

タマネギの α -グルコシダーゼ阻害活性と調理操作による影響**Inhibitory Activity of Onions on α -Glucosidase
and Effects of Cooking Techniques on Its Activity**田中 洋子^{1) 2)}

Hiroko TANAKA

西 隆 司²⁾

Takashi NISHI

木野村 美花³⁾

Mika KINOMURA

荒川 義人⁴⁾

Yoshihito ARAKAWA

渡辺 いつみ⁴⁾

Itsumi WATANABE

要旨

本研究では、タマネギ (*Allium cepa*) の α -グルコシダーゼ阻害活性を指標とした血糖値上昇抑制効果とその関与成分および各種調理操作による影響について検証した。タマネギの 70%エタノール抽出濃縮物をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで分画した複数の画分で強い α -グルコシダーゼ阻害活性が確認された。特に阻害活性の強い画分を HPLC 分析に供したところ、ケルセチン-3,4'-ジグルコシドおよびケルセチン-4'-O- β グルコシドの存在が確認され、両物質が α -グルコシダーゼ阻害活性に関与していることが示唆された。また、調理操作のうち、「水さらし」では5分から10分経過までに α -グルコシダーゼ阻害活性と2種のケルセチン含量の有意な低下が確認された。その他の調理操作では、 α -グルコシダーゼ阻害活性において有意差は認められなかった。これより、タマネギは α -グルコシダーゼ阻害を介した血糖値上昇抑制効果は期待できるが、特に調理操作では「水さらし」に留意する必要性が示された。

This study examined whether ethanol extract of onions inhibit α -glucosidase activity, thereby affecting blood glucose level. It also identified the functional substances facilitating α -glucosidase inhibitory activities, along with various cooking techniques influencing the effect. Consequently, strong α -glucose inhibitory activity was observed in multiple fractions obtained by silica gel column chromatography of onion extract with 70% ethanol. HPLC analysis of the fractions with particularly strong inhibitory activity revealed the presence of quercetin-3,4'-diglucoside and quercetin-4'-O- β glucoside, suggesting their involvement in α -glucosidase inhibitory activity.

Among various cooking techniques, water rinsing of onions for five to ten minutes showed significant decreases in α -glucosidase inhibitory activity and the volume of two quercetin compounds. With other cooking techniques, no significant difference was observed in the activity.

- 1) 藤女子大学 人間生活学部 食物栄養学科 (2023年10月31日受稿、2024年1月26日審査終了受理)
- 2) 天使大学大学院 看護栄養研究科
- 3) 光塩学園女子短期大学 食物栄養科
- 4) 札幌保健医療大学 保健医療学部 栄養学科

While onions can be expected to suppress a blood glucose levels through α -glucosidase inhibition, it is suggested that particular attention should be paid to water rinsing as part of cooking techniques.

キーワード：タマネギ (Onion)

ケルセチン配糖体 (Quercetin glucoside)

α -グルコシダーゼ阻害 (α -glucosidase inhibition)

I. 緒 言

令和元年度の国民健康栄養調査によると、「糖尿病が強く疑われる者」の割合は男性で 19.7%、女性 10.8%であり、平成 22 年から令和元年の 10 年間でみると、男性で 3.1%、女性で 1.6%増加している¹⁾。糖尿病の管理には、食事療法を中心とする生活習慣の是正が有効であるとされている^{2,3)}。しかし、食習慣改善の意思について、「関心はあるが改善するつもりはない」と回答した者の割合が最も高く、男性で 24.6%、女性で 25.0%であり¹⁾、食習慣を変えるのは容易ではないことがうかがえ、食品の三次機能として血糖値改善効果への期待が膨らんでいる。

そこで我々は、三次機能成分による α -グルコシダーゼ阻害を介した血糖値上昇抑制に着目し、ダッタンソバのルチン、ケルセチンに起因する血糖値上昇抑制効果について報告した⁴⁾。また、タマネギ (*Allium cepa*) は、ケルセチンおよびその配糖体であるケルセチン-4'-O- β グルコシドとケルセチン-3,4'-ジグルコシドを多く含有していることが知られ⁵⁾、WUら⁶⁾はタマネギに含まれるケルセチン類が α -グルコシダーゼ阻害活性に寄与する可能性を示唆している。北海道が全国出荷量の約 63%を占める⁷⁾タマネギは極めて身近な食品であり、様々な料理に用いられているため、調理されたタマネギに α -グルコシダーゼ阻害活性が確認され、血糖値上昇抑制効果が示唆されることは意義深い。実際に、令和元年度国民健康栄養調査の食品群別摂取量によると、その他の野菜ではタマネギの摂取量が1日 32.1gと最も多く摂取されている¹⁾。タマネギは、生のままスライスして、水さらしたものをを用いるか、あるいは茹で、炒めなどで加熱して摂取するのが一般的であるが、調理操作によるタマネギ中のフラボノイドの含有量の変化に関してはTAKENAKAら⁸⁾の報告があるに過ぎない。

今回、我々は「さらさらレッド」と「ゆめせん

か」の2品種のタマネギを試料とし、血糖値改善効果を導く研究として、タマネギの α -グルコシダーゼ阻害活性作用とその阻害活性に対する調理操作の影響を検討した。

II. 試料と方法

1. 試料

タマネギ試料として「さらさらレッド」と「ゆめせんか」の2品種を用いた。

試料の「さらさらレッド」は、北海道栗山町でケルセチンの高含有化を目的に改良された品種⁹⁾で、同町で栽培、収穫されたものを用いた。一方の「ゆめせんか」は、焦げ色がつきにくい等、既存の品種にはない加工適性を有した改良品種¹⁰⁾で、北海道総合研究機構北見農業試験場で栽培、収穫されたものを用いた。

2. さらさらレッドタマネギ成分の抽出と分画

1) 試料

さらさらレッドタマネギ5個を -30°C で凍結乾燥し、粉末化したものを試料とした。

2) 成分の抽出と分画

試料 100g を 70%エタノール 800ml で2回抽出し、抽出液を15分間遠心分離 (4°C 、12,000rpm) し、上澄みを減圧下で濃縮して抽出乾固物 (76.8g) を得て抽出乾固物とした。その一部 (44g) をシリカゲルカラムクロマトグラフィー (長さ 360 mm×内径 62 mm) に供し、クロロホルム-エタノール混液 (10 : 0、v/v) から (0 : 10、v/v) まで順次溶出し、各画分の溶出液を減圧下で濃縮して乾固物を得た。

3) α -グルコシダーゼ阻害活性測定用試料溶液の調製

さらさらレッドタマネギ抽出乾固物については Dimethyl Sulfoxide (以下、DMSO) に溶解して各

種濃度溶液を調製し、また各画分乾固物については5 mg/ml 濃度溶液を調製して α -グルコシダーゼ阻害活性測定用試料溶液とした。

3. ゆめせんかタマネギの調理操作と水さらし操作

1) 試料

冷蔵(5℃)保蔵した「ゆめせんか」タマネギを試料とした。

2) 調理操作

(1) 前処理

ゆめせんかタマネギ2個の外皮をはぎ、均質になるように縦に各4等分し、室らの方法¹¹⁾で繊維に沿ってスライスし、フードプロセッサーにて30秒処理したものを試料とした。

(2) 生、冷凍、電子レンジ加熱および炒め調理

試料を各20g精秤し、大池らの方法¹²⁾に従い、生は未調理、冷凍は-30℃で24時間保蔵した。電子レンジ加熱は700W、1分間加熱を行った。炒めは玉木らの方法¹³⁾に従い、ホットプレート上で250℃、5分間加熱した。

(3) 試料溶液の調製

生、冷凍、電子レンジ加熱、炒め調理後の試料に大池らの方法¹²⁾に従い純水40mlを加えてホモジナイズし、遠心分離(3,000rpm×10min)によって上澄み液を得た。沈殿物には再度純水20mlを加え、ホモジナイズし、遠心分離によって上澄み液を得、この操作を2回繰り返した。上澄み液を全て合わせて純水で100mlに定容し、試料溶液とした。

3) 水さらし操作

(1) 前処理

ゆめせんかタマネギ2個を、各4等分しスライサー(1mm幅)でスライスしたものを試料とした。

(2) 水さらし操作

試料を試料重量の12倍の純水に5分間または10分間さらした。なお、水さらししていないも

のを0分とした。水さらしが終わった試料を取り出し、ペーパータオルで水気をふき取ってみじん切りしたものを水さらし済試料とした。

(3) 試料溶液の調製

ゆめせんかタマネギの水さらし済試料を5g精秤し、メタノール10mlを加えホモジナイズし、遠心分離3,000rpm×10min)した後にろ紙を用いてろ過して上澄みを集め、これをメタノール抽出物試料溶液とした。

4. α -グルコシダーゼ阻害活性の測定

α -グルコシダーゼ阻害活性の測定は、鳥海ら¹⁴⁾の方法に従った。粗酵素液は、ラット腸管アセトンパウダー(SIGMA社)に10倍量の0.1Mリン酸緩衝溶液(pH7.0)を加え、氷冷しながら超音波処理した後、遠心分離(3,000rpm×10min)によって上清を調製した。なお、粗酵素液はマイクロチューブに分注後、-20℃で保存し、阻害活性を測定する時に、解凍して用いた。試料存在下の反応を「試験区」、反応終了後に粗酵素を添加するものを「空試験区」、また試料非添加区を「対照区」とした。反応は、試験管に試料溶液500 μ l、250mMマルトース水溶液2ml、蒸留水2.4mlを入れて37℃で5分間保温後、粗酵素液(100mg/ml)100 μ lを添加し、37℃で40分間保温した。その後、0.2M炭酸ナトリウム水溶液5mlを添加して反応を停止し、生成したグルコース量をグルコース測定キット(グルコースCII-テストワコー、富士フィルム和光純薬工業株式会社)を用いて測定した。「試験区」、「空試験区」、「対照区」のそれぞれのグルコース量から、次式に従って α -グルコシダーゼ阻害率を算出した。

$$\alpha\text{-グルコシダーゼ阻害率}(\%)$$

$$=100-\{(A-B)/C\times 100\}$$

A: 試験区グルコース量、B: 空試験区グルコース量、C: 対照区グルコース量

5. ケルセチン配糖体の定量

ケルセチン配糖体の定量は、高速液体クロマトグラフィー（以下、HPLC）を用いた岩渕らの方法¹⁵⁾に従って行った。ケルセチン-4'-O-βグルコシドとケルセチン-3,4'-ジグルコシドの標準品は富士フィルム和光純薬工業株式会社製を使用した。測定条件は、カラム：Inertsil ODS - 3（長さ250mm×内径 4.6 mm）、移動相：2.5%酢酸：メタノール：アセトニトリル（50：30：20，v/v）混合液、流速：1.0ml/min、検出器：日立L-7400 UV（波長 350nm）とした。

6. 統計解析

さらさらレッドタマネギの抽出乾固物のα-グルコシダーゼ阻害活性の測定は3反復、各調理操作とのα-グルコシダーゼ阻害活性の測定は7反復、ゆめせんかタマネギの各調理操作とケルセチン-3,4'-ジグルコシドおよびケルセチン-4'-O-βグルコシド含量の測定は6反復、ゆめせんかタマネギの水さらしとα-グルコシダーゼ阻害活性の測定は6反復、ゆめせんかタマネギの水さらしと

ケルセチン-3,4'-ジグルコシドおよびケルセチン-4'-O-βグルコシド含量の測定は9反復行った。結果はいずれも平均値±標準偏差で表した。

統計解析は、4Steps エクセル統計（オーエムエス出版）を用い、調理方法とα-グルコシダーゼ阻害活性を Kruskal-Wallis 法、調理方法とケルセチン濃度比較、水さらしとα-グルコシダーゼ阻害活性およびケルセチン濃度比較を Tukey-Kramer 法により有意差検定を行った。有意水準は1%（ $P < 0.01$ ）とした。

III. 結果

1. さらさらレッドタマネギのα-グルコシダーゼ阻害活性

さらさらレッドタマネギの70%エタノール抽出乾固物について各種濃度溶液を調製し、各溶液のα-グルコシダーゼ阻害活性を測定したその結果を図1に示す。溶液の濃度に依存して阻害率が上昇した。次に、抽出乾固物をシリカゲルカラムクロマトグラフィーに供し、クロロホルム・エタ

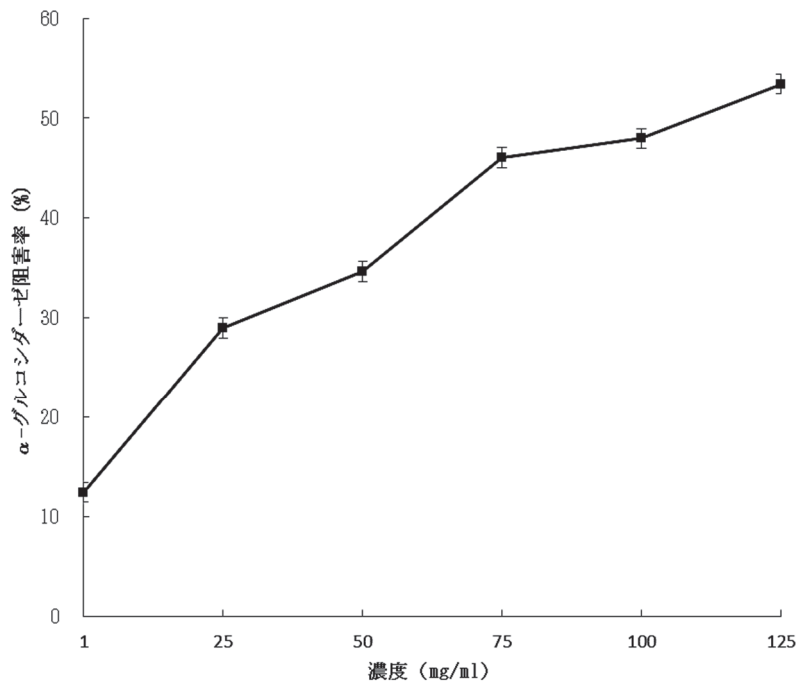


図1 さらさらレッドタマネギ抽出乾固物のα-グルコシダーゼ阻害活性
平均値±標準偏差 (n=3)

表1 さらさらレッドタマネギの各画分の乾固物量と α -グルコシダーゼ阻害活性

分画前	分画後 (画分No.)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
クロロホルム：エタノール	10:0	9:1	8:2	7:3	6:4	5:5	4:6	3:7	0:10	
乾固物量mg	44000	43	87	86	369	1813	4464	4844	5488	5934
α -グルコシダーゼ阻害率%	-	-	-	40.7	29.1	26.8	19.0	17.3	9.9	

ノール混液で溶出、分画した各画分乾固物の5 mg/ml 溶液を調製し、 α -グルコシダーゼ阻害活性を測定した結果を表1に示す。画分1、2、3は、乾固物重量が量的に少なく試験溶液の調製が困難なため、 α -グルコシダーゼ阻害活性は測定出来なかった。画分4 (阻害率 40.7%)、画分5 (阻害率 29.1%)、画分6 (阻害率 26.8%) に顕著な阻害活性が確認された。

2. さらさらレッドタマネギのケルセチン-3,4'-ジグルコシド、ケルセチン-4'-0- β グルコシド含量および α -グルコシダーゼ阻害活性

さらさらレッドタマネギの抽出乾固物およびシリカゲルカラムクロマトグラフィー分画乾固物中

のケルセチン-3,4'-ジグルコシドおよびケルセチン-4'-0- β グルコシド含量を HPLC にて定量したクロマトグラムを図2に、測定した結果を表2に示す。画分1、2、3は、乾固物重量が量的に少なく試験溶液の調製が困難なためケルセチン-3,4'-ジグルコシド、ケルセチン-4'-0- β グルコシド含量および α -グルコシダーゼ阻害活性阻は測定出来なかった。害活性の強い画分4にはケルセチン-4'-0- β グルコシド 9.38 mgが含まれ5 mg/ml 中 0.13 mgと他の画分よりも高濃度だった。画分5ではケルセチン-3,4'-ジグルコシド 111.71 mgと多く含まれ、ケルセチン-4'-0- β グルコシドにも 34.45 mg含まれていた。

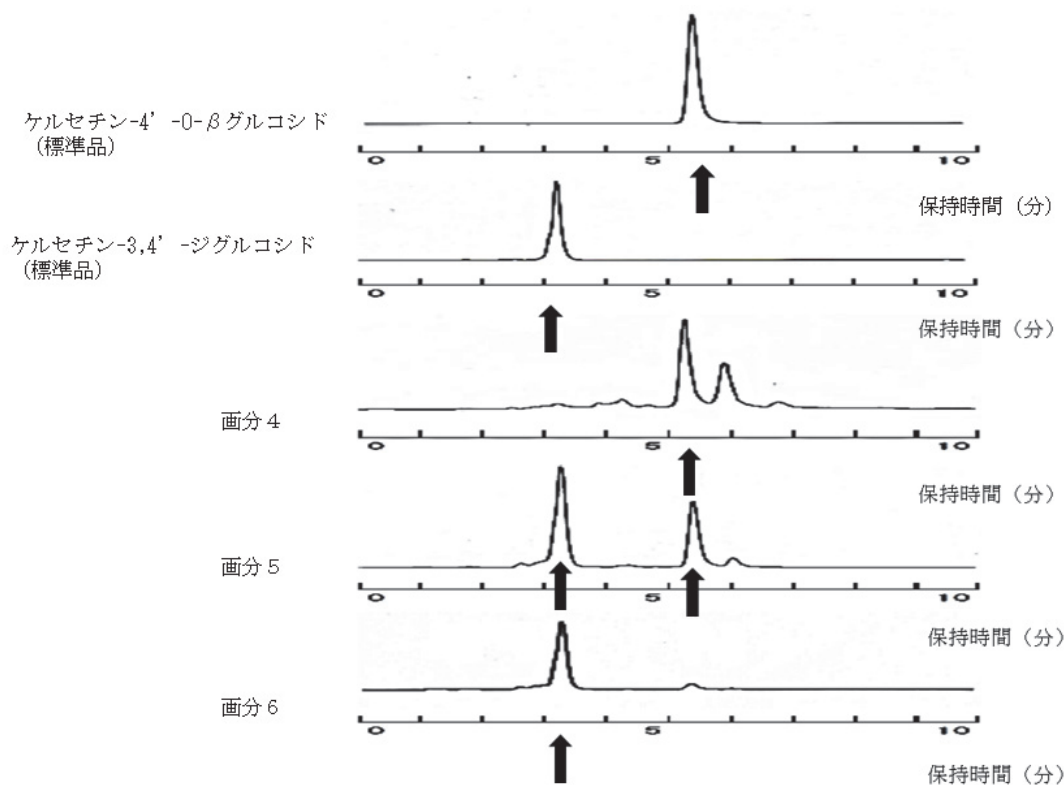


図2 ケルセチン配糖体標準品とさらさらレッドタマネギの画分のクロマトグラム

表2 さらにレッドタマネギの各画分のケルセチン-3,4'-ジグルコシド、ケルセチン-4'-O-βグルコシド含量

	分画後 (画分No.)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ケルセチン-3,4'-ジグルコシド含量(5mg/ml中)	-	-	-	-	0.31	0.10	0.04	0.01	0.01
ケルセチン-3,4'-ジグルコシド含量(総量mg)	-	-	-	-	112	93	37	15	8.3
ケルセチン-4'-O-βグルコシド含量(5mg/ml中)	-	-	-	0.13	0.10	0.01	0.01	0.00	0.00
ケルセチン-4'-O-βグルコシド含量(総量mg)	-	-	-	9.4	35	6.2	6.8	4.4	4.7

3. ゆめせんかタマネギの各調理操作のα-グルコシダーゼ阻害活性

ゆめせんかタマネギの各調理操作のα-グルコシダーゼ阻害活性の結果を図3に示す。すべての調理操作から得られた試料溶液における、α-グルコシダーゼ阻害率は、生タマネギ 24.9%、レンジ加熱 23.0%、炒め加熱 26.5%、冷凍 25.8%が確認された。ただし、生タマネギと各調理操作後の試料溶液の阻害活性には有意差は認められなかった。

4. ゆめせんかタマネギの各調理操作後のタマネギ中のケルセチン-3,4'-ジグルコシド、ケルセチン-4'-O-βグルコシド含量

ゆめせんかタマネギの各調理操作後のタマネギ

中のケルセチン-3,4'-ジグルコシドの含量を図4、ケルセチン-4'-O-βグルコシド含量を図5に示す。各調理操作では、ケルセチン-3,4'-ジグルコシド含量は生タマネギ 0.06 mg/ml、レンジ加熱 0.07 mg/ml、炒め加熱 0.05 mg/ml、冷凍 0.08 mg/ml、ケルセチン-4'-O-βグルコシド含量は、生タマネギ 0.012 mg/ml、レンジ加熱 0.01 mg/ml、炒め加熱 0.007 mg/ml、冷凍 0.014 mg/ml とどちらも生のタマネギの含量と比較して有意な差はみられなかった。

5. ゆめせんかタマネギの水さらし時間とα-グルコシダーゼ阻害活性

ゆめせんかタマネギの水さらし時間とα-グルコシダーゼ阻害活性の結果を図6に示す。α-グ

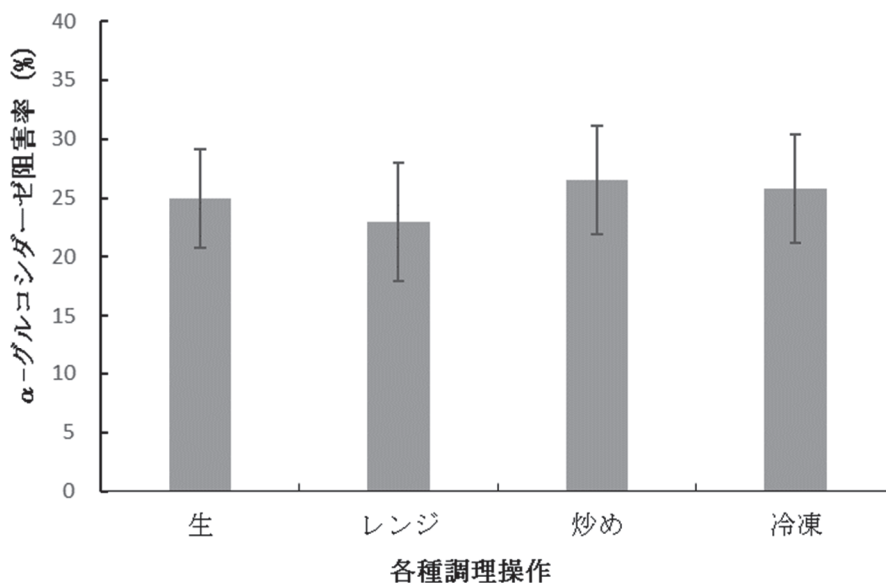


図3 ゆめせんかタマネギの各調理操作とα-グルコシダーゼ阻害活性 (試料溶液 500 μl) 平均値±標準偏差 (n=7)

ルコシダーゼ阻害率は水さらし時間0分で30.5%、5.0%となり、 α -グルコシダーゼ阻害活性の有意な低下 ($P < 0.01$) がみられた。

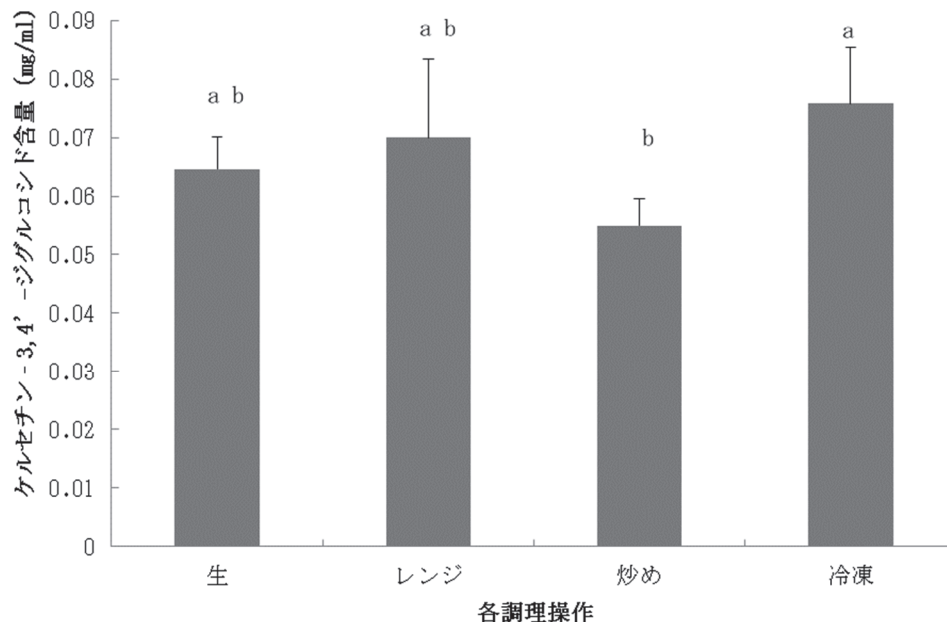


図4 ゆめせんかタマネギの各調理操作とケルセチン-3,4'-ジグルコシド含量
 平均値±標準偏差 (n=6)
 a, b:異なる文字間で有意差あり ($P < 0.01$)

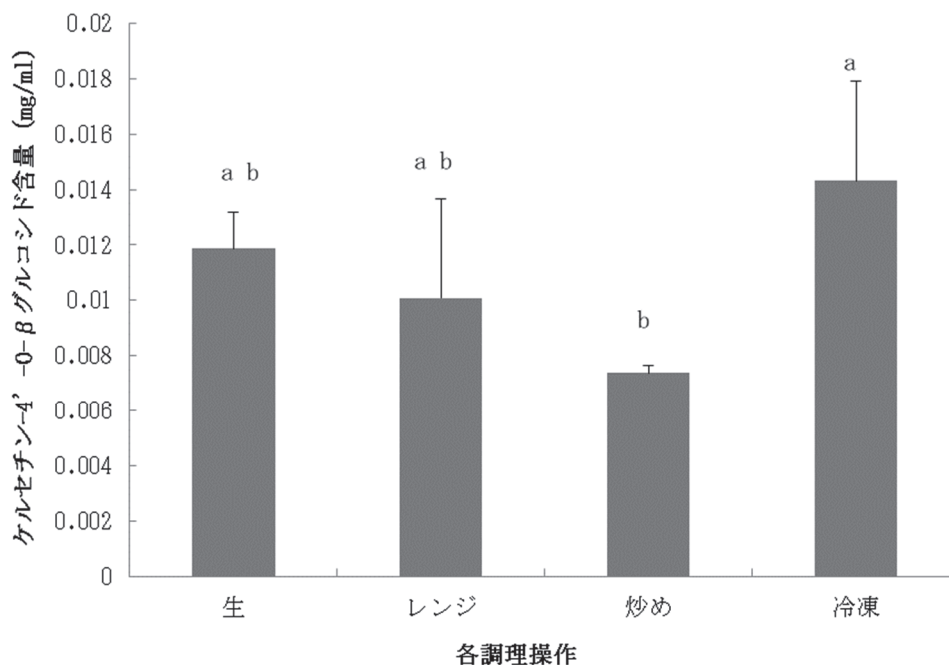


図5 ゆめせんかタマネギの各調理操作とケルセチン-4'-O-βグルコシド含量
 平均値±標準偏差 (n=6)
 a, b:異なる文字間で有意差あり ($P < 0.01$)

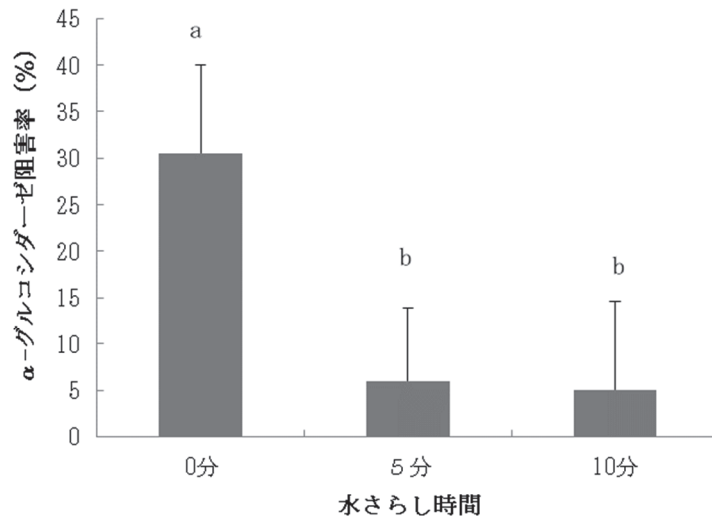


図6 ゆめせんかタマネギの水さらし時間と α -グルコシダーゼ阻害活性 (試料溶液 500 μ ml)
 平均値 \pm 標準偏差 (n=6)
 a, b:異なる文字間で有意差あり ($P < 0.01$)

6. ゆめせんかタマネギの水さらし時間とケルセチン-3,4'-ジグルコシド、ケルセチン-4'-O- β グルコシド含量

ゆめせんかタマネギの水さらし時間とタマネギ中のケルセチン-3,4'-ジグルコシドの含量、ケ

ルセチン-4'-O- β グルコシド含量を図7および図8に示す。ケルセチン-3,4'-ジグルコシドの含量は、水さらし時間5分経過で0.10 mg/ml、10分経過で0.11 mg/mlとなり0分0.18 mg/mlと比較して有意な低下 ($P < 0.01$) がみられた。ケルセチ

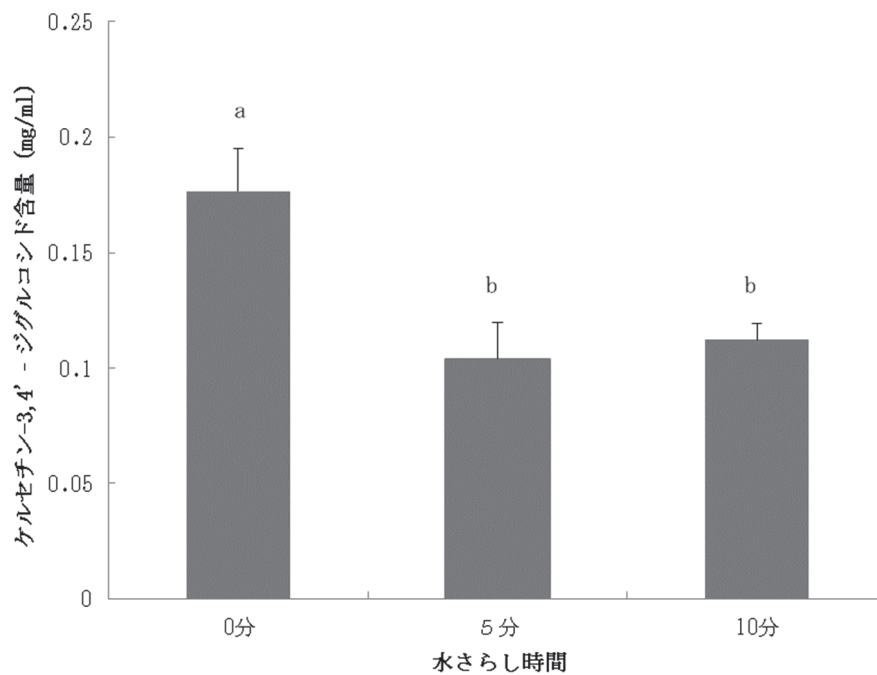


図7 ゆめせんかタマネギの水さらし時間とケルセチン-3,4'-ジグルコシド含量
 平均値 \pm 標準偏差 (n=9)
 a, b:異なる文字間で有意差あり ($P < 0.01$)

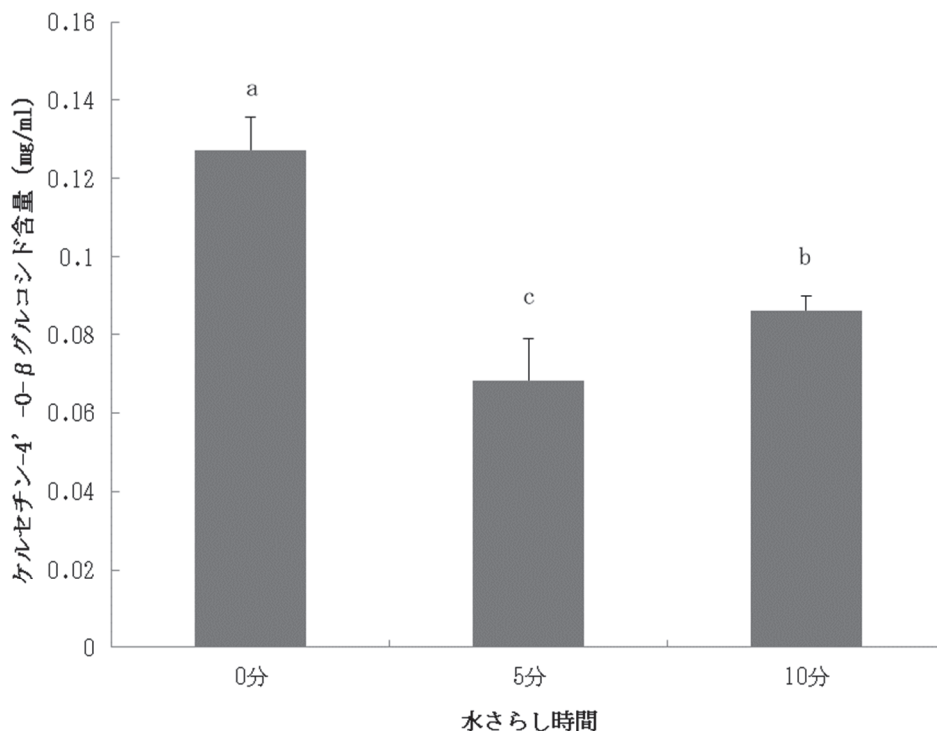


図8 ゆめせんかタマネギの水さらし時間とケルセチン-4'-O-β-グルコシド
 平均値±標準偏差 (n=9)
 a, b, c:異なる文字間で有意差あり ($P < 0.01$)

ン-4'-O-β-グルコシド含量においても水さらし時間5分経過で0.068 mg/ml、10分経過で0.086 mg/mlとなり0分で0.13 mg/mlと比較して有意な低下 ($P < 0.01$) がみられた。

IV. 考 察

本研究は、さらさらレッドタマネギとゆめせんかタマネギを試料として、 α -グルコシダーゼ阻害活性およびその活性に対する各種調理操作の影響について検討した。

WUら⁶⁾は、タマネギの70%エタノール抽出物で74%の α -グルコシダーゼ阻害活性が示されタマネギに含まれるケルセチンが関与している可能性があるとして報告している。本研究においてもさらさらレッドタマネギの70%エタノール抽出乾固物について α -グルコシダーゼ阻害活性が確認され、シリカゲルカラムクロマトグラフィーによる

分画とHPLC分析から寄与成分はケルセチン-3,4'-ジグルコシドおよびケルセチン-4'-O-β-グルコシドであることが示唆された。タマネギには9種類のフラボノイド類の存在が認められているが、中でもケルセチン-4'-O-β-グルコシドとケルセチン-3,4'-ジグルコシドが非常に多く⁵⁾、それらが α -グルコシダーゼ阻害に有効であったと考える。今回、品種間の違いは確認していないが、さらさらレッドタマネギは、国内のタマネギ品種の中では最もケルセチン含量が多いと報告⁹⁾されており、 α -グルコシダーゼ阻害活性において他品種より優れている可能性がある。

一方、ゆめせんかタマネギの生、冷凍、電子レンジ加熱、炒め調理後と α -グルコシダーゼ阻害活性の関係では、いずれの調理操作から得られた試料溶液でも、 α -グルコシダーゼ阻害活性が確認され、生タマネギと冷凍、電子レンジ加熱、炒め調理後の試料溶液の阻害活性には有意な差は認

められなかった。したがって、タマネギの α -グルコシダーゼ阻害活性は加熱調理による影響を受けにくいと考えられる。また、IOKUら¹⁶⁾は、タマネギのフラボノイド含量は種々の調理法(ゆでる、油またはバターで炒める、電子レンジ加熱)でそれほど減少しないと報告している。今回の結果においても、タマネギの電子レンジ加熱や炒め加熱は、ケルセチン-3,4'-ジグルコシドとケルセチン-4'-O- β グルコシド含量に影響していないと判断され、そのことがタマネギの生と電子レンジ加熱や炒め加熱による α -グルコシダーゼ阻害活性の顕著な変化を生じないことに繋がっていると考へた。しかし、今回の実験ではタマネギの生と冷凍、電子レンジ加熱、炒め加熱のケルセチン配糖体の抽出は、実際に調理、摂食する過程を想定し、実験試料はエタノール抽出ではなく純水を使用したため、ケルセチンの配糖体の測定値が低かった可能性があるが、今後ケルセチン配糖体の抽出の溶媒を検討したいと考へる。一方で、タマネギを生で摂取する時の水さらしでは、水さらし時間0分から5分経過後および10分経過後、 α -グルコシダーゼ阻害活性の有意な低下が確認され、同様にタマネギを水さらしするとケルセチン-3,4'-ジグルコシドとケルセチン-4'-O- β グルコシドの含量が有意に減少したため水さらしでは、 α -グルコシダーゼ阻害活性の低下はケルセチン-3,4'-ジグルコシドおよびケルセチン-4'-O- β グルコシドの流出による含量低下に起因することが示唆された。タマネギの α -グルコシダーゼ阻害活性を指標とした血糖値上昇抑制効果を期待すると、タマネギは水さらしをせず、電子レンジ及び炒め調理が望ましく、煮込み料理は、煮汁ごと食べられるスープやシチューが望ましいと思われ

V. 利益相反 (COI)

研究対象の試料であるタマネギ「さらさらレッド」は岡本大作氏より、タマネギ「ゆめせんか」

は北海道立北見農業試験場(現北海道立総合研究機構北見農業試験場)より提供を受けた。

VI. 参考文献

- 1) 厚生労働省：令和元年国民健康・栄養調査結果の概要，令和2年10月27日
- 2) 中川幸恵ら：2型糖尿病患者で観察される栄養指導効果に対する罹病期間並びに指導頻度の影響，糖尿病，57(11)，813-819，2014
- 3) 日本糖尿病学会：糖尿病診療ガイドライン2019，31，株式会社 南江堂，2019
- 4) 田中洋子ら：ダッタンソバ茹麺の血糖値上昇抑制作用とその関与成分，日本補完代替医療学会誌，18(1)，29-36，2021
- 5) 津志田藤二郎，鈴木雅博：タマネギに存在するフラボノイド配糖体の分析および化学合成による同定 野菜・果実のフラボノイドに関する研究(第1報)，日本食品科学工学会誌，42(2)，100-108，1995
- 6) WU Hairong, XU Baojun: Inhibitory Effects of Onion Against α -glucosidase Activity and Its Correlation with Phenolic Antioxidants, International Journal of Food Properties, 17(1-3), 599-609, 2014
- 7) 農林水産省：作物統計調査 令和3年産野菜生産出荷統計，2022.12.20
- 8) Makiko TAKENAKA, *et al*: Cooking Loss of Major Onion Antioxidants Prepared in Different Ways, Food Science and Technology Research, 10(4), 2004
- 9) 岡本大作：高機能性タマネギ「さらさらレッド」開発と特産化への取り組み，食品と開発，45(3)，2-4，2010
- 10) 柳田大介ら：タマネギ新品種「ゆめせんか」の育成，北海道立総合研究機構農試集報，102，29-40，2018
- 11) 室崇人ら：細断抽出によるタマネギケルセ

- チン配糖体含量の簡易評価法, 北海道農業研究センター研究報告, 189, 1-8, 2008
- 12) 大池奈津希, 川俣幸一: 果実ポリフェノール量および抗酸化活性への電子レンジ加熱, 湯煮加熱 (ブランチング) の影響, 栄養学雑誌, 70(3), 207-212, 2012
- 13) 玉木雅子 ら: 北海道産タマネギの品質と調理加工特性, 日本食品保蔵科学会誌, 28(6), 2002
- 14) 鳥海滋 ら: ダツタンソバの α -グルコシダーゼ活性阻害効果の測定法. 独立行政法人産業技術総合研究所 食品健康産業分科会 食品機能成分分析研究会 食品中の健康機能性成分の分析法マニュアル. 2011 ; 1-5
- 15) 岩渕絵里子, 荒川義人: たまねぎの抗酸化活性に関する研究. 天使大学紀要. 2004 ; 4 : 21-25.
- 16) Kana IOKU, *et al*: Various Cooking Methods and the Flavonoid Content in Onion, Journal of Nutritional Science and Vitaminology, 47(1), 78-83, 2001