

[原著論文]

土壌の違いによる農産物の抗酸化力の比較 ～有用微生物群 (EM) 活用との差異に着目して～ 【第2報】

中井さち子¹⁾、丹羽光明²⁾、山崎成一郎²⁾、堀井 博²⁾

【要 旨】

「目 的」 生産方法の違いが、農産物の持つ抗酸化力にどのような影響を及ぼすのか、特に土壌養分の質の違いに着目し実験を行った。

「方 法」 慣行農法と有用微生物群 (EM) を活用した有機農法で別々に育てられた、自家採種の自然種の野菜 (ダイコン) の抗酸化力・糖度・電気伝導度・可給態窒素を圃場にて栽培測定した。測定機器はウイスマー社フリーラジカル評価システムF.R.E.E(Free Radical Elective Evaluator)、アタゴ社製Brix糖度計およびHORIBA社製コンパクト電気伝導率計B-173を使用し、測定を実施した。統計処理は、Studentのt検定を行った。

「結 果」 ダイコンにおける抗酸化力の平均値は、EM農法が $493.05 \mu\text{mol} / \text{ml}$ に対して慣行農法は $440.44 \mu\text{mol} / \text{ml}$ 、一方糖度の平均値はEM農法が7.5Brix%に対して慣行農法は7.1Brix%であった。抗酸化力 ($0.01 < p < 0.05$)、糖度 ($p < 0.01$) 共にEM農法のほうが慣行農法に比較して高い抗酸化力を示した。一方、野菜から体に入り、有害とされる硝酸態窒素は慣行農法が高かった。また養分 (肥料) は慣行農法の方が一気に土中に放出されるが、有機農法の方は微生物が養分を抱え込みながら徐々に土中放出することが示された。

「考察・結論」 有用微生物群を活用したEM農法の方が、慣行農法に比べて抗酸化力・糖度の高い農産物を栽培できることが示唆された。EM農法で育てられた抗酸化力の高い食材を摂取していくことは、活性酸素の影響を防ぎ、ヒトの健康維持に有用であると考えられる。さらに有用微生物群は土中で養分を作物に供給する調整能力があることが伺われた。

キーワード： 抗酸化力、糖度、慣行農法、EM農法、有用微生物群 (EM)

【緒 言】

東洋医学では、「医食同源」として食べ物が医薬品と同じくらいヒトの健康にとって重要なものであると考えられている。第1報に引き続き、我々は食材の質によって生活習慣病、なかでも活性酸素の影響を受けやすい病気に対して予防ができるのではないかと注目した。病気の原因はいろいろあるが、過剰な活性酸素が生体内のタンパク質やDNAと反応し、変性や過酸化脂質の生成を促進すると言われ、抗酸化力にも影響する¹⁾。第1報では農産物の生産過程 (慣行農法^{注1}と有機農法^{注2}) の違いによる土壌の質によって、抗酸化力に差異が生じるかどうかを検討した。その結果、有機農法による作物の方が高い抗酸化力を有することが判明した²⁾。

今回は、慣行農法とEM^{注3}を活用した有機農法 (以下EM農法) の差異を検討した。その結果、有機

物を効果的に養分変換するEMを活用する³⁾ ことによって高い抗酸化力、高い糖度の作物が得られたので報告する。

【目 的】

第1報ではプランター栽培で有機農法の、高い抗酸化力を持つルッコラやコマツナを提供できるということがわかった。今回は特に実際の圃場において抗酸化力にどのような影響を及ぼすのか、特に土壌に有用な微生物が、土壌に与える影響に着目し、国内で95%以上の実施がなされている慣行農法をコントロール区とし、有用微生物群 (EM) を活用する方法をEM区として比較調査を行った。

【対 象】

1. 対象作物の選定理由

¹九州看護福祉大学看護福祉学部鍼灸スポーツ学科 ²NPO統合医療利用者ネットワーク

慣行農法では、化学肥料や化学合成農薬を使用するが、これらは特に活性酸素を生成しやすい酸化物質を多く含むとして、農林水産省の外郭団体である農研機構などでも食品の抗酸化力調査などが始まっている^{4) 5)}。そのため、第1報で使用した作物（コマツナ：葉菜類）よりも、栽培期間が長く土壌の影響が大きいと思われる自家採種^{注4}されたダイコン（根菜類）を選んだ。

2. 対象作物の栽培

東京都練馬区内の同一畑に栽培区とコントロール区（国内農業のシェア95%以上で使用されている慣行農法をコントロール区とした）を設置した。栽培区と添加する資材は下記の表1の通りとし、肥料設計に見合う資材（表1）を播種前にそれぞれ300gずつ混入した。（H24. 8. 18）

栽培区とコントロール区は10m以上離し、同時期、同面積（3m²）にダイコンを播種（H24. 9. 17）した。

間引き（H24. 10. 11）後は10日に1回、EM区にはEM希釈液（EM1号・EM3号の1000倍希釈液、EM7号5000倍）を、コントロール区には水をそれぞれ1ℓ/m²散布した（表1）。

表1：栽培区の肥料設計と使用資材

| 区 | N | P | K | 使用資材 |
|--------|---|---|---|---|
| コントロール | 5 | 2 | 2 | 化成肥料 75g ² +硫安 42g ² 、水 3ℓ ² |
| EM | 5 | 2 | 2 | EMⅡ型ボカシ 300g ² 、EM希釈液 3ℓ ² |

※肥料設計はEMボカシ^{注5}に合わせた。（EM活用技術事例集 2003年度）

【方法】

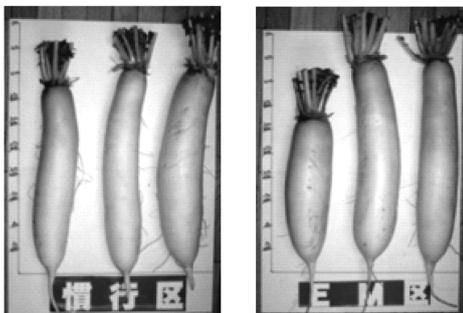


図1：測定ダイコン写真

1. 検体の収穫

栽培区とコントロール区内の中央部1本、周辺部2本の計3本をそれぞれ収穫した。（H24. 12. 17）（図1）

2. 検体の抽出

各群の検体用ダイコンの全体（葉部を除く）を10等分に切り（1）、切った部位を1つ置きに選び出し（2）、それを4等分に切り（3）、対角の部位20片（4）を折りおろして液を抽出した（図2）。

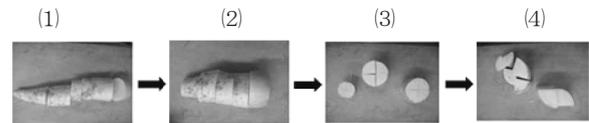


図2：測定ダイコン抽出方法写真

3. 抗酸化力の測定

ウイスマー社フリーラジカル評価システム F.R.E.E (Free Radical Elective Evaluator) を使用し、OXY吸着テストにて測定を実施した。測定は得られた抽出液サンプル（検体）10μl（1/100に希釈）をHClO溶液1mlに入れ混合し、37℃で保温した。10分後、呈色液クロモゲンを滴下し、光度計546nmの波長で、3本の抽出液サンプルをそれぞれ6回3秒間計測し、自動的にブランクのHClO濃度と比較、消去したHClO濃度をμmol HClO/mlの単位で結果を記録した。

4. 糖度の測定

アタゴ社製Brix糖度計を使用し、3本の抽出液サンプルをそれぞれに3回測定した。Brix%の単位で結果を記録した。

5. 土壌EC^{注6}の測定

HORIBA社製コンパクト電気伝導率計B-173を使用し100mlスチロールびんに風乾細土10g、純水50mlを入れ、栓をして60分間浸透し、電気伝導度計で測定後、S（ジーメンス）/cmの単位で結果を記録した。

6. 可給態窒素^{注7}の測定

土壌中の養分残渣を検証するため、ダイコン収穫後（H24. 12. 17）の土壌に残っている可給態窒素（アンモニア態窒素、硝酸態窒素、熱水抽出性窒素）の測定を（公財）自然農法国際研究開発センターに依頼した。

7. 統計処理

EM区とコントロール区の比較において対応のないStudentのt検定を行った。なお、統計学的有意差の判定は危険率5%未満(p<0.05)とした。

【結果】

1. 抗酸化力

抗酸化力の平均値はコントロール区440.44μmol HClO/ml に対し、EM区は493.05μmol HClO/mlと有

意 ($P < 0.05$) に高かった。(図3)

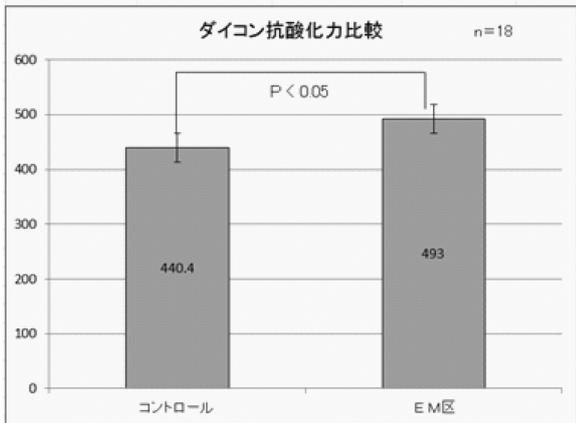


図3: ダイコン抗酸化力比較 単位: $\mu\text{mol HClO/ml}$

2. 糖度

糖度の平均値はコントロール区7.1Brix%に対し、EM区は7.5Brix%と有意($P < 0.01$) に高かった。(図4)

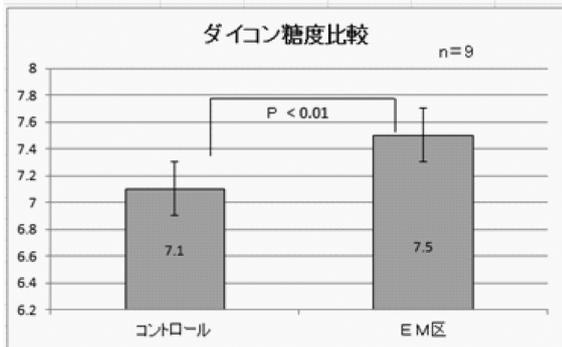


図4: ダイコン糖度比較 単位: Brix%

3. 土壌EC

栽培区、コントロール区に肥料設計に見合う資材を投入する前 (H24. 8. 18) は各群とも180.8 $\mu\text{S/cm}$ と同じであったが、播種時 (H24. 9. 17) では、コントロール区570.0 $\mu\text{S/cm}$ 、EM区127.0 $\mu\text{S/cm}$ とコントロール区が約4.4倍高い値を示したのに対し、収穫後 (H24. 12. 17) はコントロール区69.8 $\mu\text{S/cm}$ 、EM区39.0 $\mu\text{S/cm}$ と約1.7倍まで格差が縮まった(図5)。

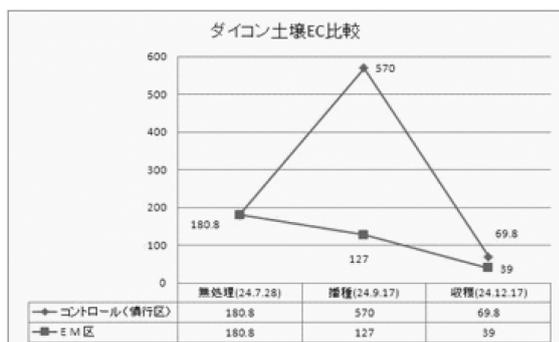


図5: ダイコン土壌EC比較 単位: $\mu\text{S/cm}$

4. 可給態窒素 (ダイコン栽培土壌の比較)

表2: 可給態窒素比較

| | アンモニア態窒素 mg $\text{NH}_4\text{-N}/100\text{gDS}$ | 硝酸態窒素 mg $\text{NO}_3\text{-N}/100\text{gDS}$ | 熱水抽出窒素 mg $\text{N}/100\text{gDS}$ |
|-----|---|--|---------------------------------------|
| 慣行区 | 0.11 | 0.79 | 4.14 |
| EM区 | 0.16 | 0.54 | 5.11 |

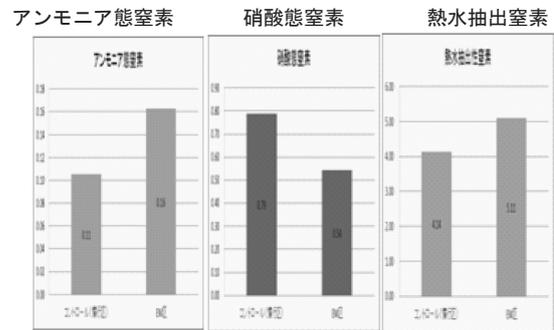


図6 可給態窒素 比較

※測定: (公財) 自然農法国際研究開発センター

アンモニア態窒素は、コントロール区0.11mg $\text{NH}_4\text{-N}/100\text{gDS}$ 、EM区0.16mg $\text{NH}_4\text{-N}/100\text{gDS}$ で、EM区の方が高い値を示した(図6左)。一方、体に害があるといわれる硝酸態窒素⁴⁾は、EM区0.54mg $\text{NO}_3\text{-N}/100\text{gDS}$ 、コントロール区0.79mg $\text{NO}_3\text{-N}/100\text{gDS}$ で、コントロール区の方が高い値を示した(図6中)。また、熱水抽出性窒素はコントロール4.14mg $\text{N}/100\text{gDS}$ 、EM区5.11mg $\text{N}/100\text{gDS}$ とEM区の方が高い値を示した(図6右)。

【考察】

現在社会で生活している私たちを取り巻く環境では、紫外線をはじめ排気ガス、大気汚染、ストレス等により、活性酸素が増えていると日本SOD研究会⁶⁾などでも言われている⁷⁾。同時に「呼吸は必要であるが、同時に人体中に活性酸素も生まれている⁸⁾。」と白澤は述べている。日本の死亡原因の順位は、1位が癌(平成18年厚生労働省人口動態統計)であったが、活性酸素は良い面もあるが、遺伝子を傷つけて癌の原因になるとも言われている^{5,7)}。活性酸素により私たちの体は酸化され、サビがつくような事態にならないように、酸化を防いでくれる抗酸化力の高い食べ物をとる必要がある^{5,9)}。

今回の研究では、慣行農法とEM農法で育てられたダイコンを比較すると、EM農法の方が、抗酸化力が高いという結果が得られた。また、糖度が高く、硝酸態窒素は慣行農法より低いという結果となった。糖度の高低については、「糖度と硝酸態窒素には、

負の相関関係があり、硝酸態窒素が少ない方が糖度は高い^{5,10)}と愛媛大学の上野は述べている。つまり、硝酸が多い野菜は糖分が少なくなるという。これは、アミノ酸合成のために糖分が分解されてしまうからであり、糖分蓄積が減り、野菜の甘さ(美味しさ?)が失われてしまうからであることが推察される。糖度の値と人間が感じる甘さとの関係は個人差もあるので、検討していかなければならない課題ではあるが、昨年開催された、熊本県玉名市食育フェア¹¹⁾での市民を対象に慣行農法と有機農法で育てられた野菜の食べ比べでも、60%以上の方が有機農法の方が甘く感じるという感想であった。味についての硝酸の影響では、硝酸濃度の高い葉物野菜を食べると特有の「えぐみ」¹⁰⁾を感じると言われている。

また硝酸態窒素については、人体に与える影響として、硝酸態窒素を多く含む野菜を食べると、メトヘモグロビン血症や癌になる健康リスクが高いことが知られている^{5,7)}。そのため、農林水産省は2012年に食品安全に関するリスクプロファイルシートで硝酸態窒素を多く含む飲料水・野菜から摂取されるその害を指摘し、硝酸態窒素汚染低減対策も出されている¹²⁾。また、WHOでは、1948年のアメリカ公衆衛生協会^{13,14)}による調査に基づき、飲料水に含まれている硝酸態窒素濃度の上限値を10ppmと定めている¹⁵⁾。硝酸態窒素の安全基準として、体重1kgあたり3.5mgまでとしている^{12,13,14)}。野菜や水の摂取量も考えていかなければならない。

土壌ECの格差が、播種時に慣行農法(コントロール区)がEM農法の4倍もあった(図5)。また、収穫後の土壌の可給態窒素の硝酸態窒素も多かった(表2・図6)。このことは施肥後、播種から初期生育までの間に慣行農法区の窒素は硝酸態窒素として一気に作物に吸収され、EM区は微生物が養分を抱え込み、逐次作物に必要な量を土中に変換したと考えられた。

今回の結果、有機物を効果的に養分変換しているであろう有用微生物群(EM)を活用することによって高い抗酸化力、高い糖度のダイコンが得られた。さらにEM農法の方が硝酸態窒素の蓄積を軽減すると同時に糖度の高いおいしい野菜を提供できるということがわかった。

抗酸化力が高く、硝酸態窒素の低い農産物の摂取

が、癌予防や健康維持に重要と考えられる^{8,16)}。神農本草経(中国最古の薬学)^{17,18)}では、薬効別に上薬(上品)(生命を養う目的・長期服用が可能・不老長寿の作用がある)、中薬(中品)(使い方次第では毒にもなる)、下薬(下品)(治病薬・毒性が強いため長期にわたる服用は避けた方がよい)と分類している。

私たちが考える医食同源における食は、医薬としての上薬であらなければならない。上薬(養命薬)とは毎日摂取することによって、体質を強化し、体のバランスを保ち、副作用が無く、他の薬の副作用を軽減するものである。今回のEM農法で育てられたダイコンは、硝酸態窒素の低い食材であり、抗酸化力も高く、まさに上薬と考えられる。抗酸化力という観点から人の健康づくりを見るようになった。

慣行農法より有機農法での食材は費用が高くつくという声もあるが、可能なかぎり、EM農法などで育てられた、抗酸化力が高く、硝酸態窒素の低い野菜を摂取して、体の中の酸化を防ぐ抗酸化作用を高める予防対策で、生活習慣病予防・健康保持に良い影響を期待したい。

【結 語】

土壌に有用な微生物が効果的に働くEM農法の方が、慣行農法に比べて、抗酸化力・糖度の値が高く、硝酸態窒素の低いダイコンを栽培できることが示唆された。さらに有用微生物群が土壌の持続的な栽培について効果を有することが示唆された。

【謝 辞】

本研究にあたり、ご協力いただいた統合医療利用者ネットワーク、自家採種の自然種を提供くださった(公財)自然農法国際研究開発センター、有用微生物群(EM)を提供してくださった(株)EM研究所、ならびに研究圃場の提供をくださった農家中井川薫氏に深謝いたします。

【文 献】

- 1) 若木学・渡辺純. 産地および収穫時期の違いがほうれん草・小松菜・トマト・キュウリの抗酸化能に及ぼす影響. 食総研報. 2014; Rep. Nat' I Food Res. Inst (No. 78) : P65-71.
- 2) 中井さち子・丹羽光明・山崎成一郎. 土壌の違いに

よる野菜の抗酸化力への影響. 九州看護福祉大学紀要. 2011 ; vol12 (No1) : p 125-130.

- 3) 全国EM普及協会. EM基礎講座. 静岡県 : 株式会社EM研究所 ; 1998. p4-13.
- 4) 上野秀人. 葉物野菜の化学肥料施肥を考える. 自然農法誌. (公財 自然農法国際研究開発センター) ; 2013 vol 69.
- 5) 上野秀人. 葉物野菜の化学肥料施肥を考える. 自然農法誌 (公財 自然農法国際研究開発センター) 2013 ; (vol 69) : p 10-13.
- 6) 丹羽耕三. 活性酸素と活性酸素による障害. 日本SOD研究会会報. NO. 11 スポーツと活性酸素 (前篇) 激しい運動は短命や万病のもと. p 1.
- 7) カラダの教科書. 「活性酸素が増える原因や環境とは」. Copyright©2013.
- 8) 白澤卓司. 100歳までボケない101の方法. 東京都. 文春新書 ; 2011. p 769.
- 9) 丹羽真清. 野菜の中身を評価する. 自然農法誌 (公財 自然農法国際研究開発センター) 2014 ; vol 71 : p 4-11
- 10) 田中福代. 成分分析で迫る有機農産物風味. 野菜だより. GAKKEN. 2013 ; 7月号 : p 117-118
- 11) 中井さち子. 健康づくり！自然農法産の元気なお米や野菜から. 自然農法誌 (公財 自然農法国際研究開発センター) . 2014 ; vol 71 : p 12-17
- 12) 農林水産省. 食品安全に関するリスクプロファイルシート. 2012.
- 13) 硝酸態窒素の人体への影響について. 株式会社アドバンティック・サンスイ・インフォメーション : p1-4.
- 14) Walton G. Survey of literature relating to infant methemoglobinemia due to nitrate-contaminated water. Am. J. Public Health 41 ; 1951 : p986-996.
- 15) International standards for drinking-water by WHO (1958).
- 16) 丹羽光明. 無農薬食材の身体への影響 (第3報) . 人体科学会第19回大会. 2009 ; p頁～頁
- 17) 神農本草経. 東京. オリエン特出版. 3巻4巻5巻.
- 18) 神農本草経. 薬学用語解説—日本薬学学会. 食養内科勉強会資料 ; 2004.

【注 釈】

注1 活性酸素を多くつくりやすい酸化物質を多く含むのが化学肥料や化学合成農薬である。これらを多く含んだ土壌での生産方法は慣行農法といわれている。

注2 化学肥料や化学合成農薬を用いず、肥料成分を草堆肥や有機質資材を土の中で無機質肥料に転換させ、病虫害対策には自然界に存在する天敵生物や忌避剤を用いて行う生産法は有機農法といわれている。

注3 EMとはEffective (有用) Microorganisms (微生物群) の略語。“有用な微生物の集まり”という意味で自然界から採種し、抽出、培養した微生物 (乳酸菌・酵母菌・光合成細菌など自然界を浄化する働きや物質の生合成を行う働きを持つ有用な微生物を、人間の手によって培養させた複合微生物集団を培養液としたもの)

注4 (公財) 自然農法国際研究開発センターで自家採種し育種した種子

注5 EMボカシとは、EMで有機物 (米ヌカ・油カス・魚カスなど) を発酵させた資材で、いわゆる一般でいう「ボカシ肥」と同じようなもので、嫌気状態で作製するのが特徴

注6 ECとは電気伝導率といい、「土壌溶液中を流れる電流の流れ方によって土壌に含まれる塩類濃度の指標を見るもの。

注7 作物が吸収利用できる無機態窒素に変化し得る有機態窒素をいう。土壌中の窒素の形態は有機態窒素と無機態窒素の2つに大別される。無機態窒素はアンモニア態窒素と硝酸態窒素で、アンモニア態窒素は、畑では腐植や粘土粒子に吸着され保持され、微生物によって硝化され硝酸態窒素となり植物に吸収される。また硝酸態窒素は、大半の畑の植物が吸収する窒素の形態で、水に良く溶けて即効性があるが、土壌に吸着されにくく水によって地下に流れやすい。有機態窒素とは、土壌中には植物の遺体や生息している微生物、小動物の中に存在する窒素で、植物に吸収されやすい有機体の窒素の評価方法として熱水抽出性窒素がある。熱水抽出窒素は、土壌を28℃か30℃の恒温で1ヶ月保存した時に出てくる窒素量と相関があるといわれ、植物が将来利用することができる窒素量と考えられる。

[Original Article]

Comparison of anti-oxidation effect of agricultural products based on differences in the soil
-Focusing on differences with Effective Microorganism (EM) technology-
[The second report]

Sachiko Nakai¹, Mitsuaki Niwa², Seiichiro Yamazaki², Hiroshi Horii²

¹*kyushu University of Nursing and Social Welfare, Department of Sports Acupuncture and Moxibustion, Tomino 888, Tamana-shi, Kumamoto 865-0062, Japan.* ²*NPO Integrated Medicine Users Network*

[Abstract]

Purpose: This study was conducted to examine how different farming methods can influence the levels of anti-oxidation and sugar contents in vegetables, specifically focusing on differences in the nutritional content of soil.

Methods: Seeds of Daikon (White Radish, *Raphanus sativus* var. *longipinnatus*) were prepared. They were organically harvested and self-seeded. The seeds were separately grown in different plots with two different farming methods: Organic and Conventional. The organic farming method used in this research specifically refers to that using EM (Effective Microorganism) technology (EM organic farming hereafter). Daikon were grown in the different plots, and their changes were measured in the anti-oxidation, sugar content, electrical conductivity, and available nitrogen. A device called FREE, Free Radical Elective Evaluator, manufactured by Wismerll Co. Ltd., was used. B-173 Electric Conductivity Meter, manufactured by Horiba Ltd., and Brix Meter by Atago Co. Ltd. were also available for measuring the soil and vegetable contents. Student's t-test was used to assess significance.

Results: Average levels of anti-oxidation in Daikon were 493.05 $\mu\text{mol/mL}$ with the EM organic farming, and 440.44 $\mu\text{mol/mL}$ with the conventional farming. Regarding the Brix average, EM organic farming yielded a 7.5 brix%, and that for conventional farming was 7.1 brix%.

EM organic farming led to higher levels of anti-oxidation and sugar contents than conventional farming ($p < 0.05$). It was also noted that the nutritional contents were spread uniformly in the conventional soil and vegetables; on the other hand, in the organic soil, they were absorbed by microorganisms and gradually accumulated in the vegetables.

Discussion and Conclusion: In this study, compared to conventional farming, EM organic farming produced vegetables containing higher levels of anti-oxidation and sugar contents. The daily intake of organically grown produce using EM technology may be beneficial for human health due to its higher content of anti-oxidants. Effective microorganisms in the soil also have the ability to optimally adjust the nutritional content of produce.

Keywords: *Anti-Oxidation, Sugar Content, Conventional Farming, EM Organic Farming, Effective Microorganisms (EM)*