

目次

はじめに	1
第1章 日本料理に培われてきた嗜好性を高める技術	3
第2章 伝統的な調理法の科学	15
2-1 伝統的な料理法において、油揚げの添加が 切り干し大根の嗜好性を高める効果とメカニズムの検証	
2-2 重回帰分析による嗜好性要因の検討	
第3章 在来種の野菜を用いた煮物と油揚げの相性	46
第4章 油揚げ専門店の油揚げと一般的な市販の油揚げの 嗜好性の違いと香気成分の比較解析	49
おわりに	56

はじめに

はじめに研究テーマとして油揚げに注目した理由を述べたい。私は日本料理の料理人を職業としているが、大学卒業後、禅宗のお寺（臨済宗天龍寺）で2年間修行をした経験がある。修行は、掃除、托鉢、作務、座禅の繰り返しの毎日で、食事にはもちろん肉類はなく、ねぎ、ニラ、ニンニクなど香りの強い香味野菜も食材として使われることは決していない。畑でとれる野菜や椎茸、大豆と大豆で作った豆腐、揚げが主な食材で、ほとんどこれらばかりの食事であったように記憶している。食事は質素で量も少なく、ともかく空腹に苛まれる毎日であった。ときおり、お布施にマヨネーズを頂くことがあった。雲水たちは飯台に置かれ、自由に使うことができるマヨネーズを畑でとれた野菜よりもたくさんかけてその満足感を味わった。油脂分の豊かなマヨネーズは非常に美味しかったことが今でも忘れられない。

2日に1度くらいは、前日に残った野菜の切れ端を胡麻油で炒めて汁にする「けんちん汁」が作られ、質素な料理であるがこれが、ご馳走であった。特別な日には胡麻豆腐や胡麻和えのお浸しが提供された。これだけのわずかの油でも非常な満足感があったことを記憶している。うどんが出た日にはつゆに胡麻油が少し入っていた。これも忘れられない美味しさであった。

味噌汁には豆腐の揚げが入っていた。空腹の毎日で、わずかの油の添加が食事に非常な満足感を与えてくれたことを思い出すたびに、油の威力のようなものを強く感じてきた。修行の2年目には、典座という台所を担う部門を任された。空腹の修行僧のために少量の油をそれとなく使ったことも思い出す。

これらの修行の食体験から、私は油が非常に高い嗜好性を持っていることを実感した。さらに、野菜の煮物を中心とした伝統的な日本料理には少量の油の添加が非常に大きな効果を持っていることを確信した。たとえ少量でも、その効果は確実に実感できた。

龍谷大学大学院農学研究科において食に関わる研究を始めるにあたっ

て、少量の油を添加することによる強烈な効果のメカニズムを明らかにしたいと考えて研究を進め、本論文の執筆に至った。本論文では私が厨房で日常扱っている伝統的な日本料理において、油揚げのような形で野菜の煮物などに少量の油が足されて来たことに着目し、油揚げの添加が切り干し大根のような質素な野菜の煮物に大きな満足感を与える現象を科学的に再現するとともに、油揚げによって生じる満足感のメカニズムについて味覚・嗅覚の面から検討した。

第 1 章

日本料理に培われてきた嗜好性を高める技術

日本料理は西洋の料理とは全く異なった発展をしてきた。欧米とは気候風土も宗教も異なる日本では、利用できる食材も欧米とは異なる。牛や豚、馬などの動物性の食材を使用しないという限られた条件の中で日本料理は長年にわたって嗜好性を高める努力が積み重ねられ、欧米の料理に比べて低カロリー低脂肪などの特徴が生まれてきた。

本章では、実験科学的な研究や解析に先立って、本研究の基盤となる伝統的な料理について、料理人の立場から、日本料理が現代のような姿になった理由や料理人の加えたさまざまな工夫について概説する。

うま味の認識と積極的な利用

日本料理は、甘味、酸味、塩味、苦味、うま味、の五味を古くから駆使して発展してきた。うま味を含む5つの基本味の概念は現代の生理学で実証されている味覚の基本であるが、伝統的な日本の料理技術は早くからうま味を認識し、積極的に料理に応用していた。

日本では一般に油脂や砂糖の入手が極めて困難であったため、うま味にいち早く着目したという言い方も可能であるが、逆の見方をすれば、西欧の料理は、五味の中の「うま味」を認識することが遅れたため、その欠落を埋めるために油脂や甘味により大きく依存せざるを得なかったということも可能であろう。

西洋では、家畜の肉や骨などを鍋で長時間煮ることによって、油脂分やアミノ酸、ペプチドなどを全てスープの中に引き出してきた。これらが日本の出汁に似たブイヨンやさらに調理されたソースのような形で料理の味付けに使われる。この場合、ブイヨンやソースはうま味成分を豊かに含んでおり、西欧人はこれを美味しいと評価する。しかし、その中心にうま味という独立した味覚が存在するという認識がなかったため、おいしさを確実に増すために乳脂肪や肉類、油糧種子の油あるいは

甘味などを強化することになったものと思われる。

日本では、うま味を意識的に利用することでシンプルながらおいしい味わいが得られる技術が発展したのである。

老舗料亭の日本料理は低脂肪・低カロリーなのか： 成分計算による検証

伝統的な日本料理に使われる食材数と基本的な栄養素組成を把握する目的で、京都市内で古くから料亭を営む「相伝なかむら」で供される老舗京料理の懐石料理に含まれる栄養素の総量を実測した。料亭で実際に提供した料理に使用した食材の種類と使用量を全て記録し、食品成分表を基に栄養素量を積算した。提供する料理は下記献立のとおりで、一般的な料亭のコースであり、その献立と料理の意図、写真、調理法を簡単に紹介し、最後に分析結果について述べる。

先付	相伝	向付	煮物替り	蒸し物	酢の物	名物	御飯替	香の物	水物
豆乳豆腐 菱蟹 雲丹 法蓮草 花穂紫蘇	白味噌辛子雑煮	鯛 鰹 海老 大葉 茗荷 花穂紫蘇 山葵 たまり ポン酢 大根生姜おろし	鯛潮蒸し 豆腐 葱 柚子 松茸	燕蒸し 焼き穴子 ぐじ 蕪 揚げ粟麩 かぶら 百合根 木耳 蕪葉 葛引き 柚子 人参	水菜 舞茸 椎茸 なめこのおろし和え 鯖 酢取り茗荷 菊花 独活松葉 酢橘	ぐじ酒焼 熱燗 お湯	高野豆腐と寒天と米の雑炊 しめじ 鱈甲あん 海苔 浅葱 鰹節	千枚漬け 蕪葉浅漬け	安納芋のアイスクリームカラメルがけくシナモンの香りで

お 献 立



先付（冷）

豆乳に白味噌，だしを加え卵で凝固させたものに，松葉蟹とだしに浸した法蓮草，湯がいた長芋をのせ，だし，みりん，しょうゆ，酢橘で味付けしたものをジュレ状にしてかけた料理で各素材の味とだしが美味しさに大きく関与している。また長芋の食感もアクセントになる。陶器の皿に氷を敷きその上にカニの甲羅を酢で柔らかくして裏表をひっくり返し器のようにして盛り付ける。華やかさとごちそう感を醸成し，「つかみ」としての役割を十分に発揮させる。



相伝（温）

相伝なかむらの名物料理で白味噌と水と焼いた餅，溶きガラスが原材料である。ここではだしは一切使わず白味噌のうま

味，甘さと焼きもちの香ばしさ，辛子の辛さが混然一体となってバランスを取る料理である。白味噌本来の味を引き出し，白味噌の甘味を餅の香ばしさと

辛子で引締めているということを説明して提供する。



向付（冷）

鯛，鰹，海老の御造りで白身，赤味，甲殻類と種の違うものを使用しそれぞれのうま味を食感と共に味わう。鯛，海老は醤油で，鰹はそれ自体が油脂分を含んでおりポン酢と大根おろしでさっぱり食す。



蒸し物（温）

蕪蒸し。焼いた穴子にぐじの身とおろしたかぶらに木耳を混ぜたものに乗せて蒸しあげ，素揚げした粟麩，百合根をあしらい，加減を付けただしにくず粉でとろみをつけて上からかける。粟麩は揚げることで表面はやや食感が固くなり食べたという感じを与え，香ばしく，少しの苦みも加わり味に補助的な変化をつける。青味には蕪の葉をペーストにして上記のあんを少し混ぜアクセ

ントに使い、小さいサイコロ状に切った柚子を散らし、うま味の効いただしで炊いた人参と山葵を添えて作る。

穴子の香ばしさ、蕪の香りと滑らかさ、柚子の香り色、木耳の食感と色、蕪の葉のうま味と鮮やかな緑色が効果的な料理である。



酢の物（冷）

鯖のうま味と水菜の色と香り、だしで炊いた舞茸、椎茸、なめこと大根おろしが調和し、酢で発色させた茗荷の色と香りと食感が食欲を増進させる。菊花の色が効果的な料理。



名物（温）



2つあるなかむら名物の1つ。ぐじを鱗を付けたまま焼き，うま味と油脂分を封じ込めそれに酒をかけることで香ばしさと酒の香りを引き立たせよりおいしくさせる料理。フグのヒレ酒に近い風味で，酒ときつね色に焼いた鱗の香ばしさがベストマッチした料理である。食べた後，骨と皮が残るがこれに昆布だしをかけて汁として出す。ぐじと昆布のうま味が相乗効果をもたらす料理である。ぐじは淡泊であるが，よく油を持ったぐじはそれなりの臭みも持ち合わせているため，その美味しい油を活かすためには臭みを酒で飛散させたり，きつね色に香ばしく焼く必要がある。



御飯替り

雑炊を少し変形させた料理。ベースは雑炊だが高野豆腐を炊いて食感を滑らかにし、寒天を加えてやや重量感のある料理に仕立てた。しめじとだしのうま味を活かし、食欲をそそる鼈甲あんをかけて海苔、浅葱をかけることにより味の変化と香りの変化を出して、最後に美味しさの決め手の鰹節をたっぷり使った料理である。ここでも少量の油でしめじを炒めることによりその香りと香ばしさを引き立たせ、油がこの料理に重量感、濃厚さを与えてボリューム感をだしている。

これらのすべての料理について、使用した食材や調味料を秤量して日本食品成分表を参照して1人前の分量を計算した。

	原材料	量	kcal			g			原材料	量	kcal			g			
			カロリー	糖質	塩分	塩相当量	糖質	塩分			塩相当量	カロリー	糖質	塩分	塩相当量		
先付	全卵	10.98g	16.6	0.03	0.04	法蓮草	5g	1	0.02	0	花穂の花	花弁5枚					
	かに	15g	9.5	0.02	0.12	白味噌	0.98g	2.17	0.32	0.06	酢橘	1cc	0.2	0.07	0		
	雲丹	5g	6	0.17	0.03	だし1	4.7cc	0.09	0.01	0	だし2	15cc	0.3	0.05	0.02		
	菊花	0.9	0.9	0.09	0	豆乳	5.1g	2.55	0.03	0	みりん	0.5cc	1.2	0.22	0		
	薄口	0.25g	0.14	0.02	0.04	ゼラチン	0.3g	1.03	0	0							
	濃口	1.25g	0.89	0.13	0.18	長芋	1.2g	0.78	0.15	0							
相伝(雑煮)	餅	27g	63.5	13.3	0	白味噌	40g	86.7	12.9	0.172							
向付(造り)	鯛	24g	34.1	0.024	0.024	大葉	0.4g	0.15	0	0	山葵	2g	1.76	0.3	0		
	鰹	23g	38	0.05	0.02	みょうが	4g	0.48	0.02	0	大根(生)	48g	8.6	1.4	0		
	海老	10g	9.5	0	0.05	花穂紫蘇	0.2g	0.07	0	0	ポン酢	1.5cc	11	2	1.4		
	土生姜	1.5g	0.45	0.07	0						たまり	0.4cc	4.4	0.7	0.5		
煮物替 (鯛のうしお汁)	鯛	55g	78.1	0.055	0.055	昆布	3g	4.2	0.9	0.22	塩	0.25g	0	0	0.25		
	ネギ	5g	1.35	0	0	酒	10cc	10.6	0.4	0	0	松茸	15	3.45	0	0	
	豆腐	30g	18	1	0	柚子	6g	3.54	0	0							
蒸し物(無蒸し)	蕪	20g	4.2	0.68	0	生麩	12g	19.6	3.1	0	0	穴子	15g	24.2	0	0.06	
	木耳	0.09g	0.15	0.01	0	百合根	6g	7.5	1.4	0	0	蕪葉	2g	0.4	0.02	0	
	山葵	1g	0.9	0.14	0	塩	0.216g	0	0	0.2	0	人参	4	1.44			
	油	1cc	9.2	0	0	ぐじ	15g	17	0	0.03	0	銀杏	4g	7.5	1.47	0	
	片栗粉	2g	6.6	1.6	0	だし	90cc	1.8	0.3	0.09	0	薄口	0.72cc	0.4	0.06	0.12	
	柚子	3	1.77	0	0												
酢の物 (キノコおろし和え)	水菜	7g	1.4	0	0	鯖	18g	36.36	0.054	0.072	0	菊花	1g	0.3	0.03	0	
	椎茸	5g	0.9	0.07	0	酢橘	1.5cc	0.3	0.05	0	0	大根おろし	11g	1.6	0.3	0	
	米酢	0.02cc	0.01	0	0	砂糖	0.5g	1.9	0.5	0	0	独活	6	0.84	0	0	
	舞茸	3g	0.48	0	0	なめこ	3.5g	0.53	0.07	0	0	薄口	2.5cc	1.35	0.2	0.4	
	茗荷	2g	0.24	0.01	0	だし	15cc	0.3	0.05	0.02	0	みりん	0.5cc	1.2	0.22	0	
名物 (あまだい酒焼き)	甘鯛	90g	101.7	0	0.18	塩	0.22g	0	0	0.22							
	昆布	2g	2.8	0.6	0.15	酒	20cc	21	0.8	0							
御飯替り	白米	16g	57	12.26	0	しめじ	20g	2.8	0.2	0	0	だし	65cc	1.3	0.2	0.07	
	だし	35cc	0.7	0	0.04	あぶら	2.5cc	23	0	0	0	薄口	1.7cc	0.9	0.13	0.27	
						葛	2g	6.9	1.7	0	0	濃口	3.3cc	2.3	0.3	0.48	
	鰹節	1g	3.6	0	0	寒天	1g	0.03	0.01	0	0	高野豆腐	5.6g	29.6	0.32	0.06	
	海苔	0.5	0.95	0.04	0.005	鰹節	2g	7.1	0.02	0.01	0	0	浅葱	2.5g	0.68	0.08	0
	薄口	1cc	0.54	0.08	0.16	みりん	3.3cc	7.95	1.4	0	0						
		かぶら	15g	3.15	0	0	蕪葉	20g	6	0	0						
漬物	かぶら	0.3g	0	0	0.3	昆布	1g	1.4	3	0							
水物	安納芋	50g	66	14.6	0	砂糖	2g	7.7	2	0	0	レモン	1cc	0.26	0.09	0	

図. 懐石料理の献立とカロリー

総カロリーは 927 kcal, 脂質 25 g = 225 kcal(全体の 28%)。

分析に用いた料理にはデザートのアイスクリュームも含まれる。日本食のデザートは、水菓子と呼んで果物を供することが多かったが、現代的な嗜好に合わせてアイスクリュームを用いる場合もある。しかし、アイスクリュームには安納芋を用いており、乳脂肪分や砂糖が多い欧米のデザートとは異なる。

この食事の総カロリーは完食すると 927 kcal と計算された。脂質含量が 28%(カロリー比)と、日本人が食べている食事の平均的な値に近いものであった。そのため、総カロリーが低く抑えられたものと考えられる。たんぱく質は十分に含まれているが、糖質含量は低い。

塩分は食塩換算で 6.12g であった。日本食が低脂質であるが食塩含量

がやや高いという一般的な評価と一致する。平成 29 年の国民健康・栄養調査では、日本人成人の 1 日の塩分摂取量は男性 10.8 g, 女性 9.1 g となっている。

食後の感想について、満足感も十分に高く、質や量に不満足な部分はないと聞くことが多い。低カロリーで、糖分もあまり多くない食事の嗜好性の高さに寄与しているのは、料理全体の調和を支えているうま味と昆布や鰹節の風味、ピンポイントの使用であるが雲丹、穴子やぐじ（甘鯛）など魚介類の油脂分の風味であろうと推察される。

獣肉や乳製品、大量の油脂を使わない制限のもとで、日本料理はうま味や食材の風味を利用することで十分な満足感を与える技術が蓄積されてきたものと考えられる。

伝統的な日本料理に見られる油脂の風味を利用する調理技術

日本料理では油脂の使用は限られていたが、油脂の風味を利用する技術は進んでいる。油脂の存在を彷彿とさせる風味として、胡麻油の風味や、天ぷらなどの揚げ物、豆腐の揚げの風味の利用など、油そのものではなくて、油脂の加工によって生じる風味を積極的に利用しようとするものである。本論文で取り上げる油揚げはそのもっとも代表的な食材であり、揚げた油の風味を微量付与することで料理の嗜好性を高める狙いがある。加熱油脂の風味を利用する伝統的な調理のいくつかを紹介する。

抹茶オイル：

太白胡麻油を約 100℃に加熱し、煎茶を入れて火を止め冷めるまで放置してから濾すと抹茶オイルができる。寒天などに微量加えると、クリーミーでボディ感のあるアイスクリームのような風味が得られる。

筍きんぴら：

香りをつけたオイルの嗜好性は非常に高い。春先に筍のきんぴらを造るが、細かく刻んだ筍を少量の胡麻油で炒めると胡麻の香ばしい香りが油によって筍に移り筍と一体になる。香りのしない油では、このような味わいは生まれにくい。

大根のたいたん：

この料理は賄でよく使う。まず大根を油で両面きつね色に近くなるまで炒める（焼くに近い）。表面はしっかりして炊いた時に煮崩れしにくくなる。大根は油で炒めると大根の糖分がメイラード反応をおこし、甘味と苦みの混ざったようなカラメルに近い香ばしい香りがする。それをだしでゆっくりことごと煮る。大根だけを炊くと非常に淡泊な味になってしまい、御飯と食べる時はおかずになりにくいですが、こうすると重みも出て濃厚な仕上がりになる。また炒める代わりに油揚げを開いて落し蓋のようにして一緒に焚いたりもする。油揚げとの相性も非常によく、味も濃厚になり大根の苦味が緩和される。

油焼き：

鱒、スズキ、鯛など、魚体に脂肪分が少なく、火が強く入ると身の食感が劣化する魚の調理に伝統的に使われてきた。塩をした皮付きの身に串を打って炭火で焼く。200℃に熱した植物油を用意して、魚全体にかけながら焼く。皮はパリパリに仕上がり、焦げる寸前の狐色になるが、中身にはあまり火が入らないので、柔らかくふっくらと仕上がる技術である。油脂の焦げた風味が、魚の不要な匂いを消してしまう効果もある。

鱧付焼き：

著者が考案した料理方法である。鱧は美味しいか美味しくないかの個体差の激しい魚である。同じように焼いても美味しい鱧、そうでない鱧がある。一般に骨切をしていて包丁に油が付くような鱧は美味しいが、油の少ない鱧は焼くとぼそぼそ感が強く、鱧自体の美味しさが弱い。産地や時期によってその差は強く表れる。よい鱧は普通に焼けばそれだけで答えはストレートに帰ってくると言われているが、美味しさが弱い鱧には油を塗って焼くことにしている。

前述の油焼きに焼き方は似ているが、塗る油は室温である。鱧が持つ美味しさを油に移して使う。鱧のアラをカリカリになるまで焼くと油がにじみ出る。太白胡麻油を100℃に熱して、焼いて粉碎したアラを投入し火を止める。そのまま冷めるまで放置したのち瓶に入れ替える。時間

と共に骨と油が分離するので上澄みの油を付け油として利用する。このようにして味の弱い鱧に鱧の美味しさを抽出した油を入れ込み、醤油を塗って焼き上げていくとより美味しく調理できる。魚自体の油脂分を他の油に移して使うことで、余分な油脂分は焼いている間にポトポト落ち、油脂分は感じないがより濃厚な味に仕上がる。

アユの塩焼き：

鮎の焼き方は様々である。作り手の考えでいろいろ変化するが、18 cm くらいまでのサイズの鮎を焼くときは鮎自体の油を利用して焼くことがある。例えば頭から全部召し上がって欲しい時は串を打った鮎の頭がやや低くなるように焼台の上に置く。尾の方が高い位置で斜めにして炭火で頭の方を中心に焼いていく。油脂分が解け出し、一部の油は下に落ち煙が上がり燻したようになり、残りの油は低い位置にある頭の方へ流れる。その油で揚げ焼のような焼き方をすることにより、燻製と焼き物の間のような料理に仕上がりに、頭はカリッと、身全体は燻香で美味しく仕上がる。

油揚げ：

油揚げは豆腐を薄く切って水を切った後に主に菜種油で揚げたものである。水菜、大根、冬瓜、芋の茎、小松菜、白菜、ひじき、アラメなどさまざまな野菜の煮物や混ぜご飯などに使われる。京都の日常食としてなくてはならない食材であり、油揚げだけを製造して売る専門店も京都にはいくつかある。好ましい風味は、油を高温で揚げたときに生じるメイラード反応の生成物によるものと考えられている。料理によっては湯通しをして余分な油を抜くこともある。

玉ねぎソース：

貝類、特に鮑を少し違った趣向で出す際にこのソースを少量使う。玉ねぎは超みじん切りにして、臭みを緩和するために凝固点の低い油を使う。酢と油脂と塩のみのソースである。油脂を直接添加する料理は酢が油脂のくどさを緩和するので非常に効果的といえる。

かやくご飯：

これは京都の代表的な味ご飯である。具材は多種多様であるが、例えば、人参、蒟蒻、牛蒡などを基本として、油揚げを加える。油揚げを入れると少量の油脂分がコクを増し、複雑な味がする。

以上はほんの一部であるが、和食においても油脂を巧みに使用して料理が作られている。そこで、少量の油脂の添加でおいしさを高めることが経験的に感じられる油揚げの料理への使用に着目した。油揚げは京都の庶民のおばんざいとして親しまれ、いろんな料理に使われてきた歴史がある。

参考文献

- 香川明夫監修(2017), 7訂日本食品成分表, 女子栄養大学出版部
厚生労働省(2017), 国民健康・栄養調査の概要
熊倉功夫(2002), 日本料理文化史, 人文書院
江原絢子, 石川尚子, 東四柳祥子(2009), 近世の食生活, 日本食物史, 吉川弘文堂, 東京
熊倉功夫・伏木亨監修(2012), だしとは何か, アイ・ケーコーポレーション
栗原堅三(2012), うま味って何だろう, 岩波ジュニア新書
伏木 亨(2017), うま味の秘密, 思文閣出版
伏木 亨(2006), おいしさを科学する, ちくまプリマー新書
山本 隆(1996), 脳と味覚, 共立出版
原田信男(2008), 食べるって何?, ちくまプリマー新書
原田信男(2014), 和食とは何か, 角川ソフィア文庫
日本料理アカデミー監修(2018), だしとうま味, 調味料 日本料理大全

第 2 章

伝統的な調理法の科学

2-1 伝統的な料理法において、油揚げの添加が切り干し大根の嗜好性を高める効果とメカニズムの検証

緒 言

油揚げは、薄く切った豆腐を植物性の油で揚げた伝統食品で、現代の料理にもしばしば使われている(大久保等, 2017)(図 1)。江戸時代の家庭料理として流行し、1782 年に刊行された江戸時代の料理書豆腐百珍にも豆腐の料理の中に油揚げを使用したものが数多く紹介されている(江原等, 2009)。



図 1. 油揚げを使った料理の例

左：壬生菜の煮物 右：切り干し大根の煮物

日本料理は肉類や乳製品などの油脂を多用することなく発展した伝統があり、油のおいしさを補う意味でも油揚げは人気の高い食材であった

ことが指摘されている（大久保等，2017）。油揚げは 30%前後の油脂を含んでおり，油揚げ自体を賞味する調理の他に油揚げから抽出される味わいが煮物の嗜好性を高める効果を期待する使い方がある。高濃度の油脂を含む食品は嗜好性が高いことが動物や人を用いた研究で報告され，味覚や嗅覚の両面からメカニズムの解析も行われてきた（Imaizumi 等，2001，Matsumura 等，2012，Adachi 等，2013）。高脂肪性食品に比べて煮物に添加した油揚げのような低含量の油脂のおいしさに関する研究は少なく明らかではない点が残されている（Sakamoto 等，2015）。

本研究では野菜の煮物のモデルとして切り干し大根の煮物に着目した。切り干し大根は保存性が高いことから季節を問わない野菜の煮物の材料として多用されてきたが，味わいに特有の癖があることが指摘されている。大根にはアブラナ科の植物に共通の 4-メチルチオ-3-ブテニルイソチオシアネートが含まれており，辛味を想起させる臭いを生じることが報告されている（金等，1989，石田と森光，2013）。この成分は大根を風干すると一部を残して分解消失するが，その分解産物は干した大根を水とともに加熱することでメタンチオールやスルフィド類などの含硫化合物をはじめとする特有の癖のあるフレーバーを発生すると報告されている（金，1995）。このような癖のある野菜の煮物に対して油揚げを添加して煮ることが料理の現場でもよく用いられている。

本研究は古くから使い続けられてきた油揚げが料理の嗜好性を高めることに科学的な説明を付与することで伝統的な料理法の意味の理解に寄与することを目的とした。

本研究では切り干し大根の煮物について 3 種類の官能評価実験を行った。油揚げを添加した煮物の嗜好性を油揚げ無添加のものと比較する実験，ノーズクリップを装着して油揚げを添加した煮物の嗜好性に対する味覚・嗅覚の寄与を評価する実験，油揚げの主成分である油を煮物に添加して煮物の嗜好性に与える油の影響を評価する実験である。

実験方法

(1) 材料

1) 切り干し大根

切り干し大根は干す前の下処理によって乾燥品の匂い成分などが異なると報告されており(金, 1995), 実験には大根の細切りを天日で干して乾燥した国産の製品を販売業者から購入し材料として使用した。

2) 油揚げ

油揚げは京都市内の油揚げ専門店から豆腐を菜種油で揚げて製造した直後の新しいものを調理当日に購入し, 湯通しなど下処理をせずに使用した。

3) 菜種油の入手と加熱油の作成

菜種油は購入した油揚げを製造する専門店店内で使用している新鮮な油を入手し, 6°Cの冷蔵庫で密封保存した。この菜種油をステンレス製の鍋を用いて油温が 190°Cに達してから 7 分間加熱した。加熱温度と時間は当該の専門店での油揚げ製造工程と同じ条件とした。加熱調整した油は酸化の進行を防ぐため冷却して褐色のガラス瓶に密封し, 6°Cの冷蔵庫で保存して 48 時間以内に調理に使用した。油の酸化の程度は簡易酸化試験紙(アズワン製)を用いて実験使用前に調べ, 過度の酸化の進行がないことを確認した。

(2) 切り干し大根の調理

1) 油揚げ添加, 無添加の 2 種類の切り干し大根の煮物の調理

油揚げを添加した切り干し大根の煮物を用いた実験は 4 回に分けて行ない 1 回の実験ごとに調理を行った。乾燥した切り干し大根 200 g を水 2500 g とともにアルミ製の鍋に入れ約 1 時間吸水させたものを出発材料とし, 30 分間煮たあとで 2 つの鍋に等分した。片方の鍋に調理後の最終重量の 10%に相当する油揚げ 60 g を添加し, もう一方の鍋には油揚げを添加せずに, さらに約 20 分間加熱した。この間にそれぞれの最終的な重量が油揚げ添加のものが 660 g, 無添加のものが 600 g になるまで火加減と落としぶたの調整をして煮詰めた。油揚げは幅 2 cm 長さ 4 cm の切片として添加した。完成した料理から油揚げを取り除いて調製後の切

り干し大根の煮物重量を 600 g とした。調理した切り干し大根の煮物は冷却して 6℃の冷蔵庫に密閉保存した。

2) 油揚げの主要成分である油の嗜好性への寄与を解析する実験のための試料作成

切り干し大根の調理中に非加熱の菜種油，加熱した菜種油，対照として水を添加した 3 種類の試料を作成した。香気成分の飛散を避けて成分を定量的に制御する目的で，真空パックによる調理を用いた。

実験は 2 回に分けて行ない，実験前に 3 種類の試料を 3 個ずつ同時に調理した。真空パック (20×28 cm) に切り干し大根 50 g と水 250 g を加え，非加熱の菜種油，加熱した菜種油または水を 3.9 g 加えたものを袋の中でよく混ぜ，99%脱気を行なってから真空パック (1 個の最終重量 304 g) をシールした。材料を詰めた真空パックを最初の 30 分間は室温で静置して切り干し大根に水を吸水させ，その後スチームコンベクションをスチームモードに設定し 100℃で 60 分間加熱した。冷却後 6℃の冷蔵庫で保存した。

(3) 成分分析

1) 調理前の油揚げ，調理後に油揚げを除去した切り干し大根の煮物および油揚げ無添加で調理した煮物の成分分析

専門店から購入した油揚げ，調理したのちに油揚げを除去した切り干し大根の煮物および油揚げを添加しないで調理した煮物の 3 検体の成分を分析した。水分を減圧加熱乾燥法，脂質をクロロホルム・メタノール混液抽出法，たんぱく質含量をケルダール法，灰分を直接灰化法，遊離アミノ酸含量をアミノ酸自動分析法で測定し，トリプトファンのみ HPLC によって定量した。油揚げの脂肪酸組成はガスクロマトグラフ法によって測定した。測定は(一財)日本食品分析センターに依頼した。

2) 油揚げおよび菜種油の香気成分分析

油揚げ，190℃7 分間加熱した菜種油および非加熱の菜種油は，いずれも 2 g をサンプル瓶内で 40℃30 分間保温した後，ダイナミックヘッドスペース法によってヘッドスペースの香気を GC-MS によって分析した。カラムは DB-WAX，0.25 mm×30 m (膜厚 0.25 μm) を用いた。得られたトータルカレントクロマトグラムを香気成分データベース「ASARoma

Office2D」にて成分の自動スクリーニング検索を行なった。菜種油については加熱によって発生した香気成分を解析するために加熱前後の香気成分の違いについてチャート上の面積比を計算した。香気成分の分析は(株)カネカテクノロジーに依頼した。

(4) 官能評価実験ならびに統計解析

官能評価実験の目的に応じて、総合的な嗜好性を評価するためには、100 mm の Visual Analog Scale (VAS) line (0=おいしくない, 100=非常においしい) を用い、具体的な味わいを評価するためには、個別に設定した質問に 5 段階 (1=全くそう思わない, 5=非常にそう思う) で回答させた。本研究のすべての官能評価実験で料理は評価ごとに 15 g をプラスチックカップに入れ、料理ごとに回答欄と一体になった質問票を配布した。VAS の値の記述を依頼し、実験によっては引き続き 5 段階の評価を依頼した。複数の料理の味わいを比較しながら回答することはせず、回答が終了した時点で次の料理と質問票を提示する単独評価を実施した。料理はランダムな順で被験者に提示し、最初に 3 口に分けて味わった後に全ての回答を求めた。実験は空腹や満腹を避けて約 25℃ に保った静かな室内で行ない、被験者間の私語は禁止した。料理、菓子、飲料などの多様な食品を評価する訓練を行なった 89 名の男女 (年齢 18 歳~66 歳, 女性 54 名, 男性 35 名) の被験者集団から実験ごとに無作為に選択して、被験者とした。

評価の方法、評価の尺度ならびに統計解析の方法について評価実験ごとに以下にまとめた。統計解析は GraphPad 社の Prism8 と Microsoft Excel を使用した。

なお、官能評価実験は、龍谷大学「人を対象とする研究に関する倫理委員会」の承認を得て実施した (承認番号 2015-04)。

1) 油揚げ添加と無添加の煮物について総合的な嗜好性を比較する官能評価実験

89 名の男女被験者を対象とした。切り干し大根の煮物に油揚げを添加したものと油揚げ無添加のもの 2 種類を用いて、それぞれを単独に提示し、100 mm の VAS (図 2) を用いて嗜好性の総合的な評価を求めた。料理

の得られた 2 群の VAS 値に対して対応のある t 検定を用いて比較検討した。

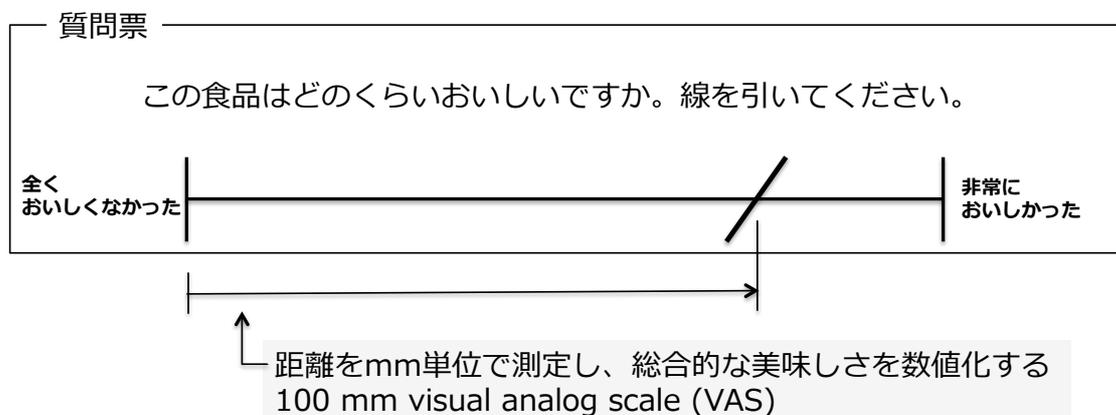


図 2. ビジュアルアナログスケール (VAS)

美味しさの総合的な評価は 100mm の VAS を用いて数値化する。全くおいしくなかったを左端 (0)，非常においしかったを右端 (100) として位置づけ、美味しいと総合的に感じた度合を左端からの距離で表す。

2) 油揚げ添加と無添加の煮物について、個別の観点から官能評価を行う実験

個別の具体的な味わいの観点から両者を比較する実験を行なった。被験者には、上記の VAS による回答を終えた後に 8 つの質問に対してそれぞれ 5 段階での評価 (1 = 全くそう思わない, 5 = 非常にそう思う) で回答を依頼した。

8 つの質問項目は、これまでにチーズや日本酒などの食品のおいしさの評価に関する研究 (Nakano 等, 2013, Nakamura 等, 2017, Fushiki, 2019) で用いられてきた 15 問の質問項目から情報に関する質問を除き、油揚げを添加した煮物の評価に適切と考えられる 8 問の質問項目を使用した。この実験では、被験者に提示した煮物について、切り干し大根の煮物であること以外には、油揚げの添加の有無、材料や調理者および調理法などの具体的な情報を与えなかった。また、添加した油揚げは調理後に除去した。従って、見た目の高級感や素材に対する安心感などの情

報に関する 7 質問項目は採用しなかった。

質問項目およびその意図と根拠は次のとおりである。

(1) 「やみつきになりそうな味ですか」：食に対する報酬効果を問う直接的な表現として設定した。強い嗜好は人間の肥満や過食に特徴的なことに基づき (Drewnowsk 等, 1995), 油揚げの主成分である油の添加がやみつきになる期待または予想を惹起するかを問うものとした。

(2) 「ついつい手が伸びるような味ですか」：高い嗜好性は行動の制御が効きにくい状態であると表現されており (Drewnowski 等, 1995), そのような味わいに該当するかを問うものとした。

(3) 「一口食べたならもう一口食べたくなる味ですか」：動物実験では、油脂や甘みに対する執着は摂取が止められない状態との報告があり (Yoneda 等, 2007) そのような感覚について質問した。

(4) 「満足感がある味ですか」：Zellner (Zellner 等, 1999) が食に対するやみつきの目的は満足感と報告しており, この観点から満足感の程度を問うものとして設定した。

(5) 「油脂分, 甘み, うま味が豊富ですか」：やみつき行動に関わると報告されている食品成分の知覚の面から質問を設定した (伏木, 2007, Imaizumi 等, 2001, Kawasaki 等, 2011)。

(6) 「食べ慣れている味ですか」：食習慣の形成要因として食べ慣れ感が指摘されて (Prescott, 2004) いる。成人の食物選択に若い頃からの経験と食べ慣れ感が影響しているとの報告がある (Laureati 等, 2006)。これらをもとに質問を設定した。

(7) 「同じまたは似たものを食べたことがありますか」：他の食物との共通点を捜す意図で質問に加えた。

(8) 「これまでに何度も食べたことがありますか」：若年期に繰り返し食べた家庭の味が, 5 年後も野菜や食べ物の選択に影響しているとの報告 (Larson 等, 2008) に注目して採用した。

最後に 2 種類の切り干し大根の味わいに関して自由に記載する欄を設けた。

質問に対して得られた評価点の統計解析には, 対応のある t 検定を用いて質問項目ごとに解析した。

3) ノーズクリップ装着による嗅覚遮断条件での油揚げ添加切り干し大根煮物の官能評価実験

油揚げの添加による総合的な嗜好性の高まりに味覚と嗅覚あるいは両者の相互作用のいずれが影響しているのかは嗜好性のメカニズムを知る上で重要である。

ノーズクリップを装着して鼻に抜ける気体の移動を遮断することでレトロネーザルな香気（口中香）の影響を除去できる。これまでもノーズクリップを用いたいくつかの実験例があり（早瀬等，2013，早瀬と渡辺，2014）香気成分の影響を除去して食味を観察する方法として使われてきた。

A；嗅覚遮断状態で2種類の煮物の嗜好性を比較

14名の男女被験者を選び、全ての被験者にノーズクリップ(LAXTO製)を装着してもらい、鼻からの呼吸が全く不可能なことを確認した後で、油揚げを添加した大根の煮物と油揚げを添加しない煮物について、それぞれ100 mmのVASを用いて総合的な嗜好性を比較評価させた。2種類の料理はそれぞれを15 gをプラスチックカップに入れ、先に述べたとおり1種類ずつランダムな順で被験者に提示し、評価が終わった後に次の料理を提示する形で単独評価を行なった。実験結果は対応のあるt検定により解析した。

B；嗅覚正常状態および嗅覚遮断状態で煮物の嗜好性を比較

21名の男女被験者を選び、ランダムに選んだ11名をノーズクリップ装着なし（嗅覚正常）あり（嗅覚遮断）の順で、残りの被験者を逆の順で油揚げを添加した煮物について100 mmのVASを用いて総合的な嗜好性をそれぞれ評価させた。実験結果は対応のあるt検定により比較解析した。

また、同じ被験者にノーズクリップを装着せずに油揚げ無添加の煮物を評価させた。ノーズクリップを装着して油揚げ無添加の煮物を評価した先の実験Aの結果と比較して対応のないt検定により解析した。

4) 油揚げの主要成分である油の嗜好性への寄与の解析

27名の男女被験者を用いて切り干し大根の煮物に加熱・非加熱の2種類の菜種油をそれぞれ添加したものと対照として水を添加したものの3種類を単独に提示し、100 mmのVASを用いてそれぞれの嗜好性の総合的

な評価を行なった。料理の評価は先に述べたとおり単独に行い、提示の順はランダムとした。VAS 値について、repeated One-way ANOVA によって解析したのち Tukey 法で多重比較を行なった。

新たに 30 名の男女被験者を無作為に選んで、切り干し大根の特有の好ましくない味わいが油揚げの添加で緩和されるかに着目して具体的な質問を用いた解析を行なった。料理はそれぞれを 15 g をプラスチックカップに入れ、先に述べたとおりランダムな順で被験者に提示し、単独に評価を行なった。料理の専門家と研究者らによる検討によって「大根の苦味を強く感じますか」、「味の癖が強いですか」、「大根特有の嫌な感じがしますか」の 3 つの質問を設定した。質問に対しては、1=全くそう思わない、5=非常にそう思う、の 5 段階の評価で味わいを回答させた。同じ被験者に油の添加による具体的な好ましい味わいへの影響を問う質問を同時に行なった。研究グループの 1 人であるフレーバーの研究者を中心に加熱油の添加による油脂の香気の影響を評価できる質問文を検討した結果、「見た目がおいしそうである」、「味わいに深みがある」、「満足感がある」、「後味がまろやか」、「味わいに厚みがある」、「香りに香ばしさがある」、「食べ慣れている味わいである」、「優しい味わいである」の 8 つの具体的な質問を新たに設定した。質問に対しては、1=全くそう思わない、5=非常にそう思う、の 5 段階の評価で味わいを回答させた。得られた 3 群の値について、repeated One-way ANOVA を行ない Tukey 法により多重比較を行なった。

実験結果と考察

(1) 調理前の油揚げ、油揚げを添加した切り干し大根の煮物および無添加の切り干し大根の煮物の成分分析

実験に用いた油揚げは表 1 に示すように油脂含量が 34.5% と非常に高濃度であった。遊離のアミノ酸の含量はアルギニンが突出して高く、油揚げ重量 100 g あたり 23 mg であった他はいずれも 3 mg 以下であった。糖質は含まれなかった。脂肪酸としてはオレイン酸 (18:1)、リノール酸 (18:2n-6) が多く、両者で全体の 80% を占めていた。遊離脂肪酸の形態では不飽和脂肪酸のオレイン酸とリノール酸が検出された。

分析項目	油揚げ添加	油揚げ無添加
一般成分 (g/100 g)		
水分	86.3	86.9
たんぱく質	1.5	1.6
脂質	1.5	0.2
灰分	1.3	1.4
炭水化物	9.4	9.9
遊離アミノ酸(mg/100 g)		
アルギニン	14	14
フェニルアラニン	5	5
アラニン	20	22
グルタミン酸	35	40
グリシン	5	6
イソロイシン	8	9
バリン	13	14
セリン	11	13
スレオニン	7	7
アスパラギン酸	16	18
プロリン	6	6
その他のアミノ酸	3以下	3以下

表 1. 油揚げの成分分析

油揚げを添加して調理した後に油揚げを除いた煮物（油揚げ添加）と油揚げを添加しない煮物（油揚げ無添加）の成分を比較した。表 2 に示すように、油揚げの添加によって煮物中に増加した成分は脂質のみであった。水分、タンパク質、炭水化物、遊離アミノ酸は油揚げの添加の有無でほとんど含量に差はなかった。これらのことから油揚げの添加によって煮物の組成に影響を与える成分として油脂が重要であることが示唆された。

分析項目	油揚げ添加	油揚げ無添加
一般成分 (g/100 g)		
水分	86.3	86.9
たんぱく質	1.5	1.6
脂質	1.5	0.2
灰分	1.3	1.4
炭水化物	9.4	9.9
遊離アミノ酸(mg/100 g)		
アルギニン	14	14
フェニルアラニン	5	5
アラニン	20	22
グルタミン酸	35	40
グリシン	5	6
イソロイシン	8	9
バリン	13	14
セリン	11	13
スレオニン	7	7
アスパラギン酸	16	18
プロリン	6	6
その他のアミノ酸	3以下	3以下

表 2. 油揚げの添加と無添加における切り干し大根の煮物の成分比較
油揚げは切り干し大根と水の総重量の 10%を添加し，調理後に除去したものを分析に供した。

(2) 油揚げの添加の有無が切り干し大根の煮物の嗜好性に与える影響の検討

89 名の男女被験者を対象にして油揚げ添加と油揚げ無添加の切り干し大根の煮物について嗜好性の違いを検討した。VAS を用いた総合的な評価では，油揚げ添加の煮物が油揚げ無添加のものに比べて有意に高い嗜好性を示した（図 3）。このことから，調理中に油揚げを添加した切り干し大根の煮物は調理後に油揚げを除いても有意に総合的な嗜好性を高めることが示された。

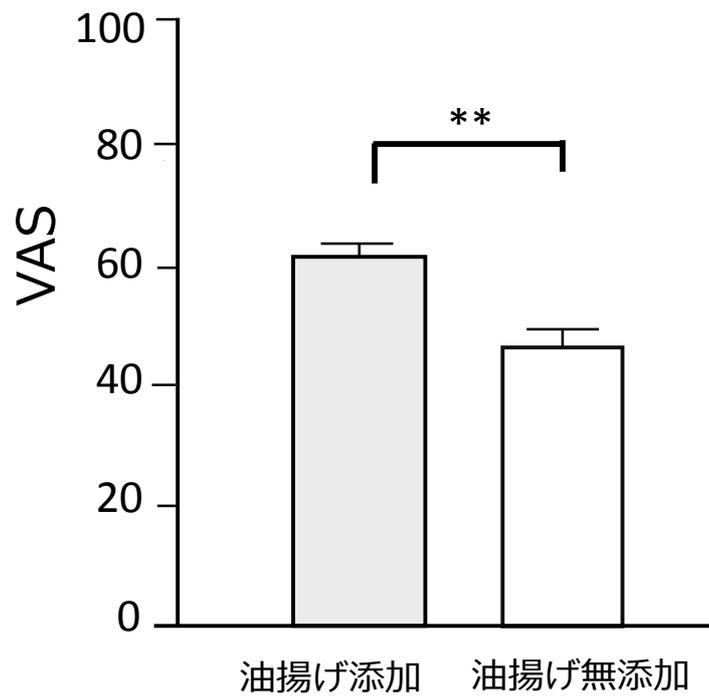


図 3. 油揚げ添加と無添加の切り干し大根の煮物の総合的な嗜好性の比較

100 mm Visual Analog Scale (VAS) line (0 =おいしくない, 100 = 非常においしい) を用いて評価した。数字は平均±標準誤差 (n=89)。

**; $p < 0.01$ (paired t-test)

切り干し大根の嗜好性を具体的に問う 8 個の質問についての評価の比較を表 3 に示した。

質問項目	油揚げ無添加	油揚げ添加
(1 = 全くそう思わない, 5 = 非常にそう思う)		
やみつきになりそうな味ですか	2.34± 0.98	3.08±1.11**
ついつい手が伸びるような味ですか	2.53± 0.98	3.01±1.19**
一口食べたならもう一口食べたくなる味ですか	2.89±1.06	3.34±1.16**
満足感がある味ですか	2.44±1.01	2.87±1.12**
油脂分, 甘み, うま味が豊富ですか	2.63±0.98	3.35±1.05**
食べ慣れている味ですか	2.78±1.07	3.55±1.08**
同じまたは似たものを食べたことがありますか	3.80±1.04	3.97±1.01 ^{ns}
これまで何度も食べたことがありますか	3.71±1.32	3.85±1.13 ^{ns}

表 3. 切り干し大根の好ましい味わいを増強する油揚げの効果
数字は平均値±標準偏差, ** ; p<0.01, ns; 有意差なし, Paired t-test, n=89

油揚げの添加によって「やみつきになりそうな味ですか」、「ついつい手が伸びるような味ですか」、「一口食べたならもう一口食べたくなる味ですか」、「満足感がある味ですか」、「油脂分, 甘み, うま味が豊富ですか」、「食べ慣れている味ですか」の 6 つの質問項目について、油揚げを煮物に添加すると無添加に比べて有意に高い値を与えた。また、「食べ慣れている味ですか」に対する回答が高い値を示したことから、油揚げを添加した煮物の味わいが普段食べ慣れている味に近いことが示唆された。

一方、「同じまたは似たものを食べたことがありますか」、「これまで何度も食べたことがありますか」の 2 つの質問に対しては油揚げの添加と無添加の間に有意な差は見られなかった。切り干し大根の煮物という伝統的な料理に対する経験を反映しているものであり、油揚げ添加の有無とは直接の関連はないことが示唆された。これらの結果から、切り干し大根への油揚げの添加は、摂取意欲を高める効果と、食べ慣れている

おいしさを感じさせる効果により嗜好性の向上に寄与している可能性があることが示唆された。

自由記述では、油揚げを添加しない切り干し大根の煮物に対して、苦味や辛味、塩辛さが強い、匂いに癖が強いなどの好ましくない味わいを記述したものが 89 名中 23 名あった。油揚げを添加したものに対しては好ましくない味わいの記述はなく、油揚げの添加は好ましくない味わいを緩和していることが示唆された。

(3) ノーズクリップ装着による嗅覚遮断条件での油揚げ添加効果の検討

嗅覚を遮断して嗅覚の関与を除いた条件で、油揚げ添加の煮物と無添加の煮物を比較すると、図 4A のように明らかに油揚げ添加の煮物が高い VAS 値を示し、嗅覚の関与がない条件でも油揚げの添加は無添加よりも高い嗜好性を与えることが示された。

次に油揚げ添加の煮物に対する嗜好性を嗅覚遮断と嗅覚を遮断しない条件で比較した。図 4B に示すように、嗅覚遮断状態では油揚げ添加の煮物の VAS 値は有意に低下した。このことから、油揚げ添加の切り干し大根の煮物の嗜好性には嗅覚の寄与があることが示唆された。

実験では嗅覚が嗜好性に重要である可能性は示唆されたが、油揚げ由来の香気が寄与していることをさらに確かめる必要があると考えられた。

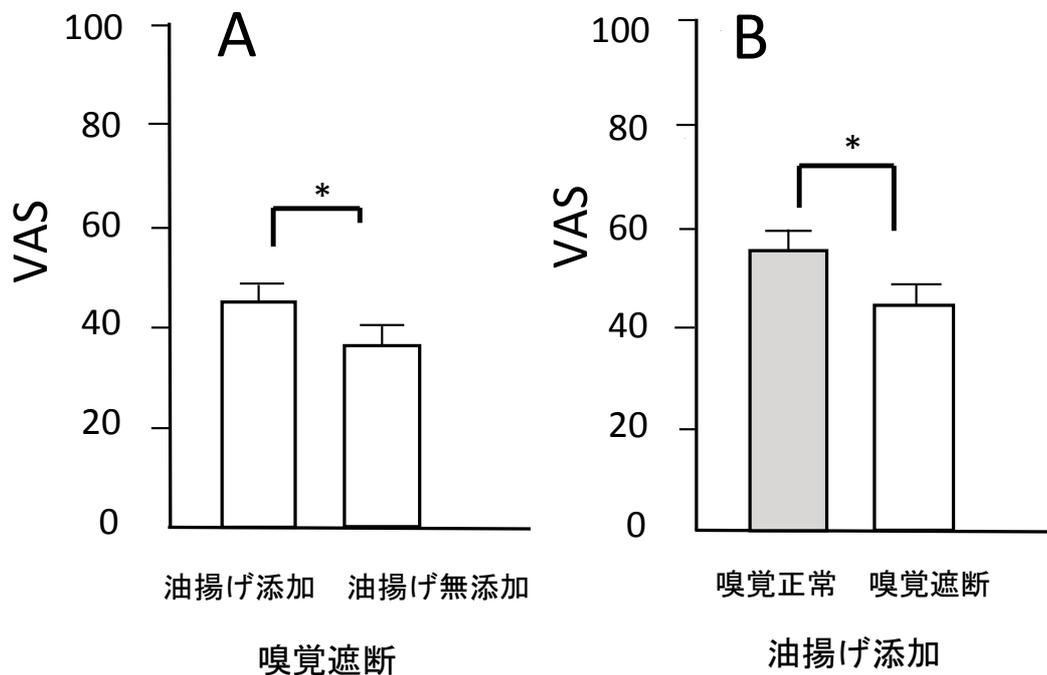


図 4. ノーズクリップ装着による嗅覚遮断条件での切り干し大根煮物の官能評価

100 mm Visual Analog Scale (VAS) line (0 = おいしくない, 100 = 非常においしい)を用いて評価した。嗅覚遮断方法, 油揚げ添加方法は本文参照。

A. 嗅覚遮断状態で油揚げ添加・無添加の切り干し大根の煮物の嗜好性を比較した。数字は平均値±標準誤差 (n=14)。*; p<0.05, (paired t-test)

B. 油揚げを添加した切り干し大根の煮物について, 嗅覚の遮断の有無で嗜好性を比較した。数字は平均値±標準誤差 (n=21)。*; p<0.05, (paired t-test)

(4) 油揚げの主要成分である油の添加による嗜好性の変化の解析

1) 油の添加が嗜好性に与える影響の解析

油揚げ由来の成分の嗜好性への寄与を明らかにする目的で, 切り干し大根の煮物に油揚げの代わりに, 油揚げの主要成分である油を添加することによる嗜好性への影響を解析した。添加した油は新鮮な非加熱の菜

種油（非加熱油）と菜種油を 190℃7 分間加熱したもの（加熱油）の 2 種類で、対照として水を添加したものの 3 群を比較検討した。

27名の男女被験者を用いて VAS による総合的な嗜好性の評価を行ったところ、図 5 に示すように水の添加に比べて非加熱油の添加による VAS 値は有意に高く、さらに加熱油の添加は無添加および非加熱添加に比べて有意に高い VAS 値を示した。非加熱油の添加は煮物の嗜好性を高める作用があり、加熱油の添加はさらに嗜好性を高めることが示唆された。

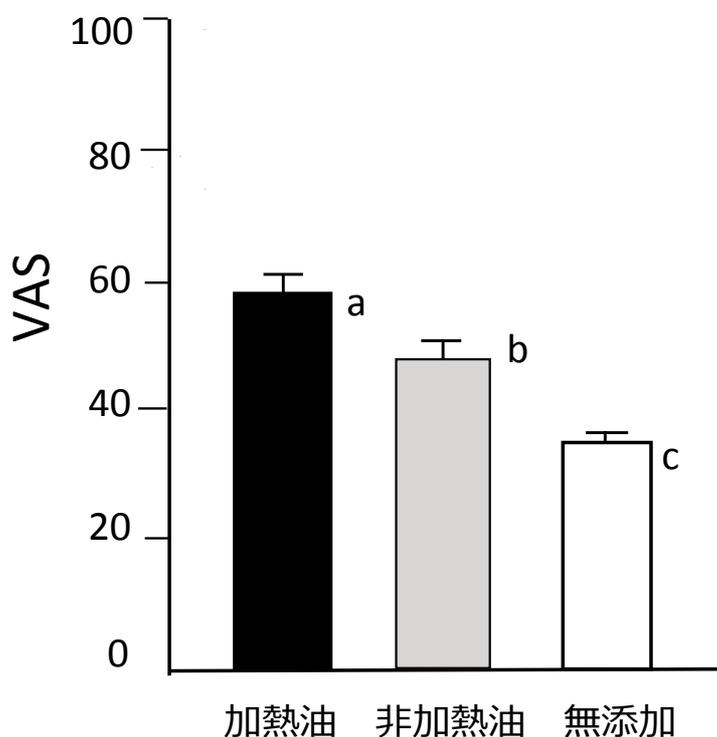


図 5. 油の添加による切り干し大根の煮物の嗜好性変化

切り干し大根の煮物に加熱油または非加熱油を調理過程で添加したものと油無添加のものについて 100 mm Visual Analog Scale (VAS) line (0 = おいしくない, 100 = 非常においしい)を用いて評価した。図は平均値 ± 標準誤差。F(2, 78)=14.12, p<0.01). 異なる文字間で有意差あり (a:b; p<0.05, b:c; p<0.05, a:c; p<0.01, n=27, One-way ANOVA, Tukey 法による多重比較)

2) 油の添加が切り干し大根の好ましくない味わいを緩和する作用の解析

総合的な評価に加え具体的な味わいの違いを解析する目的で新たに30名の被験者に対して切り干し大根の苦味や癖の程度と嫌な味を感じる強さを5段階の評価で答えさせた。

表4に示すように、「大根の苦味を強く感じますか」、「味の癖が強いですか」、の項目で加熱,非加熱のいずれの油の添加でも嗜好性の評価が高まり,油の添加によって苦味や味の癖のような好ましくない味わいが緩和されたことが示唆された。「大根特有の嫌な感じがしますか」に対しては,加熱油の添加のみが無添加に比べて有意に低い値を示し,加熱油の効果が強いことが示唆された。

苦味や味の癖を緩和する効果は,添加した油の加熱の有無には有意な差はなく,両者に共通の成分によってもたらされるものであることが示唆された。チーズの苦味抑制効果にオレイン酸が寄与していることなどが報告されており(Homma等,2012,山下と朝倉,2016),本実験結果は従来との報告とよく一致していた。

質問項目	油無添加	非加熱油添加	加熱油添加	F(2,87)	p値
(1=全くそう思わない, 5=非常にそう思う)					
大根の苦味を強く感じますか	3.57±0.18 ^a	2.53±0.16 ^b	2.43±0.20 ^b	12.82	<0.01
味の癖が強いですか	3.37±0.15 ^a	2.79±0.18 ^b	2.87±0.17 ^b	3.616	<0.05
大根特有の嫌な感じがしますか	3.50±0.15 ^a	3.26±0.20 ^a	2.33±0.17 ^b	15.06	<0.01

表4. 切り干し大根の好ましくない味わいを緩和する油脂添加の効果 (<0.05) Repeated One-way ANOVAの後, Tukey法による多重比較を行った。

3) 油の添加が好ましい味わいを増強する作用の解析

同じ被験者を対象として表5に示す質問項目に対して5段階の評価で回答させた結果,「見た目がおいしそうである」については油無添加,加熱・非加熱油添加のいずれにも差はなかった。一方,加熱・非加熱の

どちらの油添加も、「味わいに深みがある」、「満足感がある」、「後味がまろやか」、「味わいに厚みがある」、「香りに香ばしさがある」の5つの項目に対して、被験者の評価は油無添加に比べて有意に高い値を示した。油脂を含む食品は、油脂の口腔内刺激が共存する味覚の嗜好性を増強することが示唆されている（伏木，2007）。ノーズクリップを用いた先の実験で、嗅覚の関与がない条件でも油揚げの添加は無添加よりも高い嗜好性を与えることが示されたことと符合する結果であった。

質問項目	油無添加	非加熱油添加	加熱油添加	F(2,87)	p 値
(1 = 全くそう思わない, 5 = 非常にそう思う)					
見た目がおいしそうである	3.43±0.12	3.79±0.14	3.60±0.11	1.458	>0.05
味わいに深みがある	2.31±0.17 ^a	2.95±0.22 ^b	3.10±0.14 ^b	7.754	<0.01
満足感がある	2.17±0.14 ^a	2.89±0.20 ^b	2.93±0.16 ^b	6.754	<0.01
後味がまろやか	2.17±0.14 ^a	3.32±0.22 ^b	3.33±0.18 ^b	14.05	<0.01
味わいに厚みがある	2.30±0.14 ^a	2.84±0.24 ^b	3.17±0.14 ^b	8.473	<0.01
香りに香ばしさがある	2.23±0.11 ^a	2.95±0.21 ^b	3.23±0.17 ^b	11.29	<0.01
食べ慣れている味わいである	2.13±0.16 ^a	2.58±0.21 ^a	3.17±0.16 ^b	10.78	<0.01
優しい味わいである	2.83±0.20	3.16±0.24	3.33±0.15	2.384	>0.05

表 5. 切り干し大根の好ましい味わいを増強する油脂添加の効果
数字は平均値±標準誤差。a, b の異なる文字の間に有意差あり (n=30, p<0.05) Repeated One-way ANOVA の後, Tukey 法による多重比較を行った。

一方、加熱油の添加は非加熱油の添加による好ましい効果をさらに高めることが示唆された。図 5 では、加熱油添加の総合的な嗜好性評価が非加熱油添加よりも有意に高く、表 5 では、特に「食べ慣れている味わいである」について加熱油添加に非加熱油添加に比べて有意に高い評価が観察された。加熱油は非加熱油の嗜好性を高める効果をさらに高める作用があることが示唆された。

4) 加熱した菜種油と油揚げの香気分析

加熱によって油に加わる性質として加熱による脂肪酸の遊離や主に不

飽和脂肪酸の分解で生じる低分子の揮発成分による調理香の生成の影響が考えられた。

坂本ら (Sakamoto 等, 2015) は, 動物実験で 5% 以下の油脂含量でも油の嗜好性は観察され, 油脂の濃度が低くなるに従って嗅覚の寄与が大きくなることを示唆している。特に 1.25% 以下の油脂濃度では, 嗅覚が油脂の認識と嗜好性の主要因となっていることがマウスを用いた実験で明らかにされている。

油揚げ	菜種油 (非加熱)	菜種油 (加熱)	面積比 (加熱/非加熱)	推定成分
○	○	○	11.5	Xylene
○	○	○	10.3	2,4-Heptadienal
○	○	○	9.2	2,4-Decadienal
○	○	○	6.7	Nonanal
○	○	○	4.8	Hexanal
○	○	○	4.0	1-Pentanol
○	○	○	2.2	1-Octen-3-ol
○	○	○	0.3	1-Hexanol
○	×	○	—	1-Penten-3-ol
○	×	○	—	Furan,2-Pentyl-
○	×	○	—	Toluene

表 6. 油揚げ, 加熱・非加熱菜種油の香気成分分析

油揚げから検出された香気成分を中心として, 加熱油と非加熱油に含まれる成分の面積比を表示した。面積比はチャート上のピーク面積の比 (加熱油/非加熱油) で表した。○は検出されたもの, ×は検出データベースにヒットしなかったもの。

表 6 に示すように油揚げ, 加熱・非加熱の菜種油に含まれる香気成分に着目した。GC-MS 分析チャート上の加熱・非加熱菜種油の香気成分を比較して面積比が大きかったものは Xylene, 2,4-Heptadienal, 2,4-Decadienal, Nonanal, Hexanal, 1-Pentanol など, 一般的に食品

油脂に含まれるトリグリセリドや脂肪酸が加熱の過程で分解や酸化を受けて生じる揮発性の低分子産物であった。これらは油揚げの主要な香氣成分と一致しており、加熱油は油揚げに近い香氣を有していることが確かめられた。

これまでに、油脂を含む食品のおいしさに嗅覚が関与していることが報告されており (Kinney と Antill, 1996) , ジャガイモを高温で揚げる際に生成するポテトチップスの調理香は食べ慣れたポテトチップスの食体験を想起させることで食行動に影響を与えることが示唆されている (Martin と Ames, 2001) 。

嗅覚は受容体の種類が味覚に比べて格段に多いため、味覚を識別する能力に比べると匂いを識別する能力が高く、また嗅覚は長く記憶に残ることが知られている。さらに、本能や情動に働きかける性質が強いことも指摘されており (東原等, 2013) , 食体験の記憶のような情動的な嗜好性に影響している可能性が示唆されている。

本研究から、油揚げの煮物への添加は野菜に特徴的な好ましくない癖を緩和し、油脂によって味覚の嗜好性を向上させるとともに高温で揚げることで生じる香氣が嗅覚を介して食べ慣れた感覚を高める働きがあると示唆された。伝統の料理法に関する今後の研究課題が示唆されたと考えられた。

要 約

伝統的な野菜の煮物料理に油揚げが多用されてきたことに着目して油揚げの添加によって切り干し大根の嗜好性が高まることを検証した。

89名の男女被験者を用い、調理過程で大根の切り干しに少量添加した油揚げが煮物の嗜好性を有意に高めることを官能評価で確認した。さらに、「やみつきになりそうな味ですか」、「つつい手が伸びるような味ですか」などの食に対する報酬効果や「食べ慣れている味ですか」のような食べ慣れた感覚を問う質問に対して油揚げ添加の煮物が無添加に比べて高い評価値を示した。

ノーズクリップを鼻に装着して嗅覚を遮断した実験から、この効果には嗅覚とそれ以外の口腔内刺激の両方が寄与していることが示唆された。

油揚げの主成分である油に着目して油揚げを揚げる際に使われている菜種油を専門店から入手した。これを製造過程と同様に加熱して官能評価実験に用い、油脂の添加によって切り干し大根の癖のある味や苦味、辛味などの好ましくない味わいが緩和されることを示した。また、「味わいに深みがある」、「満足感がある」、「後味がまろやか」、「味わいに厚みがある」、「香りに香ばしさがある」など好ましい味わいを強めることも明らかになった。嗜好性の増強の大部分が非加熱の油の添加で再現された。加熱油は切り干し大根の煮物の嗜好性の官能評価値をさらに高め「食べ慣れている味わいである」のような項目について非加熱油にはなかった高い評価が得られた。

本実験で用いた加熱油には油脂の調理香に共通の香気成分が生成していることが GC-MS による解析で確認された。嗅覚は本能や情動に直接働きかける作用が強く、食の記憶を担っていることも報告されており、油揚げに含まれている油脂成分が嗅覚を介して食経験の記憶に関わる「食べ慣れている味わい」のような嗜好性を料理の味わいに付与した可能性が示唆された。

2-2 重回帰分析による嗜好性要因の検討

油揚げを添加した切り干し大根の煮物が油揚げを添加しないものと比べて、総合的な嗜好性が高いことが先の実験で明らかになった。油揚げの効果には微量の加熱した油の香り成分が寄与していることが示唆された。総合的な嗜好性はいくつかの嗜好性の要因が脳内の異なる部位で評価され、それらが統合された結果として自覚される。

本研究に用いられた油揚げが添加された切り干し大根の煮物は、油揚げの添加が報酬的なおいしさを与えているのか、あるいは、昔ながらの懐かしい家庭料理であることが重要なのか、また、有名料亭の厨房で調理された料理であることの影響があるのか、嗜好性の理由をさらに確認する必要があると考えられる。そこで、油揚げの添加が野菜の煮物の嗜好性を高めるメカニズムをさらに嗜好性の要因の観点から検討するために、総合的なおいしさに寄与する要因について重回帰分析を用いて解析した。

油揚げの添加効果が顕著であった切り干し大根の煮物に着目して、89名の被験者を用いて、嗜好性の要因について重回帰分析を行なった。本研究で用いた統計学的手法は、チーズ、カレー、菓子類などの美味しさや、清酒と料理のマッチングなどの評価に使われてきた(Nakano 等, 2013, Nakamura 等, 2017, Fushiki & Nakano, 2019)。

美味しさの要因を、やみつき (addictive) , 食文化(食べ慣れ) (Cultural), 情報(Informational)および生理的(physiological)の4つのサブドメインに分けて、料理の内容に関係の浅い physiological を除く3つのサブドメインに関わる15の質問項目に対する評価回答と VAS による総合的評価のデータを用いて重回帰分析した。料理の味わいの総合的評価にこれらの3つのサブドメインがどのように影響しているかを定量的に評価できる系である。

実験方法

重回帰分析は、先の実験で、89人の日本人(男女、年齢18～66歳、女性54名、男性35名)を対象として、切り干し大根の調理中に油揚げを添加したものと無添加のもの2種類について評価した結果を使った。

料理の嗜好性の総合評価を VAS 値で調査するとともに、質問票を用いた評価を行なったデータを利用した。

質問票

質問票は、おいしさを構成すると考えられている 3 つの要因「やみつき」、「食文化(食べ慣れ)」、「情報」を評価することを目的に、それぞれ 5 問ずつ計 15 問の質問がデザインされている(表 7)。なお、質問票では、これらの質問の順序をランダムに記載し、5 段階の尺度(1=全くそう思わない, 5=非常にそう思う)による評価を依頼した。同時に料理の嗜好性の総合評価を VAS 値で調査した。

3つのおいしさの要因に関する設定項目

「やみつき」

- r1. やみつきになりそうな味である
- r2. ついつい手がのびるような味である
- r3. 一口食べたらもう一口食べたくなる味である
- r4. この料理は満足感がある味だ
- r5. 油脂分、甘味、うま味など、それらが豊富だからおいしい

「食文化」

- c1. 食べ慣れている味である
- c2. 同じまたは似たような味のものを食べたことがある
- c3. 何度もこの食品を食べたことがある
- c4. 家族(親・兄弟・配偶者等)はこの味が好きだと思う
- c5. 子供のころから好きな味である

「情報」

- i1. この料理は見た目においしそうである
- i2. 宣伝やクチコミで見たり聞いたりしたことがある
- i3. 身体に良いという話を聞いている食品である
- i4. この食品の食材・原料に対する安心感がある
- i5. この料理は高価そうだと思う

表 7. おいしさを構成すると考えられている 3 つの要因「やみつき」、「食文化(食べ慣れ)」、「情報」についての 15 個の質問。

統計解析

統計解析には、IBM の統計解析ソフト・SPSS 24.0 を使用した。統計解析の概略として、まず、おいしさの構成要因に基づいて設定した質問を、心理学的分野で用いられる探索的因子分析により分類し、次に、分類・抽出された因子（各構成要因のスコア：質問群）を独立変数として、煮物のおいしさを従属変数とした重回帰分析を実施した。まず、油揚げを添加した切り干し大根を摂取した際の評価に着目し、15 問の各質問について、参加者の回答（5 段階評価のスコア）をもとに、プロマックス回転を用いた主因子法の探索的因子分析を実施し、質問項目を分類した。また、因子数決定には、カイザー基準を採用した。

さらに、重回帰分析のための独立変数については、前述の因子分析において因子負荷量の基準を満たした質問項目について、参加者ごとに回答した得点（スコア）をもとに、因子別の平均値を算出し、各構成要因（サブドメイン）のスコアとした。最後に、算出した各構成要因のスコアを独立変数として、総合的なおいしさの VAS 値を従属変数とし、変数減少法を用いた重回帰分析を実施した。以上より、油揚げの添加、無添加によって切り干し大根の煮物の総合的なおいしさに寄与する因子及びその構造を解析した。

倫理委員会の承認：本研究は龍谷大学人を用いた研究に関する倫理委員会の承認を得て実施した。

結果と考察

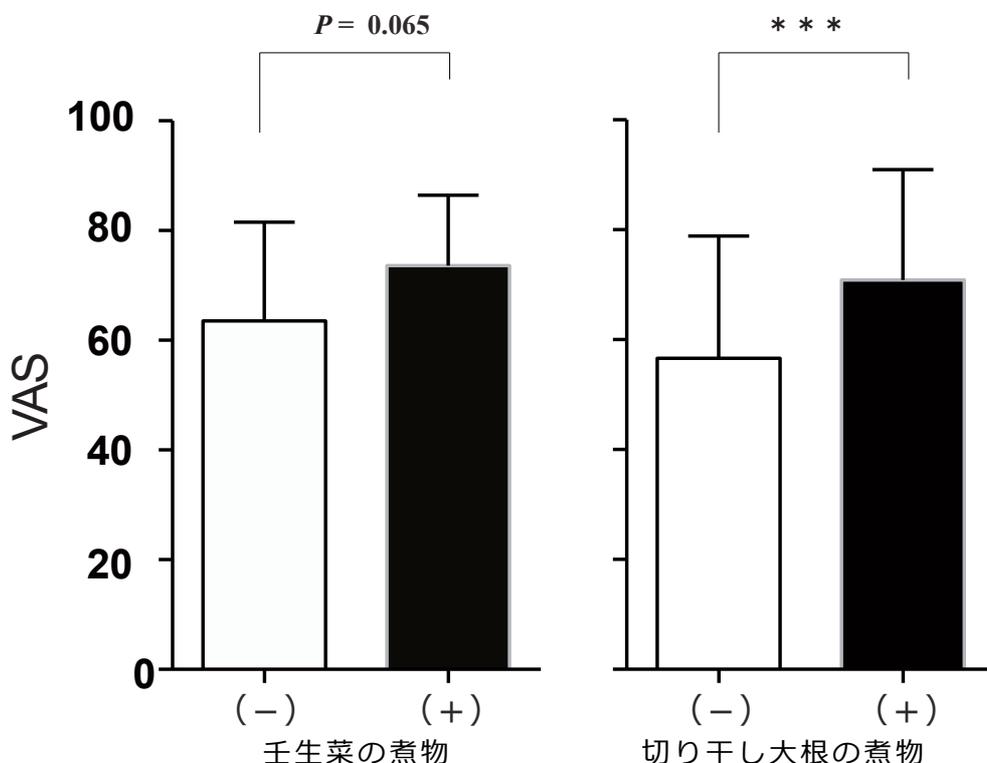


図 6. 油揚げ添加, 無添加の壬生菜, 切り干し大根の煮物についての総合的な美味しさの比較検討

(-) : 油揚げ無添加, (+) : 油揚げ添加

100mm の VAS を用いて数値化。全くおいしくなかった : 0, 非常においしかった : 100。数字は平均値±標準誤差 (壬生菜の煮物 n=15, 切り干し大根の煮物 n=89)。*** $p < 0.0001$ (paired t-test)

図 6 に示すように, 油揚げを添加した切り干し大根は油揚げ無添加のものに比べ, 総合評価の VAS 値に顕著な違いが見られた。対照として用いた壬生菜に対しては, 油揚げ添加の効果の傾向はあるが有意ではなかった。

そこで, 切り干し大根の煮物について, 美味しさの要素を推定するために重回帰分析を行なった。総合的な美味しさを構成する要素を「やみつき」, 「食文化 (食べ慣れ)」, 「情報」に大別し, 表 7 に示す 15 個の質

問を設定した。これらと VAS による「美味しさの総合的な評価」を用いた。

VAS の値を従属変数として 15 の質問の 5 段階スコアを独立変数として探索的因子解析を行ない、因子負荷量が 0.5 以下のもの、複数の因子にまたがる 8 を削除した結果、表 8 に示すように 9 の因子を採用した。「やみつき」5, 食文化（食べ慣れ）」2, 「情報」2 となる。

Subdomain Items	Factor loadings for palatability			Communality (h ²)
	f1	f2	f3	
Rewarding r 1	0.877			0.795
r 2	0.792			0.823
r 3	0.878			0.824
r 4	0.732			0.634
r 5	0.725			0.579
Cultural c 1				0.625
c 2		0.692		0.608
c 3		0.745		0.556
c 4				0.501
c 5				0.689
Informational i 1				0.212
i 2			0.530	0.288
i 3				0.342
i 4				0.392
i 5			0.552	0.381

表 8. 油揚げを添加した切り干し大根煮物の美味しさの要素についての探索的因子分析

Criterion of 0.50 for factor loadings was used as cutoff for inclusion of items in a factor. Only factor loading for items over the criterion are shown.

因子分析では、3 つの因子が抽出され、質問の意図どおり、f1：やみつき、f2：食文化（食べ慣れ）、f3：情報と解釈された（表 8）。

最も嗜好性が顕著であった、油揚げ添加した切り干し大根の煮物に着目して、嗜好性に影響を与えている3つの因子について重回帰分析を行った結果、「やみつき」のサブドメインのみが有意に寄与していることが明らかになった。「食文化（食べ慣れ）」や「情報」の寄与はなかった。アミノ酸や糖のうまみや甘みの影響は少ないことから、油脂の加熱分解香気成分の影響が示唆される。これらの香気は、中野ら(Nakano等, 2013b)が報告しているオリーブオイルの加熱による油脂の調理香気成分と共通している。

重回帰分析の結果、どちらの料理も「やみつき」の要素が総合評価に有意に影響していた。「食文化（食べ慣れ）」や「情報」の影響は有意ではなく、油揚げの添加による総合評価の高さには、料理の味わいに起因する「やみつき」が影響していることが示唆される。

一方、油揚げを添加しない切り干し大根に対する重回帰分析では、「やみつき」に加えて「食文化（食べ慣れ）」も嗜好性に影響する要因として抽出された。先の実験の結果からは、報酬的な美味しさや、食べ慣れ感が不足しているという意味で嗜好性に影響したものと解釈できる。

これらを総合すると、「やみつき(報酬)」の要素は油脂や糖分、うま味などの嗜好性の高い食材に特徴的に現れる嗜好性の要因であることから、油揚げ添加によってうま味や油脂感が増強された可能性が高い。また、油揚げ無添加の煮物について抽出された食べ慣れ感の要因は、油揚げ無添加の煮物では、普段の食べ慣れ感が欠けていることを示すものであろう。(表9)。

Predictor Variable	油揚げ添加 切り干し大根			油揚げ無添加 切り干し大根		
	R ²	β	Fmodel (df 1,df 2)	R ²	β	Fmodel (df 1,df 2)
	0.606		43.511 (3,85)	0.629		48.109 (3,85)
Rewarding		0.769 **			0.700 **	
Cultural		-			0.186 *	
Informational		-			-	

表.9 油揚げ添加，無添加の切り干し大根の嗜好性要因についての重回帰分析

Fmodel (df 1, df 2) : df 1 stands for degree of freedom for effect ; df 2 stands for degree of freedom for error * p< 0.05 , ** p<0.01

要約

油揚げを添加した切り干し大根のおいしさの要因について重回帰分析を行なった。これまで、チーズやカレー菓子類などのおいしさの解析に用いられてきた手法を用いて 3 つのサブドメインに関わる 15 の質問項目に対する評価回答と VAS による総合評価のデータを用いた重回帰分析を行なった。油揚げの添加，無添加ともに「やみつき(報酬)」の要素が総合評価に有意に寄与していた。食文化や情報の影響は少なく，油揚げの添加による総合的な嗜好性の向上には野菜の煮物の味わいに起因する「やみつき(報酬)」のサブドメインが寄与していることが示唆され，先の実験結果を参考にすると豆腐を揚げる油の香気成分が美味しさに寄与が大きいと思われる。

文献

- Adachi, S., Endo, Y., Mizushige, T., Tsuzuki, S., Matsumura, S., Inoue, K. and Fushiki, T. (2013), Behavioral palatability of dietary fatty acids correlates with the intracellular calcium ion levels induced by the fatty acids in GPR120-expressing cells, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **77**, 2175-2180
- Drewnowski, A., Krahn, D. D., Demitrack, M. A., Nairn, K. and Gosnell, B. A. (1995), Naloxone, an opiate blocker, reduces the consumption of sweet high-fat foods in obese and lean female binge eaters, *Am. J. Clin. Nutr.*, **61**, 1206-1212.
- 江原絢子, 石川尚子, 東四柳祥子 (2009), 近世の食生活, 日本食物史, 吉川弘文堂, 東京, pp. 110-194
- 伏木亨 (2007), 油脂と美味しさ, 化学と生物, **45**, 488-494
- Fushiki, T. and Nakano, K. (2019), Evaluating the palatability of fermented foods, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **83**, 1417-1421
- 早瀬文孝, 高萩康, 渡辺寛人 (2013), 調味液の加熱香気成分とコク寄与成分の解析, 日本食品科学工学会誌, **60**, 59-71
- 早瀬文孝, 渡辺寛人 (2014), つゆの香気成分とコク寄与成分, 日本醸造

- 協会誌, **109**, 161-167
- Homma, R. Yamashita, H. Funaki, J., Ueda, R., Sakurai, T., Ishimaru, Y., Abe, K. and Asakura, T. (2012), Identification of bitterness-masking compounds from cheese, *J. Agric. Food. Chem.*, **60**, 4492-4499
- Imaizumi, M., Takeda, M. and Fushiki, T. (2000), Effects of oil intake in the conditional place preference test in mice, *Brain Res.*, **870**, 150-156
- Imaizumi, M., Takeda, M., Sawano, S. and Fushiki, T. (2001), Opioidergic contribution to conditioned place preference induced by corn oil in mice, *Behav. Brain. Res.*, **121**, 129-136
- 石田正彦, 森光康次郎 (2013), 4-メチル-3-ブテニルグルコシノレート欠失性ダイコン加工品におけるグルコシノレート分解物の化学的变化, におい・かおり環境学会誌, **44**, 307-314
- Kawasaki, H., Yamada, A., Fuse, R. and Fushiki, T. (2008), Preference for dried bonito broth in olfactory-blocked or taste nerve-sectioned mice in the two-bottle choice test, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **72**, 2840-2846
- 金和子 (1995), 切り干し大根の香気形成について, 日本家政学会誌, **46**, 413-421
- 金和子, 小林彰夫, 河村フジ子, 松本睦子 (1989), 辛味大根の辛味臭成分について, 日本家政学会誌, **40**, 603-608
- Kinney, N.E. and Antill, R.W. (1996), Role of olfaction in the formation of preference for high-fat foods in mice, *Physiol. Behav.*, **59**, 475-478
- 小林彰夫, 久保田紀久枝 (1989), 調理と加熱香気, 調理科学, **22**, 156-163
- Larson, N. I., Neumark-Sztainer, D.R., Harnack, L. J., Wall M. M., Story, M. T. and Eisenberg, M. E. (2008), Fruit and vegetable intake correlates during the transition to young adulthood, *Am. J. Prev. Med.*, **35**, 33-37
- Laureati, M. E., Pagliarini, O., Calciconi, M. and Bidoglio, M. (2006), Sensory acceptability of traditional food preparations by elderly

- people, *Food quality and preference*, **17**, 43-52
- Martin, F.L. and Ames, J.M. (2001), Formation of Strecker aldehydes and pyrazines in a fried potato model system, *J. Agric. Food. Chem.*, **49**, 3885-3892
- Matsumura, S., Eguchi A., Okafuji, Y., Tatsu, S., Mizushige, T., Tsuzuki, S., Inoue, K. and Fushiki, T. (2012), Dietary fat ingestion activates b-endorphin neurons in the hypothalamus, *FEBS Lett.*, **586**, 1231-1235
- Nakamura, R., Nakano, K., Tamura, H., Mizunuma, M., Fushiki, T. and Hirata, D. (2017), Evaluation of the comprehensive palatability of Japanese sake paired with dishes by multiple regression analysis based on subdomains, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **81**, 1598-1606
- Nakano, K., Kyutoku, Y., Sawa, M., Matsumura, S., Dan, I. and Fushiki, T. (2013), Analyzing comprehensive palatability of cheese products by multivariate regression to its subdomains, *Food Sci Nutr.*, **1**, 369-376
- Nakano, K., Kubo, H., Matsumura, S., Saito, T. and Fushiki, T. (2013b) Effects of aroma components from oxidized olive oil on preference, *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **7**, 1166-1170
- 大久保洋子, 中澤弥子 (2017), 食材と調理, 和食文化国民会議監修, 和食文化ブックレット, 思文閣出版, 京都, pp. 44-81
- Prescott, J. (2004), Effects of added glutamate on liking for novel food flavors, *Appetite*, **42**, 143-150
- Sakamoto, K., Matsumura, S., Okafuji, Y., Eguchi, A., Lee, S., Adachi, S., Fujitani, M., Tsuzuki, S., Inoue, K. and Fushiki, T. (2015), Mechanisms involved in guiding the preference for fat emulsion differ depending on the concentration, *J. Nutr. Vitaminol.*, **61**, 247-254
- 東原和成, 佐々木佳津子, 伏木亨 (2013), 「匂いと味わいの不思議」, 虹友社, 東京, pp. 15-90
- 山下治之, 朝倉富子 (2016), チーズに含まれる苦味抑制物質と苦味物質

との相互作用の解明:脂肪酸はキニーネなどの苦味を双複合体を形成することで抑制する,化学と生物,**54**, 784-786

Yoneda, T., Taka, Y., Okamura, M., Mizushige, T., Matsumura, S., Manabe, Y., Tsuzuki, S., Inoue, K. and Fushiki, T. (2007), Reinforcing effect for corn oil stimulus was concentration dependent in an operant task in mice, *Life Sci.*, **81**,1585-1592

Zellner, D.A., Garriga-Trillo, A., Rohms, E., Centeno, S. and Parker, S. (1999), Food Liking and craving: a cross-cultured approach, *Appetite*, **33**, 61-70

第 3 章

在来種の野菜を用いた煮物と油揚げの相性

壬生菜の煮物は京都の御惣菜の定番である。昔からどこの家庭でもよく食べて来られた料理である。

実験に用いた壬生菜は近郊農家の露地栽培によるもので、品種改良によって癖がなくなったスーパーマーケットなどに出ている壬生菜とは異なり、えぐみも、辛味も強い。香りもアブラナ科独特の香りがするものである。このような癖の強い在来種の野菜と油揚げの相性を検討して、油揚げが古くから珍重されてきた理由を明らかにすることを試みた。

実験方法

在来種壬生菜は、京都市近郊で在来種を露地で契約栽培している農家から入手した。品種改良壬生菜はスーパーマーケットで購入した。

前章までの実験で、野菜の煮物の調理に用いた方法に従い、油揚げ添加、油揚げ無添加の 2 種類の野菜の煮物の調理を行なった。油揚げの入手先およびサイズも先の実験と同様とした。調理した壬生菜の煮物は常温まで冷ましてから、約 30 g を使い捨ての耐熱プラスチック製 90 cc プリンカップに盛り付け、木製の箸を使用して官能評価に供した。

油揚げ添加の煮物について、油揚げは野菜と煮た後にすべて取りのぞいて、見た目に違いがないようにした。おいしさの総合評価 (100 mm VAS) と共に解析を行った。分析には、統計ソフト SPSS (IBM PASW statistics 19.0) および Prism (GraphPad Software Version 5) を使用した。

被験者は、先の実験と同じく、VAS 法に慣れた集団の中から、実験に必要な人数を無作為に選んだ。

結果と考察

在来種壬生菜は、昔ながらの在来種を露地栽培で作っている農家から入手したもので、一般にスーパーマーケットなどで売られている食べやすく品種改良された現在の壬生菜と比べ、葉は厚く、在来種特有の野性味と呼ばれるえぐみや苦みなど癖の強い味やアブラナ科の野菜特有の風味が強く感じられる。これら2種類の壬生菜を材料にして、それぞれ油揚げを添加および油揚げ無添加の煮物を作成した。油揚げの添加と無添加の違いについて、被験者には質問項目についての優劣を比較して回答を求めた。

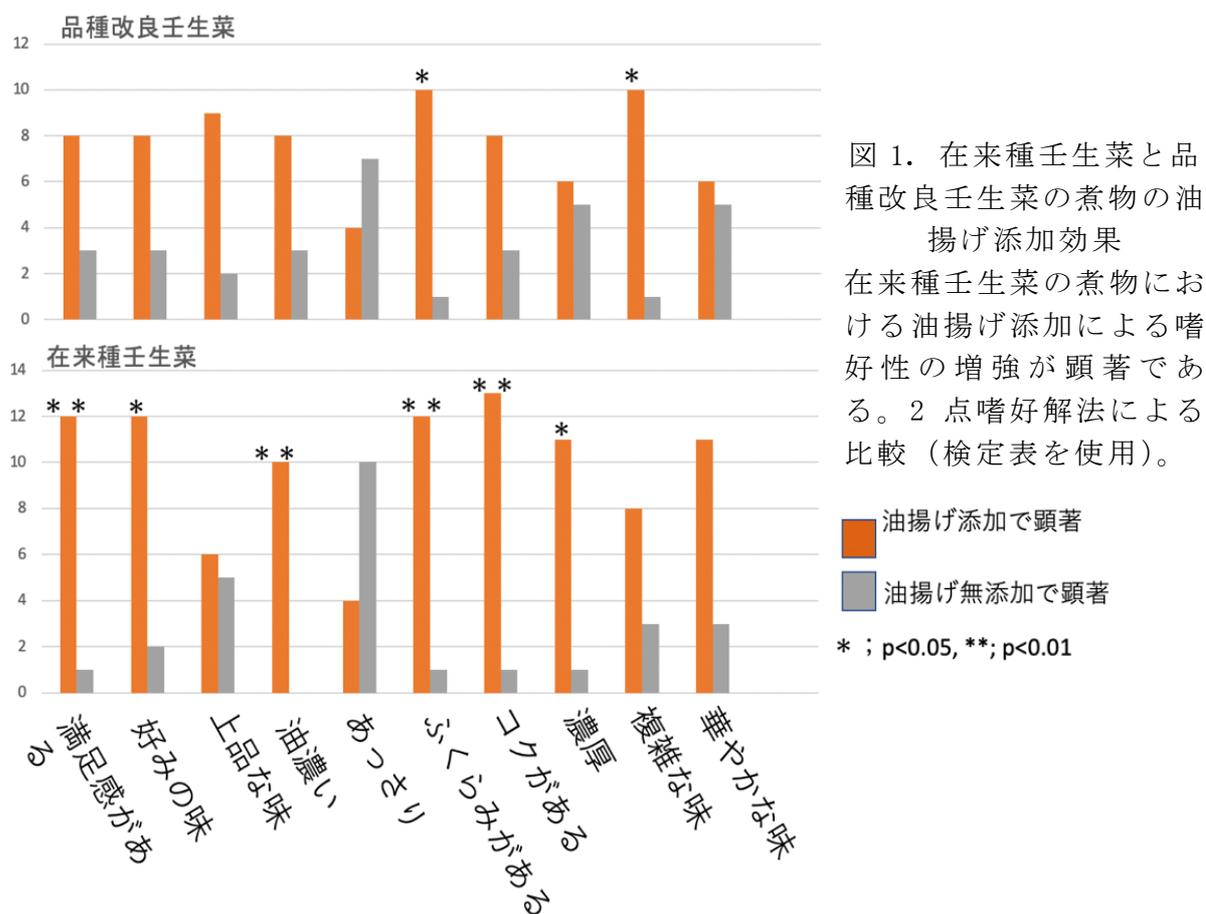


図1. 在来種壬生菜と品種改良壬生菜の煮物の油揚げ添加効果
在来種壬生菜の煮物における油揚げ添加による嗜好性の増強が顕著である。2点嗜好解法による比較（検定表を使用）。

■ 油揚げ添加で顕著
■ 油揚げ無添加で顕著
* ; p<0.05, **; p<0.01

各質問について、油揚げの有無による違いを2点嗜好法によって評価したところ、在来種の壬生菜に油揚げを添加したものでは、無添加に比べて、満足感、油濃さ、味のふくらみ、コクについて顕著な嗜好性の増

強があり ($p < 0.01$)，好みの味，濃厚についても有意な差があった ($p < 0.05$)。一方，品種改良種では，味のふくらみと複雑な味についてのみ油揚げを添加することによる改善が有意であった ($p < 0.05$) (図 1)。

かつて，在来種の壬生菜を食していた時代には，油揚げの添加による味わいの改善効果は非常に顕著であったと考えられる。現代では，野菜の品種改良が進み，より癖のない味わいの野菜に変化してしまっている。現代では，野菜の煮物に油揚げを使い必要性は昔ほど切実ではなくなっているのであろう。

第4章

油揚げ専門店の油揚げと一般的な市販の油揚げの嗜好性の違いと香気成分の比較解析

油揚げは古くから家庭料理の素材として用いられ(大久保等, 2017), 京都では野菜の煮物に添加されることが多い。京都では, 大根のことを「おだい」と呼び, 大根の炊いたものをおだいとお揚げの炊き合わせなどと呼んでいた。長い歴史のある食品であるので, その製造法には長い年月を経て改良が続けられてきた。

これまでの実験で, 少量の油揚げの添加が切り干し大根の嗜好性を高めることを明らかにした。また, この効果には, 油揚げに含まれる微量の油脂が油揚げ製造時の加熱によって酸化されて生じた揮発性の低分子化合物が寄与している可能性を示唆した。

油脂が食物の美味しさを増強する効果について, 京都大学の中野らがオリーブ油を材料として, 脂肪酸由来の微量酸化成分が美味しさに関与していることを官能試験及びマウスを用いた動物実験で明らかにしている(Nakano 等, 2013)。

高い嗜好性を持つ市販のオリーブ油には, 軽度の酸化の進行で生じた(E)-2-Nonenal や 2, 4-Decadienal などの典型的な油脂酸化生成物が微量検出された。一方, 新鮮なオリーブ油や精製したオリーブ油ではこのような酸化成分はほとんど検出されなかった。これらの酸化生成物と動物の嗜好性との間には相関性があることが明らかになった。精製オリーブオイルを長期間室温に保存したものや, 短時間高温で加熱したものでは, これらの酸化物が精製しており, 同時に実験動物の嗜好性を高めた。

これらのことから, 油揚げを製造する油脂に生成する酸化成分の種類や量は油揚げの嗜好性増強効果と密接な関係があると考えられる。

京都では各家庭や料理店で油揚げを重用する文化があることに触れたが, 京都市内には油揚げを製造する専門店が古くからあり, 現代でも専門店の油揚げを使う料亭は多い。京都の伝統的な油揚げ専門店の油揚

げに煮物の美味しさを顕著に高める作用があるならば、それは油あげ製造過程で、豆腐を高温の油で揚げる際に、酸化生成物を適度の範囲で生成させる技術を受け継いできたのではないかと考えられる。本章では、専門店の油揚げと、スーパーマーケットで一般に市販されている油揚げを添加した煮物の嗜好性の違いを調べ、さらに、油揚げに含まれる低分子の酸化生成物に焦点を当てて、成分を比較検討した。

材料と方法

油揚げ

新鮮な、専門店の油揚げと市内のスーパーマーケットで購入した油揚げ（市販の油揚げ）を用いた。

切り干し大根の調理

切り干し大根の煮物を前章と同じ条件で調整した。専門店の油揚げと市販の油揚げの2種類の油揚げを添加した切り干し大根の煮物を調理した。

乾燥した切り干し大根 200 g を水 2500 g とともにアルミ製の鍋に入れ約 1 時間吸水させたものを出発材料とし、30 分間煮たあとで 2 つの鍋に等分した。片方の鍋に調理後の最終重量の 10% に相当する専門店の油揚げ 60 g、もう一方の鍋には市販の油揚げ 60 g を添加し、さらに約 20 分間加熱した。この間にそれぞれの最終的な重量が 660g になるまで火加減と落としぶたの調整をして煮詰めた。油揚げは幅 2 cm 長さ 4 cm の切片として添加した。完成した料理から油揚げを取り除いて調製後の切り干し大根の煮物重量を 600 g とした。調理した切り干し大根の煮物は冷却して、実験に使用するまで 6℃ の冷蔵庫に密閉保存した。

官能試験

13 名の男女被験者を対象とした。切り干し大根の煮物に専門店の油揚げを添加したものと市販の油揚げを添加したものの 2 種類を用いて、それぞれを単独に提示し、100 mm の VAS を用いて嗜好性の総合的な評価を求めた。提示の順序はランダムとした。得られた 2 群の VAS 値に対して対応のある t 検定を用いて比較検討した。

さらに、13名の被験者のうち、料理人及び料理関係者の7名のデータを同様に解析し、料理関係者のデータとした。

香気成分分析

専門店から新鮮な油揚げを入手した。細断した試料 2 g を 40℃ で 30 分加熱後、ダイナミックスペース法にて GC-MS 分析した。対象として、市販の油揚げを購入し、同様の手法で香気成分を解析し、専門店のものと比較検討した。GC-MS による香気成分分析は、カネカテクノロジーに依頼した。

結果と考察

官能試験

図 1 左図は実験に参加した 13 名の被験者についての官能試験の結果である。切り干し大根に添加した専門店の油揚げとスーパーで購入した油揚げ添加の間に有意な差は見られなかった。

被験者 13 名には、料亭のご主人や料理経験者のプロフェッショナルな人と、大学の教職員を中心とした専門的な調理の経験がない人とは混在している。そこで、13 名の中から、日本料理アカデミーに所属する京都の有力料亭の料理人及び食品企業の研究室で料理開発を担当していた料理関係者の合計 7 名に官能評価を依頼して煮物の嗜好性のデータを解析したところ、図 1 右図に示すように、専門店の油あげを使用した煮物の方が対照の煮物よりも明らかに VAS 値が高い結果が得られた。対応のある t 検定によって、平均値の差は $p < 0.0482$ で有意な差が認められた。

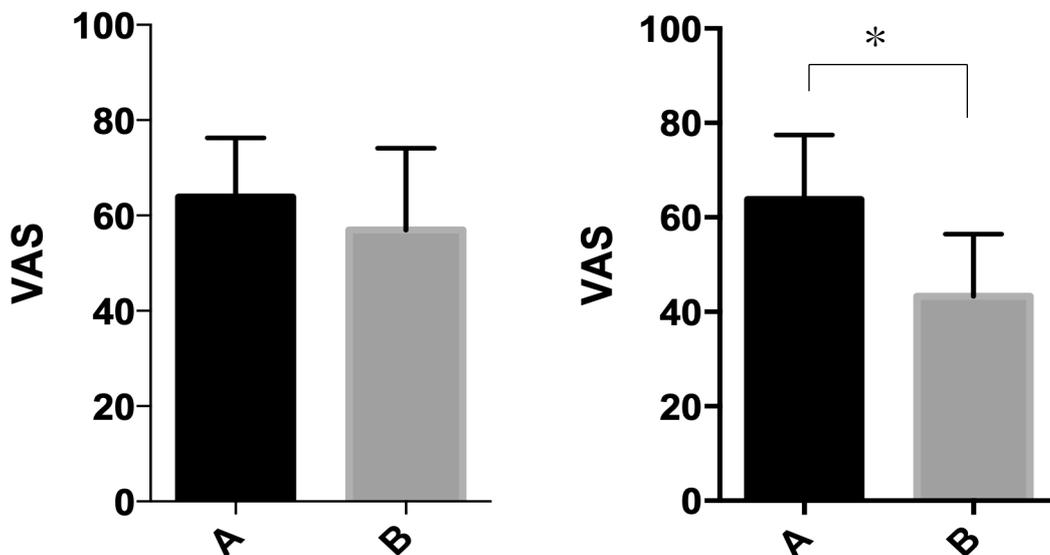


図 1. 切り干し大根に添加された油揚げの違いによる VAS 値の違い
(一般人の評価と料理専門家の評価)

A : 専門店の油揚げを添加して調理した切り干し大根の煮物。

B : 市販の油揚げを添加して調理した切り干し大根の煮物

(左図) 料理専門家と非専門家を含む 13 名の評価結果。図は VAS 値の
平均値±標準偏差 (n=13)。

(右図) 料理専門家 7 名の評価結果。図は VAS 値の平均値±標準偏差 (n
=7)。* : 2 群に有意差あり (対応のある t 検定 ; $p < 0.0482$)。

切り干し大根に油揚げを添加した場合、被験者全体では油揚げの違い
による評価の差はわずかであったが、料理を専門にしている被験者たち
は、専門店の油揚げ添加の方が好ましいとして高い評価をした。

油揚げを製造している専門店では際に菜種油を利用するが、店のご主人
は揚げ温度や時間などを長年の勘のようなもので判断していると説明
している。揚げた後の色調は市販の油揚げに比べて専門店の方が明らか
に濃い。メーラード反応の進行や油脂の加熱の温度が高く加熱時間も
長いことなどが理由として推定できる。

香気成分分析

カネカテクノロジーに依頼して、2種類の油揚げの断片から空気中に飛散する香気成分を、GC-MSによって分析したところ、表1に示すようにいくつかの成分で違いが見られた。専門店の油揚げには2,4-Decadienal, 2-Heptenal, (2E, 4E)-Heptadienalの含量が高かった。2,4-Decadienalは油脂を調理する際の香気の代表格とも言われる香気成分で、「揚げ物らしい香り」を強調する効果があると思われる。2-Heptenal, (2E, 4E)-Heptadienalは油脂が酸化された際に特徴的に出現する香気成分である。これらの香気成分は、すべて、オリーブ油の好ましい香気成分として中野らが報告しているものであり、油脂が存在するというシグナルとして動物や人間は好ましく認識しているのではないかと示唆されている。

ピーク No.	保持時間 (min)	BLANK	専門店の油揚げ	市販の油揚げ	定性(推定)成分	香りの特徴
1	5.9	×	○	○	3-Methylbutanal	軽さのあるロースト香の代表格
2	6.3	×	○	○	Ethanol	
3	6.5	×	○	○	2-Ethyl furan	香気弱い, ロースト系
4	6.9	×	○	○	Pentanal	やや青さのある刺激臭
5	7.9	×	○	○	Toluene	溶剤系
6	8.5	×	○	○	Hexanal	青臭い香りの代表格, 大豆臭さの原因物質
7	9.0	×	○	○	Ethylbenzene	溶剤系
8	9.2	×	○	○	Xylene(m-,p-のいずれか)	溶剤系
9	9.6	×	○	○	1-Penten-3-ol	あまり香りは強くない
10	9.8	×	×	○	o-Xylene	溶剤系
11	10.0	×	○	×	Limonene	香りは非常に弱い
12	10.3	×	○	○	(E)-2-Hexenal	青臭いかおり
13	10.3	×	○	○	2-Pentylfuran	香気弱い, ロースト系
14	10.6	×	○	○	1-Pentanol	香気弱い
15	10.8	×	○	×	Methylpyrazine	ナッツ様のロースト香
16	11.0	×	◎	×	3-Hydroxy-2-butanone	ヨーグルトの発酵香の代表格
17	11.4	×	○	○	(E)-2-Heptenal or (Z)-2-	やや青さのある, 油酸化系の香気
18	11.6	×	○	○	1-Hexanol	リンゴ様の青臭い香気
19	12.0	×	◎	○	Nonanal	やや石鹸様の白い油臭さ, シトラス
20	12.4	×	◎	○	1-Octen-3-ol	マツタケオール, 洗ったシメジのような香気
21	12.6	×	○	○	Furfural	糖が焦げた香気 of 代表格
22	12.9	×	◎	○	(2E,4E)-Heptadienal	heptenalよりも酸化したイメージの香気
23	13.2	×	◎	○	Benzaldehyde	杏仁豆腐の香り
24	15.0	×	◎	○	2,4-Decadienal	揚げた油臭い香りの代表格, チキンファット様
25	15.3	×	◎	○	(2E,4E)-Decadienal	揚げた油臭い香りの代表格, チキンファット様

× : データベースヒットなし

○ : データベースヒットあり

◎ : 専門店の揚げから多く検出された成分

表 1. GC-MS による 2 種の油揚げの香気成分分析結果

専門店の油揚げ製造方法には, 経験的にこれらの香気成分が適当な範囲で発生する技術があるのではないかと考えられ, さらに検討を進める余地があるものと期待できる。

参考文献

- 福田浩, 杉本伸子, 松藤庄 (2008), 豆腐百珍, 新潮社
- 聞き書き京都の食事(1985), 日本の食生活全集 26, 「日本の食生活全集
京都」編集委員会編集, 農山漁村文化協会
- 江原綾子, 石川尚子, 東四柳祥子(2009), 日本食物史, 吉川弘文館
- 上村義則監修(1999), 食用油脂入門, 日本食糧新聞社
- 東原和成, 佐々木佳津子, 伏木亨(2013), 匂いと味わいの不思議, 虹友社,
東京

文献

- Nakano K, Kubo H, Matumura S, Saito T, Fushiki T. (2013) Effects of
aroma components from oxidized olive oil on preference. *Biosci.
Biotechnol. Biochem.* 77(6):1166-70
- 大久保洋子, 中澤弥子 (2017), 食材と調理, 和食文化国民会議監修, 和
食文化ブックレット, 思文閣出版, 京都, pp. 44-81

終わりに

本研究で着目した料理は、昔から伝わる京都の家庭料理であるが、伝統的に伝わって来た油揚げを使った料理にはそれなりの理由があることが明らかになったと思う。特に、油脂の供給が決定的に足りなかった時代においては、微量の油脂でさえ大きなインパクトを与えたものと推察できる。さらに、微量の油脂を加熱することで生じる揮発性の香気成分は、微量であっても油脂の存在を認識させる効果があり嗜好性や満足感を高めてきた。

油揚げは、このような油脂への欲求に対して、非常に効果的に油脂の美味しさを実現できる食材であることが確かめられた。伝統的な料理の食材として、長く使い続けられた所以である。

今日のように野菜の品種改良が進んだ結果、野菜の有する本来の癖やえぐみ、辛味などが軽減されて来ている。水菜のように改良が進んだものでは在来種との違いは顕著である。京都ではまだ在来種の水菜も手に入るが希少である。油揚げの添加効果には、在来種の水菜に感じられる不快な癖を和らげる効果があったと思われ、品種改良が進められた現代の品種よりもかつての在来種で油揚げの効果はさらに有効であったと思われ、油揚げの添加が長い間受け継がれてきた理由であると思われる。

日本料理では、今も油の使用をできるだけ少量に止め、少ない油で美味しく作る調理法が使われる。油揚げも下処理として油抜きをする場合もある。

和食における油脂を利用した料理でも、口に入る油脂分は少量で、油脂の味よりも少量の油脂による特殊な効果が重要であると感じられる。本研究からは、ごく微量の油脂による効果には、おそらく、嗅覚の刺激なども重要であろうと考えられる。本研究をまとめるにあたって、日本料理が大切にしてきた微量の油脂の効果を生かす技術こそが、日本の料理の美味しさの鍵なのではないかと強く感じている。

謝辞

仕事をしながらの研究という中途半端な形にかかわらず、公私ともに非常にお忙しい伏木亨先生にご指導をいただいたことに心より厚く御礼申し上げます。二足の草鞋を履いた学生ということに多大なご理解を頂き、とても研究しやすい環境を整えて頂いたこと、不安だらけの研究にも常に「おもしろい」「いい結果や」など安心できるよう見守って頂いたこと、その他言葉には尽くせないものがあります。

微量の油脂の効果にフォーカスして行った研究は今後の私の料理人としての奥行きを広げてくれることと思います。そしてこれからの食に纏わるいろいろなこと、持続性、多様性、健康などを視野に入れ精進してまいる所存です。それが先生への恩返しになると心して努力してまいります。

山崎英恵先生にはいつも、困ったときには助けていただき、おだてておだててここまで引っ張ってきていただきました。またいろいろととりとめもない話をして頂き勇気づけられ、どれだけ心を楽にして頂いたことか、心より御礼申し上げます。ありがとうございました。

そして事務的な事全般にわたり随分御世話になり、いろいろお教えいただきました石井真紀さん、花渕聡子さんありがとうございました。予定通りなかなか論文が書きあがらない私を本当にたくさん助けていただきお礼の言いようもございません。

又研究室の皆様には勝手な学生であったにもかかわらず、本来ならば掃除も研究室の運営もせねばならないことを免除して頂いたり、ご迷惑ばかりおかけしたにもかかわらず寛容なところで接して頂いたことは本当に感謝の念に堪えません。ありがとうございました。同じ研究室に在籍させて頂いたことは私の誇りであります。心よりお礼申し上げます。

私が卒業しましても何か皆さんのお役にたてることがございましたらどうか遠慮なくお声かけください。心よりそのように願います。

最後になりますがこの博士論文の実験のお手伝いをして頂いた中村葵さん、原田歩実さんに感謝するとともに厚く御礼申し上げます。

令和2年11月吉日