食品科学教育協議会会誌／第8巻第1号／2017年3月25日発行／ISSN 1881-266X

食品科学教育協議会会誌

Journal of Association of Food Science Education in Japan

Vol.8 No.1
(AFSE No.8)
2017

食品科学教育協議会
Association of Food Science Education in Japan(AFSE)

食品科学教育協議会会誌

第8巻1号（2017年）

目　　次

南西諸島におけるオウギガニ科カニ類の毒性と毒成分 …… 1

相良剛史　谷山茂人　江戸梢　西堀尚良
橋本多美子　高谷智裕　荒川修　西尾幸郎

Relationship between taste composition and sensory evaluation ratings of fruits …… 11

Yoko OKAMOTO and Kenji TAYAMA

いも・野菜類の物性に及ぼす塩味調味料の影響 …… 19

垰久美子　多山賢二　岡本洋子

徳島県産の花および果実からの有用酵母の分離 …… 27

梶原瑞季　西堀尚良

徳島県における魚の利用状況について …… 33

植田和美　江戸梢　後藤月江　渡邊幾子　美紀章江

加工食品の塩分測定の検討

—モール法と塩分計の精度及び表示との比較— …… 41

田中智子

南西諸島におけるオウギガニ科カニ類の毒性と毒成分

相良剛史[1*]、谷山茂人[2]、江戸 梢[3]、西堀尚良[3]
橋本多美子[4]、高谷智裕[2]、荒川 修[2]、西尾幸郎[3]

(平成28年10月31日受理)

[1]尚絅大学短期大学部食物栄養学科，[2]長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科，
[3]四国大学短期大学部人間健康科，[4]武庫川女子大学生活環境学部食物栄養学科

Toxicity and toxin profiles of xanthid crabs collected from the Nansei Islands, Japan.

Takefumi Sagara*, Shigeto Taniyama, Kozue Edo, Naoyoshi Nishibori,
Tamiko Hashimoto, Tomohiro Takatani, Osamu Arakawa and Sachio Nishio

Summary

The xanthid crabs, *Zosimus aeneus*, *Atergatis floridus* and *Platypodia granulosa*, are habiting the Nansei Islands of Japan. Besides, toxin profiles of the crabs living in some areas of the Islands such as Hatoma and Miyako districts have been unknown till to date. Therefore, screening of toxicity was carried out on a total of 54 specimens of 3 crab species, *Z. aeneus*, *A. floridus* and *P. granulosa* collected from Western part of Nansei Islands, Okinawa Prefecture, during 2003 to 2007. Among them, all of *Z. aeneus*, 9 of *A. floridus*, and all of *P. granulosa* specimens showed toxicity ranging from 1.83-660, 1.75-85.0, 2.3 and 530-1070 MU/g as paralytic shellfish poison (PSP), respectively. HPLC analyses revealed that their toxins, irrespective of species, were composed mainly of saxitoxin, a typical component of PSP. Their toxicity levels and toxic principles varied depending on the habitats.

Key words : *Zosimus aeneus*; *Atergatis floridus*; *Platypodia granulosa*; paralytic shellfish poison; food poisoning

要旨：2003年から2007年にかけて南西諸島で採集したオウギガニ科カニ類3種計54個体（ウモレオウギガニ38個体，スベスベマンジュウガニ11個体，ツブヒラアシオウギガニ5個体）につき，毒性と毒成分を調べたところ，ウモレオウギガニは全ての個体（1.83～660 MU/g），スベスベマンジュウガニは9個体（1.75～85.0 MU/g），ツブヒラアシオウギガニは全ての個体（530～1070 MU/g）が有毒であったが，その毒量は採集地域に関係なく個体差が激しかった．また，有毒個体が有する毒成分はサキシトキシン（STX）群が主であったが，それらの毒成分組成には個体や地域による差異があるものと思われた．

キーワード：ウモレオウギガニ; スベスベマンジュウガニ; ツブヒラアシオウギ; 麻痺性貝毒; 食中毒

*連絡責任者・別刷請求先（Corresponding author, E-mail ; t_sagara@shokei-gakuen.ac.jp）
尚絅大学短期大学部食物栄養学科（862-8678　熊本市中央区九品寺２丁目6-78）
Shokei University, Junior College, Kuhonji Kumamoto 862-8678, Japan

緒 言

我が国には南西諸島を中心に食中毒原因となり得る3種類の有毒ガニ，ウモレオウギガニ *Zosimus aeneus*，ツブヒラアシオウギガニ *Platypodia granulosa*，およびスベスベマンジュウガニ *Atergatis floridus* が生息しており[1~4]，過去に，これらに起因した食中毒が20例近く発生し，少なくとも29名の中毒者と15名の死者を記録している[5]．有毒ガニによる食中毒の特徴として，それらの毒性の高さから致死率が高いことが挙げられるが，毒性を示す個体がほとんど存在しない地域が存在するなど[6~8]，これらのカニが毒を保有する要因は不明であり，その毒成分についても一部の地域を除いては詳細な検討がなされていない．そこで，過去に食中毒が発生した地域を含む南西諸島の鳩間島，石垣島，宮古島，大神島，および八重干瀬において前記3種を採取し，それらの地域別毒性と毒成分組成についての比較検討を行った．

方 法

1. 試 料

2003年から2007年にかけて鳩間島，石垣島川平，宮古島狩俣，大神島，および八重干瀬（Fig. 1）で採取したウモレオウギガニ，スベスベマンジュウガニ，ツブヒラアシオウギガニ計54個体を試料とした．試料は採取後，直ちに現地にて個体ごとに冷凍して当研究室に運び，実験に供するまで−20℃で凍結保存した．供試の際，試料を流水中で急速解凍して用いた．

2. 毒性試験

各試料を丸のまま磨砕後，0.1 mol/L 塩酸を加えて加熱抽出し，遠心分離後の上清を試験液とした．毒性試験は，食品衛生検査指針理化学編麻痺性貝毒検査法[9]（公定法）に準じて行った．

3. 毒成分分析

各試験液を限外濾過（<10,000 da）に付したものを麻痺性貝毒（PSP）およびフグ毒（TTX）を対象とした高速液体クロマトグラフィー（HPLC）分析に供した．

PSPを対象とした分析は従来のHPLC蛍光法による既報の分析法に準拠した[10~13]．すなわち，ゴニオトキシン（GTX）群とプロトゴニオトキシン（C）群については一括して分析を行い，サキシトキシン（STX）群のみ別に分析した．GTX/C群の分析では，カラムにHG3013N（φ4.6 mm×50 mm，Hitachi）とDevelosil C-30 UG-5（φ4.6 mm×250 mm，Nomura Chemical）を用い，前者の

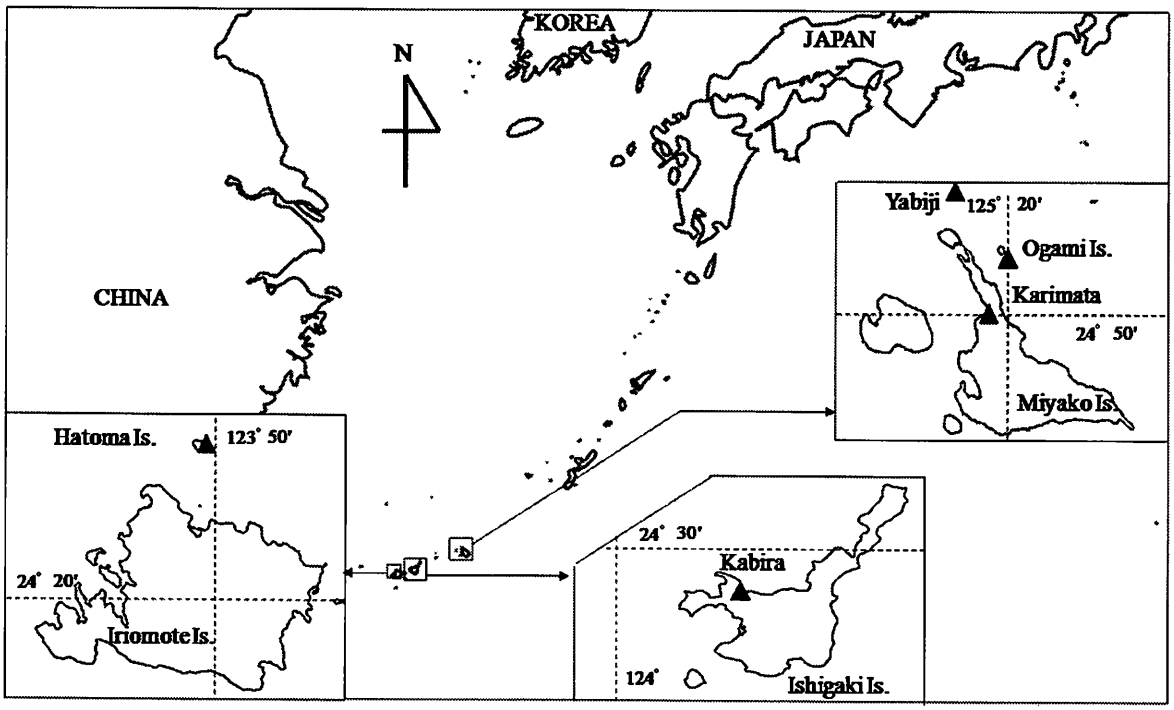

Fig. 1. Map showing sampling stations (▲) in the Nansei Islands, Okinawa Prefecture.

温度を50℃，後者を25℃に加温制御した．移動相A: 5 mmol/L ヘプタフルオロ酪酸を含む10 mmol/L 酢酸アンモニウム緩衝液（pH 3.8）および移動相B: 10 mmol/L ヘプタフルオロ酪酸を含む10%アセトニトリル-30 mmol/L 酢酸アンモニウム緩衝液（pH 7.1）を用い，分析時間0～25分を移動相A、25～45分を移動相B，45～70分を移動相Aとして，流速を0.6mL/min に設定した．カラムからの溶離液に7 mmol/L 過ヨウ素酸を含む50 mmol/L リン酸緩衝液（pH 10.0）を混合し，65℃で加熱して蛍光化後，0.5 mol/L 酢酸で蛍光強度を増幅し，励起波長340 nm，蛍光波長410 nm で測定した．一方，STX 群の分析は，カラムに Develosil C-8（φ 4.6 mm×250 mm，Nomura Chemical），移動相に2 mmol/L ヘプタンスルホン酸を含む4%アセトニトリル-30 mmol/L リン酸アンモニウム緩衝液（pH 7.3)を用いて，同様の検出条件で分析した．

TTX を対象とした分析は，従来の HPLC 蛍光法[14~17]を参考にして行った．カラムに Develosil RP AQEOUS AR（φ 4.6 mm×250 mm，Nomura Chemical)を用い，カラムを25℃に加温制御した．移動相には30 mmol/L ヘプタフルオロ酪酸を含む5 mmol/L 酢酸アンモニウム緩衝液（pH 4.0）を用い，流速を0.8 mL/min に設定した．カラムからの溶離液に4 mol/L の水酸化ナトリウム溶液を0.8 mL/min で混合し，110℃で加熱して蛍光化後，励起波長381 nm，蛍光波長505 nm で測定した[15]．

結果および考察

Table 1～3 に各試料の毒性を示す．2007年5月に鳩間島で採取したウモレオウギガニ 10 個体はすべて有毒で，毒力範囲は PSP 換算で 42～660 MU/g であり，平均値は242±201 MU/g（平均毒力±標準偏差; 以下同様）であった．保有毒成分は，neoSTX が28.1±13.5 mol%（平均値±標準偏差; 以下同様）を占め，次いで dcSTX が22.4±6.6 mol%，hySTX が17.2±9.0 mol%，STX が10.8±1.8 mol%で，STX 群が保有成分の78.5±12.6 mol%を占めていた（Fig. 2）．GTX 群では dcGTX3 が7.8±4.4 mol%，GTX2，GTX3，および dcGTX2 がそれぞれ5.6±3.6 mol%，4.0±2.4 mol%，および3.7±2.5 mol%であり，その他の成分は1 mol%未満であった．鳩間島では1945年10月に原因種不明のカニによる死者を伴う食中毒が発生しているが[18]，同島に生息するカニの毒性について検討された例はなかった．今回採取したウモレオウギガニは，ほとんどの個体が1個体でヒトの最少致死量と推測されている3,000 MU（PSP 換算）を上回る毒量を保有しており，中には1個体でその3倍以上である10,800 MU の毒量を有する個体も存在したため，同島に生息するウモレオウギガニは極めて危険であることが判明した．

2004年7月に石垣島川平で採取したウモレオウギガニ4個体はすべて有毒で，毒力範囲は2.0～93 MU/g（37.2±37.2 MU/g）であった．それらの保有毒成分は neoSTX が最も多く47.8±11.9 mol%を占め，次いで STX が33.4±19.1 mol%，dcSTX が5.7±0.8 mol%，hySTX が2.7±1.9 mol%で，STX 群が89.5±10.8 mol%を占めていた（Fig. 2）．GTX 群では，dcGTX2 が6.8±6.9 mol%を占めており，その他の成分は5 mol%未満であった．石垣島ではカニによる食中毒が少なくとも2件発生しており，うち1件は中毒原因種がウモレオウギガニであることがわかっている[18]．今回，高い毒量を有する個体はみられなかったが，同種を含む同島川平に生息するカニの毒性と毒組成は既に詳細な検討がなされており[12,19]，既報[12]ではウモレオウギガニの付属肢から最高16,500 MU/g の毒性が検出され，その個体差も大きいことが示唆されているため，供試数が多ければ高毒量を有する個体が出現したかもしれない．一方，同島においてはウモレオウギガニ以外の種による食中毒事例は記録されていないが，今回採取したツブヒラアシオウギガニは供試5個体すべてが有毒で，2003年に採取した2個体は530 および1,070 MU/g であり，2004年に採取した 3 個体は 536～1,000 MU/g（797±194 MU/g）と非常に高い毒性を示した．本種は1個体あたりの重量が5 g 前後のものが多く，大型の個体であっても20 g にも満たない種であるが，過去に宮古島狩俣では本種によるものと推測される食中毒が3件発生しており[18]，今回，同島川平で採取した個体も高毒性であったことから，喫食すれば重篤な食中毒を引き起こすものと思われた．それらの毒成分組成は，2003年に採取した個体については，STX 群の dcSTX と STX のみで99 mol%以上が占められていたが，2004年に採取した試料からは31.1±5.3 mol%の hySTX が検出されたため，採取時期によって毒成分組成が異なる可能性が考

Table 1. Toxicity of *Z. aeneus* specimens collected from the Nansei Is.

No.	Place of collection	Month of collection	Sex*1	Carapace width (mm)	Carapace length (mm)	Bodyweight (g)	Toxicity*2 (MU/g)	Total toxicity*2 (MU/individual)
Z1	Hatoma Is.	May 2007	M	19	32	9.7	660	6,410
Z2			M	19	30	7.9	591	4,660
Z3			M	23	34	13	262	3,300
Z4			F	42	61	53	205	10,800
Z5			M	24	38	16	195	3,060
Z6			M	20	31	22	164	3,620
Z7			M	25	40	35	111	3,820
Z8			M	29	49	29	102	2,980
Z9			M	31	49	32	94.1	3,030
Z10			M	27	41	50	42.0	2,120
Z11	Ishigaki Is.	Jul. 2004	M	30	45	20	93	1,850
Z12			M	27	39	15	50	775
Z13			F	47	67	69	4.30	297
Z14			M	51	78	130	2.00	254
Z15	Miyako Is.	Jul. 2004	F	19	28	4.8	42.0	201
Z16			M	21	32	7.6	27.6	210
Z17			F	21	31	8.0	19.0	151
Z18			F	20	30	6.4	2.53	16.1
Z19			M	22	32	9.3	2.41	22.4
Z20			F	27	38	13	1.83	24.0
Z21			F	21	31	7.0	1.83	12.8
Z22	Ogami Is.	Jul. 2003	M	51	35	38	318	12,000
Z23			F	54	35	39	214	8,350
Z24			M	37	23	9.7	54.0	524
Z25			M	54	38	43	1.80	77.8
Z26			F	54	37	43	1.50	64.5
Z27	Yabiji	Jul. 2003	F	36	26	13	209	2,680
Z28			M	37	25	13	72.3	962
Z29			F	36	23	11	67.1	745
Z30			M	42	30	20	51.2	1,030
Z31			M	38	28	15	32.3	468
Z32			M	83	59	160	18.4	2,960
Z33			M	36	23	11	13.3	145
Z34			M	33	23	9.5	11.5	109
Z35			F	47	33	27	8.20	224
Z36			M	50	32	33	6.30	209
Z37			F	55	36	42	2.10	88.0
Z38			F	46	33	26	2.00	52.8

*1: M=male, F=female.

*2: Calculated as PSP.

Table 2. Toxicity of *P. granulosa* specimens collected from Ishigaki Is.

No.	Place of collection	Month of collection	Sex*1	Carapace width (mm)	Carapace length (mm)	Bodyweight (g)	Toxicity*2 (MU/g)	Total toxicity*2 (MU/individual)
P1	Ishigaki Is.	Jul. 2003	F	29	20	6.2	1070	6,630
P2			M	37	26	15	530	7,690
P3		Jul. 2004	F	19	28	5.6	1000	5,560
P4			M	17	24	4.1	855	3,460
P5			F	19	26	4.6	536	2,480

*1: M=male, F=female.

*2: Calculated as PSP.

Table 3. Toxicity of *A. floridus* specimens collected from the Nansei Is.

No.	Place of collection	Month of collection	Sex*1	Carapace width (mm)	Carapace length (mm)	Bodyweight (g)	Toxicity*2 (MU/g)	Total toxicity*2 (MU/individual)
A1	Miyako Is.	Jul. 2004	M	26	38	13	50.0	649
A2			F	26	37	11	9.30	103
A3			M	22	32	6.9	2.46	16.9
A4			F	22	32	7.9	2.15	16.9
A5			M	26	38	13	1.83	23.8
A6			M	26	36	11	1.75	19.0
A7			F	20	30	5.2	ND	-
A8			M	16	24	2.8	-	-
A9	Ogami Is.	Jul. 2003	F	54	38	35	85.0	2970
A10			F	37	26	13	35.0	448
A11			M	39	28	15	8.70	126

ND: Not detected.

- : Not tested

*1: M=male, F=female.

*2: Calculated as PSP.

えられた（Fig. 3）．鳩間島産および石垣島川平産ウモレオウギガニの毒組成を比較すると，hySTXおよびdcSTXで前者が17.2±9.0 mol%および22.4±6.6 mol%であったのに対し，後者は 2.7±1.9 mol%および5.7±0.8 mol%と大きな相違がみられたが，採取地域や時期による毒成分組成の差を明確にするためには，採取時期や供試個体数を増やし，継続的に調査しなければならないものと思われた．

2004年7月に宮古島狩俣で採取したウモレオウギガニ7個体はすべて有毒で，毒力範囲は1.8～42 MU/g（14±15 MU/g）であった．それらの保有毒成分はneoSTXが47.4±27.3 mol%を占め，次いでSTXが20.0±19.8 mol%であり，STX群の成分が保有成分の 79.7±20.8 mol%を占めていた．GTX群では，GTX2，GTX3，dcGTX2，およびdcGTX3がそれぞれ6.3±7.2 mol%，3.7±3.6 mol%，6.6±7.3 mol%，および2.9±4.6 mol%を占めていたが，C群は平均1 mol%未満であった（Fig. 2）．本地域のウモレオウギガニも毒力の強弱に関わらず，毒成分組成は総じて STX 群を主体としていたものの，neoSTXは17.4～95.3 mol%，GTX群では0～56.7 mol%と，それらの毒組成には大きなばらつきがみられた．一方，スベスベマンジュウガニは 8個体中7個体をマウス毒性試験に供し，うち6個体からマウス毒性が検出され，有毒個体の毒力範囲は1.8～50 MU/g（10±17 MU/g）であった．試料に含有される毒成分はneoSTXが59.2±22.2 mol

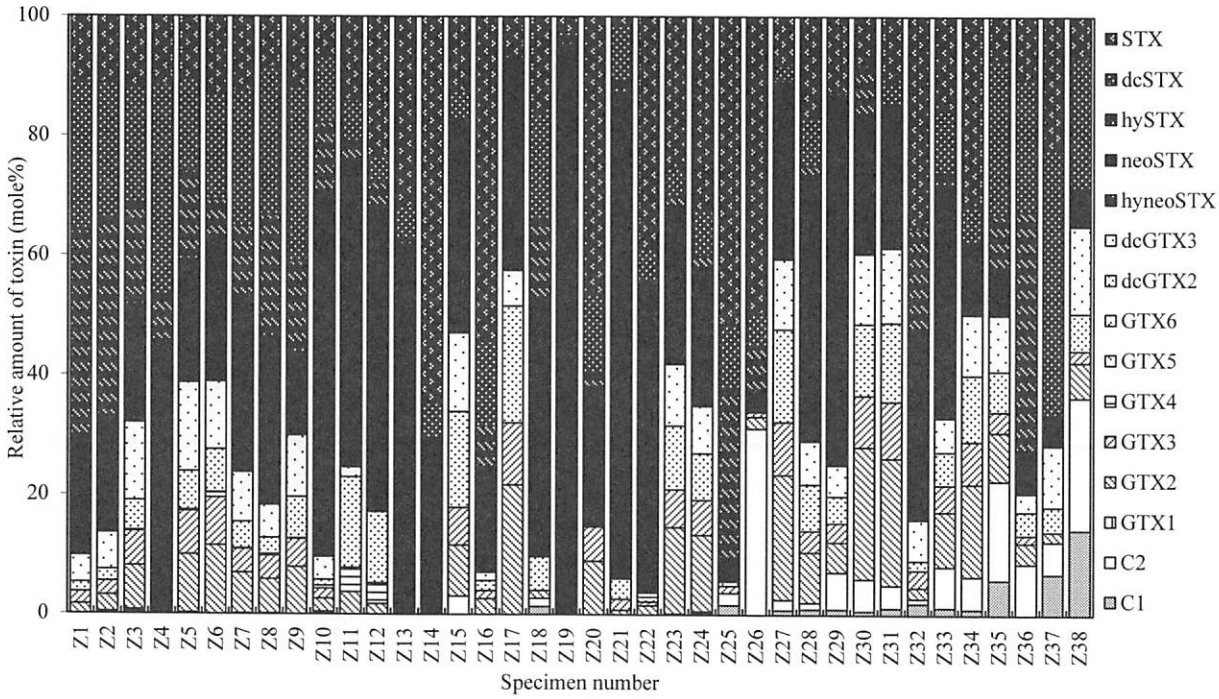

Fig. 2. Toxin composition of *Z. aeneus* specimens collected from the Nansei Is.

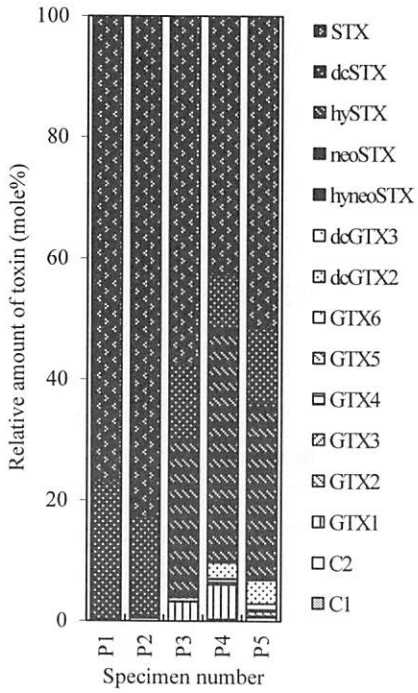

Fig. 3. Toxin composition of *P. granulosa* specimens collected from the Nansei Is.

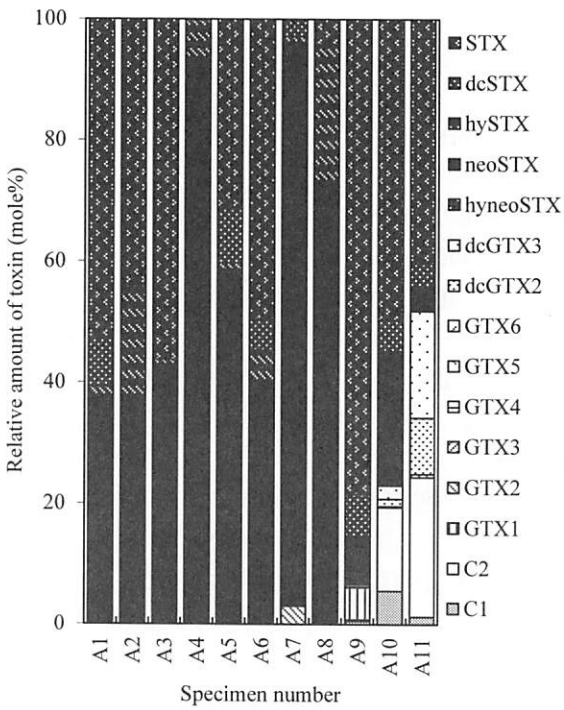

Fig. 4. Toxin composition of A. floridus specimens collected from the Nansei Is.

%を占め，次いでSTXが29.8±23.0 mol%であり，STX群の成分が保有成分の99.6±1.0 mol%を占めていた（Fig. 4）．同島狩俣では1916年頃から1950年頃にかけてツブヒラアシオウギガニによるものと思われる食中毒が3件発生し，3名が死亡している[18]．既報[5]によれば，同島狩俣における同種の付属肢に，最高10,000 MU/gの毒量を有する個体が存在したようであるが，その毒組成については検討されておらず，その他の有毒種の毒性についても不明のままであった．今回，ツブヒラアシオウギガニは採取できなかったが，ウモレオウギガニおよびスベスベマンジュウガニが食中毒原因となり得る毒量を保有していることが判明したため，食品衛生上注意を要するものと思われた．

2003年7月に大神島で採取したウモレオウギガニ5個体はすべて有毒で，毒力範囲は1.5～320 MU/g（120±130 MU/g）であった．それらの毒成分はSTXが39.4±10.0 mol%を占め，次いでneoSTXが21.7±17.6 mol%，hySTXが7.9±10.3 mol%含まれ，STX群が76.0±16.1 mol%を占めていた．GTX群では，GTX2，GTX3，dcGTX2，およびdcGTX3がそれぞれ6.1±6.2 mol%，3.0±2.6 mol%，3.9±4.5 mol%，および3.9±4.3 mol%を占めていた（Fig. 2）．マウス毒性の低い個体では，30 mol%以上のC群を保有している個体も存在した．

2003年7月に八重干瀬で採取したウモレオウギガニ13個体はすべて有毒で，毒力範囲は1.7～210 MU/g（38±55 MU/g）であった．それらの毒成分はneoSTXが24.1±17.0 mol%を占め，次いでSTXが15.4±9.1 mol%であり，STX群の成分が保有成分の58.5±17.2 mol%を占めていた．GTX群では，GTX2，GTX3，dcGTX2，およびdcGTX3がそれぞれ10.3±7.4 mol%，4.6±3.0 mol%，7.7±4.1 mol%，および9.0±3.3 mol%を占めており，C群も平均値で10 mol%程度含まれていた（Fig. 2）．スベスベマンジュウガニ3個体はすべて有毒で，毒力範囲は8.7～85 MU/g（43±32 MU/g）であり，それらの毒成分はSTX群が72.8±18.7 mol%を占めていたが，個体別にはSTX群が占める割合の差が48.2～93.3 mol%と大きく，最も低毒性の8.7 MU/gであった個体では，C+GTX群が50 mol%以上を占めていた．スベスベマンジュウガニが保有する毒の成分組成は，すべての地域においてSTX群が大部分を占めていたが，宮古島産の個体では，C2やGTX群がみられる個体が存在した（Fig. 4）．この2地域のカニの毒性調査は今回が初めてであったが，中には1個体でヒトの致死量となる毒量を保有している個体も存在した．

Daigoらの報告[20]では，石垣島のウモレオウギガニの毒成分組成はGTX群がなく，neoSTXとSTXの比率がおよそ1対1であったが，今回の調査でもほぼ同様の結果が得られた．一方，鳩間島，宮古島，および八重干瀬のウモレオウギガニからは，著量のGTX群が検出され，GTX群とSTX群が同じ割合のものもあった．サンゴ礁域に生息するウモレオウギガニの毒は，STX群を主成分とすることが多く，石垣島ではその殆どの個体が有毒で，その毒力も高い個体が多いが，エスピリッツサント（ニューヘブリデス）やアメリカンサモアなど，毒性を示す個体が全く出現しない地域もある[7]．しかしながら，その毒成分組成に関する地域差については，これまでほとんど報告されていなかったため，本研究によりそれらの保有する毒成分を比較したところ，鳩間島で採取したウモレオウギガニには，dcSTX（平均22.4 mol%）を多く含有する特徴があり，GTX群も平均21.4 mol%と比較的多く含むのに対し，石垣島で採取した個体はneoSTXが平均47.8 mol%と多く，毒力の高い個体ほどSTXの占める割合が低いことが解った．また，宮古島で採取したウモレオウギガニは，neoSTXの含有割合が95 mol%以上を占める個体やGTX群が40 mol%以上を占める個体が存在するなど，毒成分組成にばらつきがみられ，大神島および八重干瀬で採取した個体は，毒力が高い個体ではneoSTXの占める割合が大きくなった．スベスベマンジュウガニに関しては，宮古島狩俣産と大神島産の個体ではneoSTXの含有割合が前者で平均59.2 mol%，後者は10.6 mol%と大きな差異が認められ，ツブヒラアシオウギガニに至っては，同じ石垣島川平で採取した個体であっても2003年に採取した個体の毒成分はdcSTXとSTXのみから構成され，2004年に採取した個体からは平均31.1 mol%のhySTXや微量のGTX群が検出される差異がみられ，同一種であっても採取時期や採取場所が異なると，全く異なる組成を示すことがわかった．

このように，いずれの種も総じてSTX群を毒の

主体としていたが，各成分の割合は同一種であっても採取時期や採取場所により大きく異なることが明らかとなった．

今回試験した試料では，同一地域で同一時期に採取した同一種であれば，保有するPSP成分組成は類似していたが，同一種であっても採取時期や採取場所が異なると，全く異なったPSP成分を保有することがわかった．このことから，毒ガニが保有する毒成分は，カニ自身が生産しているのではなく，カニの生息する地域やその時期に摂取した餌生物や共生生物などが生産する毒に由来する可能性が改めて示唆された．

本研究により，毒ガニが生息する地域に他の有毒生物が生息している可能性が見出されたため，食物連鎖による食用魚介類の毒にも注意を払わなければならないと思われる．

謝　辞

本研究を行うにあたり，試料採集にご協力くださった長崎大学鶴洋丸の乗組員ならびに実験にご協力頂いた四国大学短期大学部食品化学研究室諸氏に深謝する．本研究の一部はJSPS科研費24700857および24650485の助成により行われたものであり，関係各位に深謝する．

文　献

1）Noguchi, T., Konosu, S. and Hashimoto, Y. Identity of the crab toxin with saxitoxin. Toxicon, **7**, 325-326 (1969).

2）Koyama, K., Noguchi, T. and Hashimoto, K. Occurrence of neosaxitoxin and other paralytic shellfish poison in toxic crabs belonging to the family Xanthidae. Nippon Suisan Gakkaishi, **47**, 965 (1981).

3）Yasumoto, T., Oshima, K. Hosaka, M. and Miyakoshi , M. Analysis of paralytic shellfish toxins of xanthid crabs in Okinawa. Nippon Suisan Gakkaishi, **47**, 957-959 (1981).

4）Hashimoto, Y., Konosu, S., Yasumoto, T., Inoue, A. and Noguchi, T. Occurrence of toxic crabs in Ryukyu and Amami Islands. Toxicon, **5**, 85-90 (1967).

5）Hashimoto, K. and Noguchi, T. Recent studies on paralytic shellfish poison in Japan. Pure & Appl. Chem., **61**, 7-18 (1989).

6）Sagara, T., Taniyama, S., Takatani, T., Nishibori, N., Nishio, S., Noguchi, T. and Arakawa, O. Toxicity and Toxin Profile of Xanthid Crabs Collected around Nakanoshima, the Tokara Islands, Japan. Shokuhin Eiseigaku Zasshi (J. Food. Hyg. Soc. Jpn.), **50**, 237-242 (2009).

7）橋本芳郎魚貝類の毒．学会出版センター，1977，東京．

8）Hashimoto, Y., Konosu, S., Inoue, A., Saisho, T. and Miyake, S. Screening of toxic crabs in the Ryukyu and Amami Island. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **35**, 83-87 (1969).

9）大島泰克．第7章自然毒・A 動物毒・3 麻痺性貝毒．食品衛生検査指針理化学編（厚生労働省監修），日本食品衛生協会,東京, 2005 p. 673-680.（ISBN978-4-88925- 003-9）

10）Hashimoto, T., Nishio, S., Nishibori, N., Yoshioka, S. and Noguchi, T. A new analytical method for gonyautoxins based on postcolumn HPLC. Shokuhin Eiseigaku Zasshi (J. Food. Hyg. Soc. Jpn.), **43**, 144-147 (2002).

11）Sagara, T., Taniyama, S., Yoshimatsu, S., Takatani, T., Hashimoto, T., Nishibori, N., Nishio, S. and Arakawa, O. Toxicity and Toxin Profile of the Dinoflagellate *Alexandrium tamiyavanichii* and Toxic Mussels in Harima-Nada of Seto Inland Sea, Japan. Shokuhin Eiseigaku Zasshi (J. Food. Hyg. Soc. Jpn.), **51**, 170-176 (2010).

12）Arakawa, O., Noguchi, T. and Onoue, Y. Paralytic shellfish toxin profiles of xanthid crabs *Zosimus aeneus* and *Atergatis floridus* collected on reefs of Ishigaki Island. Fish. Sci., **61**, 659–662 (1995).

13）Oshima, Y. Manual on Harmful Marine Microalgae. Hallegraeff, G.M., Anderson, D.M., Cembella, A.D. eds., Paris, France, UNESCO, p. 81-94 (1995).

14）Pereira, P., Onodera, H., Andrinolo, D., Franca, S., Araujo, F., Lagos, N. and Oshima, Y. Paralytic shellfish toxins in the freshwater cyanobacterium *Aphanizomenon flos-aquae*, isolated from Montargil reservoir, Portugal. Toxicon, **38**, 1689-702 (2000).

15）Tsuruda, K., Arakawa, O. and Noguchi, T. Toxicity and toxin profiles of the newt, Cynops pyrrhogaster from western Japan. Journal of Natural Toxins, **10**, 79-89 (2001).

16） Nakashima, K., Arakawa, O., Taniyama, S., Nonaka, M., Takatani, T., Yamamori, K., Fuchi, Y. and Noguchi, T. Occurrence of saxitoxins as a major toxin in the ovary of a marine puffer *Arothron firmamentum*. Toxicon, **43**, 207-212 (2004).
17） Nagashima, Y., Maruyama, J., Noguchi, T. and Hashimoto, K. Analysis of Paralytic Shellfish Poison and Tetrodotoxin by Ion-Pairing High Performance Liquid Chromatography. Nippon Suisan Gakkaishi, **53**, 819-823 (1987).
18） 野口玉雄, 阿部宗明, 橋本周久. II無脊椎動物, 海藻類などの毒, I麻ひ性貝毒, 有毒魚介類 携帯図鑑, 緑書房, 東京, 1997, p. 98-110.
19） Koyama, K., Noguchi, T., Uzu, A. and Hashimoto, K. Individual, local, and size-dependnet variations in toxicity of the xanthid crab *Zosimus aeneus*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **49**, 1273-1279 (1983).
20） Daigo, K., Uzu, A., Arakawa, O., Noguchi, T., Seto and H., Hashimoto, K. Isolation and some properties neosaxitoxin from a xanthid crab *Zosimus aeneus*. Nippon Suisan Gakkaishi, **51**, 309-313 (1985).

Relationship between taste composition and sensory evaluation ratings of fruits

Yoko OKAMOTO*,[1] and Kenji TAYAMA[1]

(Accepted Jan. 25, 2017)

要　旨：14 種類の果実を取りあげ，果実成分を機器によって測定するとともに，甘味強度や酸味強度，おいしさを官能評価の手法を用いて評価して機器測定値との関係性を明らかし，法則を提示した。「糖度と甘味強度」の間には，相関係数 r= 0.540，回帰直線 y= 0.169x+1.950 が得られた。糖度から甘味強度を有意に予測できると考えられた（p< 0.05）。「pH と酸味強度」の間には，相関係数 r= − 0.812，回帰直線 y= − 1.490x+10.039 が得られた。この式は，pH から酸味強度を予測する際，役立つといえる（p< 0.001）。「甘味強度とおいしさ」の間には，相関係数 r= 0.815，回帰直線 y= 0.567x+2.422 が得られた。この式は，甘味強度からおいしさの評価を予測する際，役立つといえる（p< 0.001）。「酸味強度とおいしさ」の間には，相関係数 r= − 0.611，回帰直線 y= − 0.359x+6.368 が得られた。この回帰直線は，酸味強度からおいしさの評価を予測する際，有益であるといえる（p< 0.05）。

キーワード：果実類　甘味　酸味　官能評価　単回帰分析

Summary

We measured the composition of fruit using instruments and evaluated sweetness, acidity intensity and palatability using sensory evaluation methods. We also investigated the relationship between instrumental measurements and human sensory evaluation ratings in order to propose formulae describing the relationships between the two. Sugar content and sweetness intensity had a correlation coefficient of r = 0.540, with a regression equation y = 0.169x + 1.950, suggesting that sugar content was a significant predictor of sweetness intensity (p < 0.05). The pH and acidity intensity had a correlation coefficient of r = - 0.812, with regression equation y = - 1.490x + 10.039. This equation was shown to be helpful in predicting acidity intensity based on pH measurements (p < 0.001). Sweetness intensity and palatability ratings had a correlation coefficient of r = 0.815, with a regression equation y = 0.567x + 2.422 and was used in predicting palatability ratings based on sweetness intensity ratings (p < 0.001). Acidity intensity and palatability ratings had a correlation coefficient of r = - 0.611, with regression equation y = - 0.359x + 6.368. This equation predicted palatability ratings based on acidity intensity ratings (p < 0.05).

Key words : fruits　sweetness　acidity　sensory evaluation　simple regression analyses

* Corresponding author，E-mail：okayou@suzugamine.ac.jp

[1]Suzugamine Women's College，6-18, Inokuchi, 4-chome, Nishi-ku, Hiroshima 733-8623，Japan

Introduction

The health benefits of the functional components of fruits has attracted much attention and previous studies have reported that the consumption of fruits may reduce the risk of certain diseases [1) 2) 3)]. It is suggested that a balance between sweetness and acidity contributes to greater palatability of fruits [4)]. Several studies have performed component analyses and sensory evaluations of fruits [5) 6) 7)], however, these studies used only a single type of fruit.

In the current study, we selected 14 different types of fruit and evaluated the components of each fruit, investigated the balance between sweetness and acidity and used sensory evaluation methods to determine palatability in humans. We also examined the relationship between the human sensory experience and instrumental measurements of taste components. We aimed to seek a predictive relationship between taste components and sensory evaluation ratings.

Materials and Methods

1. Samples

The samples used in the experiment are shown in Table 1. Food item numbers are based on the Standard Tables of Food Composition in Japan, 2015 [8)].

Table 1 Sample

Food	Food number	Production areas	Participants (person)
Tomato	6182	Mini tomato ; Hiroshima	29
Strawberry	7012	Toyonoka ; Saga	16
Valencia Orange	7041	America	30
Kiwifruit	7054	New Zealand	16
Grapefruit	7062	White ; America	18
Cherry	7070	Yamagata	30
Watermelon	7077	Tottori	29
Summer Oranges	7093	Hiroshima	14
Pineapple	7097	Philippines	18
Loquat	7114	Hiroshima	30
Grape	7116	Delaware ; Hiroshima	30
Lime	7145	Hiroshima	18
Apple	7148	Sun fuji ; Aomori	30
Lemon	7155	Hiroshima	30

Food item numbers are based on the Standard Tables of Food Composition in Japan, 2015 [8)].

2. Instrumental measurements of fruit components

pH (pH meter; KS701 Shin Denko Kogyo) and sugar content (saccharimeter; Atago handheld refractometer) were measured 3 to 6 times for each fruit.

3. Sensory evaluation

The participants were 14-30 healthy female students aged between 18 and 20 years who attended our junior college. The participants underwent a preliminary experiment and a training session before participating in the experiments. In the experiment, sensory evaluations were conducted in an air-conditioned, quiet room according to the method described below. The room contained a desk for testing, as well as a water supply and a sink for gargling. Sensory evaluations were conducted around 4 pm when the participants were neither hungry nor full. Fruits were presented at room temperature (20 ± 2°C) on white paper square trays.

Fruits were individually administered to the participants and sensory evaluation was performed using a 7-point scale (1 to 7 points). Participants evaluated sweetness intensity, acidity intensity, and palatability. The rating scale had verbal descriptors, with +1 = perceive the sweetness very weakly, +2 = perceive the sweetness weakly, +3 = perceive the sweetness moderately clearly, +4 = perceive the sweetness clearly, +5 = perceive the sweetness moderately strongly, +6 = perceive the sweetness strongly, +7 = perceive the sweetness very strongly. These measures of evaluation scores were set at regular intervals.

Before conducting this study, informed consent was obtained from all participants.

4. Data Analysis

The evaluation score for each sample was expressed as the mean (mean score) ± standard deviation. The instrumental measurements of fruit components was correlated with the average sensory evaluation ratings, and the different sensory evaluation items using Pearson's product-moment correlation coefficients [9] and simple regression analyses [10].

IBM SPSS Statistics 19.0 for Windows (IBM Company, Tokyo, Japan) was used for statistical analysis.

Results

1. Instrumental measurements of fruit components and sensory evaluation

Figure 1 shows the sugar content and sweetness intensity (average rating). Figure 2 shows the pH measurements and acidity intensity (average rating from sensory evaluations).

Participants gave higher sweetness intensity ratings to fruit with the highest sugar content (e.g., grape, pineapple), although watermelon was perceived as sweet despite its moderate sugar content. This may be due to its low acidity level (Figure 1). Participants reported stronger acidity in fruits with a low pH (e.g., lemon, lime), however, tomatoes were also perceived to be acidic, even though their average pH level was higher than the lemon and lime. (Figure 2).

2. Correlation between instrumental measurements of fruit components and sensory evaluation ratings

Figure 3 presents a scatterplot showing the correlation between sugar content measurements and sweetness intensity ratings for the 14 types of fruit. Figure 4 presents a scatterplot showing the correlation between pH measurements and acidity intensity ratings.

Sugar content measurements and sweetness intensity ratings had a moderately strong positive association ($r = 0.540$) (Figure 3).

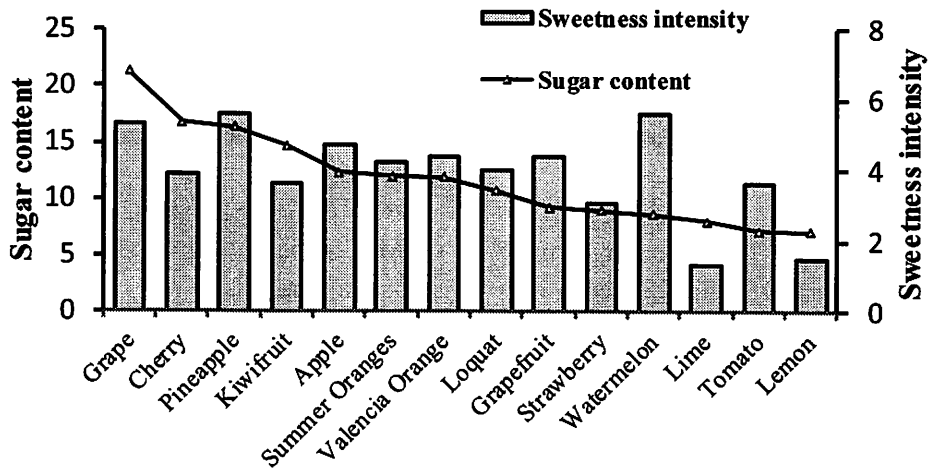

Figure 1 Sugar content and sweetness intensity (average rating). A hand-held refractometer (Atago, Tokyo, Japan) was used to measure the sugar content. Sweetness intensity is an average of ratings obtained by sensory evaluations.

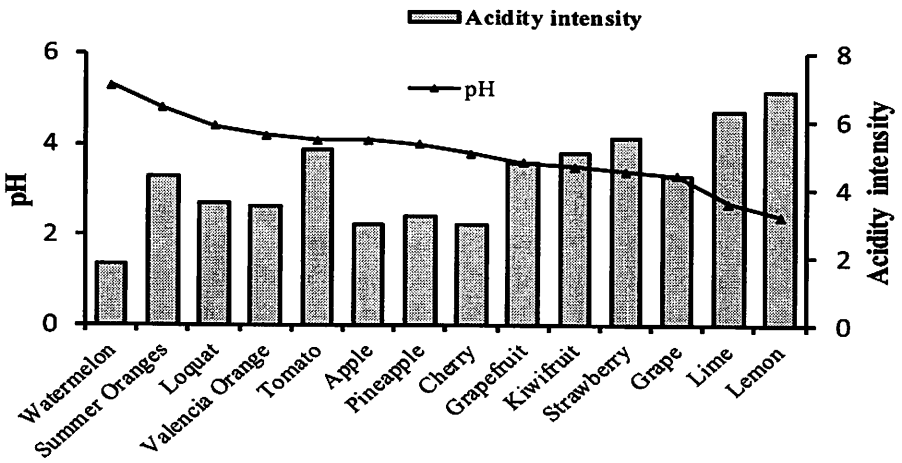

Figure 2 pH measurements and acidity. Acidity intensity is an average of ratings obtained by sensory evaluations.

Regression analysis demonstrated that a predictive relationship using sugar content as a predictor and sweetness intensity ratings as a criterion variable was significant ($p < 0.05$) using the following equation, $y = 0.169x + 1.950$. The correlation coefficient between pH measurement and acidity intensity ratings was $r = -0.812$, indicating that the two variables had a strong negative correlation (Figure 4). The regression equation obtained using the regression analysis ($y = -1.490x + 10.039$) indicated that the equation was significantly predictive of acidity ratings based on pH measurements ($p < 0.001$).

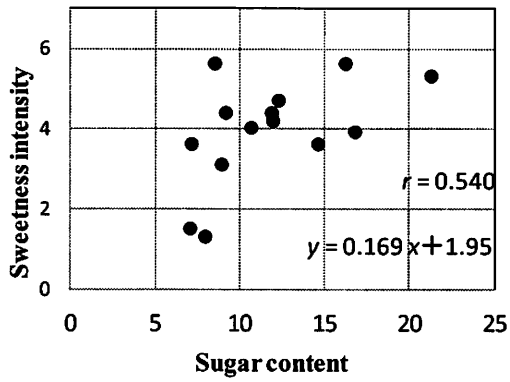

Figure3 Correlation between sugar content measurements and sweetness intensity ratings.

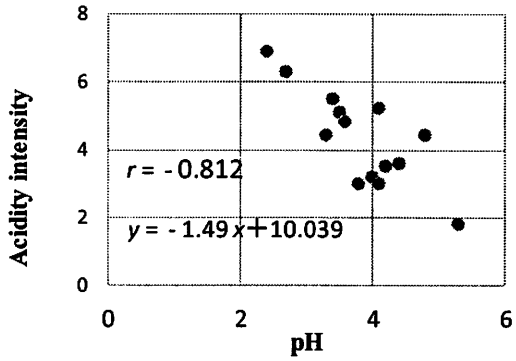

Figure4 Correlation between pH measurements and acidity intensity ratings.

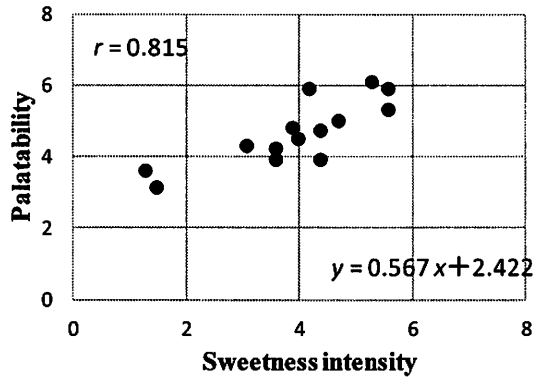

Figure 5 Correlation between sweetness intensity ratings and palatability ratings.

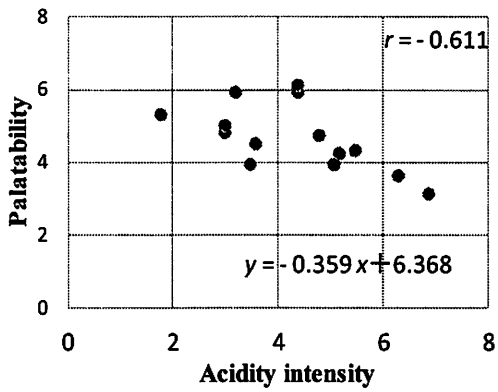

Figure 6 Correlation between acidity intensity ratings and palatability ratings.

3. Correlation between sensory evaluation items

Figure 5 presents a scatterplot showing the correlation between sweetness intensity ratings and palatability ratings. Figure 6 presents a scatterplot showing the correlation between acidity intensity ratings and palatability ratings.

The correlation coefficient between sweetness intensity ratings and palatability ratings was r = 0.815, indicating a strong positive correlation (Figure 5). Participants rated the fruit that they perceived as sweet to be palatable. The regression coefficient was significant (p < 0.001), indicating that the equation $y = 0.567x + 2.422$ is predictive of palatability based on sweetness intensity ratings. The acidity intensity and palatability ratings showed a moderately strong negative correlation, with an r = - 0.611 (Figure 6). Regression analysis indicated that the regression equation $y = -0.359x + 6.368$ was

significantly predictive of palatability ratings based on acidity intensity ratings ($p < 0.05$).

Discussion

Our results demonstrated a moderately strong positive relationship between sugar content and sweetness intensity ratings of fruit, and a very strong negative relationship between pH measurement and acidity intensity ratings. Significant associations between instrumental measurements of sugar content and pH and human sensory perception of sweetness and acidity were observed. The association between pH and acidity was stronger than the association between sugar content and sweetness intensity. It is possible that the saccharimeter used in this study did not measure all the sugars contained in the fruit. Future studies should include analyses of sugar compositions and quantitative measurements of organic acid. It was previously found that instrumental measurements were considered helpful in assisting human sensory judgment and evaluation when analyzing the relationship between taste components of food and sensory evaluation ratings [11].

We found that participants had a tendency to report high palatability when they perceived a fruit to be sweet (with moderately high correlation between instrumental measurements and sensory evaluation ratings). Low palatability was reported when participants perceived a fruit to be acidic (with moderately high negative correlation between the instrumental measurements and sensory evaluation ratings). The sense of taste has a physiological role in that sweetness signifies the presence of sugars while acidity signals materials that should be avoided [12]. It is likely that humans tend to perceive high palatability when they strongly perceive a sweet taste, while they perceive low palatability when they sense acidity.

Conclusion

We measured the composition of fruit using instruments and evaluated sweetness, acidity intensity and palatability using sensory evaluation methods. We also investigated the relationship between instrumental measurements and human sensory evaluation ratings in order to propose formulae describing the relationships between the two. Sugar content and sweetness intensity had a correlation coefficient of $r = 0.540$, with a regression equation $y = 0.169x + 1.950$, suggesting that sugar content was a significant predictor of sweetness intensity ($p < 0.05$). The pH and acidity intensity had a correlation coefficient of $r = -0.812$, with regression equation $y = -1.490x + 10.039$. This equation was shown to be helpful in predicting acidity intensity based on pH measurements ($p < 0.001$).

Sweetness intensity and palatability ratings had a correlation coefficient of $r = 0.815$, with a regression equation $y = 0.567x + 2.422$ and was used in predicting palatability ratings based on sweetness intensity ratings ($p < 0.001$). Acidity intensity and palatability ratings had a correlation coefficient of $r = -0.611$, with regression equation $y = -0.359x + 6.368$. This equation predicted palatability ratings based on acidity intensity ratings ($p < 0.05$).

References

1) Nishino, H., et al. : Carotenoids in cancer chemoprevention, *Cancer Metastasis Rev.*, **21**, 257-264 (2002).

2) Dauchet, L., et al. : Fruit and Vegetable Consumption and Risk of Coronary Heart Disease: A Meta-Analysis of Cohort Studies, *J. Nutr.*, **136**, 2588-2593 (2006) .

3) Pedersen, C.B., et al. : Effects of blueberry

and cranberry juice consumption on the plasma antioxidant capacity of healthy female volunteers, *Eur. J. Clin. Nutr.*, **54**, 405-408 (2000).
4) Kubota, K. and Morimitsu, K.: "*Skokuhingaku*"(in Japanese), Tokyokagakudouzin, Tokyo, pp.199 (2016).
5) Harker, F.R., Marsh, K.B., Young, H., Murray, S. H., Gunson, F. A., and Walker, S.B. : Sensory interpretation of instrumental measurements 2 : sweet and acid taste of apple fruit, *Postharvest Biology and Technology*, **24**, 241-250 (2002).
6) Colaric, M., Veberic, R., Stampar, F. and Hudina, M. : Evaluation of peach and nectarine fruit quality and correlations between sensory and chemical attributes, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **85**, 2611-2616 (2005).
7) Rocha, I.F.O. and Bolini, H.M.A. : Passion fruit juice with different sweeteners : sensory profile by descriptive analysis and acceptance, *Food Science &Nutrition*, **3**, 129-139 (2015).
8) The Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology : "*Standard Tables of Food Composition in Japan*" (in Japanese) , Ishiyakushuppan, Tokyo, pp.32-79 (2016).
9) Mori, T. and Yoshida, H. : "*Shinrigaku notameno Deta Kaiseki Tekunikalbukku*"(in Japanese), Kitaojisyobo, Kyoto, pp.217-232 (1998).
10) Ishimura,T. : "*SPSS niyoru Toukeisyori no Tejun*" (in Japanese), Tokyotosyo, Tokyo, pp.140-148 (2004).
11) Sagara,Y. : Kansei Measurement Systems for Taste and Flavor (in Japanese), *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, **56**, 429-443 (2009).
12) Yamano,Y., : "*Oishisa no Kagaku Jiten*" (in Japanese), Asakurasyoten, Tokyo, pp.1-18 (2003).

いも・野菜類の物性に及ぼす塩味調味料の影響

垰 久美子[1,2]　多山 賢二[3]　岡本 洋子[*,3]

(平成29年1月31日受理)

Effects of salt seasonings on physical properties of tubers, roots and vegetables

Kumiko TAO[1,2], Kenji TAYAMA[3] and Yoko OKAMOTO[*,3]

Summary

Heating and fracture experiments were conducted to investigate the effects of "heating duration" and "salt seasonings" on physical properties, particularly firmness, of tubers, roots and vegetables. Rupture stress was measured as an index of "firmness". The six materials measured were sweet potato (*Ipomoea batatas*), taro (*Colocasia esculenta*), potato (*Solanum tubersosum*), kabocha squash (*Cucurbita moschata*), Japanese radish (*Raphanus sativus*), and carrot (*Daucus carota*). The salt seasonings used were sodium chloride and *koikuchi* soy-sauce. Decreases in rupture stress were observed in the six types of samples as the heating duration increased, resulting in softening of the samples except during the initial period of heating,. Compared to when heated in water only, the samples became slightly softer when heated in water containing sodium chloride. When heated in water containing *koikuchi* soy-sauce, the result was not definitive in terms of firmness.. Further studies are necessary to examine which components of soy-sauce affect physical properties of tubers, roots and vegetables.

Key words : roots and vegetables, heating, sodium chloride, soy-sauce, rupture stress

要　旨：いも・野菜類6食品を実験材料として、物性、とくに「硬さ」に及ぼす「加熱時間」、「塩味調味料添加」の影響を検討することを目的として、加熱実験ならびに破断実験を行った。「硬さ」の指標として破断応力を測定した。6食品は、サツマイモ、サトイモ、ジャガイモ、カボチャ、ダイコン、ニンジンである。今回は、塩味を付与する調味料として塩化ナトリウムならびに濃口しょうゆを選んだ。6食品については、加熱時間の経過とともに、初期加熱の一部を除き、破断応力の減少が認められ、軟化していることが示された。6食品について、「水加熱」に比べ、「塩化ナトリウム添加加熱」ではやや軟らかく、「濃口しょうゆ添加加熱」では、軟化傾向、硬化傾向、いずれともいえないことがわかった。今後は、とくに、しょうゆに含まれるいずれの成分が、いも・野菜類の物性に影響を及ぼすのか調べる必要がある。

キーワード：根菜類　加熱、塩化ナトリウム、しょうゆ、破断応力

---

* 連絡責任者・別冊請求先（Corresponding author, E-mail：okayou@suzugamine.ac.jp）
鈴峯女子短期大学（733-8623　広島県広島市西区井口4丁目6-18）
Suzugamine Women's College, 6-18, Inokuchi, 4-chome, Nishi-ku, Hiroshima 733-8623, Japan
[1]光市立大和総合病院　[2]元鈴峯女子短期大学専攻科　[3]鈴峯女子短期大学食物栄養学科

はじめに

われわれ日本人が摂取している食品は約 1,000 品目とされており、文部科学省「日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）」[1) 2)] に収載されている食品総数は 1,878 品目である。この分類[1) 2)] では、植物性食品としては、穀類、いも及びでん粉類、豆類、種実類、野菜類、果実類、きのこ類、藻類などとなっている。本研究では、このなかで、日常的に食される身近な食品として、「いも類」に分類されるサツマイモ、サトイモ、ジャガイモ、「野菜果菜類」に分類されるカボチャ、「野菜根菜類」に分類されるダイコン、ニンジンを取り上げた。

一般に食べ物をおいしいと認識する因子として、味、香りとともに、咀しゃくえん下の感覚に関係する食品物性も大きな因子である。今回は、いも・野菜類の物性を機器による客観的評価を行って調べることとした。いも・野菜類は、水加熱される場合のほかに、食塩、砂糖、しょうゆ、みりん、酒、食酢等の調味料を添加して加熱されることも多い。食品を加熱する際、塩味を付与する調味料[2)] としては、食塩、醤油、味噌、ソース類（ウスターソース類・トマトケチャップ類）があげられる。本研究では、塩味を付ける調味料として塩化ナトリウム、塩化カリウム、濃口しょうゆ、薄口しょうゆを選んで実験を行った。

いも・野菜類に上記の調味料を添加して加熱した場合、加熱野菜類の硬さについて報告した先行研究がいくつかある[3) 4) 5)]。ダイコンの煮熟に及ぼす各種塩化物の影響[4)] や、ダイコン根部の煮熟軟化に及ぼす食塩添加の影響[5)] の報告には、塩化ナトリウムや塩化カリウムを添加して加熱した場合には、ダイコンは軟化すると記述されている。ジャガイモの煮くずれを検討した報告[3)] では、水加熱と比較して、食塩添加のジャガイモは、軟化傾向であったことが示されている。いも・野菜類にしょうゆを添加して加熱した場合の野菜の硬さについて調べた研究[3)] は少ない。

そこで、本実験では、いも・野菜類 6 食品を実験材料として、物性、とくに「硬さ」に及ぼす「加熱時間」、「塩味調味料添加」の影響を調べることを目的として、加熱実験ならびに破断実験を行い、食品の破断特性を測定した。

実験方法

1. 材料と調製

(1) 材料等

次に本実験で用いた材料を示した（表 1）。

表 1. 本実験の材料

	材料 【　】は食品番号[2)]	産地	加熱時間 （点火時を 0 分とした 加熱継続時間である）
塩化ナトリウム添加加熱	サツマイモ【02006】	宮崎県	3, 6, 10 分
	サトイモ【02010】	愛媛県	3, 6, 10 分
	ジャガイモ（メークイン）【02017】	長崎県	3, 6, 10 分
	カボチャ【06048】	宮崎県	3, 6, 10 分
	ダイコン（青首ダイコン）【06132】	山口県	3, 6, 10, 20 分
	ニンジン（洋ニンジン）【06212】	長崎県	3, 6, 10 分
濃口しょうゆ添加加熱	サツマイモ【02006】	熊本県	3, 6, 10 分
	サトイモ【02010】	愛媛県	3, 6, 10 分
	ジャガイモ（メークイン）【02017】	北海道	3, 6, 10 分
	カボチャ【06048】	長崎県	3, 6, 10 分
	ダイコン（青首ダイコン）【06132】	長崎県	3, 6, 10, 20 分
	ニンジン（洋ニンジン）【06212】	北海道	3, 6, 10 分

下記に本実験で用いた加熱液を示した（表 2）。

表 2. 本実験の加熱液

	加熱の種類	材料	材料重量	加熱液重量（加熱前）	加熱液

塩化ナトリウム添加加熱	水加熱	サツマイモ、サトイモ、ジャガイモ、ダイコン、ニンジン、カボチャ	50g	350g	純水 350g 純水は、材料の総重量に対して 7 倍量
	塩化ナトリウム 2%添加加熱		50g	350g	純水 349g+塩化ナトリウム 1g 塩化ナトリウムは、材料重量の 2% 実際の調理に近い比率である
	塩化ナトリウム 4%添加加熱		50g	350g	純水 348g+塩化ナトリウム 2g 塩化ナトリウムは、材料重量の 4%
濃口しょうゆ添加加熱	水加熱	サツマイモ、サトイモ、ジャガイモ、ダイコン、ニンジン、カボチャ	50g	350g	純水 350g 純水は、材料の総重量に対して 7 倍量
	濃口しょうゆ 10%添加加熱		50g	350g	純水 345g+濃口しょうゆ 5g 濃口しょうゆは、材料重量の 10% 実際の調理に近い比率である
	濃口しょうゆ 20%添加加熱		50g	350g	純水 340g+濃口しょうゆ 10g 濃口しょうゆは、材料重量の 20%

注) カボチャの材料重量は、表 2 の 1/2 量で実験を行った。カボチャの加熱液、調味料の割合等は表 2 のとおりである。

表 2 の条件で加熱した塩化ナトリウム 2%添加加熱、塩化ナトリウム 4%添加加熱をそれぞれ、「塩化ナトリウム 2%」、「塩化ナトリウム 4%」と表す。同様に、濃口しょうゆ 10%添加加熱、濃口しょうゆ 20%添加加熱を、それぞれ「濃口しょうゆ 10%」、「濃口しょうゆ 20%」と表す。

表 3 に本実験で用いた塩化ナトリウムおよび濃口しょうゆの規格等を示した。

表 3. 本実験で用いた塩化ナトリウムおよび濃口しょうゆの規格等

試 料	規 格 等
塩化ナトリウム	試薬特級　シグマアルドリッチジャパン社
濃口しょうゆ	こいくちしょうゆ：キッコーマン株式会社 食塩 16.2g/100ml　総窒素 1.60g/100ml　アルコール 2.2ml/100ml pH 4.8　色度 11　比重 1.17g /100ml

(2) 調製

実験材料は、部位によって加熱にともなう軟化の程度に差があるので、皮層部（外層部）を除いた部位を用いた。組織状態がほぼ均一な中心部（内層部）とした。材料の調製は次の順序で行った。

① 材料の中心部を 2cm の輪切りとする。

② ①を直径 3cm のステンレスボーラーでくり抜く。高さ 2cm、直径 3cm、重量 17g の円柱状に調製する。一回につき 3 切れ（総重量 50g）を加熱実験に用いた。

加熱の際に添加する塩化ナトリウムは、材料重量の 2%および 4%、濃口しょうゆは材料重量の 10%および 20%を用いた。いも・根菜類を加熱調理する場合には、塩単独では材料重量の 1.5%、しょうゆ単独では材料重量の 8%が一般的な使用基準とされている。これらを考慮し、予備実験を行って塩味調味料の添加濃度を決めた。

2. 加熱実験・破断実験

加熱実験に用いた容器は、直径 18cm、容量 2.2 リットルのホーロー鍋である。加熱器具は、IH 調理器（家庭用）品番 KZ－PH 3　松下電器産業 Panasonic である。加熱時の火力については、沸騰まで強火（約 1400W）、のち弱火（約 260W）とした。加熱時間は、予備実験を行って、煮崩れ等も考慮して設定した。また、今回は、点火時を 0 分とした加熱時間である。加熱方法は、次の順序で行った。

① 調製済みの実験材料と加熱液を入れ、それぞれの各加熱時間、蓋をして加熱する。
② 加熱時間の中間地点で1回ひっくり返す。
③ 加熱後は直ちに材料を取り出し、常温まで冷却し、直ちに破断特性を測定する。

3. 破断特性と統計処理

クリープメータ(RE2－3305B：株式会社山電製)を用い、破断応力値を測定した。この試料を固定し測定しやすくするために、ステンレスシャーレに試料をのせ、φ3mm 円柱形のポリアセタール製のプランジャー（NO.4）により測定を行った。圧縮速度 1mm/sec（人の噛む速さ）、圧縮歪率 90%で測定した。ロードセルは 20N とした。今回は、同一試料について、3 回以上測定した。ばらつきの大きい試料については、6 回以上測定した。破断応力データは平均値±標準偏差で表した。統計処理には IBM SPSS Statistics 19.0 for Windows（IBM Company, Tokyo）を用い、一元配置分散分析後、Bonferroni の検定を行った。有意水準は $p<0.05$ とした。

4. 加熱液の pH 測 定

試料液の pH については、pH メーター（KS701 新電元工業）によって、加熱直前および加熱後測定した。液温は室温（20±2℃）であった。加熱後の測定は、室温まで放冷した。

結　果

1. 塩化ナトリウムを添加加熱した場合のいも・野菜類の破断実験

塩化ナトリウムを添加して加熱を行った場合の6食品の破断応力のうち、サツマイモ、サトイモ、ダイコンをそれぞれ図1、図2、図3に示した。

加熱時間　図1、図2、図3によると、「水加熱」、「塩化ナトリウム 2%」、「塩化ナトリウム 4%」、いずれの場合も、加熱時間の経過とともに、初期加熱の一部を除き、破断応力の減少が認められ、軟化していることがわかった。

生食品と加熱食品　図3では、生ダイコンと比較して、加熱ダイコンの破断応力が高い値を示した試料がみられた。「水加熱3分」、「塩化ナトリウム 2% 3分」、「塩化ナトリウム 4% 3分」、「塩化ナトリウム 2% 6分」において、生食品に比べ破断応力値が高くなっていた。

水加熱と塩化ナトリウム添加加熱　図 1 のサツマイモでは、加熱6分において「塩化ナトリウム 4%」が「水加熱」と比較すると破断応力は有意に低くかった（$p<0.05$）。加熱10分においては「塩化ナトリウム 2%」および「塩化ナトリウム 4%」が「水加熱」に比べ、応力は有意に低くかった（$p<0.05$）。図2、図3のサトイモおよびダイコンにおいてもほぼ同様の結果が得られた。

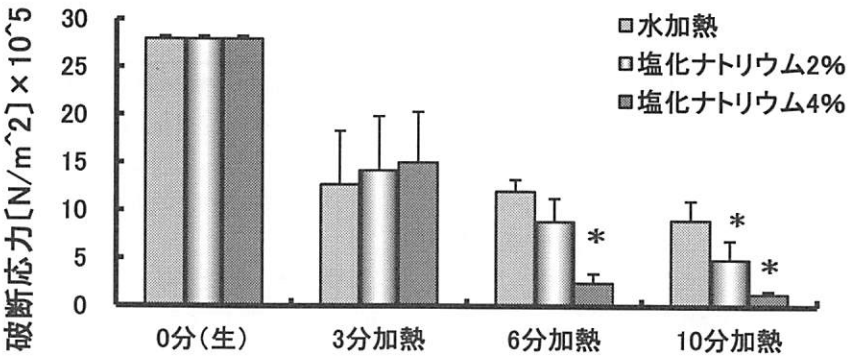

図1. 塩化ナトリウム添加加熱したサツマイモの破断応力

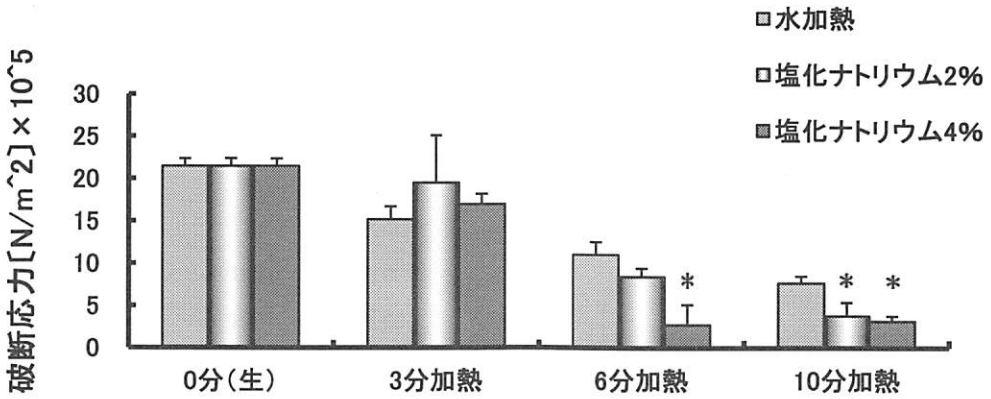

図2. 塩化ナトリウム添加加熱したサトイモの破断応力

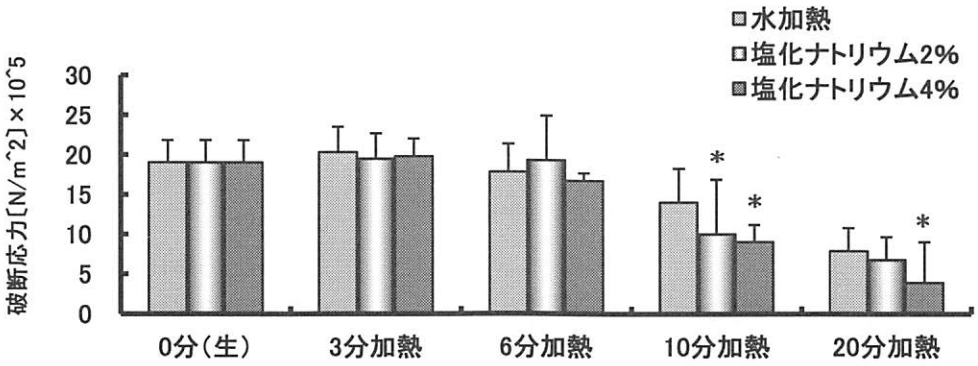

図3. 塩化ナトリム添加加熱したダイコンの破断応力

2. 濃口しょうゆを添加加熱した場合のいも・野菜類の破断実験

濃口しょうゆを添加して加熱を行った場合の6食品の破断応力のうち、サトイモ、カボチャをそれぞれ図4、図5に示した。

加熱時間　図4、図5によると、「水加熱」、「濃口しょうゆ10%」、「濃口しょうゆ20%」、いずれの場合も、加熱時間とともに初期加熱の一部を除き、破断応力の低下がみられ、軟化傾向が示された。

生食品と加熱食品　図5のカボチャにおいて、生食品と比較して、加熱食品の破断応力が高い食品がみられた。「濃口しょうゆ20%3分」は、生食品に比べ破断応力値が高値であった。

水加熱と濃口しょうゆ添加加熱　図4のサトイモにおいては、「水加熱」と「濃口しょうゆ添加加熱」の間に、いずれも有意差は認められなかった。図5のカボチャにおいては、「濃口しょうゆ20% 6分」が「水加熱」に比べ、応力は有意に高かった（$p<0.05$）。

3. 水加熱と塩味調味料加熱の破断応力

「水加熱」と「塩味調味料添加加熱」の試料について、破断応力に差があるがどうか、Bonferroniの検定を行って調べた結果を表4に示した。「水加熱」と「塩化ナトリウム添加加熱」において、26グループ間の有意差検定を行ったところ、有意水準5%未満で18のグループ間で有意差がみられた。「水加熱」と「濃口しょうゆ添加加熱」では、カボチャにおける1グループ間で有意差がみられた。

考　察

加熱による軟化現象　本研究では、日常的に使われているいも・野菜類のなかから、6食品、サツマイモ、サトイモ、ジャガイモ、カボチャ、ダイコン、ニンジンを選定し、加熱・破断実験を行って「硬さ」に及ぼすか加熱継続時間の影響を調べた。これら6食品については、加熱時間の経過とともに、初期加熱の一部を除き、破断応力の減少が認められ軟化していることが明らかにされ

た。これらのいも・野菜類を加熱すると、加熱時間とともに軟化傾向を示す理由は次のとおりであった。いも類や根菜類の軟化には、ペクチンが重要な働きをしており、ペクチンは食品の細胞と細胞を連結している。いも類や根菜類を加熱すると、ペクチンは分解し加熱液中に溶出するため、細胞間の連結力がなくなり軟化する[6]。

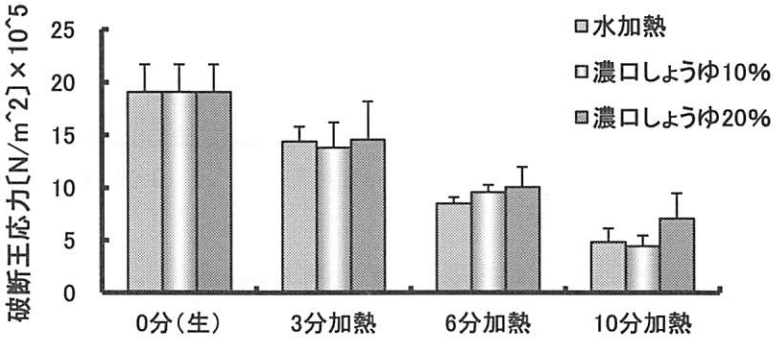

図4. 濃口しょうゆ添加加熱したサトイモの破断応力

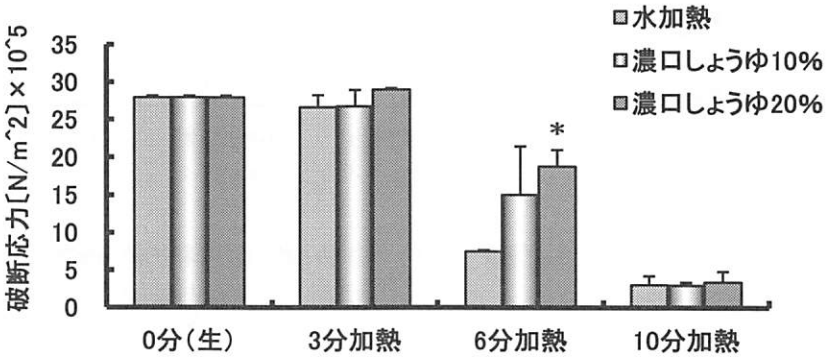

図5. 濃口しょうゆ添加加熱したカボチャの破断応力

＊；「水加熱」と「塩化ナトリウムまたは濃口しょうゆ添加加熱」の間に有意差あり（図1−5），$p<0.05$.

表4. 6食品における「水加熱」と「塩味調味料加熱」の破断応力の比較

塩味調味料加熱の種類	pH 測定値	水加熱と塩味調味料添加加熱の間に有意差のあったデータ数 有意水準5%	水加熱と塩味調味料添加加熱の間の有意差検定を行ったデータ数（初期加熱を除く）
水加熱	6.9〜7.0【中性】	—	—
塩化ナトリウム添加加熱	6.1〜6.6【中性】	18	26
濃口しょうゆ添加加熱	4.8〜5.9【弱酸性】	1	26

加熱初期における硬化現象　初期加熱（3分）では、生食品に比べて、硬化傾向を示した加熱食品がみられた。今回の実験では、ジャガイモ・カボチャ・ダイコンの3食品であった。香西ら[7]は、野菜の硬さと加熱温度領域の関連について現象を数式化して、詳細に検討している。野菜の加熱時の温度領域によって、硬化と軟化が同時に起こっており、低温領域では硬化現象が強く表面に現れるとしている。これにより、本実験で示された硬化傾向を説明できる。

塩化ナトリウム添加と野菜類の硬さ　6食品の「塩化ナトリウム添加加熱」の破断応力は、「水加熱」に比べて、26グループのうち18グループ間で有意に低値を示した。つまり「塩化ナトリウム添加加熱」は、「水加熱」に比べてやや軟化傾向を示すといえる。塩化カリウムでも同様の実験を行ったが、塩化ナトリウムの結果と類似していた。いも・野菜類に塩化ナトリウムを添加した場合の「硬さ」に関する研究については、いくつかの報告がみられる[3)4)5)]。これらによると、ダイコンやジャガイモを加熱するときに、塩化ナトリウムを添加すると、水加熱の場合に比べ、軟化傾向を示すことが報告されおり、本実験の結果とほぼ類似傾向であった。その理由は、次のことから説明できる。いも・野菜類を加熱する際、Na^+、K^+などを含む液では、細胞間のペクチンの溶出が促されるので、軟化を促進する[6)]。

濃口しょうゆ添加と野菜類の硬さ　「濃口しょうゆ添加加熱」は、「水加熱」に比べ、26グループのうち1グループ間で有意に高値であった。すなわち、「濃口しょうゆ添加加熱」は、「水加熱」に比べ、軟化傾向、硬化傾向、いずれともいえないのではないかと考える。本報告では「濃口しょうゆ添加加熱」のデータを示したが、薄口しょうゆでも同様の実験を行い、濃口しょうゆの傾向と類似した結果を得ている。ところで、真空包装がジャガイモの煮くずれに及ぼす影響を調べた研究[5)]では、真空包装による加熱と通常加熱を比較したもので、本実験の目的とは異なるが、通常加熱の場合、「水加熱」と「濃口しょうゆ加熱」では、「濃口しょうゆ加熱」の破断応力値が低く、「水加熱」に比べ、軟化傾向であった。このジャガイモの濃口しょうゆ添加による軟化傾向は、本実験で得られた6食品をまとめて概観した傾向（軟化・硬化いずれともいえない）とは異なった。しょうゆは、食塩、全窒素、ホルモール窒素、還元糖、アルコールなどを成分[8)9)]とし、煮物等に用いられ、いくつかの報告[10)11)]がみられる。また、本実験の濃口しょうゆ添加の加熱試料液のpHは、pH4.8～5.9であった。しょうゆのいずれの成分がいも・野菜類の硬さに影響を与えるのであろうか。あるいは、加熱液のpHによって加熱したいも・野菜類の硬さが異なるのであろうか。今後は、しょうゆの成分と濃度、添加時期等、実験条件を細かく設定して検討する必要がある。

ま と め

本研究では、いも・野菜類を中心とした6食品について、「硬さ」に及ぼす「加熱時間」、「塩味調味料添加」の影響を調べることを目的として、加熱・破断実験を行い食品の破断応力値を測定した。以下の結果を得た。

(1) 6食品については、加熱時間の経過とともに、初期加熱の一部を除き、破断応力の減少が認められ軟化していることがわかった。

(2) 初期加熱（3分）では、生食品に比べて、硬化傾向を示す加熱食品が一部（ジャガイモ・カボチャ・ダイコン）みられた。

(3) 6食品の「塩化ナトリウム添加加熱」の破断応力は、「水加熱」に比べて、26グループのうち18グループ間で有意に低値を示した。

(4)「濃口しょうゆ添加加熱」は、「水加熱」に比べ、26グループのうち1グループ間で有意に高値であった。

(5) 以上から、いも・野菜類を中心とした食品を加熱したときに、添加する塩味調味料の種類によって硬さに差が認められることがわかった。今回は、それぞれの食品を「水加熱」したときの硬さを基準として調べた。6食品について、「水加熱」に比べ、「塩化ナトリウム添加加熱」ではやや軟らかく、「濃口しょうゆ添加加熱」では、軟化傾向、硬化傾向、いずれともいえないことがわかった。しょうゆを添加した場合の加熱食品の硬さに関する報告は少なく、今後は、しょうゆを添加したときのそれぞれのいも・野菜類の硬さについて、しょうゆの成分と濃度、添加時期等、実験条件を細かく設定して検討する必要がある。

参 考 文 献

1) http://www.mext.go.jp/　文部科学省ホームページ(2016年12月15日アクセス).

2) 医歯薬出版編：『日本食品成分表 2015 年版(七

訂)本表編』, 医歯薬出版, 東京, 2-191(2016).
3) 田村朝子, 佐々木舞, 木下伊規子, 鈴木一憲：真空包装がジャガイモの煮くずれに及ぼす影響, 日本調理科学会誌, 39, 296-301 (2006).
4) Fuchigami, M., Sasaki, A., Sanmoto, A., Tamura, S. and Okuda, H. : Effects of Various Chlorides on the Softening of Cooked Japanese Radish Roots and on the Pectic Composition after Cooking., *J. Home Econ. Jpn.*, 44, 643-648 (1993).
5) 田村咲江：野菜の煮熟軟化の機構について（第1報）ダイコン根部の煮熟軟化に及ぼす食塩添加の影響, 日本家政学会誌, 38, 375-381 (1987).
6) 渕上倫子：野菜の加熱とペクチン質, 日本調理科学会誌, 40, 1-9 (2007).
7) 香西みどり：調理加工における野菜の硬さの制御, 高分子, 50, 715-718(2001).
8) 石川雄章, 蓼沼誠, 長澤道太郎, 永見憲三, 吉沢淑：『醸造・発酵食品の事典』, 朝倉書店, 東京, 402-430 (2010).
9) 寺本淳身：わかりやすい表示と規格 しょうゆ製造工場の管理用セルフチエック, 醤油の研究と技術, 36, 183-188 (2010).
10) 池内ますみ, 水野千恵, 升井洋至, 奥田展子, 澤田崇子, 永谷裕子, 山下英代, 山田克子, 横溝佐衣子, 四谷美和子, 冨岡和子：煮ものにおける醤油の調理特性, 日本調理科学会誌, 38, 163-169 (2005).
11) Jeong, Su-Ji, Shin, Mee-Jin, Jeong, Seong-Yeop, Yang, Hee-Jong and Jeong, Do-Youn : Characteristic Analysis and Production of Short-Ripened Korean Traditional Soy Sauce Added with Rice Bran., *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 43, 550-556(2014).

徳島県産の花および果実からの有用酵母の分離

梶原瑞季、西堀尚良*

(平成29年1月16日受理)

Isolation of useful yeast from flowers and citrus fruits in Tokushima prefecture

Mizuki Kajihara and Naoyoshi Nishibori

Summary

New isolates of useful yeast are needed to give new characteristics to beer and sake. As the distribution of *Saccharomyces cerevisiae* is limited in nature and the repot of successful isolations were only a few, though numbers of the attempts have been made.

Using enrichment culture technique using RE medium, isolation of useful yeast are made from three flowers (Strawberry, Sudachi, Lotus) and two citrus fruits (Yuzu, Yuko). These are famous and local farm products in Tokushima prefecture. Two strains isolated from citrus yuzu peel revealed the almost same length of rDNA 5.8S-ITS region in PCR amplification to *Saccharomyces cerevisiae*. By a DNA sequence analysis, these tow yeast are identified as *Torulaspora pretoriensis* which is used as baker's and wine yeast.

Key words: Tokukshima prefecture, *Torulaspora pretoriensis*. 5.8S-ITS rDNA, Yuzu

地域の特産品としてビールや酒な醸造が行われるようになり，商品に特徴を与えることができる酵母の分離が求められるようになった。このため，花などを分離源とした多くの分離の試みが行われてきた。しかしながら，*Saccharomyces cerevisiae* の自然界での分布は極めて少なく，分離の成功例は極めて少ない。

RE 培地による集積培養を行う方法を用いて，徳島県の特産品であるイチゴ，すだち，レンコンの花，およびゆず，ゆこうの果実と葉から有用酵母の分離を試みた。その結果，rDNA 5.8S-ITS 領域の長さが *Saccharomyces cerevisiae* と類似した2株の酵母をゆず果皮から分離し，これらの株の rDNA 5.8S-ITS 領域の塩基配列を決定した。これら2株は，パンやワインの製造に使用される酵母である *Torulaspora pretoriensis* と塩基配列が99%一致したことから，ゆずからあらたに分離したこれら2株を *Torulaspora pretoriensis* と同定した。

キーワード　徳島県産酵母　*Torulaspora pretoriensis*　5.8S-ITS rDNA　ゆず

＊連絡責任者・別刷請求先
四国大学短期大学部　(771-1192　徳島市応神町古川 123-1)
Shikoku university junior colledge. Ojin Tokushima city, Tokusima 771-1192, Japan

緒言

酵母は様々な発酵食品の製造に不可欠な微生物であるが，生物学的な分類をあらわすものではなく，*Saccharomyces* 属の他 *Candida* 属，*Zygosaccharomyces* 属など多様な属にわたる生物種が含まれる。*Saccharomyces* 属には食品製造における重要な種が多く含まれており，*Saccharomyces cerevisiae* は代表的な種である。この種は，パン，日本酒，ビール，ワインなどの製造に用いられる産業微生物であり，目的に応じた性質を保有する株が選抜されてきた。例えば，日本酒酵母は発酵力や芳香などの優れた醸造特性を持つ *S. cerevisiae* であり，協会酵母として日本酒の醸造に使用されている。また，ビール酵母は，優れた発酵力，適度な凝集性を有する株が選抜されてきた結果，清酒もろみの発酵試験ではほとんどアルコールを産生しないが，マルトースおよびマルトトリオースなどの資化性が高いことが知られている[1]。このような優良酵母は，製品の品質向上に大きく寄与してきたと言える。しかし近年，消費者の嗜好が多様化するに伴い，地域特産品としての日本酒や，地ビールの醸造を行うマイクロブルワリーが登場するようになった。このように，酒類の多様化を目指した取り組みが盛んになってきたことから，製品に好印象を付与できる花や果実を分離源とした新たな *S. cerevisiae* が求められている。しかしながら，自然環境中での *Saccharomyces* の存在は極めてわずかであり，多くの時間と労力が費やされているにもかかわらず，その分離は極めて困難であり分離成功例は極めて少ない。近年，RE 培地を用いた集積培養の後に酵母を分離することにより，比較的高効率に *Saccharomyces* 属酵母株を分離できることが報告された[2-4]。そこで，RE 培地を用いて徳島県の特産品でもあるイチゴ，スダチの花，ハスの花，およびユズ，ユコウの果実と葉を分離源とした *Saccharomyces* 属酵母をはじめとする有用酵母の分離を試みた。

実験方法

1. 酵母分離に用いた培地と酵母の分離源

酵母の選択培養には RE 培地（0.67%イーストニトロゲンベース，１%ラフィノース，0.05%クロラムフェニコール，8%エタノール）2）を試験管に 3m l 分注して用い，純粋分離と保存培養にはそれぞれ平板と斜面に調整した PDA 培地（0.4%馬鈴薯デンプン，2%グルコース，1.5%寒天）を用いた。

酵母の分離源には，何れも徳島県内産のイチゴの花，スダチの花，ハスの花，およびユズ，ユコウの果実，葉を用いた。花と葉は直接，果実は予め滅菌した濾紙で表面をふき取り，ふき取った濾紙を RE 培地に加えた。試験管数の内訳は，イチゴの花 2 本，スダチの花 2 本，ハスの花 120 本，ユズ 30 本，ユコウ 30 本の計 184 本であった。30℃で 7 から 14 日間静置培養し，白濁または白色沈殿を生じた培養を酵母生育陽性と判断した。なお，ハスの花は全 120 本のうち 70 本は 30℃で，50 本は 22℃で培養した。RE 培地の陽性試験管から，PDA 寒天平板培地に一部を画線し 30℃で培養後，生じた酵母コロニーから 3 度繰り返して画線培養を行い酵母細胞の純粋分離を行った。

2. *Saccharomyces* 属酵母を基準とした分離酵母の選択

純粋分離分離した酵母の rDNA 5.8S-ITS 領域を PCR により増幅し，880bp の増幅長を示す株を *Saccharomyces* 属酵母の候補株として選択した。なお，対照として協会酵母 7 号株を用いた。酵母試験菌株を 10 μL の滅菌水に懸濁し 95℃で 10 分間加熱して得た菌液を鋳型 DNA とし，ITS-1 プライマー（5'-TCC GTA GGT GAA CCT GCG G-3'）および ITS-4 プライマー（5'-TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC-3'）[5] と Mighty Amp ポリメラーゼを混合し，PCR を行った。PCR の温度条件は，98℃ 2 分の反応の後，40 サイクルの 98℃10 秒，56℃ 15 秒，68℃1 分，最終伸長反応を 98℃2 分とした。PCR 反応物は全量を 1.5%アガロースゲル電気泳動により分離して，100bp ラダーマーカーと比較して増幅塩基長を調べた。

3. 選択酵母の同定

rDNA5.8S-ITS 領域が，協会酵母と同様およそ 880bp であった酵母株のリボゾーム領域を，ITS-1 および ITS-4 プライマーで増幅後，塩基配列を決定した。得られた DNA 断片の遺伝子配列と NCBI の塩基配列データをもとにホモロジー検索を行い，酵母株を同定した。

実験結果および考察

1. RE培地を用いた集積培養

スダチの花を加えたRE培地2本は何れも酵母陽性であり，これら2本の試験管から計38株の純粋分離株を得た。これら分離株のrDNA5.8S-ITS領域をPCRで増幅し，電気泳動により増幅産物長を解析したところ，全ての株からほぼ500bpの増幅産物が得られた（図1）。rDNA5.8S-ITS領域長は酵母の属あるいは種により異なることが報告されている。スダチから分離した酵母株が全て同様の増幅塩基長を示したことは，分離した酵母株が何れも同じ属あるいは種であることを示しており，RE培地中で多様な酵母種が優占するのではなく，ほぼ単一の酵母のみが優占することを示している。したがって，*Saccharomyces*属酵母の分離には，同一試験管から多くの株を分離するのではなく，多くの試験管からそれぞれ1株程度分離することが有効な方法であると考えられた。なお，イチゴの花を加えた2本のRE培地からは酵母増殖陽性の試験管は得られなかった。

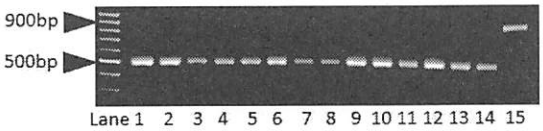

図1. スダチから分離した酵母のrDNA5.8S-ITS領域長（Lane 1-14: 分離酵母，Lane 15: *S. cerevisiae*）

以上のようにRE培地での培養試験管数を多くすることが*Saccharomyces*の分離に有効であると考えられた。そこで，ハスの花を加えたRE培地120本，ユズおよびユコウの果実，葉をもとに，それぞれ30本のRE培地で集積培養を行い，それぞれ21本，18本，22本，計63本の陽性試験管を得た。なお，ハスの花を加えた培地の陽性試験管は全て30℃の培養で得られたもので，22℃の培養から酵母陽性試験管は得られなかった。*Saccharomyces*の分離を目的とした集積培養は一般的に25～30℃で行われる。Sampaioらは，10℃で集積培養を行うことにより，*S. cerevisiae*の他，低温で増殖する*S. kudriavzeii*と*S. uvarum*を分離している[4]。このように，集積培養の温度に依存した*Saccharomyces*が分離される例があるものの，本実験では22℃で培養した50本の試験管から陽性試験管は得られなかった。このことは，気温が高い自然環境から採取したハスの花への低温性酵母の付着が少なかった可能性を示している。

ハスの花を加えたRE培地の陽性試験管のうち10本からそれぞれ1株の計10株を，また，ユズおよびユコウ由来の陽性試験管1本からか2株を分離し，ユズ由来の30株とユコウ由来の12株を得た。純粋分離した酵母株は合計52株である。

2. rDNAの増幅

分離株のrDNA5.8S-ITS領域をPCRで増幅したところ，ハスの花由来の酵母株では400pbあるいは600bpのバンドを示したが880bpの株は得られなかった（図2）。また，ユズ，ユコウ由来の酵母株の多くは同様に400bpあるいは600bpの増幅産物を示したが，ユズ果皮由来酵母のZ31, Z32株2株から協会酵母7号とほぼ同様の長さの増幅産物が得られ，この2株を*Saccharomyces*候補株とした（図3）。

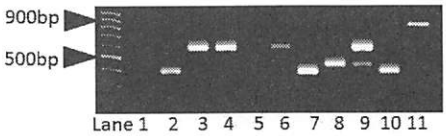

図2. はすの花から分離した酵母のrDNA5.8S-ITS領域長（Lane 1-10: 分離酵母，Lane 11: *S. cerevisiae*）

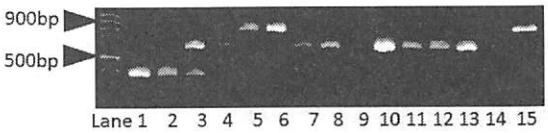

図1. ゆずから分離した酵母のrDNA5.8S-ITS領域長（Lane 1-14: 分離酵母，Lane 15: *S. cerevisiae*）

Sampaioらは，広葉樹の樹皮147試料から*S. cerevisiae*15株を含む*Saccharomyces*属酵母を計53株分離している[4]。また，Seingowskiらは樹皮や土壌などの84試料から計18株の*S. serevisiae*および*S. paradoxus*の分離を報告している[3]。これらの報告での*Saccharomyces*属酵母分離の確率はそれぞれ，36および21%である。また、安田らは，花を採集して培養した130本のRE培地から16株，12%の*Saccharomyces*属酵母株を分離している[2]。今回我々は種々の花や果実などを加えて

培養した 184 本の RE 培地から分離できた *Saccharomyces* 属酵母は RE 培地を含む同一の試験管から分離した 2 株のみであり，分離の確率は 1％と極めて低かった。Sampaio らは，楢や樫の樹種の違いにより分離酵母株数が異なることを報告しており [4]，今回実験で分離率が低かったことは，はすの花，ユズやユコウ果実および葉への酵母の付着が少ないことに起因する可能性が考えられた。

3. 分離酵母の塩基配列解析

分離酵母 Z31 および Z32 の 2 株の塩基配列解析を行い，Z31 株の 784 塩基，Z32 株の 741 塩基を決定した。この結果をもとにホモロジー検索を行ったところ，これら 2 株の塩基配列は何れも *Torulaspora pretoriensis* 5.8SrDNA gene and ITS1 and ITS2 と塩基配列の 99%が一致した。同一種の菌株間では，ITS 領域の塩基配列の相同性が 99%以上であることが示されており，この数値が同定の目安とされている 6)。このことから，今回分離した 2 株は *Torulaspora pretoriensis* であることが明らかになった。両株の塩基配列を比較すると，その塩基配列は 100%一致し両株は同一試験管から分離した同一株であることがわかった。このことは RE 培地中では異なる起源を持つ細胞が優占するのではなく，単一の細胞が優占することを示していると考えられた。*Torulaspola* 属は現在 *T. pretoriensis* の他 *T. delbrueckii*, *T. globosa* の 3 種が知られている。*T. pretoriensis*, *T. delbrueckii* は，冷凍耐性や高い糖濃度への耐性などの特徴からパン酵母として利用されるだけでなく，ワインの発酵に関与することが知られている酵母である [7-8]。

以上のように，計 184 本の試験管から酵母増殖陽性試験管 65 本を得，このうち 1 本から有用酵母が分離できた。これまでに報告された RE 培地を用いた集積培養による分離例と比較して，分離確率はきわめて低かったものの，徳島県産ゆずから *Torulaspora pretoriensis* を分離した。今後これらの株の詳細な生理学的特性を明らかにすることが，新しい酵母の利用につながると考えられる。また，RE 培地による集積培養過程における種の遷移についてははほとんどしられていないことから，効率的な有用酵母の分離には，温度条件の変更や培養期間を調節することなど，集積培養条件の変更で，増殖の速い酵母株や低温に適した酵母株が効率よく分離できる可能性があると考えられる。

謝辞

ハスの花は徳島市川内町藤原俊茂氏のレンコン田より採取していただいた。また，ユズおよびユコウの果実と葉は，徳島県勝浦郡上勝町より採取されたものを分与いただいた。記して感謝の意を表します。

文献

1. 向井伸彦，岡田明彦，鈴木昭記，高橋利朗 ビール酵母とその他の醸造用酵母のビール醸造特性 J. Brew. Soc. Japan. 93, 967-975 (1998)

2. 安田庄子，北本則行　花からの Saccharomyces cerevisiae の選択的分離と遺伝的多様性　日本食品科学工学会誌 58, 433-439 (2011)

3. Sniegowski, P.D., Dombrowski, P.G. and Fingerman, E. *Saccharomyces cerevisiae* and Saccharomyces paradoxus coexist in a natural woodland site in North America and display different levels of reproductive isolation from European conspecifics. FEMS Yeast Res., 1, 299-306 (2002)

4. Sampaio, J. P. and Gonçalves, P. Natural populations of Saccharomyces kudriavzevii in Portugal are associated with oak bark and are sympatric with S. cerevisiae and S. paradoxus. Appl. Environ. Microbiol., 74, 2144-2152 (2008)

5. Guillamón J. M., Sabaté J., Barrio E., Cano J. and Querol A. Rapid identification of wine yeast species based on RFLP analysis of the ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region. Arch. Microbiol. 169, 387-392 (1998)

6. 後藤慶一　ＤＮＡ塩基配列を用いたカビ・酵母の同定　モダンメディア　**55**, 237-242 (2009)

7. Oda, Y. and Tonomura, K. Selection of a novel baking strain from the *Torulaspora* yeasts. Biosci. Biotech. Biochem., **57**, 1320-1322 (1993)

8. Azzolini, M., Fedrizzi, B., Tosi, E., Finato, F., Vagnoli, P., Scrinzi, C. and Zapparoli, G. Effects of *Torulaspora delbrueckii* and *Saccharomyces cerevisiae* mixed cultures on fermentation and aroma of Amarone wine. Eur. Food Res. Technol., **235**, 303-313 (2012)

徳島県における魚の利用状況について

植田　和美*、江戸　梢、後藤　月江、渡邊　幾子、三木　章江

(平成29年2月10日受理)

The Use Situation of a Fish in Tokushima Prefecture

Kazumi Ueta, Kozue Edo, Tsukie Goto, Ikuko Watanabe, Fumie Miki

Summary

We conducted this research for the purpose of understanding the status of fish consumption in Tokushima prefecture as basic information for the consideration of efficient use of unused kinds of fish. With the residents of Tokushima prefecture, we conducted a questionnaire survey and a survey on the frequency of use. As a result, the valid number of answers in the questionnaire survey was 107 individuals, and in the survey on frequency of use was, 68 individuals in autumn and 78 individuals in winter. The attributes of the Tokushima's residents were: a half of the entire subjects were 2-generation households, and 40% of them were the residents of Tokushima city. 90% were women, and in their 40's were the most, then in their 50's. The survey revealed that fillets were particularly most purchased, and in terms of way of cooking, 'grilling' is the most common, and then 'eating raw' (sashimi and such) was secondly common. The kinds of fish they consume throughout the year were: salmon, mackerel, horse mackerel, yellowtail and saury. In the survey on frequency of use, we looked at the relations between the living places and the frequency of use of each kind of fish according to the survey season. However, we did not find any significant differences in the result of the survey this time.

Key words：unused kinds of fish, survey on the frequency of use, fish food culture, Tokushima Prefecture, questionnaire survey

要旨：未利用魚の有効活用を考える上での基礎資料とするため、徳島県における魚の利用状況の把握を目的として調査を実施した。徳島県在住者を対象に、魚介類の利用に関するアンケート調査および摂取頻度調査を実施した。その結果、アンケート調査の有効回答者数は107名、摂取頻度調査では秋季68名、冬季78名であった。徳島県居住者である対象者の属性は、二世代世帯が半数、徳島市在住者が4割を占めていた。9割が女性、年齢では40歳代が最も多く続いて50歳代であった。集計結果から、「切り身」での購入が顕著に多いこと、調理方法では「焼き物」が多用されており続いて「なま物（刺身など）」であることが確認できた。年間を通じて消費する魚種は、サケ、サバ、アジ、ブリ（ハマチ）、サンマが挙げられた。摂取頻度調査から居住地および調査時期と各魚種の摂取頻度の関連を見たが、今回の調査では有意な差は認められなかった。

キーワード：未利用魚、摂取頻度調査、魚食文化、徳島県、アンケート調査

*連絡責任者：別刷請求先（corresponding author, E-mail：kazumi-ueta@shikoku-u.ac.jp）
四国大学短期大学部（771-1192　徳島市応神町古川）
Junior College Division, Department of Science for Human Health, Shikoku University,
Furukawa, Ojin-cho, Tokushima-shi, Tokushima, 771-1192

1. 緒言

日本における魚介類は、古くからたんぱく質の供給源として消費されてきた貴重な食べ物である。2010年に（独）海洋研究開発機構より、日本近海には全海洋生物の14.6%が存在し世界屈指の海洋生物の宝庫であることが報告された[1)]。このような豊かな海や川の恩恵を受けて、多彩な魚食文化が発展しているが、魚介類の消費には地域性や食文化が大きく関係していると考える。また、日本調理科学会は、日本各地の魚介類の料理を調査し、『平成15・16年度日本調理科学特別研究「調理文化の地域性と調理科学」報告書ー魚介類の調理ー』として発表しており、その報告書[2)]には、徳島県における魚介類の利用（料理・加工法）や食文化（食生活の特徴）が報告されている[2)]。国民健康・栄養調査の年次推移[3)]から、1日1人当たりの魚介類の摂取量は、1995年の96.9gをピークに年々減少し2014年には69.4gとなり、魚離れの進行が明らかとなっている。さらに、消費者に好まれる魚種も時代とともに変化し特定魚種への集中化も進んでいる[4)~6)]。

一方、流通過程において魚体サイズが不揃いであることや漁獲量が少なくロットがまとまらないなどの理由から非食用に回される魚あるいは低い価格でしか評価されない魚が未利用魚として注目されている。そして、資源の有効活用の観点から、地域あるいは関係者の創意工夫や加工技術の導入などによって、未利用魚を有効活用しようとする取り組みが全国的にも多く見られる[7)~11)]。徳島県海部郡海陽町の鞆浦漁業協同組合（以下鞆浦漁協）において11月～7月に実施される大敷網漁（定置網）で漁獲される魚種の中にも未利用魚が含まれており、我々は鞆浦漁協との共同研究として未利用魚の有効活用に取り組んでいる。

以上のような理由により、未利用魚の有効活用を考える上での基礎資料とするため、魚介類の利用に関するアンケート調査を実施するとともに50種類の魚種について摂取頻度を調査し、徳島県における未利用魚を含めた魚の利用状況の現状を明らかにすることを本研究の目的とした。

2. 方法

2. 1 調査対象者および方法

徳島県における魚の利用状況の現状を知るという目的から、調査対象者は徳島県在住者とした。方法は、本学学生、教職員、鞆浦漁協関係者を対象に調査票を配布し、主たる調理担当者に無記名で回答してもらう質問紙法による調査を行った。

本調査は、四国大学研究倫理審査専門委員会において承認を得た上で実施した。調査に際しては、研究目的と方法、匿名性の保障、研究成果の公表、使用後のデータ破棄などについて口頭あるいは文書で説明を行った。また、調査票と封筒を配付し、無記名の封筒を用いて各自で投函できるように回収用ボックスを設置して学内配布分の回答用紙を回収した。鞆浦漁協関係者については、宛名書きをした無記名の返信用封筒を用いて郵送による回収を行った。

2. 2 調査項目

魚介類の利用に関するアンケート調査および50種類の魚種について過去1か月を振り返り1か月の摂取頻度、摂取量、調理方法を記入する摂取頻度調査を実施した。アンケート調査では、対象者の属性、魚介類の調達方法およびその形態、調理方法、未利用魚の認識および喫食状況などを質問項目とした。また、摂取頻度調査における魚種の選定に当たっては、日本食品標準成分表2010に記載されている魚種の中から徳島県内で一般に流通・消費されている魚種、さらに一般に流通しておらず定置網などで漁獲され限られた地域で消費される魚種を加えて50種類とした。摂取頻度は、過去1か月を思い出し「まったく食べない」、「ほとんど食べない」、「1～2回/1か月」、「1回/1週」、「2～3回/1週」、「4～5回/1週」、

「1回/1日」、「2回/1日」、「3回以上/1日」の選択肢から該当するものを選んでもらった。摂取量および調理方法についても、選択肢の中から該当するものを選ぶ方法を用いた。

2. 3　調査時期

アンケート調査用紙は、2014年10～11月に配布した。摂取頻度調査用紙は、魚には旬の時期があり季節により消費する魚種が異なると考えられたため、2014年10～11月（秋季）および2014年12月～2015年1月（冬季）の2度にわたって配布した。いずれも配布してから1か月経過後を回収時期とした。

2. 4　集計方法

株式会社エスミ「EXCELアンケート太閤」を用いて集計および解析を行った。

3. 結果および考察

3. 1　魚介類に関するアンケート調査

3. 1. 1　対象者の属性

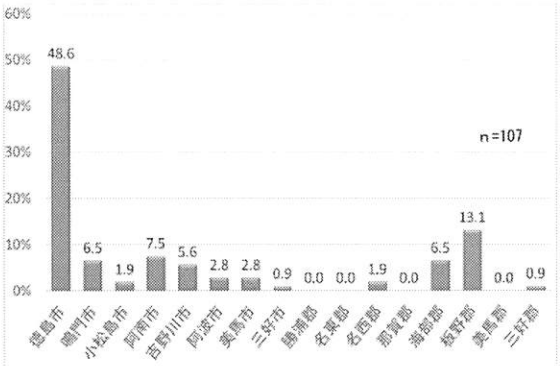

図1　対象者の居住地（市郡別）

魚介類の利用に関するアンケート調査の有効回答者数は107名、対象者の属性は、女性93.5%、男性5.6%（未記入0.9%）であった。家族形態では、二世代世帯が45.8%と最も多く、続いて同世代での同居28.0%となっていた。回答者の年齢は40歳代が最も多く33.6%、続いて50歳代26.2%であった。図1に示した徳島県内8市8郡で居住地の分布を見ると徳島市在住者が48.6%と半数近くを占めていた。

図2に対象者の居住地域の状況を示したが、対象者の42.9%が「地方都市」に居住していた。居住地の市郡別および居住地域の状況別に他の質問項目とのクロス集計をして検定を行ったが、有意差は認められなかった。そこで、図2に示した居住地域の状況のカテゴリーを統合し、「地方都市」、米作や畑作の農村をまとめて「農業地域」、漁業や海に近い地域を「漁業地域」の新たに3カテゴリーから成る居住地域の状況（統合）として集計および解析を行った。

居住地域の状況（統合）によって、「地方都市」42.9%、「農業地域」32.6%、「漁業地域」20.4%、「その他」4.1%となった。居住地域の状況（統合）によって有意差が認められた項目は、魚介類の調達方法および魚料理に対する嗜好性の2項目であった。

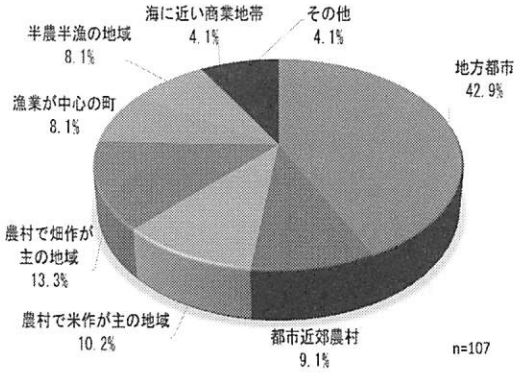

図2　対象者の居住地域の状況

3. 1. 2　魚の調達方法および形態

家庭で使用する魚介類の調達方法では、「大部分を購入している」と回答した人が調査対象者全体では85%を占めていた。居住地域の状況（統合）とクロス集計したところ、図3のような結果が得られた。「漁業地域」の21%の家庭において「大部分を家族が漁獲」した魚を食しており、「大部分を購入」が58%と他の地域に比べ低く、有意な差（$p<0.05$）が認められた。

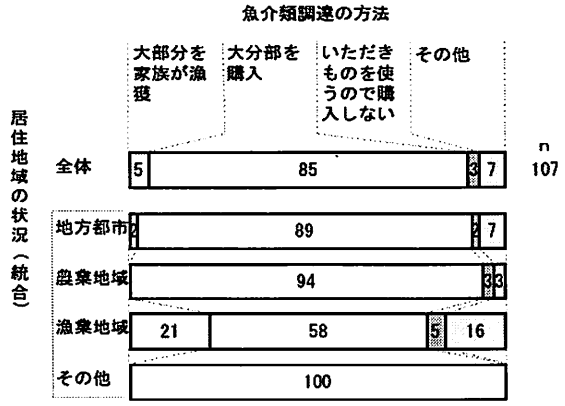

図3　居住地域による魚介類の調達方法（p<0.05）

図4に魚料理の嗜好性について示したが、全体では76%が魚料理を「好き」と回答しており、逆に「嫌い」は3%と僅かであった。魚離れが叫ばれている昨今であるが、魚料理自体は嫌いでないことがうかがえた。さらに、居住地域の状況（統合）と魚料理の嗜好性をクロス集計し検定を行ったところ、統合した居住地域によって魚料理の嗜好性に有意差（p<0.05）が見られた。「漁業地域」では、魚料理が有意に好まれていることが示唆された。

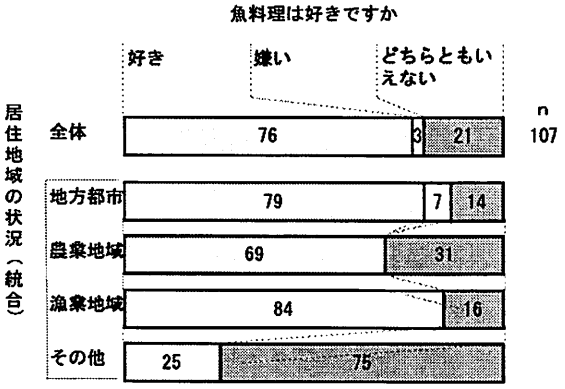

図4　居住地域による魚料理の嗜好性（p<0.05）

また、購入する時の魚の形態としては「切り身」での購入が全体の71%と最も高かった。居住地域の状況（統合）と購入する魚の形態をクロス集計して図5に示した。「漁業地域」は、居住地の特異性から他の地域に比較して「切り身」での購入が少なく、「一匹の魚」での購入が多くなっていた。しかし、居住地域による有意差は認められなかった。

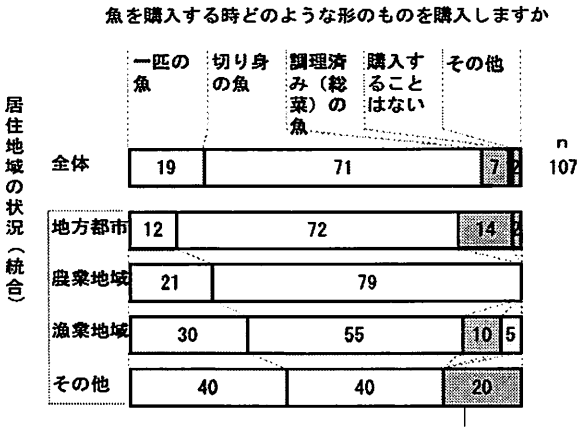

図5　居住地域による購入する魚の形態（有意差なし）

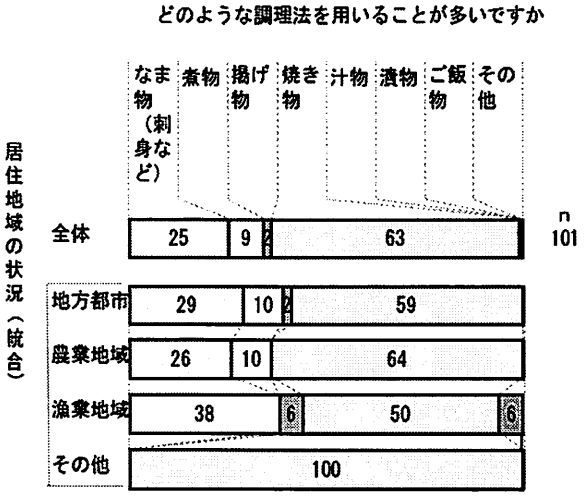

図6　居住地域による用いる調理方法（有意差なし）

図6によく用いる魚の調理方法の集計結果を示した。「焼き物」は家の中で臭いが発生することや後始末に手間がかかるとされるが、63%と「焼き物」が多用されており、続いては「なま物（刺身など）」25%であった。「漁業地域」は、家族が漁獲した魚を使う機会も多く、新鮮な魚が手に入るため、「なま物（刺身など）」として用いる割合が高くなったと推察されるが、居住地域による有意差は見られなかった。

図7　居住地域による未利用魚の認識（有意差なし）

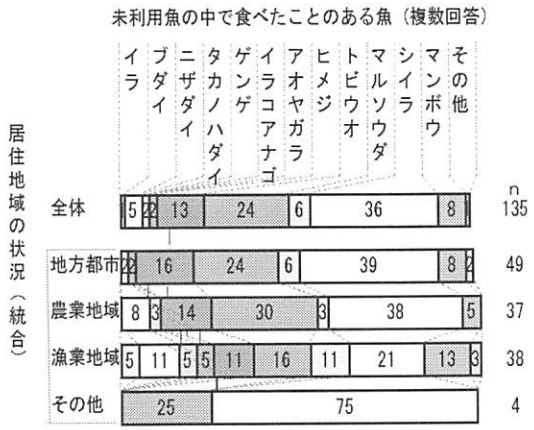

図8　居住地域による未利用魚の喫食（有意差なし）

図7、8に、未利用魚と認識している魚とその魚の喫食経験を示した。前述したように、未利用魚とはさまざまな理由から非食用に回される魚あるいは低価格でしか評価されない魚である。未利用魚として扱われる場合が多い12種類を挙げ、その中から該当するものを選ぶとともにそれ以外に思い浮かぶ場合は名称を記載してもらった。複数回答であるが、未利用魚としての認識が高かった魚はマンボウ、シイラ、トビウオと続いていた。居住地域とのクロス集計から、「漁業地域」において選ばれた魚種に他の地域ほど一部の魚種への集中は見られなかったが、上位で選択されていた魚種は一致していた。さらに、未利用魚の中で喫食経験のある魚種としてシイラ、トビウオが挙げられており、これらは市場で流通する魚種であることからも妥当な結果であると考える。なお、2015年11月に国際自然保護連合は、個体数が世界的に減少している可能性が高いことから、絶滅の危機が増大している種としてマンボウを絶滅危惧種リストの最新版に加えたことを発表した。調査実施時においては、絶滅危惧種とされていなかったため未利用魚として扱った。

3．1．3　年間を通して利用する魚種

年間を通して利用する魚種を5種類挙げてもらったところ、最も利用する魚種がサケ、続いてサバ、アジ、ブリ（ハマチ）、サンマ、マグロとなった。水産白書における報告[12]では、1965年の購入数量1位の魚種はアジ、2位イカ、3位サバ、4位カレイ、5位マグロとされており、2009年には1位がサケ、2位イカ、3位マグロ、4位サンマ、5位ブリとなり、魚種の変化が見られた。今回の調査では、イカ、エビ、貝類は含めておらず、それを考慮すると魚の喫食率の報告[13]とも合致しており近年の傾向に即した結果であると考える。

3．2　魚の摂取頻度調査

3．2．1　調査対象者

1か月を振り返り記入する摂取頻度調査では、秋季（10～11月配布）68名、冬季（12~1月配布）78名の有効回答者数が得られた。調査対象者はアンケート調査回答者とほぼ重複していたが、摂取頻度調査の対象者の属性では、女性が91.8%、男性は8.2%であった。家族形態では、二世代世帯が42.7%と最も多く、続いて同世代での同居28.0%となっていた。年齢では40歳代が最も多く32.9%、続いて50歳代26.0%であった。摂取頻度調査の対象者を、秋季調査、冬季調査に分けて徳島県内8市8郡における居住地域として図9に示したが、徳島市在住者が半数近くを占めていた。調査時期および居住地域と選択した魚種の摂

取頻度とのクロス集計を行い関連性の検討をしたが、調査時期や居住地域による有意な差は見られなかった。

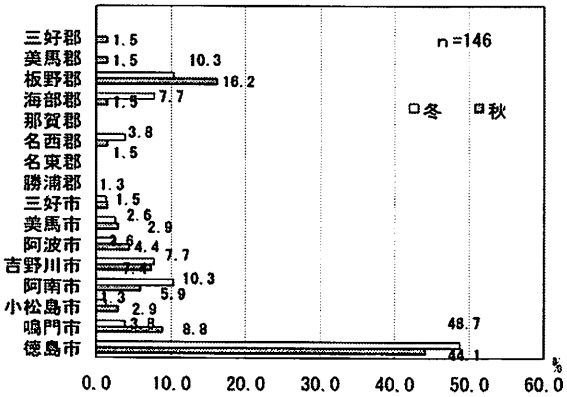

図9　対象者の居住地域（市郡別）

3. 2. 2　摂取頻度が低かった魚種

摂取頻度の集計結果から、「全く食べない」あるいは「ほとんど食べない」を選んだ人を合計すると100%、つまり過去1か月間には食べていない魚種は、アイナメ、ゲンゲ（ノロゲンゲ）、ニベ（コイチ）であった。続いて回答者の99%以上が食べていない魚種として、アオヤガラ、イラコアナゴ、マンボウが挙げられた。さらに、90%以上の回答者が食べていなかった魚種を含めると22種類となった。摂取頻度調査の実施がその魚の旬の時期から外れていたこと、一般に市場に流通する魚でなく手に入らないことなどが理由として考えられた。

3. 2. 3　摂取頻度が高かった魚種

摂取頻度が高かった魚種は、魚介類の利用に関するアンケート調査の年間を通してよく食べる魚種と一致していた。摂取頻度の高かった魚種の上位5位までの摂取頻度を図10～14に示した。秋季調査、冬季調査、全体（両時期の合計）の結果をそれぞれ示したが、調査時期による摂取頻度の違いに有意差は見られなかったため、全体のみ数値で記した。その結果、摂取頻度1位はサケ、2位サバ、3位アジ、4位サンマ、5位ブリ（メジロ、ハマチ）と続いたが、いずれも1ヶ月に1～2回の頻度で食べると回答した人が半数程度であった。

図表には示していないが、これらの魚種の調理方法では、共通して「焼き物」が最も多用されており、この結果もアンケート調査と一致していた。ただし、魚種によって調理方法には特徴が見られ、ブリ（メジロ、ハマチ）においては「焼き物」が40.4%であり、「なま物」として食べるが28.8%、「煮物」が22.6%と続いていた。サケにおいては、「焼き物」が80.1%と顕著に高く、次いで「なま物」が11.6%となっていた。また、アジでは「揚げ物」22.6%、サバでは「煮物」32.9%が、「焼き物」に次いで2番目に使われる調理方法であった。

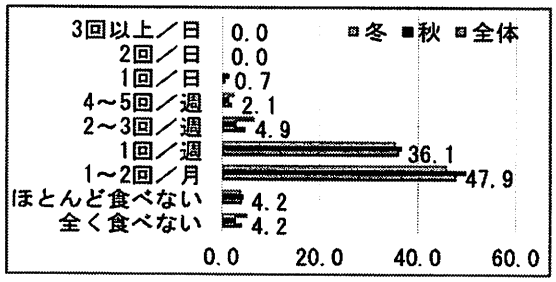

図10　摂取頻度の高い魚種（サケ）

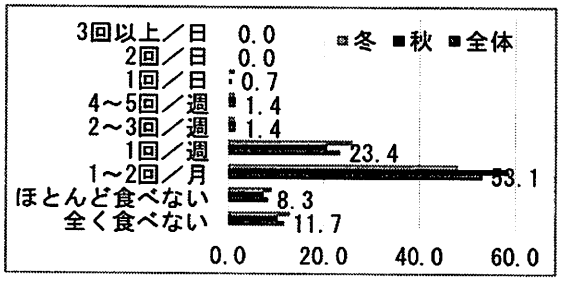

図11　摂取頻度の高い魚種（サバ）

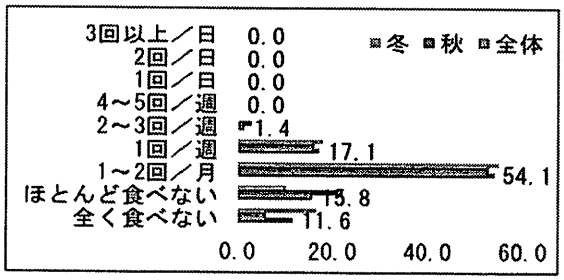

図12　摂取頻度の高い魚種（アジ）

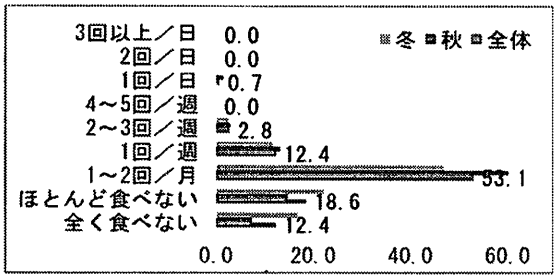

図13　摂取頻度の高い魚種（サンマ）

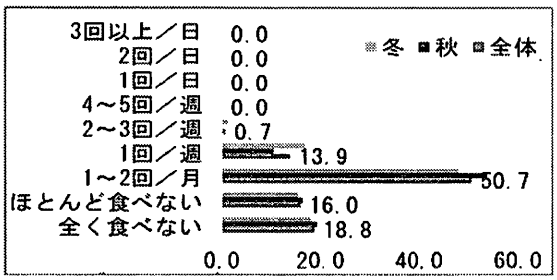

図14　摂取頻度の高い魚種（ブリ（メジロ、ハマチ））

4．まとめ

アンケート調査の有効回答者数は107名、摂取頻度調査では秋季68名、冬季78名であった。対象者の属性では、両調査に僅かに差があるものの、二世代世帯が半数、徳島市在住者が4割を占めていた。9割が女性であり、年齢では40歳代が最も多く続いて50歳代であった。

アンケート調査の結果から、魚を購入する場合「切り身」での購入が顕著に多かった。調理方法では「焼き物」が多用されており、続いては「なま物（刺身など）」であった。また、年間を通して消費する魚種では、サケ、サバ、アジ、ブリ（ハマチ）、サンマが挙げられており、近年の消費量とも一致する結果であった。

摂取頻度調査から、過去1か月間に摂取されていない魚種として、アイナメ、ゲンゲ、ニベが挙げられ、逆に摂取頻度の高い魚種は、サケ、サバ、アジ、サンマ、ブリ（メジロ、ハマチ）であり、アンケート調査の年間を通してよく食べる魚種と一致していた。これらの魚種については、対象者の半数が1ヶ月に1～2回の頻度で食べていた。また、調理方法においては、共通して「焼き物」が最も多用されており、これらの結果もアンケート調査と一致していた。居住地および調査時期と各魚種の摂取頻度との関連を見たが、有意な差は認められなかった。

摂取頻度調査において90%以上の回答者が食べていなかった魚22種類のうち、8種類は未利用魚として扱われることが多い魚であった。

未利用魚の有効活用を図るためには、消費者が入手可能な流通方法を検討すること、未利用魚に価値（おいしい料理方法、有効な加工方法、加工原料としてなど）を付加することが必要であると考える。

本研究は四国大学学術研究助成金を受け実施しました。ここに深謝致します。また、アンケート調査および摂取頻度調査にご協力いただきました皆様方にお礼申し上げます。

なお、本研究の一部は日本食生活学会第50回大会（東京農業大学、平成27年5月30日）において発表したことを報告します。

5．文献

1）（独）海洋研究開発機構：プレリリース 日本近海は生物多様性のホットスポットである，http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20100803.html（2010.8.3）

2）日本調理科学会「調理文化の地域性と調理科学」特別研究委員会，平成15・16年度日本調理科学特別研究「調理文化の地域性と調理科学」報告書ー魚貝類の調理ー，日本調理科学会誌，東京，197-203（2004）

3）厚生労働省：平成26年国民健康・栄養調査報告，http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/0000142359.html（2016）

4）木南茉莉，古澤慎一，水産物に対する消費者意識の要因に関する分析，新潟大学農学部研究報告，66，71-84（2014）

5）中央三井トラスト・ホールディングス：調査レポート 漁業の現状と再生に向けて，

http://smtb.jp/others/report/economy/cmtb/pdf/repo0812_5.pdf (2008)
6) 農林中金総合研究所：調査と情報 さかな消費にみる地域の食文化, http://www.nochuri.co.jp/report/pdf/r00311/sta.pdf (2003)
7) 日本さかな検定協会：ととけん参考資料ファイル2011年 魚食から遠ざかる「さかなの国、ニッポンの危機」, https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000001.000002979.html (2011)
8) 清水泰子, 元谷剛, 萱野泰久, シログチ丸ごとすり身の成分特性, 岡山県農林水産総合センター水産研究所報告, 27, 34-36 (2012)
9) 小村美穂, 日高照利, 若松博文, 養殖ブリを利用した魚醤油の開発, 宮崎県工業技術センター・宮崎県食品開発センター研究報告, 47, 103-106 (2003)
10) 静岡県水産技術研究所：鈴木勇己, 低・未利用魚の利用促進に向けた新しい流通・加工特性の解明, http://fish-exp.pref.shizuoka.jp/03research/pdf/2014/h26/h26_01.pdf (2014)
11) (独) 中小企業基盤整備機構：農商工連携パーク 未利用魚のウツボを活用した「粉末ダシ」と「魚醤」の開発・製造・販売, http://j-net21.smrj.go.jp/expand/noshoko/nintei/entry/tokushima/151014-001.html (2015)
12) 水産庁：水産白書 水産物の消費動向, http://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/h22_h/trend/1/t1_2_1_1.html (2010)
13) 木村安美, 寺本あい, 治部祐里, 田淵真愉美, 桒田寛子, 渕上倫子, 岡山県における魚介類の喫食状況とその全国比較に関する調査研究, 日本調理科学会誌, 48, 200-206 (2015)

加工食品の塩分測定の検討
—モール法と塩分計の精度および表示との比較—

田中　智子

（平成 29 年 1 月 27 日受理）

Study of salinity measurement in processed food
—The consistency of the salinity between the mohr method and salinometers—

Satoko　Tanaka

Abstract

In student training and experience program, we instruct to use the precipitation titration method (Mohr method) to determine salinity in processed foods. The measurement of salinity using Mohr method is from an educational point of view in order to learn experimental basic techniques. However, when nutritionists give guidance for salt intake or measure the salinity in the foods, easy-to-use salinometers are typically used. Therefore, to evaluate the accuracy of salinometers, we investigated the consistency of the salinity between the Mohr method and salinometers.

In results, although there were some differences in specific foods, we found that the measurements obtained using the easy-to-use salinometers in processed foods were generally consistent with those of the Mohr method and the labelled salt content. We conclude the use of easy-to-use salinometers can be used reliably in the situation of nutritional guidance for salt intake or at home. It is well known that excessive intake of salt causes many problems for health. However, based on recent trends in food consumption, daily use of ready-made meals in stores or frozen foods is considered to increase in the future. We hope that students will develop a deeper interest in the salinity in foods, including the use of low-sodium ready-made meals and how to read the salt content on nutrition labels, through these educational training.

Key words: Mohr method　Salinometer　Processed food　Labelled salt content

要旨：本学学生実験では、加工食品の塩分を測定するにあたり、沈殿滴定のモール法とデジタル塩分計を用い測定をしている。しかし、栄養士による減塩指導や家庭で食品の塩分を測定する場合、簡単に操作できる塩分計を用いるのが一般的である。そこで、塩分計の精度を調べることを目的に、モール法並びに表示との一致性について検討を行った。その結果、食品によっては差があるものもの、塩分計の測定値は、モール法や表示値とも概ね一致し、現場や家庭で塩分計を使用した場合においても、特に問題はないと考えられる。

塩分の過剰摂取が問題となっているが、近年の消費動向から見て市販総菜や冷凍食品等は、今後も利用頻度が多くなることが予想される。授業を通じ、塩分を控えた市販惣菜の利用の仕方や食塩表示の見方など塩分に対する学生の興味が深まることを期待したい。

キーワード：モール法、塩分計、加工品、塩分表示

＊連絡責任者・別刷請求先（corresponding author,E-mail：stanaka@kwjc.kobe-wu.ac.jp
神戸女子短期大学　食物栄養学科　（〒650-0046　兵庫県神戸市中央区港島中町４丁目 7-2）
Kobejoyoshi-Women`s junior College 2-7-4-chome minatojima nakamati
tyuouku,Koubecity,Hyougoken　Japan

はじめに

食塩は、食品の調味をはじめ、保存や加工の目的から、重要な成分である。さらに、食塩を構成するナトリウムは電解質成分の1つで、血清中の陽イオンの約90%を占めており、食物から経口摂取され、体内の水分の保持や浸透圧の調節などの働きをしており、体液バランスを保つ重要なミネラルである[1]。しかし、ナトリウムは過剰摂取により、高血圧症や胃がんを発症させる要因になるといわれており[1]、日本人の食事摂取基準（2015年版）において、男女ともナトリウムの目標量の上限がさらに下げられ、食塩として成人男性8g/日未満、女性で7g/日未満と設定されている[2]。現在の食生活では、スーパーや店舗による惣菜や冷凍品をはじめとする加工食品の増加により、食品中塩分量は重要視されている。

食塩濃度の測定法は、沈殿滴定で有名なモール法[3)~6)]、炎光光度法や誘導結合プラズマ発光分光法[7)~10)]、イオン電極法[11)]をはじめ簡単な塩分計[11)]を用いる方法がある。本学の塩分測定では、基礎実験としてよく取り上げられているモール法を用い、醤油中塩分を測定し実験の基本操作を取得している。これは、塩素イオンを定量し食塩に換算する方法である。一方、栄養士業務としての減塩指導や、家庭で塩分量を知りたい場合は、塩分計の利用が簡便である。これは、ナトリウムイオンを測定し食塩に換算する方法である。短時間で簡単に測定できることから、授業でもさまざまな加工品を用い、食品に含まれている塩分量を測定し、ほとんどの加工品に塩分が含まれていることを学んでいる。そこで本研究では、特に塩分計とモール法との測定値について比較し、さらに、表示値からの塩分量との関係について検討したので報告する。

実験方法

1 実験試薬、器具

0.02M硝酸銀溶液とクロム酸カリウムは、和光純薬1級を使用した。塩分計は、EISHINデジタル塩分濃度計EB-158Pを、試料の粉砕はIWATANI MILLSER ミキサー700Gを使用した。

2. 試料

実験試料の練り製品14種類、市販惣菜3種類と冷凍食品7種類、菓子3種類は、2012年10月～12月に、神戸市内のスーパーで購入した。

3 測定方法

冷凍食品は解凍後、その他の食品は細切後10gを精評し、熱湯90gを加えミルサーでホモジナイズ後冷却、ろ過後試料とした。同一試料でモール法とデジタル塩分計（以下塩分計）で測定した。

モール法は、試料のろ液5mlにクロム酸カリムを3～4滴入れ、0.02M硝酸銀をビューレットに入れて滴定し黄からわずかに赤褐色に変わったところを終点とした（A)。測定は3～5回繰り返し平均値を求めた。終点の判定がわかりやすいように、蒸留水で同一に行ったものをブランクとした(B)。モール法は、濃口醤油を用い、実験の精度を確認した後に、各食品の測定を行った。

モール法　計算式

塩分%＝0.00002×F(ファクター)×NaCl(モル質量)×滴定値×(100/5)/試料重量

滴定値＝A－B

塩分計は、ろ液をよく攪拌後に直接塩分計をつけ測定し、塩分%を求めた。

塩分計　計算式

塩分%＝測定%×（試料重量＋水重量）/試料重量

実験結果および考察

練り製品14種類、市販惣菜3種類と冷凍品7種類、菓子3種類の塩分量をデジタル塩分計とモール法より求めると共に、表示値から食塩相当量を求め表1に示した。EISHINデジタル塩分計EB-158Pは、少数第1位まで求められるが、希釈倍率を計算すると整数の結果となる。また、モール法は3～5回の平均値と標準偏差を求め、さらに、表示からの食塩相当量は、100g中の塩分量に換算し、ナトリウムで表示されている場合には2.54を乗じ、食塩量を求めた。共に七訂食品成分表の食塩相当量に基づき少

表１　加工食品の塩分量

	食品	塩分計%	モール法%	表示からの塩分量g/100g
練り製品	ちくわ	1	1.4±0.1	2.1
	煮込みちくわ	3	2.0±0.2	2.9
	チーチク	2	1.7±0.2	2.3
	魚肉ソーセージ	1	1.6±0.0	1.7
	魚肉ソーセージ(特定保健用食品)	2	1.5±0.1	1.8
	はんぺん	2	1.6±0.1	1.6
	かにかま	2	1.6±0.1	1.8
	たこてん	2	1.1±0.1	1.6
	ウインナー	2	2.6±0.1	2.0
	皮なしウインナー	2	2.0±0.2	2.1
	お弁当ウインナー	2	1.7±0.1	2.0
	チキンナゲット	2	2.0±0.1	1.4
	ロースハム	3	2.0.±0.1	2.8
	ミートボール	1	1.0±0.1	1.4
惣菜	天ぷら(魚)	1	0.6±0.1	—
	天ぷら(かにかま)	1	1.1±0.1	—
	天ぷら(えび)	1	1.3±0.1	—
冷凍品	ソーセージフライ(冷凍)	1	0.9±0.1	1.0
	カニクリームコロッケ(冷凍)	1	0.9±0.1	1.0
	春巻き(冷凍)	1	0.8±01	1.2
	ソースとんかつ(冷凍)	2	2.0±0.1	1.0
	エビグラタン(冷凍)	1	1.0±0.1	0.6
	ほうれん草の白和え(冷凍)	2	1.3±0.1	1.3
	ほうれん草の胡麻和え(冷凍)	1	0.6±0.1	0.6
菓子	ムーンライト	1	0.6±0.0	0.5
	ジャガリコ	1	1.0±0.1	1.3
	エアリアル	2	1.7±0.02	2.1

数第1位まで求め、塩分計による測定値とモール法による測定値および表示値との関係について検討を行った。

1.塩分計とモール法の制度の比較

練り製品の塩分量は製品により異なるが、おおむね2%であった。練り製品は結着力を高め、おいしい製品をつくるためには3%以内の塩分が必要と言われている。塩分計値とモール法値と比較すると塩分計は、モール法より高い値が得られた。しかし、モール法値を四捨五入すると14製品中9製品で結果が一致した。「煮込みちくわ」「魚肉ソーセージ」「たこてん」「ウインナー」「ロースハム」の4製品は、モール法値が塩分計値より低く、誤差が生じた。これは、同じ希釈倍率で測定したため、塩分計に適した希釈倍率を検討する必要性があることが分かった。惣菜と冷凍品では10製品では、1%塩分のものが8製品であり、塩分計値とモール法値は比較的一致していた。菓子3種類のうちムーンライトは塩分計1%、モール法0.6%と差があるように見えるが、整数にすると1%になるため、塩分計値はモール法値とほぼ一致していると判断した。また、塩分濃度計やモール法を含む6測定方法の比較結果からも、モール法の塩素から測定しても、イオンメータ法のナトリウムからの定量結果を用いても、ほぼ同様の値を得ることが出来るとの福本[5]の報告がある。一方、塩分濃度計は、他の測定方法より定量範囲が広く、操作もすぐれているが特別の利点は見出せなかったという結果があるが[5]、今回の結果から塩分計は、素人の消費者でも簡単に、比較的正確に測定できるという大きな利点があると考えられる。

2.塩分計と表示値の比較

塩分計と表示からの塩分相当量と比較すると、異なったのは、27製品中「ちくわ」の1製品で、塩分計値の方が低く、「魚肉ソーセージ」「チキンナゲット」「冷凍のソースとんかつ」3製品が塩分計値より高く出たが、20製品で概ね一致していた。今回の実験では、モール法の希釈倍率と同一にしたため、食品に適した希釈倍率を検討する必要性が、今後の課題として残った。

惣菜3種類は、ナトリウム量の表示がなかったため、表示値と比較することはが出来なかった。そこで、大原[12]の塩分計による測定結果と比較すると、愛媛県のアジと白身のフライが1.1%、ひじきとかぼちゃの煮物がそれぞれ0.8%と1.1%となっており、福岡県、徳島県での同種類の加工品の比較では、サバの焼き物は県によって異なることが報告されている。また、年度別の塩分濃度比較においても、1981年から2004年では、すべての市販惣菜の塩分量が減少しているが、2004年から2010年にかけ、塩分濃度が高くなっていることも報告している[12]。今回の結果では、市販惣菜は1%、冷凍品は1～2%となり、大原の値に近い結果となった。今後、塩分計での測定には、希釈倍率をはじめどのような点に注意すれば良いのかを検討し、惣菜類の種類を増やすと共に、家庭で料理した場合の塩分濃度についても研究を続けて行きたいと思っている。

まとめ

栄養士業務での減塩指導や一般家庭で利用することの多い塩分計の精度を調べることを目的に、モール法および表示との一致性について比較検討を行った。

塩分計の値はモール法や表示と良く一致し、現場や家庭で塩分計を使用した場合、比較的正確な値が得られることがわかった。今回用いたEISHINデジタル塩分濃度計EB-158Pは、家庭で簡単に利用出来る機種であるが、時々塩分濃度の分かった食塩水で正確さを確認することや、希釈倍率を検討することでさらに精度が増すと考えられる。

市販総菜、加工食品、練り製品には、必ず塩分が含まれているが、市販惣菜ではメーカーや製造年度によっても塩分量が異なる可能性がある。今後も授業を通じ、塩分を控えた市販惣菜の利用または食品表示の見方等を共に考えていきたい。

謝辞

本実験を行うにあたり、ご協力いただきました卒業生の川原千穂氏、田淵万貴氏、宿見沙織氏に厚くお礼申し上げます。

文献

1) 木村修一、小林修平監修：専門領域の最新情報差新栄養学　第9版、409-414、建帛

社（2007）
2) 菱田明、佐々木敏監修：日本人の食事摂取基準（2015年版）、247-521、第一出版、（2014）
3) 新野靖：調理科学27、57-62（1994）
4) 安藤達彦、吉田宗弘編著：身の回りまわりの食品科学実験、76-77、三共出版（2005）
5) 吉田勉監修：新しい食品学実験三共出版（2006）
6) 村上俊男編著：改訂基礎からの食品・栄養学実験70-71、建帛社（2014）
7) 田中智子、茶山健二：分析化学、55、1、55-59（2006）
8) 田中智子、茶山健二、辻治雄：神戸女子短期大学論攷、46、129-137（2001）
9) 田中智子、逵　牧子、茶山健二、辻治雄：調理科学雑誌、35,2、48-52（2002）
10) 田中智子、茶山健二：分析化学、58、1、33-38（2009）
11) 福本順子、中島けい子：日本栄養・食糧学会誌、39,6510-517（1986）
12) 大原栄二、福岡女子大紀要、74、15-20（2010）

食品科学教育協議会会誌

第8巻（1号）

JOURNAL OF ASSOCIATION OF FOOD
SCIENCE EDUCATION IN JAPAN
Vol. 8, No. 1, 2017

2017年3月25日発行

編集委員長　末松伸一
発行者　筒井知己
発行所　食品科学教育協議会
〒567-0851　茨木市真砂3丁目4-30
大阪生物環境科学研究所内
TEL　072-638-6553
FAX　072-638-3314

印刷所　株式会社　ミトヨ
〒534-0002　大阪市都島区大東町2-13-10
TEL　06-6922-1178(代)
FAX　06-6928-1481
ISSN　1881-266X