

フランスパンの品質に及ぼす水の影響

片山直幸・橋本果菜*・千裕美

Effect of Water for Quality of French Bread

Naoyuki KATAYAMA, Kana HASHIMOTO and Hiromi SEN

要旨：フランスパンの品質に及ぼす要因については、原材料の種類および配合割合、こねる回数および強さ、こね上げ温度、焼成温度など様々なことが挙げられる。本研究では、これらの中でも特に使用する水の種類がフランスパンの品質に及ぼす影響について実験を行った。水は、硬水であるフランスの水と軟水である日本の水2種類：普通の水と炭酸水の計3種類を用いた。業種法による比容積、水分活性の測定と、外観・香り・味・食感（外側と内側）・総合評価の6項目についての嗜好型官能評価および断面の観察を行った。

その結果、フランスの水で製造したフランスパンが日本の2つの水で製造したフランスパンと比較して、その比容積が最も大きく、パンの外側の水分活性が最も小さかった。また、嗜好型官能評価の外観と香りにおいて、フランスの水で製造したフランスパンが最も好まれた。一方で、日本の水（軟水）の炭酸水で作ったフランスパンの官能評価は他の2つのフランスパンと比べ、どの項目も低評価であった。また、有意差は認められなかったものの、パンの外側の食感は日本の普通水を用いたものが好まれる傾向があった。

これらの結果より、普段食しているパン（軟水である日本の普通水を用いたもの）が食経験の影響で好まれる傾向が認められたものの、製品としては本場フランスの水（硬水）を用いた方が高評価となることが示唆された。

Key words：フランスパン (French bread), 硬水 (hard water), 軟水 (soft water), パンの品質 (quality of bread), 地産地消 (local production for local consumption)

緒言

フランスパンの生地は、バターなどの油脂分や卵の量が少ないのが特徴¹⁾で、主な原材料は、粉、水、酵母、塩、糖である。このうち水は、量的に粉に次いで多いものであり、パンの品質に大きな影響を及ぼすと思われる。実際に水は、小麦粉のたんぱく質と水和してグルテンを形成し、また酵母と小麦粉とを接触させて発酵を促進させ、デンプンの糊化、糖や塩の溶解等に重要な働きをしている²⁾。

水には、硬水と軟水の2種類があり、これは水に溶存しているカルシウムイオンやマグ

ネシウムイオンの量により区別されている。カルシウムイオンやマグネシウムイオン等のミネラルが多く含まれているものが硬水であり、少ないものが軟水である²⁾。水硬度の製パンへの影響についての先行研究によると、硬水の場合は、生地が硬くなり、ガスの包蔵性が増す。そのため、適度な硬度（50～100ppm程度）が良いが、極端に高い硬度の水を使用すると生地が硬くなりすぎて発酵が遅延する。そのことを補うために、発酵時間を長くしたり、アミラーゼを添加したりすることが有効である^{2,3)}。軟水の場合は、グルテンが柔軟になりパン生地に過度の粘着性を与

2022年12月26日受付；2023年3月15日受理

*医療法人登誠会 諏訪マタニティークリニック

え生地が軟らかくねばつくため、吸水が少なくガスの保持力が低下するので、パンの体積は大きくならない。そのことを補うために、酵母を減量するのがよいとされている³⁾。

その一方で、硬水でも軟水でもパンの品質に差はなかったという報告⁴⁾や、硫酸カルシウムで500ppmまで濃度を上げた場合、どの濃度においても、パンの品質および老化の点で差がなかったという報告⁵⁾もある。

しかしながら、伝統的な製パンの要諦として「1粉2種3技術」と言われ³⁾、水はあまり重視されていないのが現状である。特に日本の水は良質であるため、日本ではパンの品質に及ぼす水の影響について注意を払ってこなかった³⁾。また、パンの先行研究では、パンの焼き上げ工程の検討⁶⁾や酵母の違いが品質に及ぼす影響⁷⁾、こね方の違いが膨化に及ぼす影響⁸⁾などいくつかあるものの、水がパンの品質に及ぼす影響についての研究は少ないのが現状である。

目 的

本研究は、これまでにあまり注目されてこなかったパンの製造に及ぼす水の影響について、硬水が利用されているフランスが発祥のフランスパンに着目した。3種類の水を用いてフランスパンの製造を行い、その品質を比較検討することにより、フランスパンの品質に及ぼす水の影響を明らかにすることを目的として実験を行った。

方 法

1. フランスパンの製造

製造用の材料として、準強力粉（フランスパン用粉）（西尾製粉製）、粉末モルト（NWケミカル製）、塩（赤穂化成製）、酵母（ドライ）（サフ赤 原産国フランス）を共通で用いた。水は、フランスの水（硬水）として「エビアン」（ダノンジャパン(株)製）、日本の水（軟水）として「いろはす」（サントリー(株)製）と軟水の炭酸水として「THE STRONG」（サントリー(株)製）を用いた。表1にそれらの分量を重量で示したものと粉を100とした割合で示したベーカーズ%を示す。それぞれの水の硬度とカルシウム・マグネシウム濃度については、表2のとおりである。

フランスパンの製造は、次の手順で行った。なお、②の手順について、3種類のパンのこね方を均等にするため、3人でそれぞれ20回こねた後、速やかにこねる人の場所をローテーションし、こね方の誤差が出ないように工夫した。また、10分こねた後5分間生地を休ませたのは、下坂の研究⁸⁾でパンの膨化力が増し嗜好性の向上が顕著であったことを参考にしたためである。

- ①材料を計量し、それぞれボールに入れる。
- ②手ごねで10分こねた後、5分間生地を休ませ、その後さらに10分間こねる。
- ③一次発酵を30℃で60分行う。
- ④3つに分割後、ベンチタイムを40分とる。
- ⑤成型して、番重内のパンマット上で二次発酵を60分行う（30℃）。

表1 フランスパン（3本）製造のための原材料とその分量

原材料名	重量 (g)	粉を100とした割合 (ベーカーズ%)
準強力粉（フランスパン用粉）	600	100
粉末モルト	6	1
塩	9	1.5
酵母（ドライ）	6	1
水	402	67

表2 実験に使用した水の硬度とカルシウム・マグネシウム濃度

水の種類	硬度(mg/L)	カルシウム(mg/100g)	マグネシウム(mg/100g)
フランスの水・硬水(エビアン)	304	8.0	2.6
日本の水・軟水(いろはす)	27.7	0.83	0.17
炭酸水・軟水(ザ・ストロング)	30	1.5	0.3

⑥クーブを入れ、レンガを敷いた電気オーブンに入れる。

⑦230℃で23分焼成する。途中、蒸気を2回噴霧する。

2. 菜種法による比容積の測定

3種類のパンそれぞれについて、菜種法による比容積の測定を行った。まず、一度容器に菜種を満たし、擦切った後の容器内の菜種の体積を測定した(A mL)。次にフランスパンの内部に菜種が入らないよう薄いポリエチレン袋に焼成したフランスパンを入れたものを同じ容器に菜種を満たして埋め込み、同様に、擦切った後の容器内の菜種の体積を測定(B mL)した。この測定値の差(A-B)(mL)がフランスパンの体積となる。ここで、実験に用いたフランスパンの重量を測定し(C g)、(A-B)/Cを計算で求めることにより、比容積(mL/g)(1 g当たりの体積(mL))を算出した。

3. 水分活性の測定

3種類のフランスパンそれぞれについて、表層の皮の部分と内部の白い部分の2か所の水分活性を水分活性測定装置SP-W(アズワン株式会社製)を用いて測定した。

4. 形状観察

フランスパンの断面の観察を行った。断面は、成型の際長軸に対して直角に巻き込んでいるため、その形状を全体的にとらえやすくするため、長軸に対して直角に切断したものをを用いた。なお、切断には、パン切用包丁を用いた。

5. 官能評価

官能評価は、3種類のフランスパンを長軸に対して直角に厚さ1 cm程度に切ったものを用い、嗜好型官能評価法で、短期大学生およびその教職員(19歳~62歳)の男女11名を対象に行った。性別および年齢の幅を大きくしたのは、性別にかかわらず幅広い年齢層における嗜好を確認したかったためである。

評価の項目は、外観・香り・味・食感(外側および内側)・総合評価の6項目で、-3~+3の7段階の評点法で行った。その評価用紙を図1に示す。なお、官能評価用紙では3種類のパンに番号を付けたが、番号による心理的影響を回避するために426, 593, 817というランダムな3桁数字を用いた。この数

フランスパンの官能評価についてのお願い

3種類のフランスパンがあります。

各項目について、下の評定基準に従って評点を記入してください。

非常に悪い	悪い	やや悪い	ふつう	やや良い	良い	非常に良い
-3	-2	-1	0	+1	+2	+3

	4 2 6	5 9 3	8 1 7
外観			
香り			
味			
食感(外側)			
食感(内側)			
総合的評価			

お気づきの点がございましたら、自由記述でお願いします。

ご協力ありがとうございました。

図1 官能評価に用いた評価用紙

字とパンの種類との対応は、426はフランスの水（硬水）、593は日本の水（軟水）、817は炭酸水（軟水）としたが、官能評価実施の際はパネルにこの対応を伏せて行った。

結 果

1. 水の種類が異なるフランスパンの比容積の違い

3種類のフランスパンについて、業種法を用いて比容積を算出した値の平均値（ $n=3$ ）の結果を図2に示す。この図に示されるとおり、フランスの水（硬水）を用いたフランスパンの比容積が、日本の水（軟水）の2つと比較して大きかった（ $p=0.05$, $p=0.11$ ）。一方、同じ軟水である普通水と炭酸水での差はなかった（ $p=0.98$ ）。

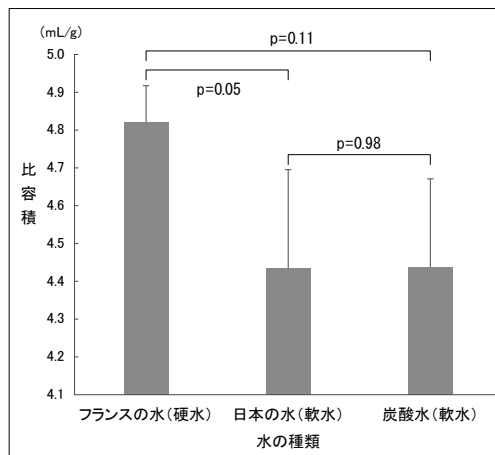


図2 水の種類が異なるフランスパンの比容積の違い

2. 水分活性 (A_w)

3種類のパンの水分活性 (A_w) を表層部と内部に分けて測定した結果を表3に示す。

表3 異なる種類の水を用いて製造したフランスパンの表層部と内部の水分活性 (A_w) 比較

水の種類	パン表層部の A_w	パン内部の A_w
フランスの水（硬水）	0.86	1.0
日本の水（軟水）	0.92	1.0
炭酸水（軟水）	0.94	1.0

表に示されるとおり、パンの内側の水分活性は水の種類にかかわらず同じ1.0であったのに対し、表層部の水分活性は水の種類により異なり、フランスの水（硬水）で作ったフランスパンが最も低かった。日本の水（軟水）で作ったフランスパンは、炭酸水が普通水より高かった。

3. フランスパンの断面の様子

3種類のフランスパンを長軸に対して直角に切った時の断面の様子を図3に示す。図に示されるとおり、フランスの水で製造したフランスパンの内部の気泡は大小さまざまなで、その大きさの差が大きかった。一方、日本の水で製造したフランスパンの断面の様子は、普通水・炭酸水ともに大きな気泡のものがほとんどなかった。日本の普通水と炭酸水を比べると、炭酸水は普通水と比べ、上に膨らまず横に広がり、気泡の大きさが揃っている傾向があった。

4. 官能評価

3種類の水で作ったフランスパンの嗜好型官能評価で得られた値を平均した結果を表4に示す。表に示されるとおり、フランスの水（硬水）と炭酸水（軟水）では、外観と香りにおいて有意差（ $p<0.05$ ）が認められ、どちらもフランスの水（硬水）の評価が高かった。

普通水におけるフランスの水（硬水）と日本の水（軟水）との比較では有意差はなかったものの、外観、香り、味と総合評価においてフランスの水（硬水）で作ったものが日本の水（軟水）で作ったものよりも評価が高い



フランスの水（硬水） 日本の水（軟水） 炭酸水（軟水）

図3 異なる水で製造したフランスパンの断面の違い

表4 異なる水で製造したフランスパンの官能評価

水の種類	外観	香り	味	食感(外側)	食感(内側)	総合評価
フランスの水（硬水）	1.73	1.82	1.36	1.00	1.55	1.55
日本の水（軟水）	1.00	1.27	1.00	1.18	1.55	1.36
炭酸水（軟水）	0.73	0.73	0.36	0.73	0.91	0.73

n=11. *: p<0.05.

3種類の水で作ったフランスパンの嗜好型官能評価を6項目で-3～+3の7段階評点法で行った平均値。

傾向にあった。一方、表層部の食感では日本の水（軟水）で作ったものの評価が高い傾向にあった。

また、自由記述の欄には、11名のパネルのうち4名の記入があった。それらは、「食べた時の食感で、外側と内側を分けるのが難しかった」、「中身のモチモチ感は426（フランスの水）の方が良く、外側のパリパリ感は593（日本の水）の方が良かった」、「426（フランスの水）は外がパリッと内側がモチっとしている感じがおしかった。593（日本の水）は外が硬くパリパリで食べ慣れた感じがして個人的には好き。817（炭酸水）は香りが悪く味も粉っぽさがあった。商品化するのなら426（フランスの水）が良い!」、「593（日本の水）の旨味が強く、817（炭酸水）の塩味が強いと感じた」という内容であった。

考 察

今回の実験結果の比容積と断面の様子について、フランスの水（硬水）と日本の水（軟水）を比較すると、硬水と軟水で大きな違いがあることがわかった。特に顕著であったことは、断面の様子の観察においてフランスの水で作ったフランスパンは大小さまざまな大きさの気泡が点在したが、他の2つのフランスパンには大きな気泡がなかったこと、およびフランスの水で作ったフランスパンの比容積が他の2つのパンと比較して有意に大きかったことの2点である。これらをフランスパンの評価として「気泡が大小不揃いの大きさのものが点在しているものが良い」とする基準⁹⁾に照らし合わせると、本実験で作成したフランスの水を用いたフランスパンは膨らみが良く、内部構造では大小さまざまな気泡を有する質の良いものであることがわかった。

官能評価では、本実験のパネルは訓練された者ではなかったため、本実験結果は一般的な消費者の意見を反映したものであると考えられる。今回のパネルでははっきりと差がとらえられたのは、外観と香りであった。官能評価に供したフランスパンは、断面観察と同様、長軸に対して直角に切断したものであったため、フランスパンの外側のみならず内側の断面も含めた外観の評価となっている。このことより、パネルは、フランスパンの断面における大小さまざまな気泡の存在⁹⁾からフランスの水で作ったものを高く評価したことが伺える。

また、香りの項目においてフランスの水で作ったフランスパンの評価が高かったことについては、水分活性の値と関連し、表層部の水分が蒸発して硬くなると揮発成分が多く外に出て、香りの評価が高まったと考えられる。

この水分活性の値は、香りのみならず歯ごたえ（硬さ）にも関係していると思われるが、もとより硬さは水の硬度と関係が深く、一般に硬水を用いたパンの方が硬いとされる^{2,3)}。本実験で用いた水の硬度は、先に述べた一般的に適度な硬度範囲と比べると広い範囲にあり、27.7ppmから304ppmであったが、この304ppm（フランスの水）という高い硬度は、パン全体の硬さではなく、パンの表層部の硬さに関係している可能性が高い。なぜなら本実験結果の表層部における水分活性の値が、フランスの水で作った方が日本の水で作ったものよりも低かったためである。加えて、本官能評価結果の自由記述による表現でも、フランスの水で作ったものの食感が「パリッと」と表現され、日本の水で作ったものは「パリパリ」と表現されており、その微妙な違いからも推察される。

これらの点より、本実験の官能評価の外観（断面の形状）と香り、および硬度と表層部の水分活性が影響を与える歯ごたえ（硬さ）から、フランスの水（硬水）を用いた方が、

フランスパンの評価が優れていると考えられた。

Brownの研究¹⁰⁾では、使用する水のカルシウムやマグネシウム濃度を変化させたとき、炭酸カルシウム100～1,000ppm、硫酸カルシウム50～300ppm、塩化マグネシウム50～500ppmで濃度が上がる程、発酵とパン生地上好影響を与え、パン生地は硬さを増し、パンの体積は増大したものの、さらに濃度を上げた場合にはパンの体積が小さくなり発酵にも悪影響が出たとされる。今後仮に本実験以上に硬度を上げた場合には、このBrownの結果¹⁰⁾を参考にすると、フランスパンの品質は低下することが予想される。

一方、本実験の他の官能評価結果（味・食感・総合評価）においては、使用する水による有意差は認められなかった。理由として考えられることは、日本で市販されているフランスパンが日本の水（軟水）で作られたものが多く、日常食しているパンがそうであるため、普段食べている味や食感がパネルの評価に影響したのではないかということである。つまり人々の味覚や嗜好の評価は、過去の経験や記憶に左右されるため、慣れ親しんだ味として好まれたのではないかと考えられる。

また、軟水の炭酸水を用いて製造したフランスパンは、軟水の普通水と比容積が同じであったが、官能評価の値として低評価の傾向が見られたことは、水に含まれている二酸化炭素が発酵中や焼成中に排出されることにより、軟水の性質であるねばついた性質が增强されたと考えられる。

一般にフランス発祥のパンは、硬くて乾燥した製品が好まれるが、一方で日本発祥のパンはどうであろう。あんパンやクリームパンのような菓子パンは、江戸時代に日本で生まれたパンである。これらの菓子パンは軟らかくてもっちりとした食感を呈し、フランスパンのような硬さがないのが特徴である。これは日本の水が軟水であるため、その軟水を用

いたことで日本発祥の菓子パン独特の軟らかさが増し、それが日本人の嗜好に合致して人々の評価が高まり、日本の食文化として定着したと考えられる。菓子パンは、日本の風土や気候に合った食品であるといえよう。

フランスパンの製造には硬水が適し、菓子パンの製造には軟水が適すことから、パン品質には原材料の原産地が大きく影響し、そのパンの発祥地域原産の原材料を用いることがそれぞれのパンの品質向上につながることを考えられた。これは、その地域で生産された原材料をその地域で消費するという意味の「地産地消」にも関係すると思われる。「地産地消」とは、地域で生産された農林水産物を地域で消費しようとする取組みで、直売所や加工の取組みなどを通じて農林水産業の6次産業化につながるものである¹¹⁾。フードマイレージ¹²⁾を減らし、環境問題の解決を図るとともに、自給率の向上と地域産業の発展の目的で使われている。本研究を通して、「地産地消」は上記目的のみならず、地域で生産された原材料を用いるとその加工品の品質が向上するというメリットもあることを提案したい。品質の向上とは「おいしさ」の向上でもあるため、人々の幸福感の増強にもつながり、食文化の発展にも寄与することが考えられる。

食文化が土壌や水、気候風土に根ざし、その土地で発展する背景には、その土地の環境の潜在力（ポテンシャル）を最大限生かすしくみがあると思われる。今後は、製品の原材料の産地と製品との品質の関係についても深めていきたい。

まとめ

1. フランスパンを硬度約300mg/Lのフランスの水（硬水）で製造したものと硬度が約30mg/Lの日本の水（軟水）で製造したもので比較したところ、フランスの水（硬水）で製造したもののほうが、膨らみがあり体積が大きく、大小不揃いの気泡が点在し、表面の水分活性も低くパリッとした性質で香味も良かったことから、フランスパン製造にフランスの水（硬水）を用いることがフランスパンの品質向上に繋がることが示唆された。
2. 軟水に二酸化炭素を溶かし込んだ炭酸水で製造したフランスパンは、普通水で製造したものより膨らみが少なく、嗜好性も低かったことから、炭酸水（軟水）はフランスパンの製造には適さないことが示唆された。
3. 地産地消という言葉で象徴されるように、製品は製造された場所で材料を入手することで製品の潜在力（ポテンシャル）を引き出すことができ、それが品質向上に繋がることが示唆された。

文献

- 1) 岡本信弘：フランス職人に習う本格パン作り，グラフ社，東京，1999，p.8.
- 2) 田中康夫，松本博：製パンの科学<II> 製パン材料の科学，光琳，東京，1992，pp.195-207.
- 3) 同上，pp.251-262.
- 4) Bennion, E.B.: Breadmaking, Its Principles and Practice; Oxford University Press, 1967, p.45.
- 5) 花田信次郎：食品工業 6 (10), 1963.
- 6) 横屋敬七，水流洋子，唯野哲男：パンの製造に関する研究，日本大学農獣医学部学術研究報告，(40)，160-164，1983.
- 7) 山田密穂，小泉昌子，赤石記子，峯木真知子：酵母の違いがパンの品質に与える影響，72 (12)，796-807，2021.
- 8) 下坂智恵：白神こだま酵母を用いたパンの調製と膨化に関する研究，44 (3)，223-230，2011.
- 9) 松成容子編：フランスパン・世界のパン 本格製パン技術 ドンクが教える本格派

- フランスパンと世界のパン作り，旭屋出版，東京，2005，p. 27.
- 10) Brown, E. B.: Bakery Engrs., 88 (1939).
- 11) 農林水産省. “地産地消の推進について (令和5年1月)”
<https://www.maff.go.jp/j/nousin/inobe/chisan_chisyo/attach/pdf/index-60.pdf>
- (7 May. 2023).
- 12) 藤田まみ. “フードマイレージとは？世界との比較や日本の課題を徹底研究！”.
2022.08.17.
<asahi.com/sdgs/article/14669273>
(20 Dec. 2022).