

超音波を利用した調理法の基礎的研究 — 乾物類の膨潤・抽出について —

A Basic Study of Cooking Utilizing Ultra-Sonic Waves — Hydration and Extraction of Dry Ingredients —

原田 澄子 逸見 彰 男
HARADA Sumiko and HENMI Teruo

1. はじめに

高齢化社会を迎え、火元のない調理器具として安全性の高いマイクロ波や電磁波による調理器具、そして省電力化など多方面での調理加工技術の研究がなされている。

超音波の食品加工への利用については、近年確実に増えてきており、食品加工への応用として、食器および野菜などの洗浄、乳化剤を用いない乳化、食品用高圧処理装置での攪拌、界面活性剤を用いない粉体と水の混合、お茶などの成分抽出、乾燥食品の水戻しや味の浸透、殺菌、加熱乾燥、凍結乾燥などの霧化、液体に溶け込んでいる気体の脱気、消泡、食品パックの溶着、超音波カット、お酒の短期熟成、超音波処理水による鶏の産卵効率の改善、パンの発酵時間の短縮などの発酵促進などがあり、今後益々広分野での超音波技術の開発と普及が期待されるだろうと予想される。

そこで、筆者等は超音波照射が食品の調理加工に有用であることを実証することを目的に、食品に超音波を照射し、調理操作に及ぼす影響・効果について実験を行い、若干の結果を得た。本報告では乾物の膨潤について報告する。

II. 実験方法

乾物類の膨潤は食品によって吸水時間は異なるが、食品の復元時間を早くすることは風味の残存、調理時間の短縮に繋がる。即ち、乾物にどの程度吸水させて調理に利用するかは、戻し温度と時間を関連させて把握しておくことが重要と考える。特に、干し椎茸のように旨味成分の抽出液も利用する場合は戻しは単なる膨潤だけでなく呈味成分であるグアニル酸をうまく引き出すことにより戻し汁としての利用価値も大きい。しかし、戻し方が悪いとグアニル酸の分解を低下させ椎茸の旨味を奪うことになり、戻し方の如何は味の良否に影響する。

本研究では、超音波を利用することによって乾物の戻し方に効果があるかを、干し椎茸（以下椎茸）、干しずいき（以下ずいき）を用いて実験を行なった。

1. 超音波装置

海上電機株式会社（名称；SONO CLEANER 400（洗浄槽）、形式；CA-5380、出力；400W、周波数；28kHz±10%、電源；AC100V 5A 50/60Hz、槽内寸法；298×498深さ150ミリ、使用温

度範囲；0～40℃）製を使用した。

2. 圧縮破断強度試験

クリープメータ（株）山電レオナーRE3305により圧縮破断強度試験（条件：荷重；2kg、スピード；1mm/S、プランジャー円筒型φ2mm、プリセット；試料の高さの80%）を行った。

3. 試料の調製

1) 椎茸

- ① 椎茸を個々に計る。
 - ② ビーカーに入れ、充分かぶる位の一定量の水（乾燥椎茸の重量の25倍量）を入れる。戻し温度は15～20℃の水温と40～45℃の微温湯とする。
 - ③ 常に食品が水に浸っているように上から軽く押さえる。
 - ④ ③を各々超音波槽、ウォーターバス（予め設定温度に調製）につける。
 - ⑤ 椎茸は5分毎に取り出し、5分間水切り後表面の水を拭き取り重量を測定する。測定後は再び液汁につける。これを5分毎に30分まで行なう。液汁は30分後を測定する。
 - ⑥-1 液汁の色（肉眼）を観察；30分後の椎茸の液汁の色が3種とも同じ色になるまで椎茸を漬け、その時の時間を測定する。
 - ⑥-2 官能検査用試料；30分戻した椎茸を4つ切りにし、液汁（戻し後重量の200%）、砂糖（戻し後重量の5%）、醤油（戻し後重量の10%）を入れ、弱火で10分間加熱する。
- ### 2) 干しずいき
- ① ずいきを測定する。
 - ② 40倍の水（設定温度は干し椎茸と同様とする）。
 - ③ 0分、20分、30分の重量を測定し、重量比を

算出する。

- ④ 浸出液の重量を測定する。

4. 実験

- ① 5分毎の膨潤比（率）を算出する。

膨潤比：超音波照射の前後の重量を測定し、算出する。

$$\text{膨潤比} = \frac{\text{膨潤後の乾物の重量 (g)}}{\text{もとの乾物の重量 (g)}}$$

- ② 乾物の液汁の色が肉眼でみて同じ色になった時間を測定する。（椎茸のみ）

- ③ 破断強度試験の測定

圧縮破断強度試験を行い、破断荷重、破断歪、破断エネルギーを求める。

- ④ 官能検査

食物栄養学科2年次学生18名を対象に評点法及び順位法を用いて行う。

結果は、評点法は一元配置及びスチューデント化された範囲より信頼区間を推定し、検定する。

順位法はクレマーの簡易検定表で検定する。

III. 結果と考察

(1) 椎茸の膨潤と抽出

乾燥椎茸を料理に使う時は水かぬるま湯で戻して使用する。本実験では、水戻し（15～20℃）、微温湯戻し（40～45℃）、微温湯で超音波利用戻し（以下超音波利用）した場合を比較した。

水浸した椎茸を5分、10分、15分、20分、25分、30分後に各々取り出し軽く絞り重さを測定し、その結果より膨潤比を算出した。

結果を表1、図1に示した。

椎茸の戻し方の違いによる浸漬時間の経過に

表1 干し椎茸の膨潤比と抽出液（平均）

	超音波 (45℃)	微温湯 (45℃)	水 (15℃)
0分	1.0	1.0	1.0
5分	2.3	2.3	2.0
10分	3.3	3.2	2.8
15分	3.8	3.4	3.1
20分	4.2	4.1	3.5
25分	4.5	4.2	3.9
30分	4.9	4.8	4.3
抽出液(%)	82.9	80.1	83.5

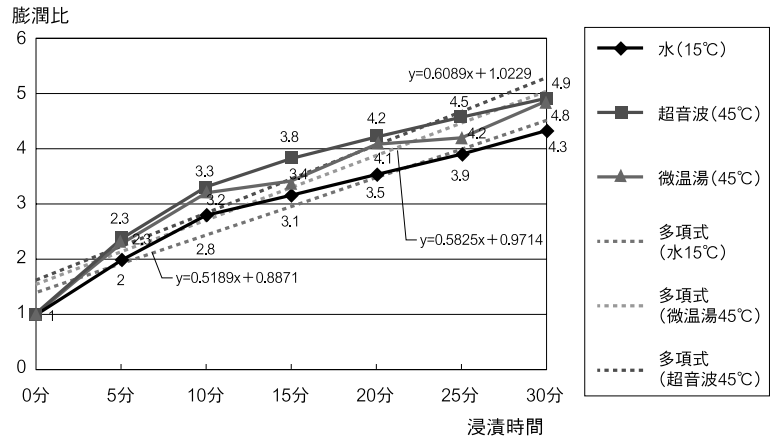


図1 浸漬時間の経過に伴う干し椎茸の膨潤比

伴う膨潤比は、浸水時間の経過と共に吸水量は増加しており、膨潤比は何れの方法で行った場合もはじめの5分間の傾斜が大きく、乾燥時の2.2～2.5倍であった。その他の時間帯では1.0～1.5倍であった。3種の方法中最も膨潤比が大きかったのは、超音波利用、次いで微温湯戻し、水戻しの順であった。超音波戻しと微温湯戻しの膨潤比の差は小さかったが、水戻しとの差が大きく、一般に言われているとおり乾物の戻しには水温が大きく関わっていることが明らかであった。戻り方の状況を観察すると、始めの5分間の軟化状況は水戻しの場合、表面のみが軟化しているのに対し、超音波利用は組織全体が軟化していた。微温湯戻しは水戻しに比べ軟化の進行が早い分中心部への軟化もみられた。

文献等による干し椎茸の膨潤比は標準で4倍となっており、本実験で4倍に達した時間をみると、水戻し26分4秒、微温湯戻し19分12秒、超音波利用17分14秒であった。超音波を利用することにより微温湯戻しは超音波戻しの82.9%、水戻しは65.8%となり、調理操作時間の短縮に繋がった。30分経過後の抽出液の残存率は、超音波利用82.9%、微温湯戻し80.1%、水戻し87.5%（表1）となり、微温湯戻しが最も椎茸へ水分が吸水されていると判断される。この時の抽出

液の色は（肉眼で判断）超音波利用が最も濃い色をしており、これと同等色に達するまでの時間をみると、微温湯戻しでは45分、水戻しで90分要した。つまり、微温湯では1.5倍、水戻しでは3倍の抽出時間を要していた。戻し汁の色が濃いということは椎茸の何らかの成分が抽出していると推察できるが、具体的な成分については分析を試みないと明らかではないが、無機質や干し椎茸独特の風味であるグアニル酸などが予測され、今後明らかにし、椎茸の戻しには超音波利用が効果的であることを実証していきたい。

次に、椎茸の戻しの効果として破断強度試験を行った。尚、試料は浸漬時間30分のものについて、図2のような位置3箇所の破断強度試験を行った。破断結果を表2、操作別の最大荷重時の散布図を図3に示した。

最大荷重は水戻しの最大値612gf、最小値175gf、平均327gf、微温湯戻しの最大値324gf、最小値220gf、平均266gf、超音波利用の最大値603gf、最小値151gf、平均397gfであった。いずれの方法で行なった場合も試料のばらつきはみられたが、微温湯戻しのばらつきが少なく平均値も小さかった。このことは微温湯戻しの表面は軟らかく組織が均一であるからと思われる。これ

に対し超音波利用と水戻しは似通った傾向を示した。この2種を比べると超音波利用による戻しの方がよりばらつきがみられ平均の値も大きかった。破断応力の平均は、微温湯戻し $3.77E+04\text{N/m}^2$ 、水戻し $1.10E+05\text{N/m}^2$ 、超音波利用 $1.89E+05\text{N/m}^2$ であった。破断変形の平均は微温湯戻し1.0mm、水戻し1.8mm、超音波利用3.1mmであった。これらのことより破断エネルギーを算出すると、微温湯戻し $7.81E+03\text{J/m}^3$ 、水戻し $2.53E+04\text{J/m}^3$ 、超音波利用 $3.97E+04\text{J/m}^3$ であった。これらのことから判断すると、超音波利用は表面破壊を要するのに力を必要とし、しかも表面破壊するまでに時間もかかっていることから、噛みごたえのある食感に対応してお

り、超音波を利用して戻した場合、無照射とは異なった触感になると考えられる。

次に30分膨潤後の椎茸の煮物について、食物栄養学科2年次16名を対象に官能検査を評点法と順位法で行い、味質や硬軟の差をみた。A超音波照射、B微温湯戻し、C水戻しとし、評点法と総合評価は順位法でも行い、一番好まれている方法を検討した。結果を評点法表3、順位法表4に示した。

評点法では風味、味、総合評価でF(2, 46: 0.05) = であり $F_0 > F$ となり試料間に有意差が見られた。さらに有意差があった試料間についてどの試料間に差があるかをスチューデントのt分布の値を算出し信頼区間を算出した。(2, 46:

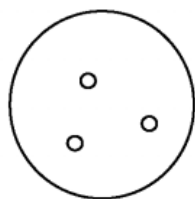


図2 破断試験時の針入箇所

表2 干し椎茸戻し30分後の破断強度試験結果

	最大荷重 [gf]	破断荷重 [gf]	破断応力 [N/m^2]	破断変形 [mm]	破断歪率 [%]	破断エネルギー [J/m^3]	サンプル厚さ [mm]
超音波利用	397	136	188553	3.1	29.41	39718	10.9
微温湯戻し	266	27	37664	1.0	8.94	7807	11.8
水戻し	327	79	109989	1.8	15.57	25270	11.5

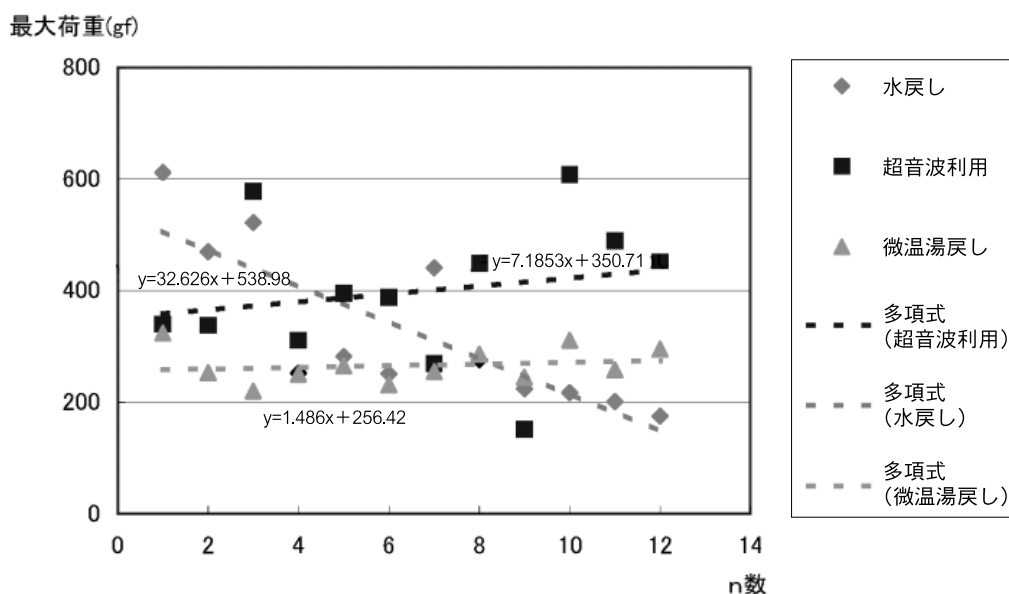


図3 30分戻し後椎茸の最大荷重の散布図

0.05) = 0.340となり、信頼区間の幅=0.371となる。

信頼区間は風味、味、総合評価全てにおいてA C、B C間に有意差がみられ、超音波利用と微温湯には有意な差がみられなかったが、超音波および微温湯と水は有意であった。つまり、水戻しが最も好まれず超音波利用と微温湯もどしには明らかな差は見られなかった。

また、順位法で総合評価についてクレーマーの簡易検定表を用いて行った結果、 $t = 3$ 、 $n = 16$ の時検定水準値25-39であり、従って水戻しが有意に好まれていなかった。超音波利用と微温

湯戻しでは有意な差は見られなかったが、総合的に判断すると、超音波利用が好まれており、椎茸の戻し及び抽出には超音波利用は効果的であったといえる。

(1) 干しずいきの実験

干しずいきは里芋の葉柄を乾燥させたもので、水に膨潤させて使用する。本実験では、椎茸同様超音波利用（微温湯）と微温湯戻し、水戻しについて10分間隔で行なった。

水浸による10分毎の膨潤比の経時変化を表5、図4に示した。

膨潤比は椎茸同様超音波利用、微温湯戻し、

表3 椎茸の官能検査 分散分析表

風味	要因	平方根(S)	自由度(F)	分散(V)	分散比(Fo)
	全体	87.479	47		
	試料間差	14	2	7	4.491*
	誤差	73.188	46	1.591	
味	要因	平方根(S)	自由度(F)	分散(V)	分散比(Fo)
	全体	34.000	47		
	試料間差	9	2	5	8.756*
	誤差	24.625	46	0.535	
軟らかさ	要因	平方根(S)	自由度(F)	分散(V)	分散比(Fo)
	全体	31.917	47		
	試料間差	2	2	0.9	1.368
	誤差	30.125	46	0.655	
風味	要因	平方根(S)	自由度(F)	分散(V)	分散比(Fo)
	全体	32.813	47		
	試料間差	7	2	3	5.682*
	誤差	26.313	46	0.572	

$F(2,46;0.05) = 3.37$

$F_o > F$

* ; 有意差有

表4 順位法結果 (30分戻し後椎茸)

	超音波利用	微温湯戻し	水戻し
総合評価	25	31	40 *

$t=3$, $n=16$, の時, 水準値 25 - 39 * ; 有意差有

表5 ずいきの抽出効果（膨潤比）

	超音波 利用	微温 湯戻し	水戻し
0分	1.0	1.0	1.0
10分	3.2	2.9	2.7
20分	4.4	3.9	3.6
30分	5.2	4.7	4.3
30分後の 液汁(%)	87.6	90.9	90.3

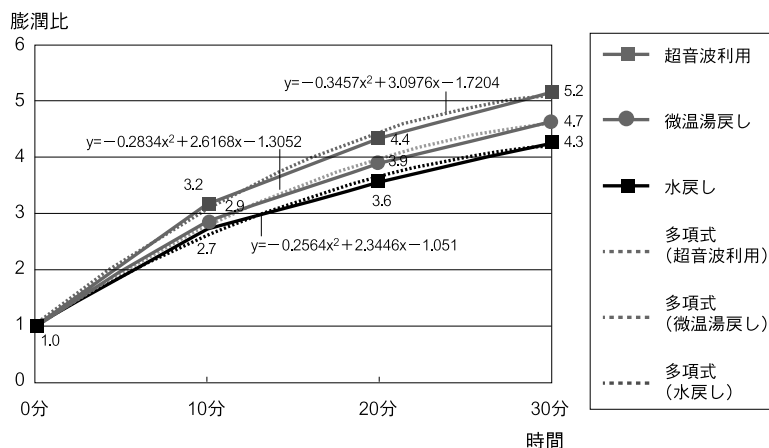


図4 浸漬時間の経過に伴う干しずいきの膨潤比

表6 干しずいき30分膨潤後の破断強度試験結果

ファイル名	最大荷重 [gf]	破断荷重 [gf]	破断応力 [N/m ²]	破断変形 [mm]	破断歪率 [%]	破断エネルギー [J/m ³]
超音波戻し	785	4	6008	0.13	2.68	278
微温湯戻し	727	618	856459	2.35	44.83	90744
水戻し	961	703	974997	1.98	39.50	106622

水戻しの順に高く、椎茸よりは顕著に現れていた。

これは、ずいきは椎茸に比べ、組織が粗く繊維質であるので水分が浸透しやすく超音波の影響がより効果的に働き早く膨潤したと推測される。膨潤率をみると超音波利用は20分で4.4倍に対し、微温湯戻し30分で4.7倍、水戻し30分で4.3倍となっており、このことから同倍率の時間帯を予測すると、超音波を利用することにより微温湯戻しの80.8%、水戻しの72.9%となり、椎茸の膨潤同様、調理時間の短縮につながった。

破断強度試験結果を表6に示した。

最大荷重は超音波利用785gf、微温湯戻し727gf、水戻し961gfとなり微温湯戻しの表面破壊は小さかったが、その他の結果をみると超音波利用が全ての項目において小さく組織が充分柔らかくなっていることが伺えた。

IV. おわりに

調理素材としての乾物類は多種類あり、保存食、常備食品として日常的に利用されている。

乾物は生の材料とは異なった特有の食味、舌ざわりをもち、水分が少ない分保存性が高い。扱い方としては、水分を充分吸水させて使うのが一般的であり、食品によって吸水時間は異なるが、食品の復元時間を早くさせることは風味の残存、調理時間の短縮に繋がる。また、椎茸の戻しは単なる膨潤だけでなく呈味成分であるグアニル酸をうまく引き出すことにより戻し汁としての利用価値も大きい。超音波を利用することによって乾物の戻し方に効果があるかを、干し椎茸、干しずいきを用いて実験を行ない、乾燥食品の膨潤に超音波を利用することは調理時間の短縮、味の改良に繋り、効果的であると

判断された。成分抽出については今後分析を行い、結果を明らかにしていきたい。

V. 参考文献

1. 木村友子、小川安子：家政学雑誌 Vol30 403-409 (1979)、超音波照射の調理への利用効果－マヨネーズソースの作製について－
2. 木村友子、小川安子：家政学雑誌 Vol33 304-312 (1982)、超音波照射の調理への利用効果(第2報)－多量のマヨネーズソース作製とマヨネーズソース油脂の性状の変化－
3. 山野善正、仲原貴生、三木英三、合谷祥一：日本工業学会誌 Vol38 1033-1037 (1991)、超音波カッターによる食品の物性測定試料の調製
4. 木村友子、菅原龍幸、福谷洋子、佐々木弘子：日本調理科学会誌 Vol29 178-185 (1996)、昆布だしの加熱抽出法における超音波照射の効果
5. 木村友子、菅原龍幸：食品工業、60-80 (1998)、食品加工・調理への超音波処理の応用
6. 木村友子：日本食生活学会誌、245-250 (2003)、超音波と調理加工
7. メールマガジン超音波の世界第8号、食品加工と超音波技術
8. 金谷昭子編、医歯薬出版株式会社、フローチャートによる調理科学実験・実習(第2版)
9. 川端晶子編著、建帛社、身近な食べ物の調理学実験
10. 坪井達夫、エーアイ出版、Excelで学ぶ統計統計で学ぶExcel