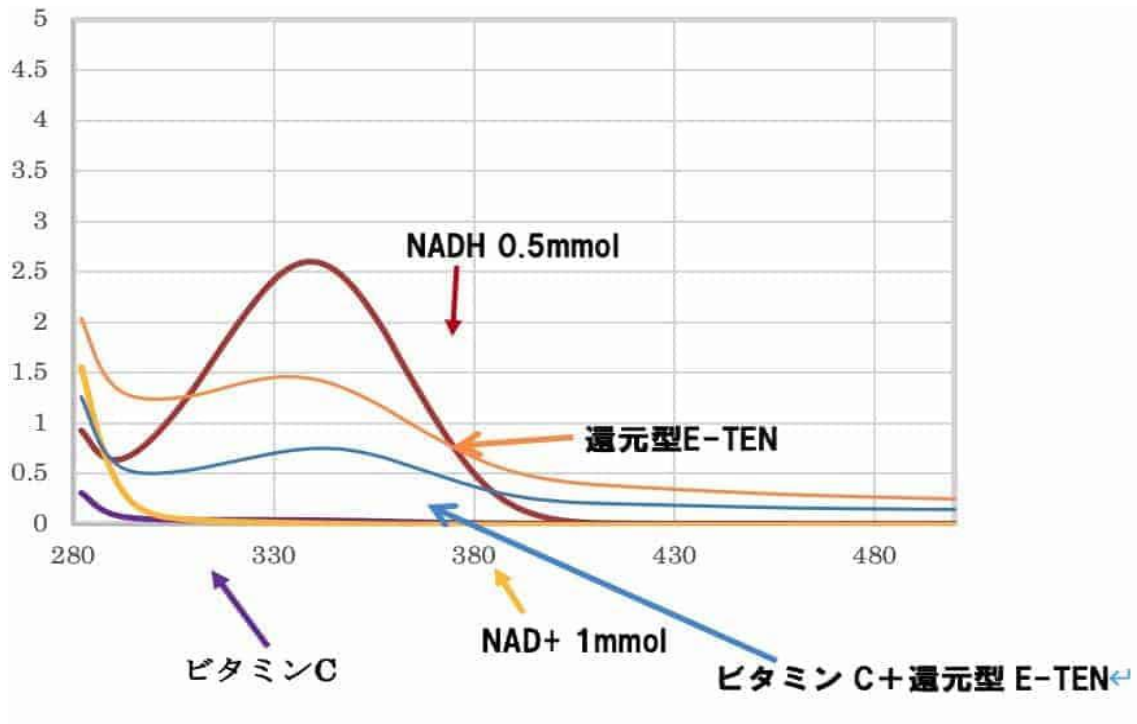
山梨県産業技術センターの紫外可視分光光度計(株式会社島津製作所)にて測定。

結果は下記の通りになります。

下の図は、NAD+1mmol/L 溶液の結果となります。NADH は、波長 340nm の紫外線をよく吸収しますが NAD+は、波長 340nm で吸収しないため、ピークが存在しない。

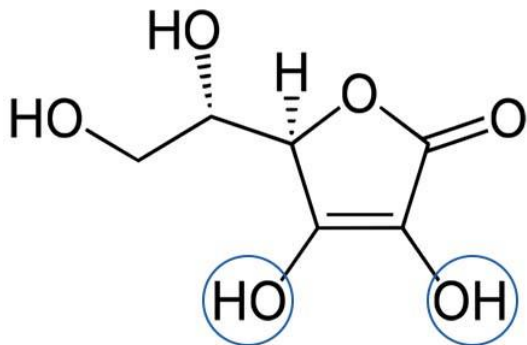
次に NADH0.5mmol/L 水溶液は、波長 340nm の紫外線をよく吸収するためピークが存在しています。

- NAD+1mmol/L 水溶液 15ml に還元型 E-TEN0.03g 投入した溶液
- NAD+1mmol/L 水溶液 15ml にビタミン C 水溶液を投入した溶液
- NAD+1mmol/L 水溶液 15ml にビタミン C 水溶液+還元型 E-TEN を投入した溶液



上記図より 還元型 E-TEN の還元力(電子量)は、 1.2×10^{22} 個 となります。

還元型 E-TEN と他の抗酸化物質の比較



抗酸化作用(還元力)の測定は、還元型 E-TEN は、弱アルカリ性、抗酸化物質類は、酸性のため測定方法が異なります。そこで、他の抗酸化物質に関して完全に反応した場合の理論値を計算して還元型 E-TEN との比較を行いました。

L-アスコルビン酸(ビタミン C)の水溶性で強い還元能力を有し、スーパーオキシド、ヒドロキシラジカル、過酸化水素水などの活性酸素類を消去します。

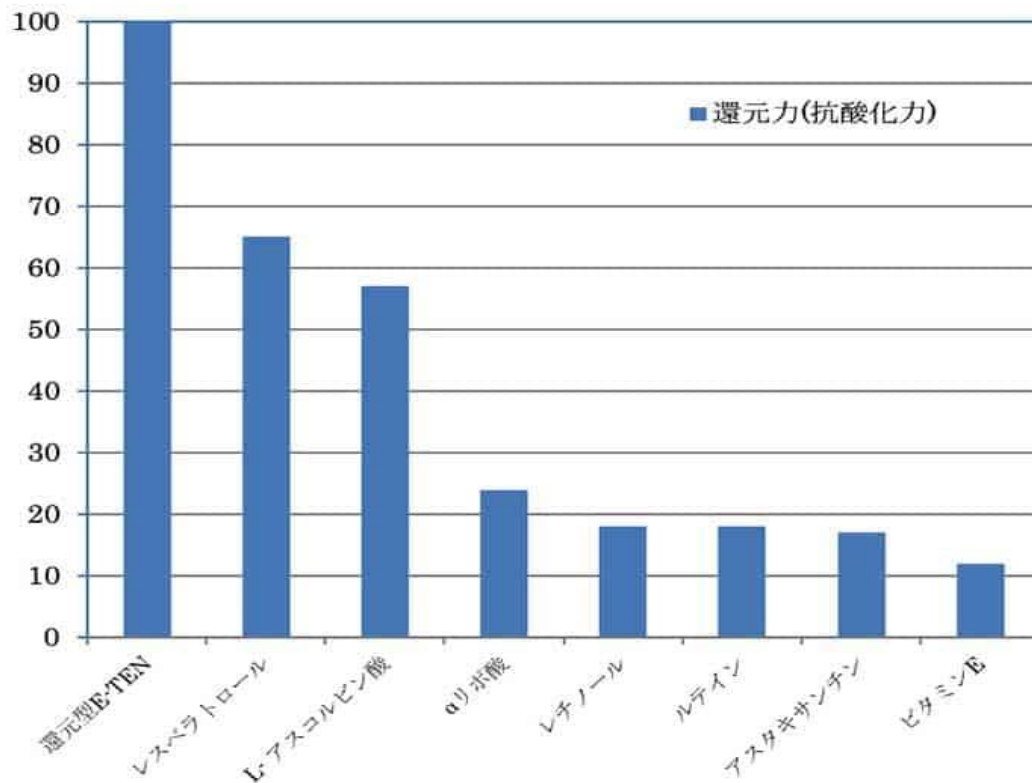
下記の図にて青丸で囲んだのがビタミン C の還元力を示すところです。

ビタミン C は、1分子に 2 個の電子($2e^-$)を有しています。分子量から求めると1g 当たりのビタミン C の抗酸化力(還元力)は、 0.68×10^{22} 個 となります。

同様にレスベラトロール、 α リポ酸、レチノール、ルテイン、アスタキサンチン、ビタミンEの化学式、分子量から算出し、還元型 E-TEN とそれぞれの抗酸化物質の還元力(抗酸化力)の比較を下記の表にまとめました。

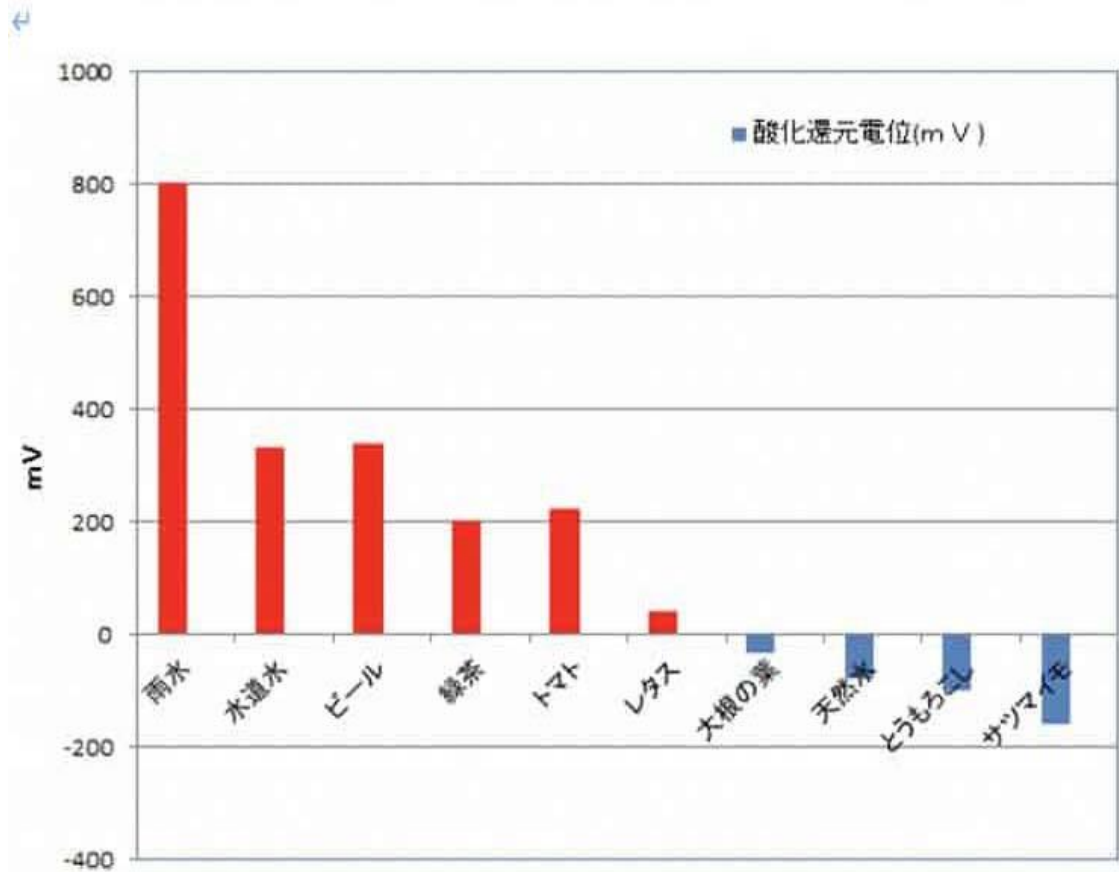
| 品名 | 還元力(抗酸化力) |
|------------------|--|
| 還元型 E-TEN | 1.2×10^{22} 乗 |
| レスベラトロール | 0.78×10^{22} 乗 |
| L-アスコルビン酸 | 0.68×10^{22} 乗 |
| α リポ酸 | 0.29×10^{22} 乗 |
| レチノール | 0.21×10^{22} 乗 |
| ルテイン | 0.21×10^{22} 乗 |
| アスタキサンチン | 0.2×10^{22} 乗 |
| ビタミンE | 0.139×10^{22} 乗 |

それぞれの抗酸化物質と比較してわかるように還元型 E-TEN の還元力が一番、数値が高いです。下記のグラフは、還元型 E-TEN の還元力(抗酸化力)を 100 とした場合の数値となります。



酸化還元電位を用いた評価方法について

参考にて今現在、食品等で口に入れている食材の数値を下記に示します。



一般的、良いとされている食材、飲料水は低い還元電位(mV)を示します。

*還元電位はpHの影響もありますが低ければ低い程、還元力(還元体・抗酸化力)が強いです。も少し、色々な食品や栄養素の数値を見てみます。下記の表が各食品、栄養素についての結果となります。

| 原料 | 酸化還元電位(mV) |
|-------------------|------------|
| ビタミン C | +143 |
| 貝殻未焼成カルシウム(アルカリ性) | -43 |
| 野菜発酵エキス末 A | +246 |
| 野菜発酵エキス末 B | +225 |
| 赤ワインエキス末 | +156 |
| シジミエキス末 | +46 |
| ビタミン C(別品) | +111 |

| | |
|-----------------|------|
| マルチビタミン | +136 |
| シトルリン | +71 |
| マカ粉末 | +31 |
| 高麗人参粉末 | +35 |
| α リポ酸 | +43 |
| コレウスフォルスコリンエキス末 | +146 |
| 大豆イソフラボン | +118 |

還元型 E- TEN の酸化還元電位の数値は、下記の通りになります。

還元型 E- TEN **-195mV**

どのサプリメント原料も +250mV 以下なので酸化度という視点から考えると低く良い原料と考えられます。

(※数値が低ければ低い程、還元力があります。)

酸化還元電位の測定を用いた還元型 E- TEN の還元力の可能性について

下記の表に還元型 E-TEN を添加することによって還元電位をさげることができます。そのことにより各サプリメント素材の機能性向上をサポートすることができます。下記に組み合わせ方による結果をまとめます。

マルチビタミンサプリメントの酸化還元電位の変化

| 品名 | 1時間後の酸化還元電位(mV) |
|-------------------------|-----------------|
| マルチビタミン 還元型 E-TEN 添加無 | 131 |
| マルチビタミン 還元型 E-TEN 30%添加 | -369 |
| マルチビタミン 還元型 E-TEN 20%添加 | -74 |

マカ粉末含有食品の酸化還元電位の変化

| 品名 | 1時間後の酸化還元電位(mV) |
|--------------------------|-----------------|
| マカ粉末含有食品 還元型 E-TEN 添加無 | 9 |
| マカ粉末含有食品 還元型 E-TEN 30%添加 | -209 |
| マカ粉末含有食品 還元型 E-TEN 20%添加 | -132 |
| マカ粉末含有食品 還元型 E-TEN 10%添加 | -90 |

妊活サプリメントの酸化還元電位の変化

| 品名 | 1時間後の酸化還元電位(mV) |
|--------------------------|-----------------|
| 妊活サプリメント 還元型 E-TEN 添加無 | 155 |
| 妊活サプリメント 還元型 E-TEN 30%添加 | -279 |
| 妊活サプリメント 還元型 E-TEN 20%添加 | -276 |
| 妊活サプリメント 還元型 E-TEN 10%添加 | -193 |

スピルリナ酵素の酸化還元電位の変化

| 品名 | 1時間後の酸化還元電位(mV) |
|-------------------------|-----------------|
| スピルリナ酵素 還元型 E-TEN 添加無 | 50 |
| スピルリナ酵素 還元型 E-TEN 30%添加 | -259 |
| スピルリナ酵素 還元型 E-TEN 20%添加 | -235 |
| スピルリナ酵素 還元型 E-TEN 10%添加 | -153 |

ブルーベリーエキス末の酸化還元電位の変化

| 品名 | 1時間後の酸化還元電位(mV) |
|----------------------------|-----------------|
| ブルーベリーエキス末 還元型 E-TEN 添加無 | 50 |
| ブルーベリーエキス末 還元型 E-TEN 30%添加 | -279 |
| ブルーベリーエキス末 還元型 E-TEN 20%添加 | -267 |
| ブルーベリーエキス末 還元型 E-TEN 10%添加 | -233 |

肌ケアサプリメントの酸化還元電位の変化

| 品名 | 1時間後の酸化還元電位(mV) |
|---------------------------|-----------------|
| 肌ケアサプリメント 還元型 E-TEN 添加無 | 50 |
| 肌ケアサプリメント 還元型 E-TEN 30%添加 | -340 |
| 肌ケアサプリメント 還元型 E-TEN 20%添加 | -317 |
| 肌ケアサプリメント 還元型 E-TEN 10%添加 | -260 |

ユーグレナの酸化還元電位の変化

| 品名 | 1時間後の酸化還元電位(mV) |
|-----------------------|-----------------|
| ユーグレナ 還元型 E-TEN 添加無 | 24 |
| ユーグレナ 還元型 E-TEN 30%添加 | -240 |
| ユーグレナ 還元型 E-TEN 20%添加 | -210 |
| ユーグレナ 還元型 E-TEN 10%添加 | -175 |

還元型 E-TEN は、他の抗酸化物質よりも抗酸化力(還元力)があることがわかります。また、既存サプリメントに還元型 E-TEN を配合することにより、既存サプリメントをより還元力を上げる原料(添

加剤)としても使用できることがわかります。還元型 E-TEN を使用することにより、サプリメントの機能性及びサプリメントの効果を期待することができます。

6. まとめ

抗酸化物質の測定方法や結果を報告させていただきました。このことから食品の栄養成分等の判断が NAD+ 試験、酸化還元電位の測定にて行えます。より酸化還元電位の測定が簡易的に行うことができます。良い食品か栄養素かの合否ができると考えられます。

この資料を参考に簡易的な測定をしてより良い食事をしていただければと思います。

加藤 寛士

株式会社ナックス 取締役・製品開発担当

(株)ナックス 2003 年 入社(設立) 自動車メーカー向け燃料電池用素材の研究・開発、電気自動車・ハイブリッド自動車向け蓄電池用素材の研究・開発、多数のサプリメント用原料の開発及び応用研究、抗酸化作用の反応機構の解明及び抗酸化作用物質の研究、サーチュイン遺伝子の仕組み及びサーチュイン遺伝子の活性化についての研究、ミトコンドリア活性化物質の開発に従事。