

のもろさや砕けやすさなどショートネスの評価にとり、マイナスの要因であると述べている。この要因としては、前述のように、グリアジン画分では気泡が安定に保たれるために生地がよく膨化し、クッキーの内部組織が粗になったためと推察された。従って、グリアジン単独のクッキーAの特徴は、破断時は比較的やわらかいが、破断抵抗は大きくショートネスに欠け、破断後も砕けにくいクッキーであるといえる。

クッキーEの破断曲線は、シャープで単調であった。破断後は、もろもろと崩れてプランジャーから逃れるため、荷重が一気に低下した。従って、グルテニン単独のクッキーEの特徴は、破断時は硬いが、破断抵抗は少なくショートネスがあり、破断後は砕けやすいクッキーであるといえる。

グリアジンとグルテニンから構成されるクッキーB、クッキーCおよびクッキーDの破断曲線は、グリアジンとグルテニンの比率が変化するに伴い、クッキーAの破断曲線に類似したものから、クッキーEの破断曲線に類似したものへと移行した。すなわち、クッキーBの破断抵抗はクッキーCに近似しているが、破断時に最もやわらかく、破断後はやや砕けにくい傾向を示した。クッキーDはクッキーCと破断時の硬さは近似しているが、破断抵抗の小さいクッキーであった。そのため、クッキーDは、グルテニンの影響を受けたため、破断抵抗が変化したものと推察された。

以上の結果より、クッキーに使用する小麦粉のグリアジンとグルテニンの比率を変化させることにより、クッキーの物性改変は可能であることが判明した。従来、クッキーの物性改変は、油脂などの副材料の配合割合を変化させることによって行われてきた。しかし、この方法では、求める物性を有するクッキーに、様々な味覚を付与することは難しい。本研究の方法は、この問題を解決するためのひとつの手段になり得ると考えられた。

2. 再構成小麦粉で調製したクッキーの官能特性

破断特性の違いが咀嚼や嚥下に与える影響を明らかにするため、グリアジンとグルテニンの比率が1:1のクッキーCを基準として、官能検査を実施した。

図2に示したように、噛み始めの硬さでは、クッキーAとクッキーBがマイナスのスコアとなり、クッキーCより硬いと評価された。なお、クッキーAとクッキーCの間には、有意差が認められた。クッキーDとクッキーEはプラスのスコアとなり、クッキーCより軟らかいと評価された。これらの結果より、グリアジン単独のクッキーは硬いと評価され、グルテニン含有量の高いクッキーほど、やわらかいと評価される傾向にあることが判明した。ただし、この評価は、破断特性値とは必ずしも一致しなかった。

脆さでは、クッキーAがマイナスのスコアとなり、クッキーCより砕けにくいと評価された。他のクッキーは、いずれもプラスのスコアとなり、クッキーCより砕けやすいと評価された。なお、クッキーDとクッキーCの間には、有意差が認められた。これらの結果より、グルテニン含有量の高いクッキーほど、砕けやすいと評価される傾向にあることが判明した。また、これらの評価は、破断歪率値と概ね一致した。

滑らかさでは、クッキーBおよびクッキーDがプラスのスコアとなり、クッキーCよりざらつきがないと評価された。クッキーEはマイナスのスコアとなり、クッキーCよりざらついていると評価された。クッキーAは、クッキーCとほぼ同等の評価であった。ただし、スコアのばらつきが大きいため、いずれのクッキーもクッキーCとの間に有意差は認められなかった。

粘着性では、クッキーAとクッキーBがプラスのスコアとなり、クッキーCより歯に付きにくいと評価された。クッキーDとクッキーEはマイナスのスコアとなり、クッキーCより歯に付きやすいと評価された。なお、クッキーA、クッキーEとクッキーCの間には、有意差が認められた。これらの結果より、グルテニン含有量の高いクッキーほど、歯に付きやすいと評価される傾向

にあることが判明した。

食塊形成の容易さでは、クッキーAはマイナスのスコアとなり、クッキーCより困難と評価された。クッキーEとクッキーDはプラスのスコアとなり、クッキーCより容易と評価された。クッキーBは、クッキーCとほぼ同等の評価であった。ただし、スコアのばらつきが大きいため、いずれのクッキーもクッキーCとの間に有意差は認められなかった。

飲み込みやすさでは、クッキーAとクッキーBがプラスのスコアとなり、クッキーCより飲み込みやすいと評価された。クッキーDとクッキーEはマイナスのスコアとなり、クッキーCより飲み込みにくいと評価された。ただし、スコアのばらつきが大きいため、いずれのクッキーもクッキーCとの間に有意差は認められなかった。

これらの特性を総合して、高齢者や嚥下障害者用のクッキーとして良いか悪いかを評価する総合評価では、クッキーDのスコアのみがプラスとなり、クッキーCより良いと評価された。クッキーAとクッキーEはスコアがマイナスとなり、クッキーCより悪いと評価された。クッキーBは、クッキーCとほぼ同等の評価であった。なお、クッキーA、クッキーDおよびクッキーEとクッキーCの間には、有意差が認められた。これらの結果より、クッキーDは高齢者や嚥下障害者用クッキーとしてクッキーCよりも適しており、クッキーAとクッキーEはクッキーCより不向きであると評価されたことが判明した。

前述のように、噛み始めの硬さの評価は、破断応力値とは異なる結果となった。倉賀野ら⁵⁾は、クッキーは硬い場合には脆さに欠け、軟らかい場合には脆いと評価される傾向にあると報告している。従って、官能検査では、噛んだときに砕けやすいクッキー(クッキーD、クッキーE)が軟らかいと評価され、砕けにくいクッキー(クッキーA)が硬いと評価されたものと推察された。

脆さの評価は、破断曲線で示された破断後の砕けやすさと同様の傾向を示した。このことから、官能検査における脆さの評価

は、破断特性の結果とよく対応していた。また、破断歪率の大きいクッキーは、破断抵抗が大きいため、官能的に硬いと捉えられたことも推察できた。これらのことから、破断歪率の小さいクッキーDとクッキーEは、クッキーCより軟らかいと評価されたものと推察された。

粘着性と食塊形成の容易さには負の関係があり、歯に付きやすいと評価されたクッキーの方が、食塊形成がしやすいと評価される傾向にあった。一方、粘着性と飲み込みやすさには正の関係があり、歯に付きにくいと評価されたクッキーの方が、飲み込みやすいと評価される傾向にあった。これらのことから、粘着性と食塊形成の容易さや飲み込みやすさの評価には、相関性があるものと推察された。

官能検査の結果より、硬さともろさの評価は、破断特性と対応があることが推察できた。しかし、滑らかさ、粘着性、飲み込みやすさの評価は、破断特性とは明確な対応が得られなかった。

クッキーの主成分は、小麦でんぷんである。クッキーは低水分系食品であるが、加熱によってでんぷんの一部が糊化し、糊化でんぷんに変化する。糊化でんぷんは表面積が増すため、口腔内で唾液と接触すると、速やかに水分を吸収して、粘りのある糊状物質になると推察される。従って、クッキーを乾燥状態で測定したのみでは、口腔内における物性は十分に把握できないと思われた。そこで次に、口腔内環境に近づけた状態でのクッキーの物性測定を試みることにし、官能評価との関連を明らかにすることとした。

3. 再構成小麦粉で調製したクッキーの吸水性および疑似食塊のテクスチャー特性

赤羽と和田⁶⁾は、クッキーの吸水率や吸水速度がショートネス評価の際の食感解析の手がかりとなり、唾液との混ざり方、すなわち口溶けとの関わりが深いと報告している。また、クッキーは、最初の5秒間に急速に吸水し、以後吸水量の増加は緩慢に

なることから、クッキーを口に入れて1回程度咀嚼することで、唾液が吸収されやすいか否かが概ね決まると推察している。そこで、クッキーの吸水率を測定し、結果を図3に示した。

クッキーの吸水率は、クッキーEがクッキーCより有意に大きかった。その他のクッキーとクッキーCとの間には、有意差は認められなかった。この結果より、グルテン単独のクッキーEは、吸水率の高いことが判明した。

前述の官能検査では、滑らかさの評価において、クッキーEがマイナスのスコアとなった。これは、クッキーEは吸水性が高いため、多量の唾液が瞬間的にクッキー表面に吸い取られ、咀嚼しても水分が食塊全体に分散しないため、水分の分布が不均一となり、舌触りが悪く感じられたためと推察された。なお、クッキーEの吸水性の高さは、他のクッキーよりもでんぷんの糊化が促進された結果と考えられた。

次に、クッキー疑似食塊のテクスチャーを測定し、結果を図7に示した。疑似食塊の硬さ応力値は、クッキーAがクッキーCより有意に大となった。その他のクッキーとクッキーCとの間に有意差は認められなかった。これらの結果より、グリアジン単独のクッキーAは、吸水後も硬いことが判明した。

付着性の値は、クッキーAがクッキーCより有意に小さくなり、クッキーEがクッキーCより有意に大となった。これらの結果より、グルテン含有量が増加するに伴い、食塊の付着性は大きくなることが判明した。官能検査では、吸水すると付着性が高くなるクッキーは歯に付きやすいと評価され、食塊形成は容易であるが、飲み込みにくいと評価されたことが推察された。

凝集性の値は、グルテン含有量が増加するに伴い、わずかながら高くなる傾向にあった。ただし、いずれのクッキーも、クッキーCとの間に有意差は認められなかった。

官能検査において、高齢者や嚥下障害者用クッキーとして不向きと評価されたクッ

キーAは、砕けにくく、唾液と混ざりあっても硬く、付着性や凝集性が低いため、食塊形成の困難さがマイナス要因になったものと考えられた。

同様に不向きと評価されたクッキーEは、脆くて砕けやすい性質を有している。脆いクッキーは、むせる危険性や誤嚥を起こす可能性が大きい。そこで、砕けやすいと評価されたことが、マイナス要因に働いたものと推察された。また、川添ら⁶⁾は、クッキーの舌ざわりは、クッキーの嗜好性に最も大きく影響すると報告している。そのため、唾液と混ざり合った後の滑らかさの悪さも、マイナス要因になったものと考えられた。さらに、クッキーEは、凝集性と付着性がともに高いため、歯への付着感が強く、このことが食塊形成にとってマイナス要因になったことも推察された。

クッキーDが、高齢者や嚥下障害者用クッキーとして最も良いと評価された要因は、適度な砕けやすさがあり、唾液と混ざりあうと滑らかさが増すために舌触りがよくなり、適度な付着性と凝集性が食塊形成を容易にしたことによると推察された。

一方、クッキーの飲み込みやすさには、吸水性が大きく影響していた。前述のように、クッキーの吸水性には、でんぷんの糊化状態が関与している。本実験で調製したクッキーでは、糊化に必要な水は添加した水および全卵（主として卵白）から供給される。中でも、添加した水は束縛がない自由水であるため、その大部分は材料混合時に親水性の高いでんぷんおよびたんぱく質（グリアジンまたはグルテン）に吸着する。クッキーAでは、でんぷんよりもたんぱく質への吸着が大となり、その結果、グルテンが吸水して粘弾性を増し、焼成後も他のクッキーより破断歪率が高くなったことや、たんぱく質に吸着した水が多い分、でんぷんの糊化に利用される水が減少し、糊化が抑制されてクッキーの吸水性が低下したことなどが推察された。反対に、クッキーEでは、たんぱく質よりもでんぷんへの吸着が大となり、その結果、でんぷんの糊化が促進されて、糊化でんぷんが連続層

を形成したため、破断抵抗が小さく割れやすくなったことや、糊化度の高いでんぷんがクッキーの吸水性を増したことが推察された。

さらに、水の吸着には、たんぱく質組成が関与していると考えられた。すなわち、グリアジンの比率が高い場合、たんぱく質は親水性を増すため、水はたんぱく質により多く吸着され、反対にグルテニンの比率が高い場合、たんぱく質は疎水性が増すため、水はでんぷんにより多く吸着されると考えられる。従って、クッキーの破断特性や疑似食塊のテクスチャー特性の違いは、材料混合時に水を取り込む成分が、グリアジンとグルテニンの比率の影響を受けて異なることに起因する違いであると推察された。

以上の結果を総合して、咀嚼性および嚥下性に優れた高齢者用食品や摂食・嚥下障害者用の介護食としてクッキーを調製するためには、グリアジンとグルテニンの比率を一般的な小麦粉の比率である1:1から1:2に改変すると良いことが明らかとなった。

E. 結論

1. グリアジン単独のクッキーはやわらかいがショートネスに欠け、砕けにくく、グルテニン単独のクッキーは硬いが、ショートネスがあり、砕けやすかった。グリアジンとグルテニンを混合したクッキーは、両者の中間的性質を示した。このことから、グリアジンとグルテニンの比率を変化させることにより、クッキーの物性改変は可能であることが判明した。
2. 官能検査の結果より、グリアジンとグルテニンの比率を1:2とした場合、最も咀嚼しやすく嚥下しやすいクッキーが得られた。
3. グリアジン単独のクッキーは、吸水性が低いため、疑似食塊は硬く、付着性と凝集性が低かった。グルテニン単独クッキーは、吸水性が高いため、疑似食塊の付着性と凝集性が高かった。グリアジンと

グルテニンを混合したクッキーは、両者の中間的性質を示した。

4. 以上の結果を総合して、咀嚼性および嚥下性に優れた高齢者や摂食・嚥下障害者用のクッキーを調製するためには、小麦粉に含まれるグリアジンとグルテニンの比率を1:2にすると良いことが判明した。

F. 研究発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況

なし

(引用文献)

- 1) 高橋肇・宮岡洋三・新井映子・山田好秋(1999): 嚥下困難者用「粥」の評価, 日摂食嚥下リハ会誌, 3, 36-46.
- 2) 倉賀野妙子・和田淑子(1990): 固脂指数, 脂肪酸組成の異なる油脂を用いたクッキーの物性, 家政誌, 41, 1031-1037.
- 3) 倉賀野妙子・木村宏樹・和田淑子(1991): クッキーの物性に対するグリアジンとグルテニンの役割, 家政誌, 42, 45-52.
- 4) 倉賀野妙子・北尾敦子・山田光江(1988): クッキーのショートネスと硬さが嗜好に及ぼす影響, 家政誌, 39, 665-670.
- 5) 赤羽ひろ・和田淑子(1987): クッキーの性状に及ぼす小麦粉中のグルテン含量の影響, 日食工誌, 34, 474-480.
- 6) 川添節江・石間紀男・吉川誠次(1971): クッキーの材料配合比と食味の関係について, 家政誌, 22, 41-47.

表1 再構成小麦粉の組成

	グリアジン	グルテニン	小麦でんぷん
A	12	0	148
B	8	4	148
C	6	6	148
D	4	8	148
E	0	12	148

(単位, g)

表2 クッキーの形状

	直径	厚さ
A	27.2±0.6***	14.4±0.6**
B	26.2±0.7	13.9±0.8
C	25.7±0.5	13.5±0.3
D	26.0±0.2	12.7±0.7*
E	25.8±0.4	11.8±0.4***

クッキーCを基準(0)とした。
*, **および***は、クッキーC
に対して5, 1および0.1%水
準で有意差が認められたこ
とを示す。

(単位, mm)

表3 クッキーのカラーインデックス

	L*	+a*	+b*
A	80.8±3.7	3.5±1.9	31.4±2.0
B	83.4±3.0	3.3±1.9	30.6±2.2
C	82.5±2.3	3.6±1.5	30.8±1.9
D	84.3±2.3	2.3±1.8	30.0±2.3
E	83.5±2.0	2.0±1.4*	28.5±2.1*

クッキーCを基準(0)とした。*は、クッキーCに対して51%水準で有意差が
認められたことを示す。

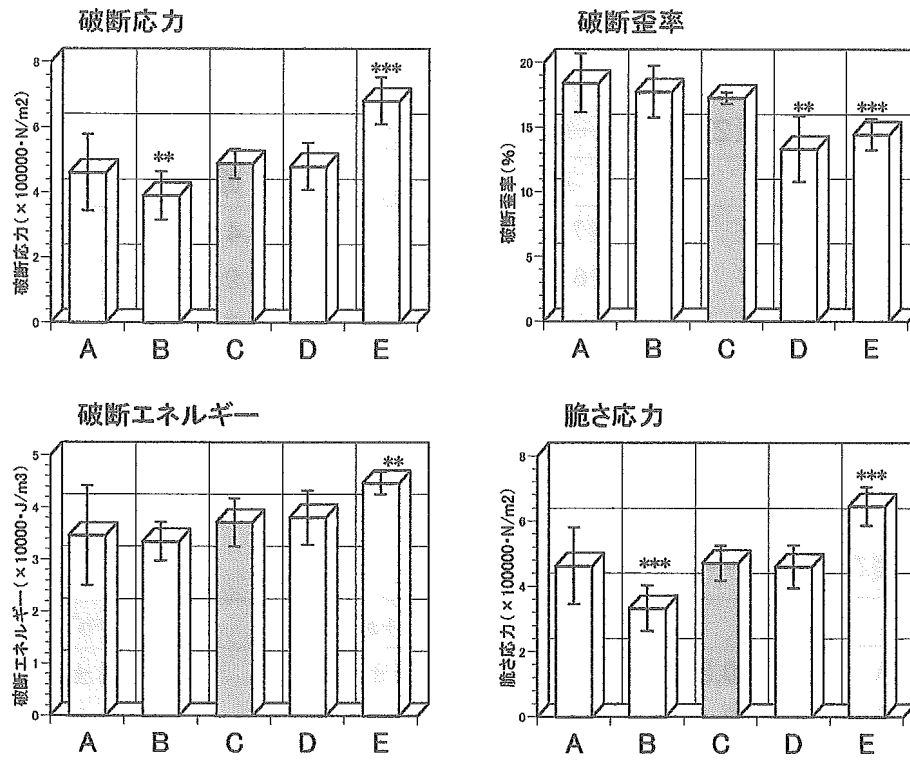


図1 クッキーの破断特性値

クッキーCを基準(0)とした。**および***は、クッキーCに対して1および0.1%水準で有意差が認められたことを示す。

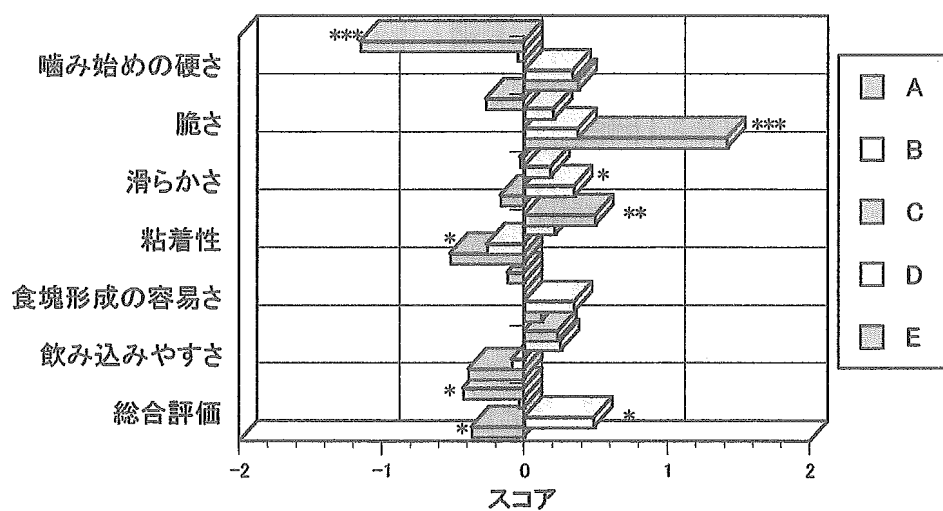


図2 クッキーの官能スコア

クッキーCを基準(0)とした. *, **および***は, クッキーCに対して 5, 1および0.1%水準で有意差が認められたことを示す.

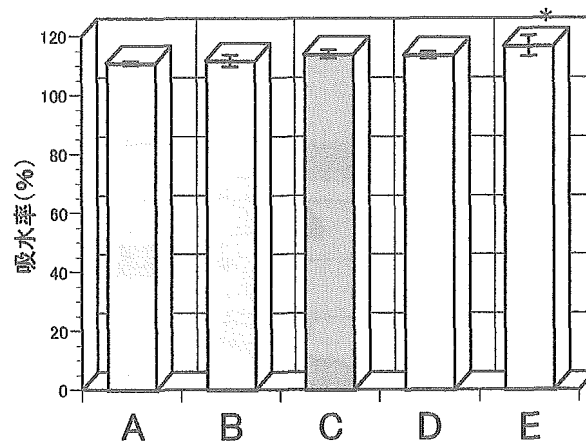


図3 クッキーの吸水率

クッキーCを基準(0)とした。*は、クッキーCに対して5%水準で有意差が認められたことを示す。

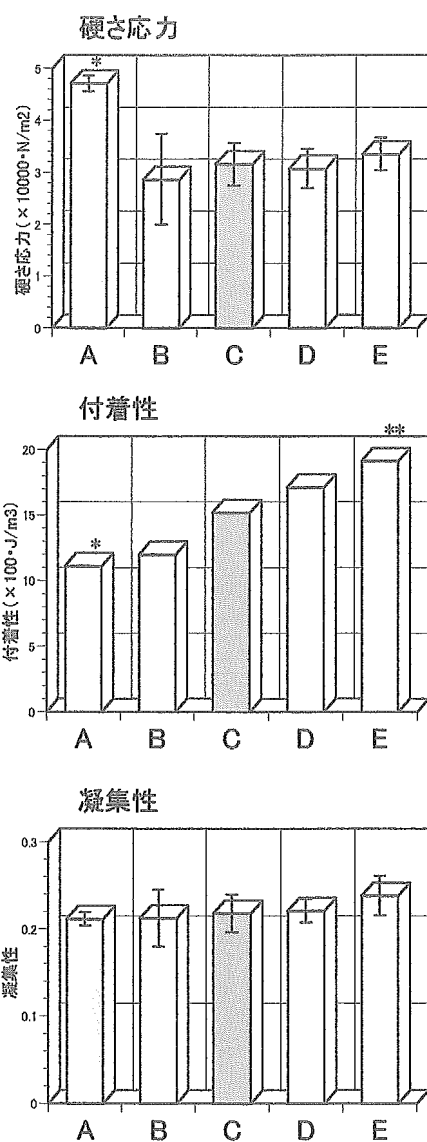


図4 クッキー疑似食塊のテクスチャー特性値

クッキーCを基準(0)とした. *および**は, クッキーCに対して5および1%水準で有意差が認められたことを示す.