

## 2023年度 新産業創出研究会「研究成果報告書」

### 「乳酸菌植物発酵エキスを用いたスポーツ競技パフォーマンスに貢献する

### 補助食品の開発」

[ 岡山県立大学情報工学部人間情報工学科, 教授 ]

[ 綾部 誠也 ]

#### 1. はじめに

スポーツ選手は、過酷な状況下での高い身体能力を求められる。日常的に高い負荷での練習を積み、身体機能の向上に取り組んでいる。特に、エリートスポーツ選手においては、わずかなパフォーマンスの差が勝敗を分ける。従って、エリートスポーツ選手は、日頃のトレーニングの成果を最大化することが求められる。すなわち、スポーツ選手が身体能力を最大化するためには、身体コンディションを適切に維持する必要がある、そのために、トレーニング以外の部分への配慮も欠くことが出来ない。

スポーツ選手の栄養補給は、身体コンディションの維持に貢献する。ただし、スポーツ選手は、エネルギー需要が大きく、非鍛錬者と異なるため、通常の食事に加えて、サプリメントなどの補助食品を用いて、エネルギー需要を充足することが普及している。サプリメントは、カロリーや三大栄養素、ビタミン・ミネラルの補給のために幅広く用いられており、一般にも広く流通するようになっている。

その中で、トマトの葉から抽出されるトマチジンは、新たなサプリメントの一つである。本申請グループは、トマト葉からトマチジンを抽出する技術を有している。生のトマト葉は、トマチン（アルカロイド配糖体）が存在するが、この度トマチンを除去（分解）することにより、トマチジンへ変換される。トマト（*Lycopersicon esculentum*）は南米原産のナス科の植物で、食用部である果実は、これまで多くの研究がなされており、抗酸化作用やガンのリスク低減、動脈硬化予防、抗アレルギー作用、などが報告されている（1）。しかし、トマトの非食用部分である葉茎はバイオマス資源であり、有効な利用方法が求められているが、実際にはそのほとんどは農産廃棄物として廃棄されており、トマト葉の有効性についてはほとんど検討されていない。

しかし、ヒトを対象とした研究における効能はコンセンサスが得られるまでには至っていない。すなわち、このトマチン・トマチジンを含む新規サプリメントの開発に際しては、まずは、その安全性を確認し、次いで、その用法・容量を明らかにする必要がある。

本研究は、スポーツ競技パフォーマンスに貢献する補助食品の開発のための基礎的研究として、トマト葉エキスを主体とする補助食品について、安全性と摂取方法（用法・容量）を明らかにすることを目的とした。

#### 2. 概要

本研究は、スポーツ選手の競技力支援に貢献するトマト葉エキスを主体とする補助食品を開発することを目的とした。本研究は、新たに開発したサプリメントについて、成分分析、安全性の検証、また、スポーツ選手の競技力向上に資する摂取方法（用法・容量）を明らかにすることを目的とした。

### 3. 研究成果および今後の課題

#### 3-1. 新規サプリメントの成分分析

新たに開発したサプリメントを示す（右図）。

分析は、試料の前処理として、トマチンは溶媒抽出法に従い、トマチジンは加水分解法に従って調製した。測定は、液体クロマトグラフィー質量分析法により行った。測定装置は、HPLC system: Shimadzu Prominence、LC-MS/MS system: AB SCIEX 3200\_Q TRAP を用いた。

本研究で作成したサプリメント（JUN javala&tomato：以下新規サプリメント） 2.5g 分包は、1g 当たりのトマチンの含有量が  $1.2\mu\text{g}$ 、トマチジンの含有量が  $11.4\mu\text{g}$  であった。従って、1 包（2.5g）当たりのトマチンの含有量が  $3.0\mu\text{g}$ 、トマチジンの含有量が  $28.5\mu\text{g}$  であり、この新規サプリメント 2.5g 分包を 1 日に 3 回（毎食後に）1 包ずつ摂取したとすると、1 日のトマチンの摂取量は  $9.0\mu\text{g}$ 、トマチジンは  $85.5\mu\text{g}$  であった。



#### 3-2. 新規サプリメントの安全性

3-1 の結果に基づいて新規サプリメントの安全性を検証した。

食品の安全性は、食べる量によって有害にも無害にもなる。これは水や塩でも同様のことが言える。そして、その安全性を評価するには、毒性試験など、さまざまな情報を得て多方面から検討することが重要である。

新規サプリメント（2.5g 分包）は、乳酸菌・酵母発酵エキスをベースとして、トマト葉発酵エキスとジャバラ発酵エキスがブレンドされたペースト状の健康食品である。ベースとなっている乳酸菌・酵母発酵エキスは 20 年以上の製造販売実績があるものである。ジャバラも食経験のある果物である。トマト葉については、未利用バイオマス資源であり、これまでほとんど研究されていなかったが、近年お茶や加工食品、サプリメント・医薬品の原料として研究が進められるようになってきた。



トマトの茎・葉には完熟果実と比較して多量のトマチンが含まれている。しかし、このトマトの茎・葉を黒砂糖で長期間漬け込んで発酵熟成させたトマト葉発酵エキスは、乳酸菌や酵母による発酵により、毒性の高いトマチンが減少するとともに、一部は糖鎖がとれて毒性の低いトマチジンに変換されることを確認している。また、発酵技術も確立されたため、特許出願もなされている（特願 2023-121002）。

新規サプリメント（2.5g 分包）のトマチンは 1g 当たり  $1.2\mu\text{g}$  であった。トマトに含まれるトマチンの量は、1g 当たり  $0.4\mu\text{g}$  と報告されている。市販されているトマトは 150g~300g である。例えば、トマト 1 個を 200g として考えると、トマト 1 個を食べると  $80\mu\text{g}$  のトマチンを摂取していることになる。夏の食事では、1 人が 1 回の食事でも 2~3 個のトマトを食べることもあるが、身体に異変を感じることは無い。トマチンのマウスによる急性経口毒性試験（LD50）の結果は、500 mg/kg と報告されている。これを体重 50kg のヒトとして換算すると、マ

ウスとヒトでは本当に効果が同じであるかという問題があるかもしれないが、トマチンは1回に25g 摂取しないと半致死量にはならない。

また、トマチジンは、新規サプリメントの内包量が1包 当たり 28.5  $\mu\text{g}$  であった。トマチジンについてはマウスによる無影響量 NOEL 20 mg/kg/day for 200days という値を用いて検討した。トマチン・トマチジンの許容一日摂取量 (ADI : Acceptable Daily Intake) は、10 mg と推測されている。従って、新規サプリメントのトマチジン含有量は、ごく微量であり、毒性を示す量でないと考えられた。これらのことから、新規サプリメント (2.5g 包) のトマチン・トマチジン含有量は、1日に1から3包を摂取しても、毒量を示す量には至らないと結論される。ただし、本新規サプリメントに限らず、過度の摂取には注意が必要であることは言うまでもない。すなわち、本研究の結果は、新規サプリメントについて、1日3包の摂取が毒量を示す量には至らないことを示すものであり、安全性を確立するまでには至っていない。この新規サプリメントの安全性を示すためには、ADIに関する知見のコンセンサスを経て、一般化できる。

表1 新規サプリメントのトマチン・トマチジンの含有量とトマトの含有量と許容一日摂取量

|       | 新規サプリメント<br>(1包 2.5g 当たり) | トマト<br>(200g 当たり) | 許容一日摂取量 |
|-------|---------------------------|-------------------|---------|
| トマチン  | 3.0 $\mu\text{g}$         | 80 $\mu\text{g}$  | 10 mg   |
| トマチジン | 28.5 $\mu\text{g}$        | -                 | 10 mg   |

### 3-3. スポーツ選手の競技力向上に資する摂取方法

3-1、3-2に基づいて、スポーツ選手の競技力向上に資する摂取方法について検討した。これまで、一般的サプリメントが身体に及ぼす影響に関する研究においては、摂取量と摂取期間がその効果量に影響を及ぼすことが確認されている。すなわち、筋内のクレアチンリン酸の濃度を高める効果、運動中のエネルギー代謝へ及ぼす効果、筋力トレーニングの効果としての筋肥大への効果、など多岐にわたる効能が信頼度の高い試験や知見を経て示されている。ただし、トマチン・トマチジンが人体へ及ぼす影響について、先行研究においてコンセンサスが得られるような一貫した知見はない。人に対する効能を確認するためには、多人数を対象としたダブルブラインド比較対照試験などの精度高い試験を経て慎重に判断する必要がある。

このうえで本研究は、スポーツ選手の競技力向上に貢献するサプリメントの有効量を検討した。その結果、これまでの他サプリメントでの知見や動物事件での結果に基づいて、検討したものの、この新規サプリメントの有効量を見出すことができなかった。従って、この新規サプリメントは、最適量が不明なままであり、特に、効能を得るための有効量と接種許容上限量が不明な点が問題として残されている。すなわち、スポーツ選手に限らず、ヒトが効果を得るための最低限の量と安全に摂取するための上限量が明らかになっていない。

### 3-3. 今後の課題

新規サプリメントの今後の課題は、スポーツ選手の競技力向上に資する摂取方法について、明確な知見を得ていない点である。本研究は、新規サプリメントの有効量を明らかにすることができなかった。その結果、スポーツ選手を対象とした効果検証試験での効果を明らかにすることを目的としていたものの、その実施に至らなかった。今後、新規サプリメントについては、その有効量を明らかにする必要がある。

## 4. おわりに

本研究は、スポーツ選手の競技力支援に貢献するトマト葉エキスを主体とする補助食品を開発することを目的として、新規サプリメントの安全性と用法容量を検討した。具体的には、本新規

サプリメントにおけるトマチン・トマチジンの含有量の分析を行い、その評価を行なった。結論として、本研究は、1日3包の摂取が推定される摂取量では毒量を示す量には至らないこと確認できたものの、安全性を確立するまでには至らなかった。すなわち、本研究で用いた新規サプリメント（トマト葉エキスを主体とする補助食品）は、安全かつ効果的な摂取方法が不明なまま残されていると言わざるを得ない。本研究において1日3包の摂取が毒量に程遠いことを確認したものの、製品の一般化を鑑みれば、摂取許容上限が必要不可欠である。

#### 5. 本研究の今後の計画

トマト葉エキスを主体とする補助食品は、現段階において、スポーツ選手のみならず、広く一般普及を推奨する根拠が見当たらない。同製品については、同製品の摂取上限量を明らかにした上で、有効量を検討する手順が必要である。

本研究開発で目指すサプリメントは、地域循環型の製品開発工程を持つ。トマト葉は、プラント工場から排出される廃棄物であり、有効利用は廃棄物処理にかかる処理コストの低減につながる。地元で栽培される野菜、果物を素材に黒糖還元による抽出液を発酵熟成させサプリメント化し、これらの製品素材に絡む地域製品の流通や食材の開発、製品化などブランド化に取り組む。

#### 6. その他

(1) 出願特許（タイトル・出願番号・発明者・特許権者など）  
なし

(2) 投稿論文（タイトル・学会名等）  
なし

(3) 本研究会の参加企業・団体名  
株式会社 伊座  
福山シティフットボールクラブ

以上