

トマトジュース摂取がストレス緩和に及ぼす影響

藤瀬 朋子¹⁾ 佐々木 久美²⁾ 古川 智子³⁾
 矢羽田 歩³⁾ 古賀 民穂²⁾ 大和 孝子¹⁾
 青峰 正裕¹⁾ 太田 英明¹⁾

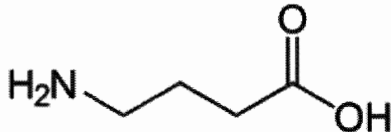
The effects of tomato juice on mental stress recovery

Tomoko Fujise¹⁾ Kumi Sasaki²⁾ Satoko Furukawa³⁾ Ayumi Yahada³⁾
 Tamiho Koga²⁾ Takako Yamato¹⁾ Masahiro Aomine¹⁾ Hideaki Ohta¹⁾
 (2008年11月28日受理)

【緒言】

γ -アミノ酪酸 (GABA) (Fig.1) は生物界に広く存在するアミノ酸の一種であり、野菜、果物をはじめ発酵食品に至るまで幅広く含まれており、日常生活の中で摂取されている食品成分の1つである。GABAは脳内に高濃度に存在し、抑制性の神経伝達物質として作用することが知られており、血管拡張、交感神経抑制などによる血圧低下（上昇抑制）作用¹⁻⁴⁾、ならびに精神安定作用⁵⁾、抗ストレス作用⁶⁾等も報告されている。このように有用な生理作用からGABAは機能性食品素材として注目されている。

Fig.1 Structure of GABA



一方、現代はストレスの時代ともいわれ、過度なストレスは身体の不調、種々の疾病、老化の原因との関連が報告されている⁷⁾。そのため、GABAの抗ストレス作用に高い関心が集まっており、GABAを高含有する食品ならびにGABAを強化した食品のストレス緩和作用に関する研究も報告されている。野口ら⁸⁾は、GABA強化ジャガイモ菓子 (GABA 100 mg) の摂取試験において、非強化菓子摂取群と比較して強化菓子摂取群で暗算課題による精神的ストレスを軽減したことを報告している。また、伊東ら⁹⁾は天然GABA高含有豆乳 (GABA 30 mg) の摂取試験においてGABA摂取がストレス緊張状態を緩和する

ことを報告している。

他方、トマトには100gあたり57.6mgのGABAが含まれていることが報告されており¹⁰⁾、精神的ストレス軽減作用が期待できる。しかしながら、これまでにトマトのストレス緩和作用について報告したものは見当たらない。そこで本研究では、我々がコーヒーのストレス緩和作用を評価した試験方法に則して水と比較する試験系を用い、市販のトマトジュース (GABA 88.8 mg/160 g) のヒトレベルにおける精神的ストレス緩和作用を調査した。ついで、トマトジュースのストレス緩和作用に及ぼすGABAの寄与を明確にするため、同様の試験系を用いてGABAのストレス緩和作用を調査したので合わせて報告する。

実験1. トマトジュースのストレス緩和作用の影響

【実験材料および方法】

1) 実験材料および実験試料の調製

実験試料のトマトジュースは、カゴメ (株) より提供されたカゴメトマトジュース食塩無添加 (160 g, GABA 88.8 mg) をそのまま用いた。トマトジュースの100g当たりの栄養素量をTable1に示した。

Table 1. Nutrient contents in tomato juice

Nutrients	Sample/160 g
Energy (kcal)	32
Protein (g)	1.3
Lipid (g)	0
Carbohydrate (g)	6.1
Dietary fiber (g)	1.1
Sodium (mg)	1~18
Calcium (mg)	11
Potassium (mg)	460
GABA (mg)	88.8

2) 実験方法

本試験は本学の倫理審査委員会の承認を経て（中村学園大学倫理審査委員会，倫理-07-003），ヘルシンキ宣言に則り，インフォームドコンセントを得たトマトジュースが飲用できる女子学生10名（平均年齢 21.8 ± 1.5 歳）を対象とした。被験者の身体所見の平均値を Table 2 に示す。平成17年厚生労働省国民健康・栄養調査報告（20歳代，女性，身長： 158.8 ± 4.9 cm，体重： 51.5 ± 6.9 kg，BMI： 20.45 ± 2.65 kg/m²，拡張期血圧： 65.8 ± 9.2 mmHg，収縮期血圧： 106.9 ± 9.7 mmHg；Mean±SD）と比較すると，体重は若干軽く，血圧は低い傾向にあった。

測定期間は2007年6月-7月，測定時間は午前9時から午後16時の間であった。測定は対象者に対する聴覚および室内温度等の影響を避けるため，静かな実験室（室温； 25.9 ± 0.1 ℃，湿度； 48.6 ± 1.8 ％）にて行った。なお，測定時期は月経終了後2週間以内とし，実験開始2時間前に指定された麦ごはん（カゴメ（株）製，こだわりごはん140g）を摂取させ，それ以降を絶食とした。

試験は30分間の座位安静後，精神的ストレス負荷として新ストループ検査Ⅱを4分間，続けて暗算試験であるクレペリン検査を30分間実施した。ストレス負荷直後に試料を常温で摂取させ，その後60分間座位安静状態にて測定を行った。なお，本試験はオープンクロスオーバースケジュールにて実施し，繰り返し試験による被験者の慣れの影響がないよう考慮した。

3) 測定項目

生理的ストレス指標として，体表温，血圧ならびに脈拍を測定した。体表温は安静時，ストレス負荷直後，ならびに試料摂取後10分毎に60分間，6チャンネルデジタル表面温度計（安立計器社製コ

Table 2. The profile of subjects

Subject (n)	10
Age (years)	21.8 ± 1.5
Height (cm)	157.5 ± 1.7
Weight (kg)	47.9 ± 1.2
BMI (kg/m ²)	19.3 ± 0.5
Skin temperature (neck) (°C)	35.0 ± 0.2
Skin temperature (back) (°C)	33.8 ± 0.3
Skin temperature (palm) (°C)	34.3 ± 0.2
Skin temperature (back of hand) (°C)	33.4 ± 0.2
Skin temperature (finger) (°C)	33.8 ± 0.3
Skin temperature (toe) (°C)	33.2 ± 0.4
Systolic pressure (mmHg)	91.5 ± 2.2
Diastolic pressure (mmHg)	58.2 ± 1.8
Heart rate (bpm)	68.3 ± 2.8
VAS (fatigue)	35.0 ± 7.2
VAS (relaxation)	20.6 ± 2.8
VAS (mood)	26.3 ± 4.6
CgA (pmol/ml)	1.694 ± 0.3
α -amylase (kU/L)	24.3 ± 4.2

Mean±SE

ンパクトサーモロガー AM-8000) を用い，首，背中，手掌，手の甲，手指（薬指），足指（人差指）の計6カ所に温度センサーをテープで固定して測定した。血圧（収縮期，拡張期）の測定は，安静時，ストレス負荷直後，ならびに試料摂取30，60分後に，左上腕部にて血圧と脈拍が同時に測定できる電子血圧計（テルモ社製 P2000）を用いて測定した。

主観的ストレス指標として，Visual analogue scale (VAS) を安静時，ストレス負荷直後ならびに試料摂取30分，60分後に測定した。VAS^{11,12)} は，100 mm 幅の線分上において，現在の自分の精神状態にあった位置に×印をつけ，0 mm からの距離を測定することにより主観的ストレスを測定するものである。本試験では主観的ストレスの測定項目として，「疲労」「リラックス」「気分」を用い，その両端を下記の通りに定義し評価した。「疲労」（0 mm；全く疲れていない，100 mm；大変疲れている），「リラックス」（0 mm；大変リラックスしている，100 mm；全くリラックスしていない），「気分」（0 mm；大変気分が良い，100 mm；大変気分が悪い）

生化学的ストレス指標として，唾液クロモグラ

ニン A (CgA) ならびに唾液 α - アミラーゼを安静時、ストレス負荷直後、ならびに試料摂取 30 分、60 分後において測定した。CgA の測定に使用する唾液サンプルは、Salivette (Sarsted, Germany) を用い、被験者の唾液を付属の脱脂綿で 1 分間採取後、遠心分離 (3,000 rpm, 10 min) により回収した。測定には YKO70 ヒト・クロモグラニン A EIA キット (矢内原 (株), 静岡) を用い、唾液 1 L 当たりの濃度 (pmol/mL) を算出した。 α - アミラーゼ活性はドライケミストリーシステムを用いたニプロ社製 COCORO METER によって測定した。すなわち、付属のチップ (唾液採取シート) を 30 秒間舌下にくわえ唾液を採取した後、本体に挿入することによって唾液 1 L 当たりの α - アミラーゼ活性 (kU) を測定した。

4) 統計処理

ストレスに対する応答に関して個人差が大きいことから、血圧 (収縮期, 拡張期), 脈拍, VAS の結果は安静時に対する変化値 \pm 標準誤差で、その他の項目については安静時に対する相対値 \pm 標準誤差で表示した。試料間の有意差検定は Excel ソ

フトを用い、Paired T-test を行い、 $P < 0.05$ を有意とした。また、 α - アミラーゼ活性については、同試料内での経時的変化を比較するため SPSS を用い ANOVA にて差が認められた試料について Bonferroni の多重比較を行い、 $P < 0.05$ を有意とした。

【結果】

1) 生理的ストレス指標

生理的ストレス指標の結果を Table 3, 4 に示す。ストレス負荷直後に安静時と比較して、体幹部 (首, 背中) に関しては体表温が上昇したのに対し、末梢部 (手掌, 手の甲, 手指, 足) においては低下した。精神的ストレスによる交感神経の興奮により血管が収縮し、末梢部における体表温が低下することが報告されている¹³⁾ ことから、本試験に用いたストレス負荷試験が被験者に対して一定のストレスを与えていることが推察された。一方、試料間における体表温を比較した結果、体幹部では差は認められなかった。末梢部においては足指で水摂取群と比較してトマトジュース摂取群で試料摂取 40, 50 分後

Table 3. Relative scores from rest period scores in skin temperature

	Post task	Post beverage Period					
		10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min
Skin temperature (Neck)							
Water	1.012(0.006)	1.009(0.004)	1.009(0.004)	1.009(0.004)	1.016(0.004)	1.012(0.005)	1.015(0.005)
Tomato juice	1.011(0.002)	1.011(0.003)	1.011(0.003)	1.014(0.004)	1.009(0.004)	1.010(0.004)	1.011(0.003)
Skin temperature (Back)							
Water	1.013(0.006)	1.003(0.007)	1.001(0.009)	1.007(0.010)	1.006(0.010)	1.008(0.011)	1.009(0.011)
Tomato juice	1.006(0.005)	1.001(0.008)	1.007(0.005)	1.006(0.006)	1.007(0.004)	1.002(0.007)	1.004(0.006)
Skin temperature (Palm)							
Water	0.982(0.011)	0.977(0.011)	0.999(0.007)	0.968(0.011)	0.982(0.008)	0.991(0.008)	0.974(0.010)
Tomato juice	0.975(0.013)	0.994(0.008)	0.987(0.009)	0.986(0.011)	0.982(0.008)	0.988(0.008)	0.975(0.009)
Skin temperature (Back of hand)							
Water	0.992(0.010)	0.980(0.012)	0.979(0.008)	0.968(0.010)	0.974(0.011)	0.982(0.011)	0.969(0.010)
Tomato juice	0.987(0.009)	0.984(0.008)	0.977(0.006)	0.976(0.008)	0.978(0.007)	0.984(0.008)	0.975(0.011)
Skin temperature (Finger)							
Water	1.003(0.015)	0.974(0.020)	0.967(0.021)	0.955(0.016)	0.975(0.019)	0.981(0.019)	0.960(0.022)
Tomato juice	0.985(0.008)	0.963(0.015)	0.955(0.020)	0.956(0.014)	0.982(0.014)	0.972(0.018)	0.954(0.015)
Skin temperature (Toe)							
Water	0.970(0.020)	0.924(0.016)	0.909(0.019)	0.903(0.021)	0.890(0.023)	0.888(0.025)	0.882(0.024)
Tomato juice	0.977(0.035)	0.935(0.026)	0.940(0.021)	0.932(0.023)	0.950(0.014)*	0.955(0.018)*	0.932(0.021)

Water vs. GABA.* $P < 0.05$

Mean(SE)

に有意に ($P < 0.05$) 高値を示したが、その他の測定部位において差は認められなかった。収縮期血圧は両群で試料摂取 30 分後に上昇し、60 分後に水摂取群では高値を推移し、トマトジュース摂取群では低下傾向が見られたが、試料間における差は認められなかった。また、拡張期血圧も試料摂取 30 分後に上昇し、60 分後まで両群とも高値を推移し有意差は認められなかった。脈拍に関して、両群ともストレス負荷以降に漸減し、有意な差は認められなかった。

2) 主観的ストレス指標

VAS の結果を Table 4 に示す。いずれの項目においてもストレス負荷試験直後に著しく被験者がストレスを感じていることが確認された。一方、試料摂取 30 分後には両群で安静時レベルまで回復した。試料間で比較したところ、「疲労」は水摂取群と比較してトマトジュース摂取群において試料摂取 30 分後に有意に高値 ($P < 0.05$) を示した。「リラックス」「気分」に関してもトマトジュース摂取群で高値を示す傾向が見られたが、有意な差は認められなかった。

Table 4. Change scores from rest period scores in blood pressure, heart rate and VAS

	Post task	Post beverage Period	
		30 min	60 min
Systolic Blood Pressure			
Water	0.0 (1.4)	2.7 (2.2)	3.1 (2.3)
Tomato juice	0.6 (1.6)	2.1 (1.7)	1.0 (2.2)
Diastolic Blood Pressure			
Water	0.0 (0.6)	3.0 (1.6)	4.1 (2.3)
Tomato juice	1.6 (1.8)	3.5 (1.8)	3.6 (1.7)
Heart rate			
Water	-0.7 (1.5)	-1.1 (1.2)	-0.9 (2.1)
Tomato juice	1.0 (2.4)	-0.1 (1.4)	-1.5 (1.5)
VAS(fatigue)			
Water	35.9 (6.7)	-5.0 (6.2)	-16.5 (9.1)
Tomato juice	45.4 (7.6)	5.2 (4.6)*	-2.3 (5.2)
VAS(relaxation)			
Water	48.7 (6.6)	0.7 (4.1)	-5.8 (5.8)
Tomato juice	48.9 (8.6)	8.5 (4.6)	0.4 (5.7)
VAS(mood)			
Water	38.6 (6.3)	-2.3 (4.4)	-7.9 (5.6)
Tomato juice	34.0 (6.2)	4.9 (2.4)	-2.7 (4.6)
Water vs. GABA * $P < 0.05$		Mean(SE)	

3) 生化学的ストレス指標

生化学的ストレス指標の結果を Table 5 に示す。CgA 濃度は、ストレス負荷によって上昇することが知られている¹⁴⁾。本試験で、ストレス負荷直後

に CgA 濃度が急激に上昇したことから、被験者がストレス負荷試験によってストレスを受けたことが CgA の結果によっても確認された。また、試料摂取 30 分以降に CgA 濃度は安静時レベルにまでほぼ回復した。水摂取群と比較してトマトジュース摂取群で CgA 濃度の若干の低下傾向が見られたが、試料間における有意差は認められなかった。 α -アミラーゼ活性は、ストレス負荷によって上昇することが報告されている¹⁵⁾。本試験で α -アミラーゼ活性は、CgA と同様にストレス負荷直後に増加し、その後減少することが観察された。一方、試料内における経時的変化を比較した結果、トマトジュース摂取群においてストレス負荷直後と比較して 60 分後で有意な ($P < 0.05$) 低下が認められた。しかし、水摂取群ではストレス負荷直後からの有意な低下は認められなかった。

Table 5. Relative scores from rest period scores in CgA and α -amylase

	Post task	Post beverage Period	
		30 min	60 min
CgA			
Water	1.63 (0.22)	0.99 (0.11)	1.04 (0.21)
Tomato juice	1.65 (0.34)	0.88 (0.08)	0.81 (0.08)
α-amylase			
Water	1.16 (0.10)	1.09 (0.15)	0.92 (0.10)
Tomato juice	1.29 (0.10)	1.00 (0.14)	0.85 (0.12) [†]
Post task vs. Post beverage period : [†] $P < 0.05$		Mean(SE)	

実験 2. GABA のストレス緩和作用の影響

【実験材料および方法】

1) 実験材料および実験試料の調製

GABA は協和発酵工業 (株) 製のものを用い、GABA 含量が実験 1 で使用したトマトジュースと等量となるよう、88.8 mg を蒸留水 160 g に溶解したものを実験試料として用いた。

2) 実験方法

本試験は、本学倫理審査委員会の承認を経て (中村学園大学倫理審査委員会, 倫理 -07-003), ヘルシンキ宣言に則り、インフォームドコンセントを得た女子学生 10 名 (平均年齢 21.9 ± 0.5 歳) を対象とした。被験者の身体所見の平均値を Table 6 に示す。平成 17 年厚生労働省国民健康・栄養調査報告と比較すると、体重、身長、血圧はほぼ等しく、血圧は低い傾向にあった。

Table 6. The profile of subjects

Subject (n)	10
Age (years)	21.9±0.5
Height (cm)	158.7±1.5
Weight (kg)	51.2±1.5
BMI (kg/m ²)	20.3±0.5
Skin temperature (neck) (°C)	34.8±0.2
Skin temperature (back) (°C)	33.5±0.2
Skin temperature (palm) (°C)	33.9±0.3
Skin temperature (back of hand) (°C)	33.2±0.3
Skin temperature (finger) (°C)	33.5±0.3
Skin temperature (toe) (°C)	32.3±0.9
Systolic pressure (mmHg)	92.0±3.4
Diastolic pressure (mmHg)	57.7±2.4
Heart rate (bpm)	68.0±2.4
VAS (fatigue)	39.0±7.6
VAS (relaxation)	23.0±3.9
VAS (mood)	33.4±5.4
CgA (pmol/ml)	3.508±0.8
α-amylase (kU/L)	32.6±10.0
	Mean±SE

測定期間は、2007年9月-10月、測定時間は、午前9時から午後16時の間であった。測定は対象者に対する聴覚および室内温度等の影響を避けるため、静かな実験室(室温; 25.9 ± 0.1°C, 湿度; 49.0 ± 1.7%)にて行った。なお、その他の測定方法に関しては、実験1と同様に行った。

3) 測定項目

実験1と同様に行った。

4) 統計処理

実験1と同様に行った。

【結果】

1) 生理的ストレス指標

生理的ストレス指標の結果を Table 7, 8 に示す。ストレス負荷によって安静時と比較して、体幹部(首, 背中)では体表温が上昇したのに対し、末梢部(手掌, 手の甲, 手指, 足)においては低下した。一方、試料間での体表温を比較した結果、首においては水摂取群でストレス負荷以後に漸増したのに

Table 7. Relative scores from rest period scores in skin temperature

	Post task	Post beverage Period					
		10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min
Skin temperature (Neck)							
Water	1.006(0.003)	1.010(0.003)	1.010(0.003)	1.012(0.004)	1.012(0.003)	1.015(0.004)	1.010(0.008)
GABA	1.011(0.002)	1.003(0.004)*	1.005(0.004)	1.006(0.004)	1.005(0.005)	1.004(0.006)	1.007(0.006)
Skin temperature (Back)							
Water	1.010(0.005)	1.012(0.005)	1.009(0.006)	1.013(0.006)	1.020(0.008)	1.019(0.008)	1.020(0.009)
GABA	1.008(0.005)	1.006(0.006)	1.010(0.005)	1.011(0.005)	1.012(0.005)	1.013(0.005)	1.013(0.005)
Skin temperature (Palm)							
Water	0.998(0.006)	0.993(0.007)	0.990(0.006)	0.993(0.009)	0.995(0.007)	0.995(0.008)	0.997(0.008)
GABA	0.999(0.009)	0.994(0.013)	0.999(0.010)	0.987(0.011)	0.983(0.007)	0.984(0.008)	0.972(0.006)*
Skin temperature (Back of hand)							
Water	0.995(0.007)	0.988(0.007)	0.984(0.009)	0.987(0.008)	0.986(0.007)	0.986(0.008)	0.986(0.008)
GABA	1.000(0.009)	0.992(0.011)	0.987(0.013)	0.979(0.012)	0.974(0.011)	0.973(0.008)	0.972(0.010)
Skin temperature (Finger)							
Water	0.985(0.010)	0.978(0.006)	0.966(0.010)	0.976(0.007)	0.978(0.007)	0.975(0.008)	0.968(0.010)
GABA	0.999(0.008)	0.975(0.0167)	0.971(0.015)	0.954(0.020)	0.959(0.009)*	0.957(0.010)	0.949(0.009)
Skin temperature (Toe)							
Water	0.995(0.018)	0.957(0.017)	0.946(0.018)	0.940(0.018)	0.928(0.018)	0.922(0.007)	0.933(0.018)
GABA	1.009(0.025)	0.971(0.027)	0.958(0.030)	0.938(0.029)	0.919(0.026)	0.904(0.023)	0.889(0.021)

Water vs. GABA: *P<0.05

Mean(SE)

Table 8. Change scores from rest period scores in blood pressure, heart rate and VAS

	Post task	Post beverage Period	
		30 min	60 min
Systolic Blood Pressure			
Water	-1.3(1.2)	3.0(1.8)	2.5(2.2)
GABA	-1.6(2.3)	-0.8(1.5)	0.6(1.8)
Diastolic Blood Pressure			
Water	2.71(0.9)	5.4(1.5)	4.1(1.2)
GABA	0.11(1.4)	2.5(1.5)	2.6(2.1)
Heart rate			
Water	-4.7(1.7)	-4.6(1.8)	-4.8(2.2)
GABA	-3.3(1.6)	-4.4(1.7)	-1.6(1.8)
VAS(fatigue)			
Water	26.1(4.3)	9.2(5.8)	5.5(7.1)
GABA	27.4(4.3)	1.2(6.4)	-7.9(4.1)*
VAS(relaxation)			
Water	34.2(4.6)	1.2(3.8)	-1.3(3.0)
GABA	29.7(5.0)	-4.8(6.9)	-10.2(5.3)
VAS(mood)			
Water	24.3(4.9)	0.0(3.8)	-4.1(2.8)
GABA	22.2(4.2)	2.7(2.7)	-8(2.7)

Water vs. GABA * $P < 0.05$ Mean(SE)

対し、GABA 摂取群では安静時レベルを推移し、水摂取群と比較して有意に低値 ($P < 0.05$) を示した。一方、背中においては両群間で有意な差は認められなかった。末梢部においては、摂取 30 分以降に水摂取群と比較して GABA 摂取群で低値を示し、特に手指において摂取 40 分後に有意に ($P < 0.05$) 低値を示した。収縮期血圧に関しては、両群ともに試料摂取後に上昇したが、水摂取群と比較して GABA 摂取群で上昇抑制傾向が見られた。拡張期血圧に関して、水摂取群と比較して GABA 摂取群で低値を示したが、ストレス負荷以後の変化量に関して差は認められなかった。脈拍に関して、両群ともストレス負荷により低下し、水摂取群においてはその後低値を推移したが、GABA 摂取群においては摂取 60 分後に元のレベルに回復する傾向が見られた。

2) 主観的ストレス指標

VAS の結果を Table 8 に示す。いずれの項目においてもストレス負荷試験直後に上昇し、被験者がストレスを感じていることが推察された。試料間における VAS の比較の結果、「疲労」の項目において水摂取群と比較して GABA 摂取群で試料摂取 30 分以降に低下傾向を示し、摂取 60 分後において有意な差 ($P < 0.05$) が認められた。また、「リラックス」の項目においても摂取 30 分以降に低下傾向が見られた。

3) 生化学的ストレス指標

生化学的ストレス指標の結果を Table 9 に示す。CgA に関して、両群ともストレス負荷直後に急激に上昇し、その後徐々に低下し、試料摂取 60 分以降で安静時レベルに回復した。GABA 摂取群と水摂取群間における CgA 濃度に有意差は認められなかった。 α -アミラーゼ活性に関して、CgA と同様に両群ともストレス負荷直後に上昇した後漸減し、試料間での有意差は認められなかった。また、試料内における経時的な変化を比較した結果、GABA 摂取群、水摂取群いずれにおいても有意な差は認められなかった。

Table 9. Relative scores from rest period scores in CgA and α -amylase

	Post task	Post beverage Period	
		30 min	60 min
CgA			
Water	1.55(0.18)	1.15(0.13)	1.02(0.14)
GABA	1.44(0.15)	1.29(0.29)	1.01(0.20)
α-amylase			
Water	1.40(0.13)	1.18(0.13)	1.16(0.13)
GABA	1.40(0.19)	1.18(0.19)	1.16(0.28)

Mean(SE)

【考察】

GABA は生物界に広く分布する非タンパク性アミノ酸の一種であり、野菜、果物を始めとする各種食品に含まれている。GABA は抗ストレス作用⁶⁾、精神安定作用⁵⁾等が報告されており、GABA を含む食品にはストレス軽減作用が期待できる。本研究では、GABA ならびに食品の中でも GABA を多量に含むと報告されているトマトの加工品（トマトジュース）に着目し、そのストレス軽減効果について検討をした。

体表温測定の結果、末梢部（足指）において水摂取時と比較してトマトジュース摂取群で、有意に高値を示すことが観察された。末梢部における体表温は、全般的な交感神経活動を反映し、自律神経系の覚醒度を反映する指標として用いられており、一般的には精神的ストレスにより、交感神経が亢進し、皮膚温が低下することが知られている。逆に、リラクゼーション状態や不安を低減した状況下では、皮膚温は上昇することが報告されている¹³⁾。今回の試験においては、トマトジュース摂取によりストレスが緩和された可能性が示唆された。トマトジュース摂取と対照的に、GABA 摂取ではむしろ末梢部体

表温が低下した。トマトには精神的ストレス軽減作用を有する緑の香りと呼ばれる香気成分も含まれていることが報告されており¹⁶⁾、GABAとトマトジュース摂取群における結果の不一致はこれらGABA以外の成分の関与が示唆された。

血圧、脈拍は、ストレス刺激による交感神経の亢進により、交感神経末梢部から分泌されるノルアドレナリンと副腎髄質から分泌されるアドレナリンが増加し、上昇することが証明されている。また、GABAは延髄の血管運動中枢に作用し¹⁷⁾血圧を低下させるとともに、抗利尿ホルモンであるバソプレシンの分泌を抑制し^{18,19)}、血管を拡張して血圧を下げる事が報告されている²⁰⁾。しかしながら、本試験においては水摂取群とトマトジュース摂取群ならびにGABA摂取群との間に有意な差は認められなかった。要因として、被験者の安静時血圧の影響が推察された。高橋ら²¹⁾の研究において、血圧が高めの人に1日3gのGABAを摂取させた結果、正常値レベルまで血圧が低下する作用が認められたのに対し、健常人に摂取させた場合には血圧低下作用がなかったことが報告されている。また、風見ら²²⁾の研究においても、GABA含有酵母エキスを配合した和風調味料(GABA 20 mg/日)を血圧が高めの人と正常血圧の人を対象に摂取させた結果、同様の結果が得られている。従って、本研究においては正常血圧の人を対象としたため、GABAの血圧低下作用が観察されなかったと推察された。

これまでに、ストレスならびに精神疲労を主観的指標(VAS)を用いて評価した研究も数多く報告されている。Kimuraら²³⁾は緑茶成分であるL-Theanineの精神的ストレス低減作用を明らかにする一環としてVASを用いた主観的ストレス評価を行い、L-Theanineの摂取が主観的ストレスを低減させることを明らかとした。また、同試験において主観的ストレス評価と生理的ならびに生化学的ストレス評価の結果が一致していることが報告されており、主観的指標と客観的指標に相関があることが確認されている。トマトジュース摂取時において水摂取時と比較して試料摂取30分後の主観的「疲労」が有意に高値を示した。一方、GABA摂取時においては水摂取時と比較して試料摂取60分後の主観的「疲労」が有意に低値を示し、疲労感が減少することが確認された。横越ら²⁴⁾は、慢性的疲労を持つ男女9名を対象にしたGABA(50 mg)配合飲料摂取試験で、プラセボ群と比較してGABA配合飲料摂取群でVASによる疲労感が有意に軽減されたことを報告しており、本試験結果と一致していた。増田ら²⁵⁾は疲労度とストレスに正の相関があることを報告して

おり、以上の報告からGABA摂取によりストレスが緩和された可能性が示唆された。一方、トマトジュース摂取時とGABA摂取時の結果の不一致に関して、トマトジュースに含まれる成分の影響が推測されたが、その詳細については不明である。

CgAは、交感神経-副腎髄質系にみられる塩基性糖タンパク質であり、副腎髄質よりカテコールアミンとともに血中に放出されることが報告されている²⁶⁾。また、CgAは自律神経系の賦活により顎下腺より唾液中に放出され²⁷⁾、肉体的ストレスよりも精神的ストレスに対して敏感に反応する非侵襲的で、随時性、簡便性に優れた有用なバイオマーカーである¹⁴⁾。本試験において、安静時と比較してストレス負荷直後でCgA濃度が上昇し、ストレス負荷試験によって被験者がストレスを感じたことがCgAの結果からも推察された。水摂取群とトマトジュース摂取群の試料摂取後の唾液CgA濃度に有意な差は認められず、同様に水摂取群とGABA摂取群においても差は認められなかった。

α -アミラーゼは、唾液や膵液に含まれる消化酵素の一つであり、唾液中の α -アミラーゼは口腔内の唾液腺で合成される。交感神経系の亢進に伴い、唾液中の α -アミラーゼは増加する^{28,29)}ことからバイオマーカーとして利用できる^{15,30)}。本試験では、トマトジュース摂取群と水摂取群で α -アミラーゼ活性に有意な差は認められなかった。しかし、試料内でストレス負荷直後と試料摂取後の α -アミラーゼ活性を比較した結果、トマトジュース摂取群において60分後に有意に低下したのに対し、水摂取群では有意な低下は認められず、トマトジュース摂取がストレス緩和を促進した可能性が示唆された。一方、GABA摂取群と水摂取群の α -アミラーゼ活性に有意な差は認められなかった。本研究におけるGABA摂取時の唾液ストレスマーカーの結果は、横越ら²⁴⁾のGABAを用いた試験結果と一致していない。横越らは、GABA配合飲料摂取群においてプラセボ群と比較して摂取30分、50分後において唾液CgA量が有意に低下することを報告している。横越らの試験はあらかじめ心身共に疲労感を持つヒトを対象としているため、被験者の疲労度の違いがストレスマーカーであるCgAに対するGABAの影響に差を生じさせた可能性が考えられる。また、横越らはGABA配合飲料を摂取した後にストレスを負荷しているのに対し、本試験ではストレス負荷後にGABAを摂取していることから、プロトコルの影響の可能性も考えられる。

以上より、精神的ストレス負荷直後のトマトジュース摂取は、バイオマーカーによってストレス緩和を促

進する可能性が示唆された。また、GABAにおいても主観的ストレスを改善する可能性が示唆された。トマトジュース摂取群とGABA摂取群において結果に相違があったことから、トマトジュースによるストレス緩和作用にはGABA単独ではなく、他の成分の寄与の可能性も示唆された。本試験で得られたGABAのストレス緩和作用は、先行研究の報告より微弱であったことから、今後試料摂取後にストレス負荷を与えるプロトコルや被験者に慢性的な疲労感を持つ人を対象とする試験を行い、本実験で得られた結果を裏付ける必要があると考えられる。

【参考文献】

- 1) Santon H. C.: Mode of action of gamma aminobutyric acid on the cardiovascular system. *Arch. Int. Pharmacodyn. Ther.*, 143, 195-204 (1963)
- 2) Takahashi H., Tiba M., Ino M., Takayasu T.: The effect of gamma-aminobutyric acid on blood pressure. *Jpn. J. Physiol.*, 5, 334-339 (1955)
- 3) Inoue K, Shirai T., Ochiai H., Kasao M., Hayakawa K., Kimura M., Sansawa H.: Blood-pressure-lowering effect of a novel fermented milk containing γ -aminobutyric acid (GABA) in mild hypertensives. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 57, 490-495 (2003)
- 4) 大森昭司, 矢野とし子, 岡本順子, 津志田藤次郎, 村井敏信, 樋口 満: 嫌気処理緑茶(ギャバロン茶)による高血圧自然発症ラットの血圧上昇抑制作用. *農芸化学工学会誌*, 61, 1449-1451 (1987)
- 5) 岡田忠司, 杉下朋子, 村上太郎, 村井弘道, 三枝貴代, 堀野俊朗, 小野田明彦, 梶本修身, 高橋 励, 高橋丈夫: γ -アミノ酪酸蓄積脱脂コメ胚芽の経口投与における更年期障害及び初老期精神障害に対する効果. *日本食品工学会誌*, 47, 596-603 (2000)
- 6) 堀江健二, 東口伸二, 横越英彦: *Food style* 21, 7, 64-68 (2003)
- 7) 山田高裕, 庄司容子, 石川俊男: ストレスと健康—ストレスとは. *臨床栄養*, 107(6), 702-705(2005)
- 8) 野口智紀, 木村健太, 村上裕, 大隅尚広, 飯吉鉄郎, 古賀秀徳, 大平英樹: GABA強化ジャガイモ主原料菓子摂取による抗ストレス作用に関する検討. *日本農芸化学会大会講演要旨集* (2007)
- 9) 伊藤禎司, 富田純一, 茂木晴久, 海老原淑子, 高橋菊枝, 清水隆麿, 沼田弘明, 渡邊泰雄: 天然GABA高含有豆乳によるヒト血圧低下作用およびリラックス効果. *応用薬理*, 72(3/4) 51-56 (2007)
- 10) 中村和哉, 野口智紀, 大城哲也, 古賀秀徳: ジャガイモ原料スナック中のGABA-I—ジャガイモおよびジャガイモ原料スナック菓子のGABA含有量—. *日本食品科学工学会大会講演要旨集* (2005)
- 11) Castera L., Constant A., Bernard PH., de Ledinghen V., Couzigou P.: Psychological impact of chronic hepatitis C: comparison with other stressful life events and chronic diseases. *World J. Gastroenterol.*, 12(10), 1545-50 (2006)
- 12) Murray CD., Flynn J., Ratcliffe L., Jacyna MR., Kamm MA., Emmanuel AV.: Effect of acute psychological stress on gut autonomic innervations in irritable bowel syndrome. *Gastroenterol.*, 127, 1695-1703 (2004)
- 13) 高原光恵: ストレス指標としての皮膚温 - 利用状況から見た有効性と限界 -, *鳴門教育大学研究紀要*, 15 (2000)
- 14) Nakane H., Asami O., Yamada Y., Harada T., Matsui N., Kanno T., Yanaiharu N.: Salivary chromogranin A as an index of psychosomatic stress response. *Biomed. Res.*, 19, 401-406 (1998)
- 15) 山口昌樹, 金森貴裕, 金丸正史, 水野康文, 吉田 博: 唾液アミラーゼ活性はストレス推定の指標となり得るか. *医用電子と生体工学*, 39, 234-239 (2001)
- 16) 野里直子, 小泉真理子, 安江正明, 大竹康之, 佐見学, 森本兼義: 「みどりの香り」の抗ストレス効果について. *日本農芸化学会大会講演要旨集* (2007)
- 17) Fujimura S., Shimakage H., Tanioka H, Yoshida M., Suzuki-Kusaba M., Hisa H., Satoh S.: Effects of GABA on noradrenaline release and vasoconstriction induced by renal nerve stimulation in isolated perfused rat kidney. *Br. J. Pharmacol.*, 127(1), 109-114 (1999)
- 18) Iovino M., Caro GD, Massi M., Steado L., Poenaru S.: Muscimol inhibits ADH release induced by hypertonic sodium chloride in rats. *Pharmacol. Biochem. Be.*, 19, 335-338 (1983)
- 19) Eric NH., Casey AS., Matilde AH., Tony GW.: Decrease in glutamic acid decarboxylase level in the hypothalamus of spontaneously hypertensive rats. *J. Hypertens.*, 16, 625-33 (1998)
- 20) Billingsley M., Suria A., Gilman R., Shokes L., Shahvari M.: Evidence for GABA involvement in the peripheral control of blood pressure and vascular resistance. *Brain Res. Bull.*, 5(2), 329-333 (1980)
- 21) Takahashi H., Sumi M., Koshino F., Effect of gamma-aminobutyric acid (GABA) on normotensive or hypertensive rats and men. *Jpn. J. Physiol.*, 11, 89-95 (1961)
- 22) 風見大司, 小倉長雄, 福地敏彦, 辻 啓介, 穴沢麻梨,

- 前田浩明: γ -アミノ酪酸配合和風調味料の軽症高血圧者, 正常高血圧者を含む健常者に対する降圧作用. 日本食品科学工学会誌, 49(6), 409-415 (2001)
- 23) Kimura K., Ozeki M., Juneja LR., Ohira H.: L-Theanine reduces psychological and physiological stress responses. *Biol. Psychol.*, 74(1), 39-45 (2007)
- 24) 横越英彦, 古郡香織, 堀江健二, 中村研二, 中村佳子, 金平 努: GABA 配合機能性飲料による心身疲労軽減効果. 日本農芸化学会大会講演要旨集 (2007)
- 25) Masuda A., Nozoe S., Tanaka H., Yutaka M., Simura M.: Fatigue among municipal government employees. *Jpn. J. Psychosom. Med.*, 36, 153-160 (1996)
- 26) Winkler H., Fischer-Colbrie R.: The chromogranins A and B: the first 25 years and future perspectives. *Neuroscience*, 49, 497-528 (1992)
- 27) Kanno T., Asada N., Yanase S., Inagawa T., Yanaihara N.: Salivary secretion of chromogranin A. Control by autonomic nerve system. *Adv. Exp. Med. Biol.*, 482, 143-151 (2000)
- 28) Nater UM., Marca RL., Florin L., Moses A., Langhans W., Koller MM., Ehlert U.: Stress-induced changes in human salivary alpha-amylase activity-associations with adrenergic activity. *Psychoneuroendocrinol.*, 31(1), 49-58 (2006)
- 29) Van Stegeren A., Rohleder N., Everaerd W., et al.: Salivary alpha amylase as marker for adrenergic activity during stress: effect of betablockade. *Psychoneuroendocrinol.*, 31(1), 137-141 (2006)
- 30) Takai N., Yamaguchi M., Aragaki T., Eto K., Uchihashi K., Nishikawa Y.: Effect of psychological stress on the salivary cortisol and amylase levels in healthy young adults. *Arch. Oral Biol.*, 49, 963-968 (2004)