

## 運動能力向上に寄与する道産食品の開発研究 —悪風味除去可能な調理技術の確立—

### Studies on Foods Produced in Hokkaido Contributing to the Enhancement for Exercise Performance —Cooking Technologies to be Able to Remove Off-flavor—

西村 弘行<sup>1)</sup> 木下 教子<sup>2)</sup> 黒田 裕太<sup>3)</sup>

NISHIMURA Hiroyuki<sup>1)</sup> KINOSHITA Noriko<sup>2)</sup> KURODA Yuta<sup>3)</sup>

キーワード：運動能力，赤ビーツ，ネギ属野菜，オフフレーバー，一酸化窒素

#### I. はじめに

ヒトは加齢と共に身体的運動機能が衰え、高齢者においては、転倒などで日常生活に支障をきたすこともある。年間43兆円を越す国民医療費高騰に伴う健康寿命延伸策や成長戦略のひとつとしてのスポーツ立国をわが国は政策に掲げている。健康寿命延伸やアスリートに対するスポーツ力向上のための食生活が重視される中、運動能力向上に効果的な食品成分の確認と調理・加工で機能性成分を引き出す調理科学的な開発が喫緊の課題となっている。

これまで、食餌性硝酸塩により運動能力が向上する可能性が示唆されている報告がある<sup>1) 2)</sup>。実験的には、硝酸塩から体内で生成される一酸化窒素 (NO, nitric oxide) による血管拡張に伴う血流改善、機械的筋収縮効率の向上およびミトコンドリアにおける酸素利用能の改善が示されている。すなわち、スポーツ栄養学に関する論文が増えており、運動を実施する子どもから大人までを対象にした研究が多い。

近年、硝酸塩の摂取が一酸化窒素の生化学的利用能力を高め、血管拡張を介して筋肉への血流を増加させることが知られている。健康な成人男性20名を対象とし30日間にわたり硝酸塩の補給をした群ではベースライン時と比較して10kmトレイルランの成績が有意に短縮した<sup>3)</sup>。また、硝酸塩の摂取により高齢者の筋力が向上したことも報告されている<sup>4)</sup>。硝酸塩あるいは亜硝酸塩を多く含

有する野菜として赤ビーツ、ホウレンソウ、セロリ—などが知られている。赤ビーツについては、ビートルートジュースについてのみ運動能力向上が一部知られているので、本学地元の江別市内で大量に生産されている赤ビーツに着目して、効果的な調理・加工技術を確認することは重要である。しかし、赤ビーツには独特の悪風味 (オフフレーバー) があるため、好ましくない臭いを除去する調理法を確認する必要がある。

一方、体脂肪燃焼効果の高いニンニクやギョウジャニンニクでは、含硫化合物に運動持続性を増す可能性があると考えられる<sup>5)</sup>。また、タマネギなどその他のネギ属野菜にも含硫アミノ酸を多量に含み、運動持続性を増すと考えられる。しかし、特色ある道産ネギ属ギョウジャニンニクは、摂取後の口臭や体臭の課題を持っている。これらオフフレーバーを除去し、運動持続性を増す調理技術について検討を行った。

#### II. 研究計画

近年、健康寿命延伸には、毎日の食生活と運動が重視されている。本研究の目的である運動能力向上に寄与する食品を開発するためにも、食品として美味しく摂取できることが重要である。そこで、硝酸塩や亜硝酸塩の含有量が多く、摂取後の運動能力が向上する赤ビーツ<sup>2)</sup>についてオフフレーバー除去効果の高い食材との組み合わせによるレシピを検討する。また、赤ビーツの収穫後の貯蔵期間による硝酸塩と亜硝酸塩の濃度についても調

1) 北翔大学名誉教授

2) 北翔大学教育文化学部教育学科

3) 北翔大学生涯スポーツ学部スポーツ教育学科

べる。

一方、タマネギ、やニンニクなどのネギ属野菜中の含硫アミノ酸には体脂肪燃焼効果<sup>5)</sup>が知られており、その生理作用は運動持続性を高めることになると判断される。そこで、ネギ属のオフフレーバーを除去し、かつ運動能力を高める調理技術について以下の2つの方法で調べた。

- ① ネギ属野菜をカット調理前に電子レンジ等で一定時間加熱して内在性酵素（C-Sリアーゼ）失活させた後に調理をする。
- ② ネギ属の中でも摂取後の口臭・体臭で問題の大きいギョウジャニンニクについて、ビタミンB<sub>1</sub>豊富な食材との組み合わせによるメニューを検討する。

### Ⅲ. 運動能力向上食品の調理技術

#### 1. 赤ビーツの調理技術

##### 1) 北海道江別産赤ビーツ中の硝酸塩および亜硝酸塩の濃度

江別産赤ビーツの根端、皮および葉柄基部を除き、硝酸塩および亜硝酸塩について分析を行なった。赤ビーツの硝酸根は収穫後6カ月、0.33g/kg、収穫後すぐ1.4g/kgであった。同一品種でも収穫時期により含有量に差があり、赤ビーツの硝酸塩は収穫後すぐの方が、高いことがうかがえる。亜硝酸根は、いずれの時期も検出されなかった（表1）。

表1 赤ビーツ中の硝酸塩および亜硝酸塩の濃度

分析試験項目	赤ビーツ (収穫後6カ月)	赤ビーツ (収穫後すぐ)
硝酸塩	0.33g/kg	1.4g/kg
亜硝酸塩	検出せず	検出せず

##### 2) オフフレーバー（悪風味）除去調理技術の開発

赤ビーツは、特有の匂いがあるため、下ごしらえをしてから調理を行う。2つの方法があり、1つ目は皮付きのまま鍋に入れ、かぶるくらいの水に塩、酢をいれて沸騰後、竹串が通るまで、弱火で1時間半程度ゆでるか、2つ目は赤ビーツを皮ごとさいの目に切ってからゆでる方法が用いられる。どちらも臭いを逃がすために鍋の蓋をしないで加熱をする。まるごとゆでる場合は、水中に赤ビーツの色が出ないが、さいの目に切った場合は、加熱していくと水中に色が抜け出るが、しだいにゆで汁が赤ビーツにもどっていく。後者の方がゆで時間が短縮され容易である。

ゆでた赤ビーツは、甘酢漬けにする方が食べやすく、酢により赤ビーツの色が美しく映える。酢漬けにした赤

ビーツは季節の野菜や果物とサラダにしたり、パン食の場合に、クリームチーズやマッシュポテト等と一緒に挟んで、クローズサンドイッチ、オープンサンドイッチ、ハンバーガーに添えて利用できる。

また、ゆでた赤ビーツはテクスチャーが柔らかいため肉料理では、ボルシチ、下味をつけた肉とズッキーニ、赤ビーツと一緒にブロシエットに、揚げた鶏肉、カシュナツツ、ピーマン、赤ビーツと唐辛子を効かせた中華風炒め物など見た目の色合いとやや硬いものと食べ合わせると触感がアクセントとなる。付け合わせとして赤ビーツをみりん、バターでさっと煮たグラッセでもよい。

生で用いる場合には、玉ねぎ、人参、じゃがいも、肉、赤ビーツを炒めてから水を加えてコトコト煮ていくと肉と赤ビーツから旨味がでるため、この野菜の入った煮汁を半分に分けて一方はカレールウを加え、カレーライスに他方はみそを加えて豚汁（みそ汁）として用いることができ、合理的である。

洋風汁ものでは、玉ねぎ、赤ビーツ、じゃがいもを炒めてコンソメ顆粒を入れて加熱後、ミキサーにかけて牛乳でのばすとバラ色のクリームスープができる。揚げ物では、じゃがいもに赤ビーツを加えることで、赤く染まったビーツコロケに、玉ねぎ、いんげんにビーツを加えた、かき揚げ天ぷらができる。

和風の和え物として、ごまと豆腐を使った白和え、あるいは大根おろしと三杯酢のみぞれ和えなどに加えるとシャキシャキした食感になる。赤ビーツを塩こうじやぬか漬けにし、漬物として使用できる。

#### 2. ネギ属野菜の調理技術

ネギ属野菜は、独特なフレーバーを有し、古くから香辛野菜として洋食、中華、和食の料理食材として広く使用されてきた。特に民間療法としてタマネギ、ネギ、ニンニク、ギョウジャニンニクなど知られているが、調理技術によって、ヒトにとって悪臭を放つことが多くある。そこで、悪臭（オフフレーバー）を除去し、健康機能性をむしろ高める調理技術を検討した。

##### 1) ネギ属野菜の調理・加工に伴う生物化学成分変化

ネギ属野菜のオフフレーバーを含む香気成分は、主要成分含硫アミノ酸S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxidesとC-S lyase (alliinase) との酵素反応ならびに熱化学反応によって生ずる揮発性含硫化合物であることが明らかになっている（図1）。したがって、ネギ属野菜の調理・加工法によっては含硫香気成分含量が著しく変化する。

新鮮なネギ属野菜中に存在しない二次代謝産物である含硫香気成分には、私たちヒトの体に良い影響を与える機能性成分が存在することが明らかになっているので、

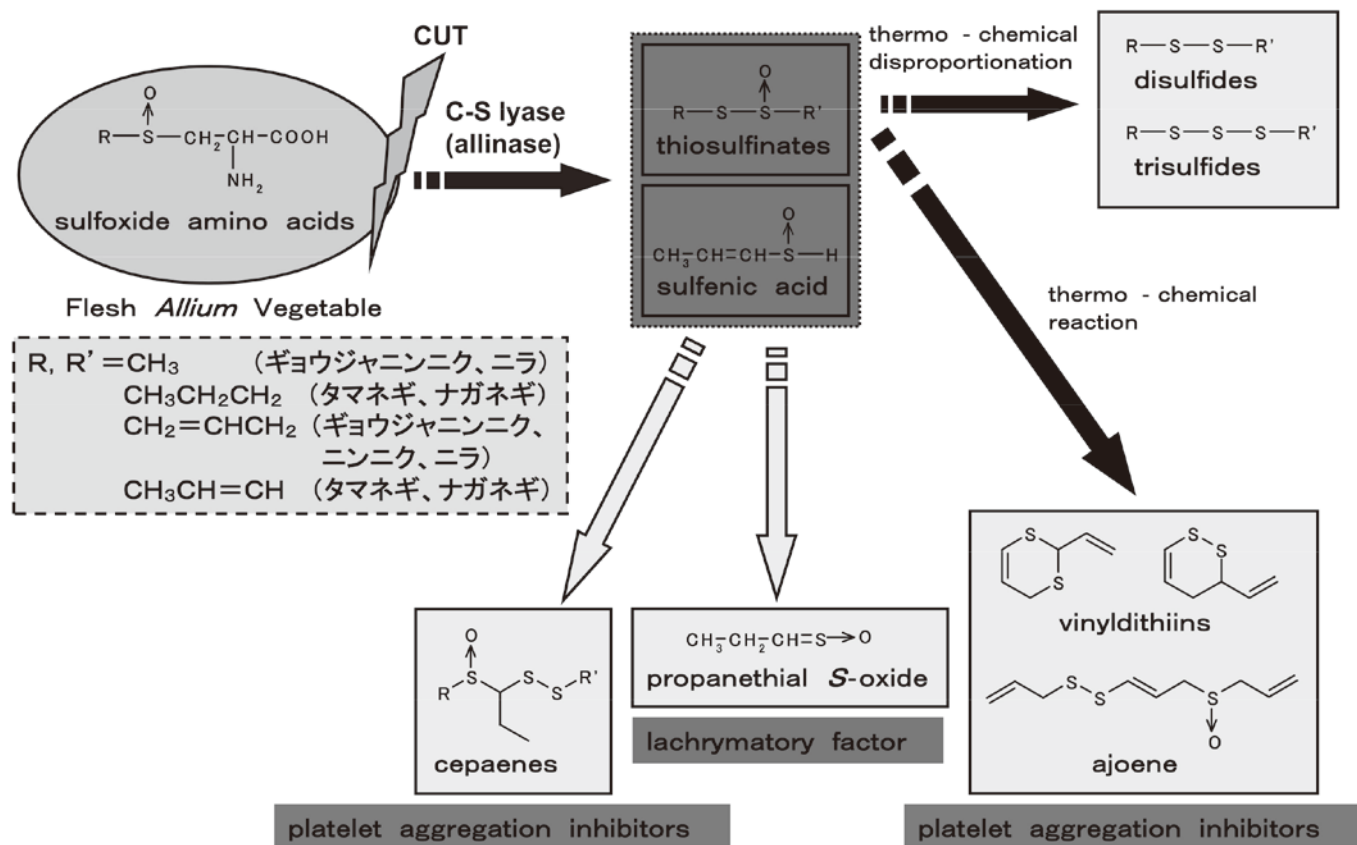


図1 ネギ属植物中の含硫アミノ酸の酵素および熱化学反応経路

加工法によって健康効果も著しく変化すると考えられる。ネギ属野菜由来の含硫化合物の生理作用として、血小板凝集阻害作用<sup>6-9)</sup>、発がん抑制作用<sup>10-12)</sup>、抗酸化作用<sup>13) 14)</sup>、学習記憶障害改善作用<sup>15) 16)</sup>、男性ホルモン増加作用<sup>17)</sup>などが知られている。

2) ネギ属オフフレーバー除去調理技術と機能性賦活化  
 ネギ属野菜のオフフレーバーの原因は、揮発性含硫化合物で、オフフレーバーを除去するためには、図1に示すC-Sリアーゼ（アリイナーゼ）の酵素活性を失活させることである。そのため調理の最初に、ネギ属野菜をカット前に電子レンジ等で加熱するのが適している。この場合にはネギ属野菜の主成分は、含硫アミノ酸で、摂取を続けることにより血中テストステロン（男性ホルモン）が増加する（図2）。これらネギ属含硫アミノ酸は、体脂肪燃焼（ノルアドレナリン亢進）効果が知られているため、運動能力を向上させる可能性がある<sup>5)</sup>。

一方、カット調理前に、加熱による酵素活性の失活をさせずにオフフレーバーを除去する方法を検討した。理論的には、図1でネギ属野菜をカット後に生ずる辛味成分で知られるアリシン様物質：dialk(en)ylthiosulfonates とビタミンB<sub>1</sub>豊富な食材との組み合わせで、アリチアミン類：alk(en)ylthiamindisulfidesを生成させて、

アリシン様物質から熱化学反応で生ずる各種の含硫オフフレーバーを除去することが可能である。この方法で生成されるアリチアミン類には体脂肪燃焼効果が報告されている。

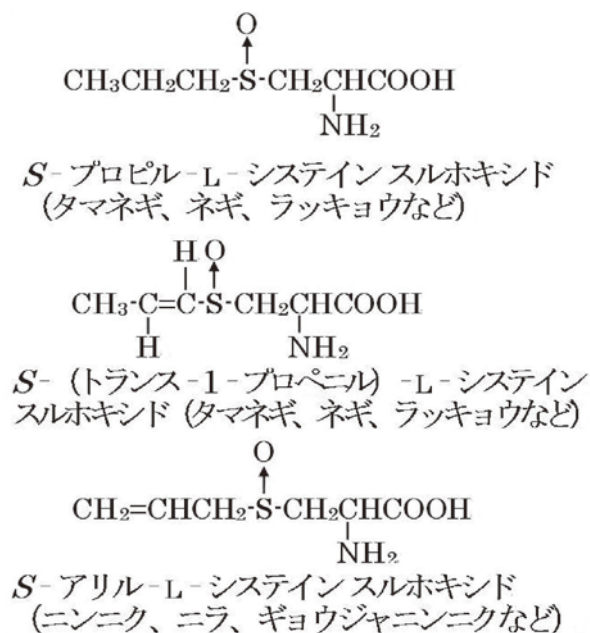


図2 ネギ属野菜中の男性ホルモン（テストステロン）増加物質



### 3) ギョウジャニンニク入り消臭調理技術

ネギ属野菜の中でもギョウジャニンニク (*Allium victorialis* L.) は、主に茎葉部を食用にし、調理の過程でカットしてから調製すると摂取後の口臭や体臭で問題を生じる。そのオフフレーバーの原因は、図1に示すように、主成分のS-allyl-L-cysteine sulfoxideとS-methyl-L-cysteine sulfoxideが内在性酵素アリナーゼとの反応さらに熱化学反応で、各種の揮発性含硫化合物が生成されるためである。

そこで、酵素アリナーゼの作用をコントロールして悪臭物質を減少させる調理法を見出した。その調理法を模式的に図3に示す。

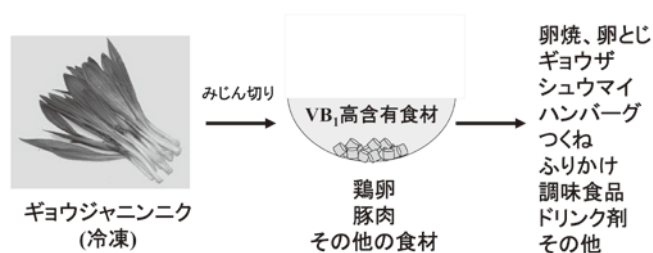


図3 疲労回復効果を高めながら消臭する調理技術

すなわち、ギョウジャニンニク茎葉部をまず冷凍し、ビタミンB<sub>1</sub>豊富な豚ひき肉(100g)をボールに入れて室温近く(10℃以上)まで放置する。次にギョウジャニンニク茎葉部(50g)を手早く微塵切りにして豚ひき肉に加えよくこねる。混合した状態でおよそ15分間放置する。さらにみじん切りしたキャベツ(50g)とシイタケ(20g)を加え、ゴマ油をおよそ5ml、少量の食塩さらに多めのコショウとともに混ぜ合わせて餃子の皮に包んで、焼き餃子あるいは水餃子にする。

この方法で製造した餃子ではオフフレーバーが消臭され、一方、アリチアミン類が生成するため、疲労回復効果が高まると共に、体脂肪燃焼作用で運動持続性を向上させると考えられる<sup>18)</sup>。図3で示したように、消臭調理技術によって、餃子だけでなく卵焼き、ハンバーグ、つくねなどに応用が可能である。

## IV. まとめ

健康寿命延伸やアスリートに対するスポーツ力向上のための食生活が重視されている。食餌性硝酸塩を多く含む野菜を摂取した場合に、体内に一酸化窒素(NO)が誘導され高強度運動など低酸素環境下で運動能力が向上するという多くの研究報告がある。その代表が赤ピーツであるが、独特のオフフレーバーを持っているため美味しく、かつ消臭調理の技術を開発した。江別産の赤ピー

ツ中の硝酸塩濃度は貯蔵期間が長いほど減少することがわかった。

さらに、疲労回復や運動機能を高めるネギ属野菜について新しい調理・加工技術を開発した。ネギ属野菜の中で、道内でも特色があり、食後の口臭や体臭で知られるギョウジャニンニクについて成分変化と機能性を考慮した調理技術を確立した。オフフレーバーの原因である揮発性含硫化合物をビタミンB<sub>1</sub>豊富な食材との組み合わせによって消臭メニューの試作に成功した。

## 謝 辞

本研究実施に当たり、赤ピーツを御提供頂いた北乃菜園(赤ピーツの生産・販売事業、江別市西野幌149番地)代表の菊田常郎氏に深謝いたします。

## 付 記

本研究は、令和元年度北方圏生涯スポーツ研究センター・センター選定事業として実施した。

申告すべき利益相反なし。

## 文 献

- 1) Larsen FJ, Schiffer TA, Borniquel S et al. : Dietary inorganic nitrate improves mitochondrial efficiency in humans. *Cell Metab.* 13 (2) : 149-159, 2011.
- 2) Jones AM : Dietary nitrate supplementation and exercise performance. *Sports Med.* 44 : S35-S45, 2014.
- 3) Santana J, Madureira D, deFranca E et al. : Nitrate supplementation combined with a running training program improved time-trial performance in recreationally trained runners. *Sports* 7 (5) : 120, 2019.
- 4) Sim M, Lewis JR, Blekkenhorst LC et al. : Higher dietary nitrate intake is associated with better muscle function in older women. *J. Cachexia, Sarcopenia Muscle* 10 (3) : 601-610, 2019.
- 5) Oi Y, Okamoto M, Nitta M et al. : Alliin and volatile sulfur-containing compounds in garlic enhance the thermogenesis by increasing nor-epinephrine secretion in rats. *Nutritional Biochem.* 9 : 60-66, 1998.
- 6) Ariga T, Oshiba S and Tamada T : Platelet aggregation inhibitor in gaelic. *Lancet* 1 : 150-151, 1981.

- 7) Kawakishi S and Morimitsu Y : Sulfur chemistry of onion and inhibitory factors of the arachidonic acid cascade, in : Food Phytochemicals for Cancer Prevention I , Huang, MT, Osawa,T, Ho, CT and Rosen, RT, eds, ACS Symposium Series 546, American Chemical Society, Washington, DC : 120-127, 1994.
- 8) Nishimura H and Ariga T : Vinylthiins in garlic and japanese domestic *Allium* (*A.victorialis*), in : Food Phytochemicals for Cancer Prevention I , Huang, MT, Osawa, T, Ho, CT and Rosen, RT, eds, ACS Symposium Series 546, American Chemical Society, Washington, DC : 128-143, 1994.
- 9) Nishimura H, Wijaya CH and Mizutani J : Volatile flavor components and antithrombotic agent ; vinylthiins from *Allium victorialis* L., J. Agric. Food Chem. 36 : 563-566, 1988.
- 10) Belman S : Onion and garlic oils inhibit tumor promotion. Carcinogenesis 4 : 1063-1065, 1983.
- 11) Sundaram SG and Milner JA : Diallyl disulfide inhibits the proliferation of human tumor cells in culture. Biochim. Biophys. Acta 1315 : 15-20, 1996.
- 12) Sudaram SG and Milner JA : Diallyl disulfide suppresses the growth of human colon tumor cell xenografts in athymic nude mice. J. Nutr. 126 : 1355-1361, 1996.
- 13) Xiao H and Parkin KL : Antioxidant functions of selected *Allium* thiosulfinates and S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxide. J. Agric. Food Chem. 50 : 2488-2493, 2002.
- 14) Higuchi O, Tateshita K and Nishimura H : Antioxidative activity of sulfur-containing compounds in *Allium* species for human low-density lipoprotein (LDL) oxidation in vitro. J. Agric. Food Chem. 51 : 7208-7214, 2003.
- 15) Nishimura H, Higuchi O, Tateshita K et al. : Antioxidative activity and ameliorative effects of memory impairment of sulfur-containing compounds in *Allium* species. BioFactors 26 : 135-146, 2006.
- 16) 西村弘行, 友部浩二, 野村靖幸 : 記憶障害改善作用を有する組成物. 特許第4139677号, 2008.
- 17) 西村弘行, 水島豊 : テストステロン増加剤, およびネギ属植物処理物の製造方法, 特許第4172488号, 2008.
- 18) Oi Y, Shishido C, Wada K et al. : Allylthiamin-disulfide and related compounds enhance thermogenesis with increasing noradrenaline and adrenaline secretion in rats. J. Nutr. Sci.Vitaminol. 45 : 643-653, 1999.