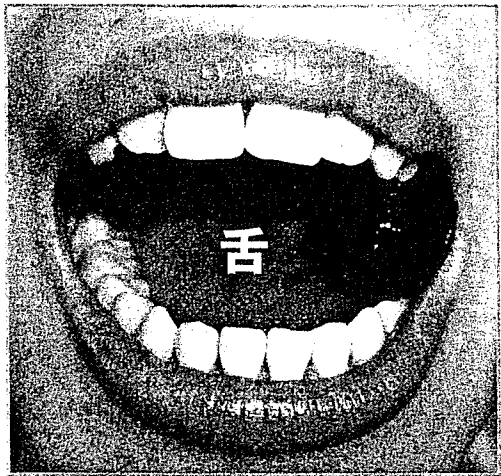
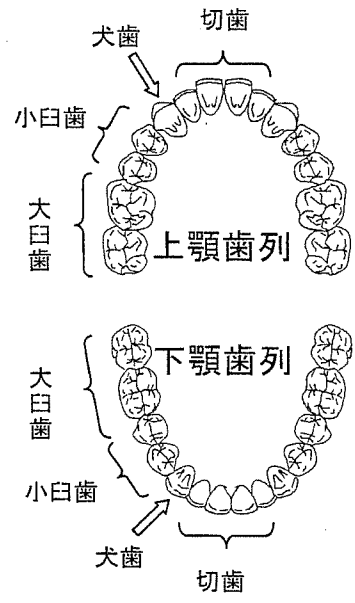
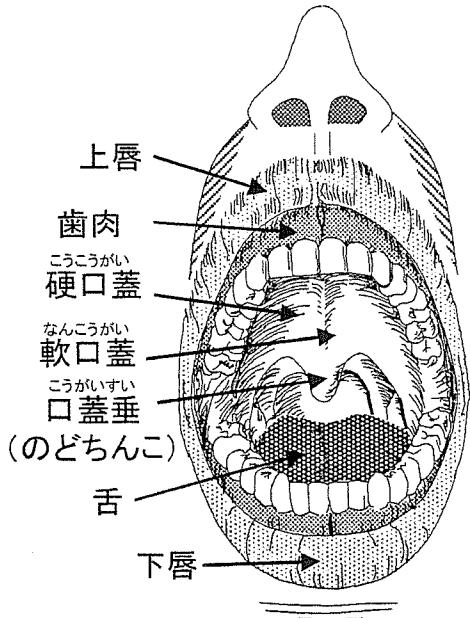


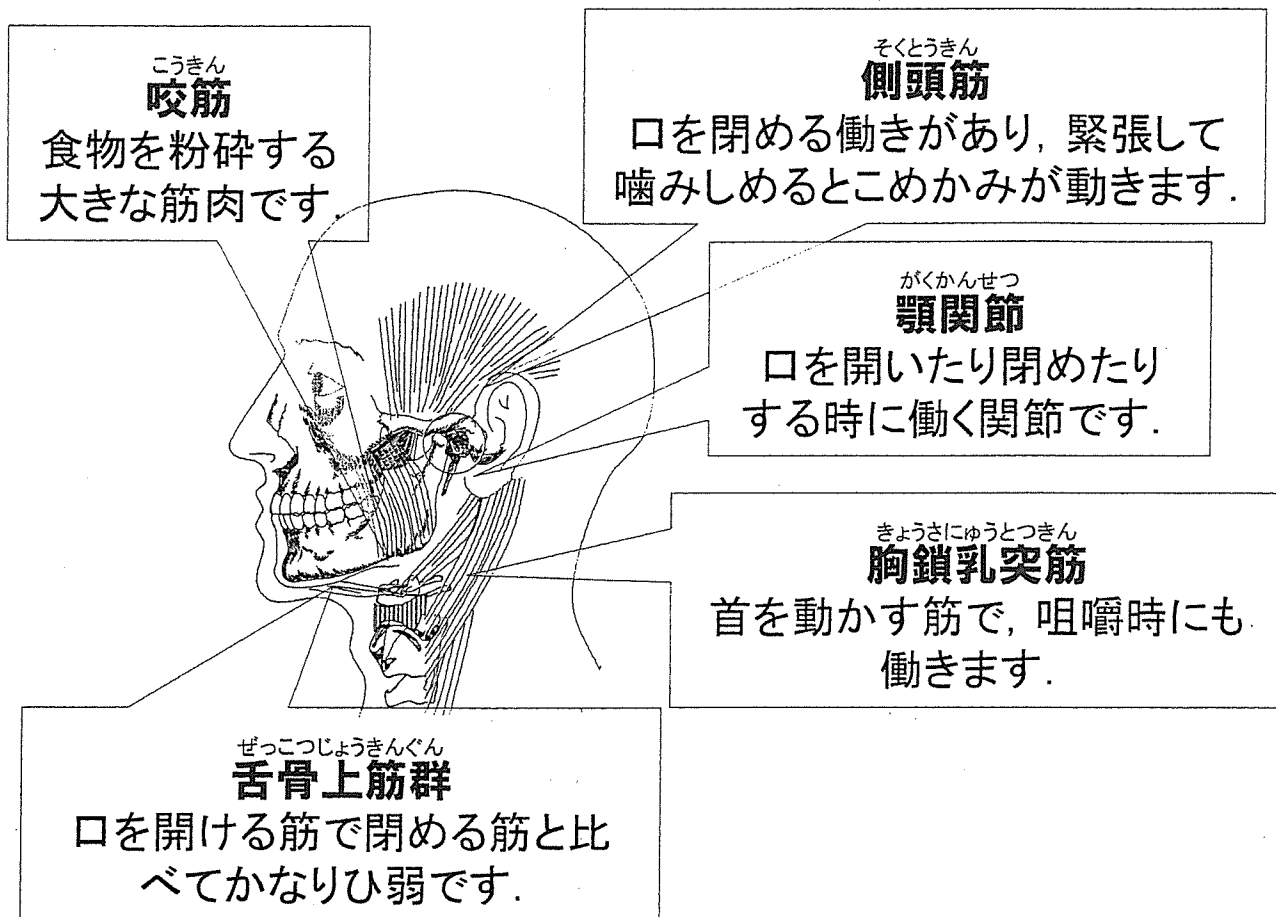
食べるための体のしくみ：口の中



舌と頬は協力して
食物を上下の歯の間
に保持します。

口は栄養を取り込む消化器官の入り口です。口を開けると歯が上下14本ずつ並び、横に頬があります。上の歯の間には口蓋があり、奥にある‘のどちんこ’(口蓋垂)につながっています。下の歯の間には舌があり、食物を飲み込む際には口蓋に押しつけるようにして奥に押し込みます。

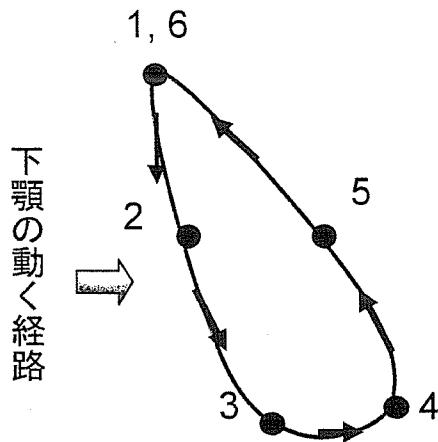
食べるための体のしくみ：口の周り



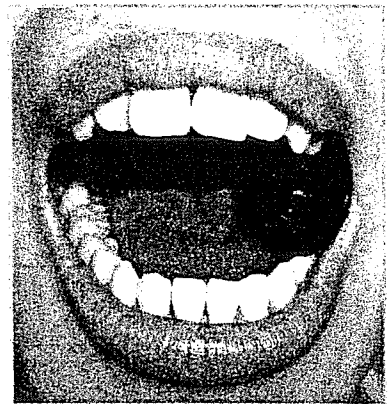
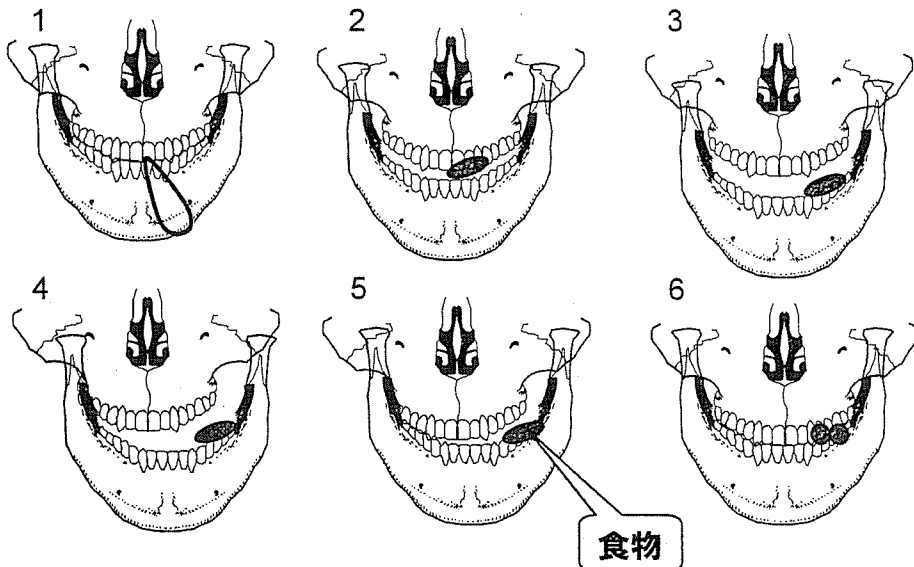
食べるときには口を閉じる、開ける、首を動かすなど、多くの筋肉が働きます。咬筋は頬にある筋で、硬い食物を噛むときに強く働きます。噛む力の強い人はこの筋が大きく、顎の角が角張っています。側頭筋は話をするときや、力を入れずに口を閉じるときに下顎を引き上げるのに働く筋です。イライラしたときなど、無意識のうちに噛みしめを行うと、この筋が強く働き、疲れて痛くなることがあります。緊張した場面でこめかみの部分が‘ひくひく’動くのは、噛みしめによりこの筋が強く働いているからです。耳の前方から扇形に広がっています。

ふんさい そしゃく

食物の粉碎（咀嚼）



1. 顎を閉じる
2. 顎を右（または左）にずらしながら開ける
3. 食物を歯の間に入れる
4. 食物を上下の歯でとらえる
5. 食物をすりつぶす
6. 再びあごを閉じる
（食物は粉碎される）



奥歯（臼歯）もあごと一緒に動き食物をすりつぶします。

鏡で食べるところを見てみましょう。咀嚼するとき、顎は単に開閉するだけではありません。奥歯（臼歯）で食物をすりつぶすため、少し右または左に膨らんだ楕円運動（図示）をします。このとき膨らんだ側の歯が食物を粉碎します。

この複雑な動きをあなたは考えて食べていますか？
実はこの複雑な運動プログラムは脳にあり、たとえば新聞を読みながらでも、意識せずにできるのです。

だえき
唾液の働き

口の中を洗い流し
殺菌してくれます。

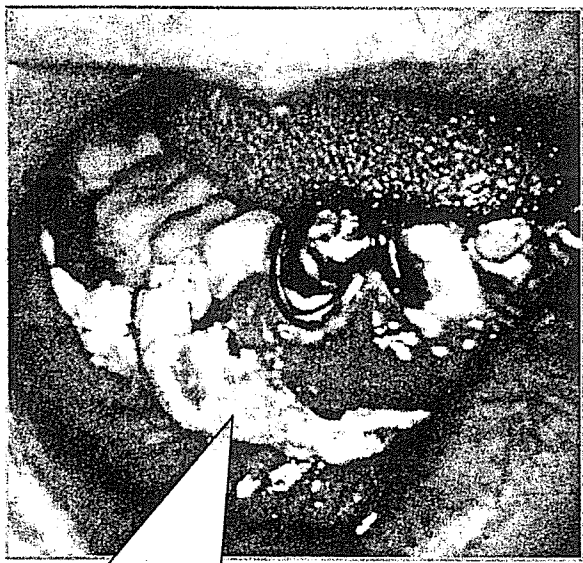
1日に約1.5リッター
も出ています。

消化酵素など消化を助け
る成分が入っています。

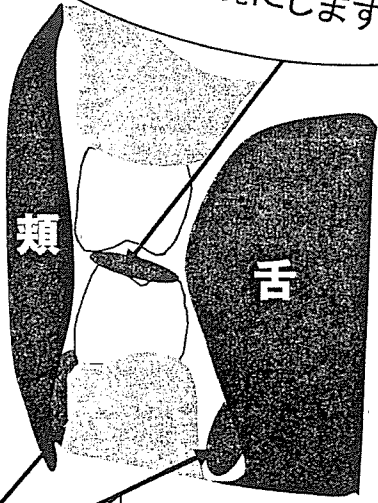
咀嚼時、舌は食物を唾液と混ぜるようにかき混ぜます。
このため、**食物の味**を十分感じる事が出来ます。
また、**噛む**ことが刺激となって**唾液**もよく出てきます。

注意！ 病気や薬が原因で唾液の出が悪くなる場合があります。

緊張するとネバネバした唾液が出ます。
ゆったりした気分でおいしく食べると
サラサラした唾液が出てきます。



食物を噛むことで粉碎し
唾液と混ぜて飲み込み
やすい食塊にします。



注意！ 歯と頬、歯と舌の間に
食物がたまりやすいので食後
口の中をきれいにしましょう

唾液が出なくなると
こんなところが汚れます。

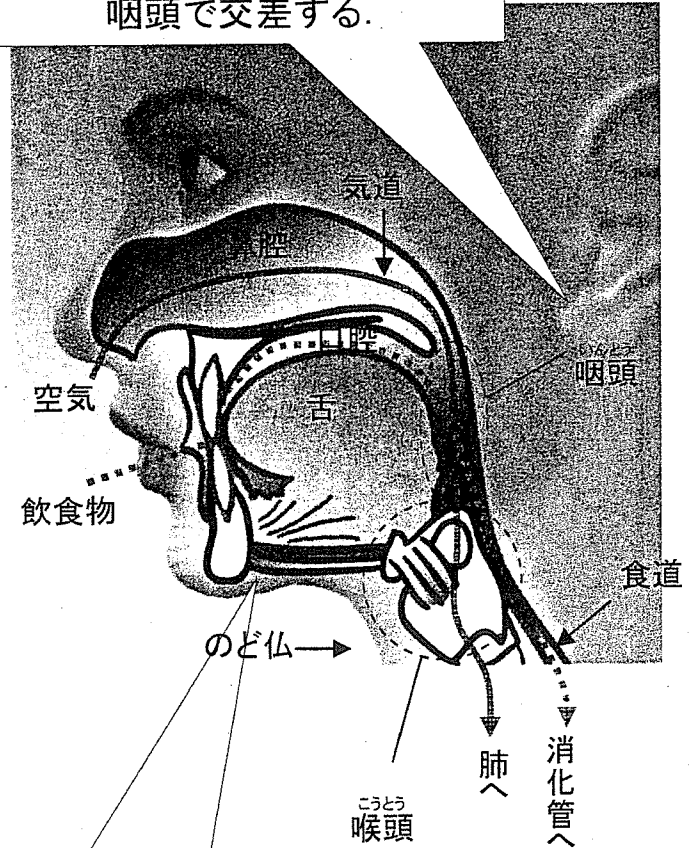
えんげ

嚥下（飲み込むこと）

食物の通路（食道：赤点線）と
空気の通路（気道：青線）が
咽頭で交差する。

嚥下ってなん
ですか？

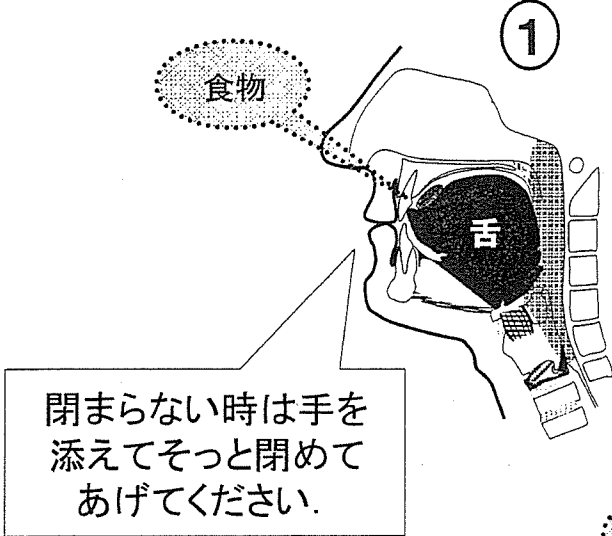
いつもは‘のど’の奥（咽頭）は鼻から入った空気を喉頭・気管を経て肺に送る通路になっています。しかし、食事中は口から入った食物を食道に送る通路になります。咽頭は空気と食物の通り道で、嚥下はその交通整理をしています。



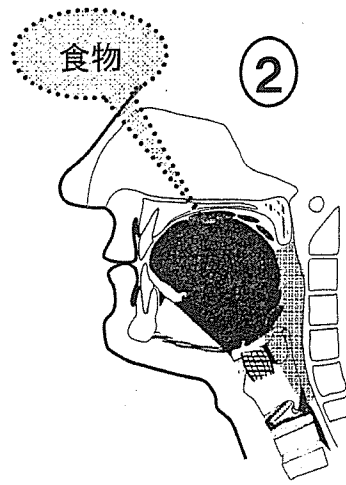
唾液を飲んでみてください。‘ゴクン’と飲み込むとき、のど仏が上がります。これは唾液や食物が咽頭から食道に送り込まれる際、誤って気管に入らないように喉頭が持ち上がって、気管の入り口にふたをしたのです。加齢や脳卒中の後遺症でのどの周りの筋肉の力や動きが悪くなると食物が気管に落ちて、‘むせ’ます。

嚥下の順序

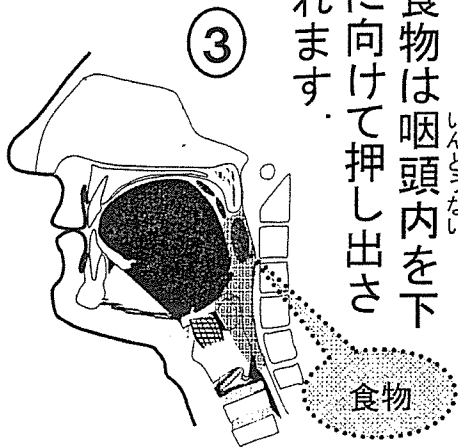
唇を閉じて、舌が食物をすくい上げます。



軟口蓋なんこうがいは持ち上がり、舌が食物を咽頭いんとうに押し込みます。



食物は咽頭内いんとうないを下に向けて押し出されます。



食物は気管の入り口を避けて食道に送り込まれます。



失敗すると食物が気管に入ることがあります。
(誤嚥)

ここまで1秒かかりません。

のど仏が上がります。

上手に食べられない、飲み込めない

咀嚼や嚥下は、健康なら意識しなくてもできます。しかし、加齢や脳卒中などで感覚が鈍ったり、筋肉が上手に動かせなくなると「食べようとしなない」「食物を上手に口に運べない」「上手に噛めない」「飲み込めない」といったさまざまな障害が出てきます。このような症状を‘**摂食・嚥下障害**’とよんでいます。

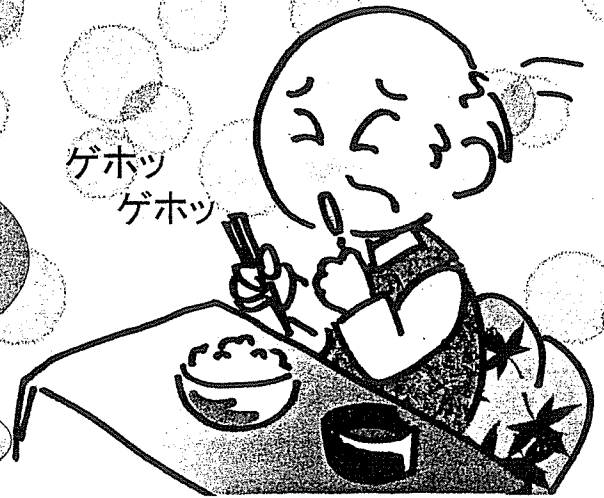
放っておくとどうなるの？

食欲がなくなり
栄養が不足します。

水分が不足すると血液が固まり易くなります。

食べるのが苦痛になり、楽しみの一つが失われます。

ゲホッ
ゲホッ



さらに

食物が気管や肺に入ることを‘**誤嚥**’とよび、

1. むせます。
2. 息が苦しくなります。(時には窒息します。)
3. 食物が細菌を運んで、肺炎になることもあります。

むせないといって安心しないで、むせる元気もない人もいます。

食事中むせたり、食後元気がなくなったり、風邪でもないのに熱が出るようなら、専門家に相談しましょう。

重要なことは原因を突き止めることです。

どうすればよいのでしょうか？

要介護者の状態
を正しく知る、
そして

専門家に相談
しましょう

- ・食品の物性や調理方法の工夫
- ・食べやすい食材の選択
- ・体の向きや角度など姿勢を調節
- ・食事の介助方法を工夫

好きなものを好きな
人と楽しく食べる
ことが重要です。

口腔ケア

注意！
口の中が汚いと、
食事がまずい上に、
肺炎などの病気の
危険性が増えます。

まず、お腹が減っ
ているか、確認を

食前、食後に楽しくお口の中
を清掃しましょう。

とろみ
増粘剤

注意！
水は流れが良い
ので、誤嚥し易い
食物です。

ビールやお酒も対象となります。

包丁の入れ方ひとつで
噛みやすくなります。

調理の
工夫

注意！
好きなものは食べ
やすく、嫌いなもの
は食べにくい

見た目、匂い、味、歯ごたえ
など、おいしさの要素を考え
てください。
温度もおいしさの一つです。

介助の
工夫

注意！
なるべく上体を起
こし、食事にあつた
清潔な環境で、
ゆっくり、楽しく

寝た姿勢は食べにくく誤嚥を招きます
腹に重い布団はのっていませんね！

浅いスプーンで少量ずつ、口に
残っていないか確認しながら

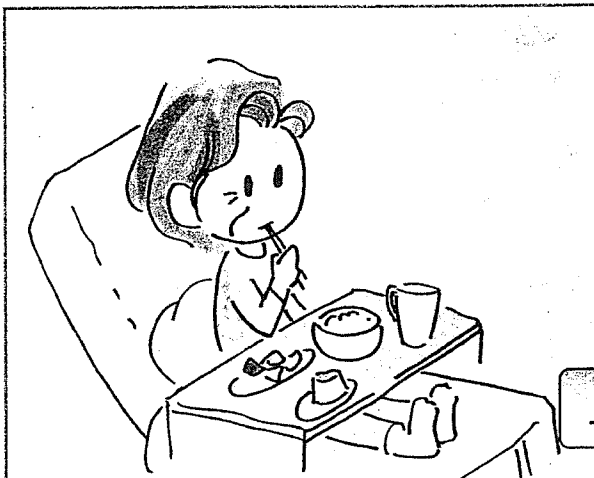
楽しい食事の場づくりをしましょう

食事介助の必要な高齢者には、食べる意欲を引き出すために、いろいろな工夫が求められます。高齢者がどんな食事を“食べたい”と望んでいるのかを考えて下さい。

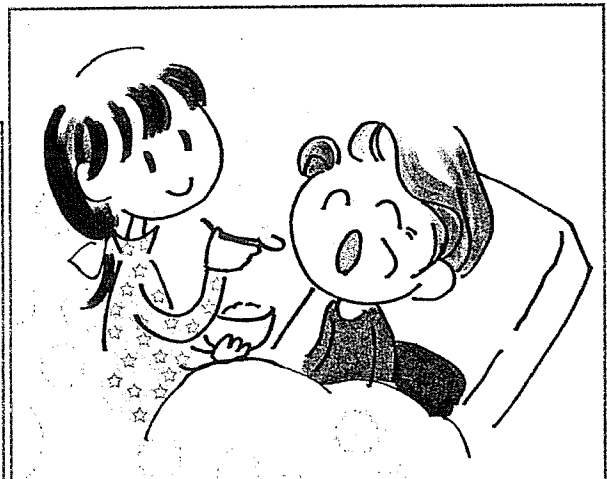


1. 皆で一緒に楽しい食事環境をつくりましょう。
2. 食卓に季節感(旬の素材, 季節の花など)を演出してみましょう。
3. 食器の色や形, 食事の盛り付けに配慮しましょう。
4. 本人の食べたいもの, 好きな物を出しましょう。
5. 食事時間を十分にとりましょう。

食べるときの姿勢も重要です



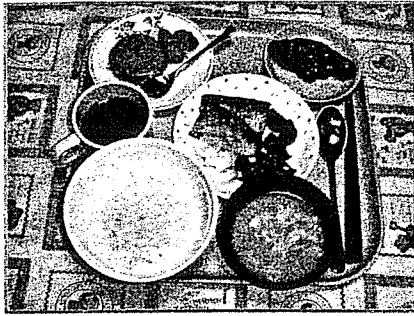
ベッドの上やイスに座っての食事姿勢



上半身を起こし頭(首)を前屈した食事姿勢

用語の解説

頁	用語	解説
1	栄養・代謝	食物として体に取り入れられた栄養は化学反応を利用して分解されたり、必要な物質に組み替えられたりします。これを代謝と言います。筋肉を動かすときのエネルギーも代謝によって作られます。
3	食物の認知	人は食物を食べる前に、見た目や匂いで食べられるかどうかを確認します。これを食物認知と言います。
	食物の粉碎 <small>そしゃく</small> (咀嚼)	硬い食物や大きな食物は、歯で噛み砕き細かくします。この口の働きを咀嚼と呼び、このときに食物は唾液と混ぜられて飲み込みに適したかたまり(食塊:しよっかい)になります。
	飲み込み <small>えんげ</small> (嚥下)	食物や飲料水を'ゴクン'と飲み込むことを嚥下と言います。このとき'のど仏'が動き、食物を食道に送り込みます。
	食べること <small>せつしょく</small> (摂食)	口から食物を食べることを摂食と言います。



頁	用語	解説
8	加齢	人の誕生・発育・成長・老化の過程を、加齢と言います。
11	食品の物性	食物の味や匂いは化学的な性質により決まります。一方、硬さ・ネバっこさ・くつきやすさなど、物理的性質を食品の物性と言います。
	<small>こうくう</small> 口腔ケア	<p>お口の中を清掃すると同時に、筋肉や皮膚に刺激を与えることです。食べ物の残りかすや細菌のかたまりを取り除くことで、肺炎の防止になります。筋肉や皮膚をこすったり動かすことで運動・感覚機能が増進します。</p> <p>専門的には、</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 歯石の除去 2) 義歯の手入れ、 3) 摂食・咀嚼・嚥下訓練 <p>などもあります。</p>
	専門家	<p>摂食・嚥下障害を専門にしている医師・歯科医師が近くにいない場合には、近くの歯科・耳鼻科・リハビリテーション科の先生に紹介してもらいましょう。</p>



在宅介護者のハンドブック
在宅介護の食事介助マニュアル <基礎編>

2006年12月 発行

厚生労働科学研究・長寿科学総合研究事業

「安全でおいしい新嚥下補助食を利用した家庭や介護施設における
食事介助の在り方に関する研究」

主任研究者	新潟大学大学院医歯学総合研究科教授	山田好秋
編集	明倫短期大学	江川広子
	ホリカフーズ株式会社	別府 茂
	新潟大学大学院医歯学総合研究科	山村千絵
	新潟大学大学院医歯学総合研究科	黒瀬雅之

クッキーの咀嚼・嚥下特性に与えるグルテン 構成たんぱく質組成の影響

Effects of Gluten-Constituent Protein Compositions on Chewing
and Swallowing Characteristics of Cookies

新井 映子¹⁾, 山村 千絵²⁾, 江川 広子²⁾, 城 斗志夫³⁾,
島田 久寛⁴⁾, 山田 好秋²⁾

Eiko Arai¹⁾, Chie Yamamura²⁾, Hiroko Egawa²⁾, Toshio Jyoh³⁾,
Hisanori Shimada⁴⁾, Yoshiaki Yamada²⁾

要旨 本研究では、グルテン構成たんぱく質のグルテニンとグリアジンの比率を変化させた5種類の再構成小麦粉を使用して、咀嚼・嚥下機能が減退した高齢者や摂食・嚥下障害を持つ方に適した物性を有するクッキーの調製を試みた。グルテニンとグリアジンの比率が異なるクッキーの破断特性、吸水性およびモデル食塊の物性を、機器測定と官能検査によって評価した。グリアジンとグルテニンの比率を市販小麦粉のそれに近い1:1から1:2に変えた場合、クッキーは破断歪が減少して砕けやすくなり、吸水性が向上して唾液と混ざると滑らかになった。若年健常者による官能検査においても、グリアジンとグルテニンの構成比率が1:2のクッキーは、1:1のクッキーよりも、高齢者食や介護食用のクッキーとして適していると評価された。これらの結果より、高齢者食や介護食に適するクッキーを調製するためには、グルテンに占めるグルテニンの比率を増加させるとよいことが推察された。グルテニンの増加によるクッキーのおもな物性改変要因は、グルテニンが増すことにより、生地調製時にグルテンに吸水される水分が減少し、代わりにでんぷんに吸収される水分が増加して、でんぷんの糊化が促進されたためと推察された。

key words: クッキー, グルテン組成, 破断特性, 吸水性

〈所属〉

- 1) 静岡大学教育学部
- 2) 新潟大学大学院医歯学総合研究科
- 3) 新潟大学農学部
- 4) (株)レシピ計画

- 1) Faculty of Education, Shizuoka University
- 2) Graduate School of Medical and Dental Sciences, Niigata University
- 3) Faculty of Agriculture, Niigata University
- 4) Recipe Keikaku Co., Ltd.

〈連絡先〉

〒422-8529 静岡市駿河区大谷 836
静岡大学教育学部
新井 映子
TEL 054-238-4685 FAX 054-238-4685
e-mail address : ejearai@ipc.shizuoka.ac.jp

緒 言

米を主食とする日本では、近年、咀嚼や嚥下機能が減退した高齢者や、脳血管障害などによって摂食・嚥下に障害を持つようになった方たちが食べやすく、誤嚥を起こしにくいように改良された粥¹⁻³⁾が開発され、施設や病院などで利用されている。

一方、米と同様に日本人の食生活に欠くことのできない小麦粉を主原料とした高齢者食や介護食については、南ら⁴⁾のクリームサンドビスケットや、小城ら⁵⁾の食パンに関する報告はあるが、研究例は少ない。そこで本研究では、高齢者や摂食・嚥下障害を持つ方たちが栄養補給や食の楽しみを目的として摂取する小麦粉原料のクッキーについて、高齢者食や介護食として望ましい物性を

付与する方法を検討することとした。

現在、市場に流通している小麦粉は、グルテンの構成たんぱく質であるグリアジンとグルテニンの比率が1:1に近くなるように調整されている。グリアジンは流動性を有する粘着性の高い性質で、グルテニンはゴム状で弾力性に富んだ性質である⁶⁾。小麦粉に水を加えて混捏すると、これらのたんぱく質が分子間で架橋構造を形成することにより、小麦粉特有の粘弾性を持ったグルテンができる。

先に倉賀野ら⁷⁾は、小麦たんぱく質を分画して得た酸可溶性グルテン、酸不溶性たんぱく質、グリアジン画分およびグルテニン画分を用いた再構成小麦粉でクッキーを調製し、それらの成分がクッキーの物性に与える影響を検討した。その結果、グリアジン画分を添加したクッキーは軟らかいが破断歪は大きく、グルテニン画分を添加したクッキーは硬いが破断歪は小さいことなどを明らかにした。これらの知見より、われわれは、性質の異なるグリアジンとグルテニンの比率を変えることにより、クッキーの物性制御は可能であると考えた。

そこで本研究では、グリアジンとグルテニンの比率が異なる5種類の再構成小麦粉を使用してクッキーを焼成し、破断特性の測定、モデル食塊のテクスチャー測定および官能検査を行うことにより、高齢者食や介護食として望ましい物性を有するクッキーの調製方法について検討することとした。

材料と方法

1. 材料

小麦たんぱく質には、グリコ栄養食品(株)から恵与された食品加工用途の高グリアジン画分たんぱく質(グルノールNo.1)と高グルテニン画分たんぱく質(グルテニンNo.2)を使用した。その他の材料は、食品加工用途の小麦でんぷん(千葉製粉製(株)、上白糖(日清製糖(株)、有塩バター(雪印乳業(株)、鶏卵(賞味期限内の市販卵)および水(蒸留水)である。

2. 試料調製

1) 再構成小麦粉

たんぱく質含有量は、1等粉の薄力粉の含有量(6.5~8.0%⁸⁾)に準じて7.5%に設定した。表1に示したように、高グリアジン画分(以後「グリアジン」と略す)と高グルテニン画分(以後「グルテニン」と略す)の比率が1:1のものを中心として、それぞれの単独使用を含むA~Eの5種類の小麦たんぱく質(12g)に小麦でんぷん(148g)を添加し、再構成小麦粉(以後「小麦粉」と略す)を調製した。以後、これらの小麦粉で焼成

表1 再構成小麦粉の組成

	小麦たんぱく質		小麦でんぷん
	高グリアジン画分	高グルテニン画分	
A	12	0	148
B	8	4	148
C	6	6	148
D	4	8	148
E	0	12	148

(g)

したクッキーを、A, B, C, DおよびEと称する。

2) クッキー

倉賀野ら⁷⁾の方法に準じた。ただし、本研究ではグリアジンとグルテニンの性質をより強くクッキーに発現させるために、倉賀野ら⁷⁾の配合比から油脂を減らして小麦粉を増量し、小麦粉:油脂:水=160:25:20とした。

1回(30個分)の調製法は、以下の通りである。バター(25g)に上白糖(45g)を加えて混合し、全卵(35g)を加えてさらに混合した。ふるいを通した小麦粉(160g)と水(20ml)を加えて十分に混捏し、クッキー生地とした。クッキー生地を厚さ10mmに伸展した後、直径25mmの円形に抜き取り、180℃のコンベンションレンジ(RCK-10NG, リンナイ(株))で15分間焼成した。焼成後のクッキーは室温で放冷後、ポリエチレン袋に入れて密封し、-25℃の冷凍庫内で保存した。

実験には、密封冷凍保存したクッキーを20℃で1時間放置して常温に戻した後、破断測定に30枚、官能検査に40枚、吸水率測定に10枚およびモデル食塊のテクスチャー測定に10枚程度を使用した。

3) クッキーのモデル食塊

ビニール袋にクッキー3枚を入れ、木槌で軽くたたいて破碎した後、目開き2mmと1mmのふるいを通した。ふるい上に残ったクッキーは再度粉碎してふるいを通し、大きさが1~2mmの破碎試料を得た。破碎試料(8g)をビーカー(25ml)に採取して水(12ml)を加え、葉さじで10回軽く攪拌しながら混合した。混合後のモデル食塊は、直ちに3のテクスチャー測定用容器に充填し、測定に供した。

3. 測定方法

1) クッキーの破断特性

クリーブメーター(RE-33005, 株式会社山電, 以下同様)を使用して破断応力、破断歪率、破断エネルギーおよび脆さ応力を測定した。測定条件は以下の通りである。ロードセル, 20kgf; プランジャー, ポリアセタール樹脂製円形(直径16mm); 測定スピード, 1mm/秒; 測定歪

率, 80%。測定は各クッキーについて20枚ずつ実施し, 結果を平均値±標準偏差で表した。

2) クッキーの官能検査

被験者は, 健常な女子大学生20名(20~22歳, 平均年齢 21.1 ± 0.6 歳)とした。研究の趣旨からは, 咀嚼・嚥下機能が減退した被験者を対象とすることが望ましいが, 今回はグルテン構成たんぱく質組成がクッキーの咀嚼や嚥下に与える基礎的データの収集を目的としているため, 誤嚥の危険性などを考慮して若年健常者を用いることとした。検査に先立ち, 被験者全員に研究の趣旨や方法, 起りうる危険や必然的に伴う不快な状態への十分な説明を行い, 理解と同意を得た後に実施した。実施時期は2003年12月である。

検査は, Cを基準試料(0)として, A, B, DおよびEを評価してもらう方法を用いた。白の紙皿に3種類のクッキー(A, BとCまたはD, EとC)をそれぞれ2個ずつのせ, 水を入れたコップとともに被験者に提供した。被験者には, Cを試食した後, 口腔内に食塊が残らないように少量の水を飲んでもらい, 検査対象のクッキーを試食してもらった。また, 同一クッキー間のばらつきを考慮して, 被験者には必ず2個のクッキーを試食した後に, 2個のクッキーの性状を平均化して評価してもらうように指示した。

評価項目は, 赤羽と和田⁹⁾および南ら⁴⁾の方法を参考にして, 噛み始めの硬さ, 脆さ, 滑らかさ, 粘着性, 食塊形成の容易さ, 飲み込みやすさおよび高齢者食・介護食用のクッキーとしての総合評価の7項目とし, 評価には+2から-2までの評価尺度を用いた。結果をスコアの平均値で表した。

3) クッキーの吸水率

赤羽と和田⁹⁾の方法に準じた。クッキーを5秒間水に浸漬後, 取り出して過剰な水分を濾紙(No.2, 東洋濾紙(株))で15秒間除去し, 重量測定した。吸水率は, 吸水後重量を吸水前重量で除して求めた。測定は各クッキーについて10枚ずつ実施し, 結果を平均値±標準偏差で表した。

4) モデル食塊のテクスチャー特性

モデル食塊をステンレス製容器(内径40mm, 深さ15mm)に充填した後, クリープメーターを使用して硬さ応力, 付着性および凝集性を測定した。測定条件は以下の通りである。ロードセル, 2kgf; プランジャー, ポリアセタール樹脂製円形(直径20mm); 測定スピード, 1mm/秒; 測定歪率, 80%; 圧縮回数, 2回。測定は各クッキーのモデル食塊について5回ずつ実施し, 結果を平均値±標準偏差で表した。

5) 統計処理

統計解析には, SPSS 14.0J Base Systemを使用した。平均値の差の検定は, 対応のあるサンプルのt検定による。

結 果

1. 再構成小麦粉で調製したクッキーの性質

クッキーの咀嚼・嚥下特性を評価するにあたり, 始めにクッキーの一般的性質を明らかにしておく必要があると考え, 形状と破断特性を測定した。結果の評価はCを基準として行った。

1) 形 状

表2に示したように, クッキーの直径(長径)は, AがCより有意($p < 0.001$)に大となった。他のクッキーとCとの間に有意差は認められなかった。厚さは $A > B > C > D > E$ の順となり, A, DおよびEとCの間にはそれぞれ有意差($p < 0.01$, $p < 0.05$, $p < 0.001$)が認められた。これらの結果より, グリアジン含有量が高いクッキーほど直径, 厚さともに大となることが判明した。

表2 クッキーの形状

	直径(長径)	厚 さ
A	$27.2 \pm 0.6^{***}$	$14.4 \pm 0.6^{**}$
B	26.2 ± 0.7	13.9 ± 0.8
C	25.7 ± 0.5	13.5 ± 0.3
D	26.0 ± 0.2	$12.7 \pm 0.7^*$
E	25.8 ± 0.4	$11.8 \pm 0.4^{***}$

(mm, 平均値±標準偏差)

*, **および***は, クッキーCに対して5% ($p < 0.05$), 1% ($p < 0.01$) および0.1% ($p < 0.001$)水準で有意差が認められたことを表す。

2) 破断特性

図1にクッキーの代表的な荷重-歪曲線を, 図2に破断特性値を示した。破断応力値は, BがCより有意($p < 0.01$)に低く, EがCより有意($p < 0.001$)に高くなった。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硬くなる傾向にあることが判明した。ただし, グリアジン単独のAは, Bより若干高い値を示した。

破断歪率の値は, DとEがCより有意($p < 0.01$, $p < 0.001$)に低くなった。破断歪率が低いということは破断までの時間が短いことであり, 破断抵抗が小さいといえる。従って, グルテニン含有量の高いクッキーほど, 破断抵抗は小さくなることが判明した。

破断エネルギー値は, EがCより有意($p < 0.01$)に

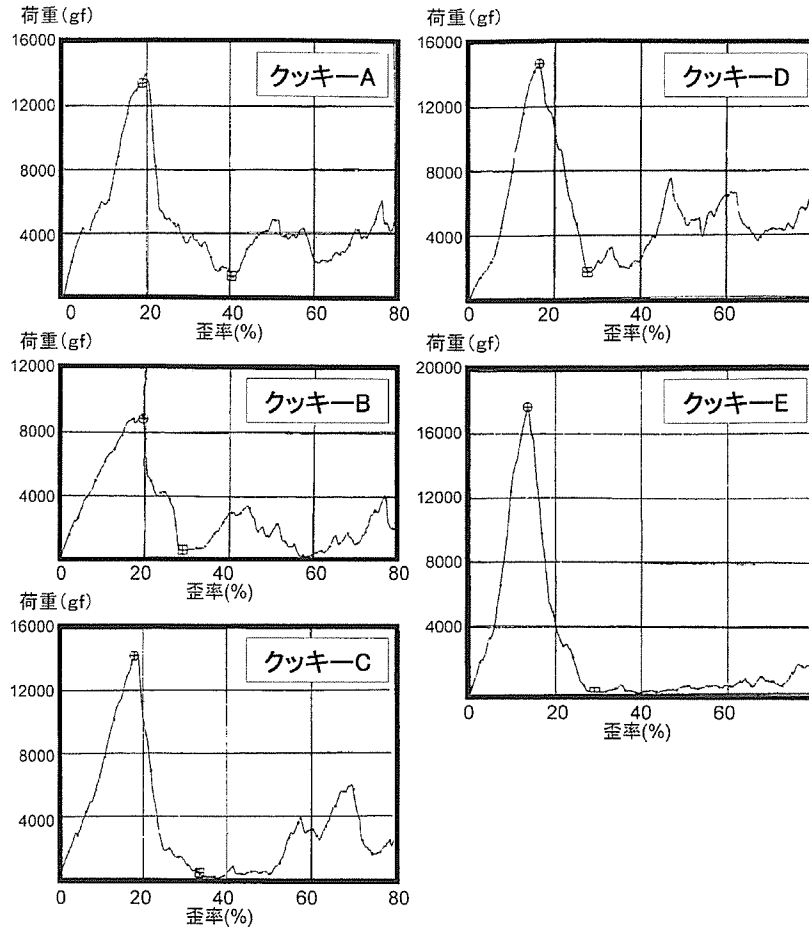


図1 クッキーの代表的な荷重-歪曲線

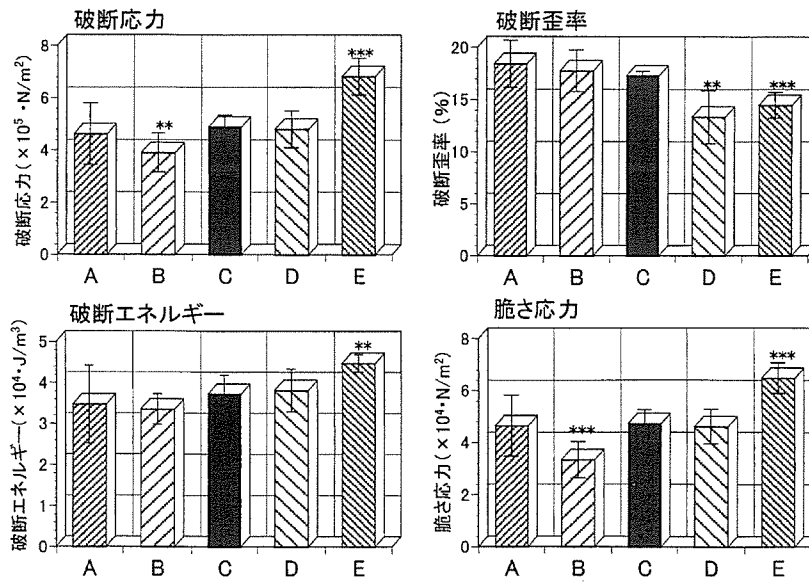


図2 クッキーの破断特性値

*, **および***は、クッキーCに対して5% ($p < 0.05$), 1% ($p < 0.01$) および0.1% ($p < 0.001$) 水準で有意差が認められたことを表す。

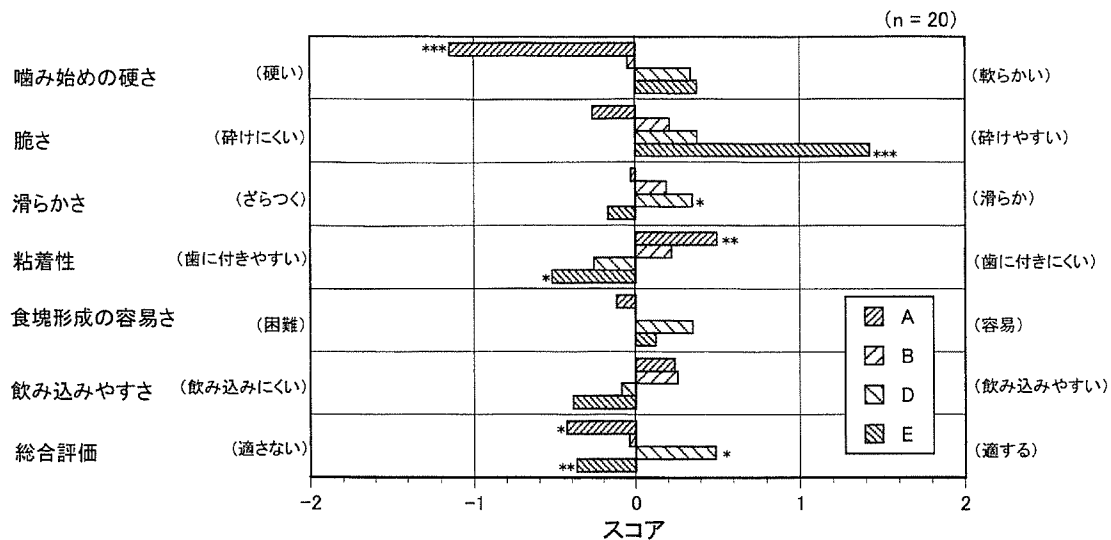


図3 クッキーの官能スコア

*, **および***は、クッキーCに対して5% ($p < 0.05$)、1% ($p < 0.01$) および0.1% ($p < 0.001$) 水準で有意差が認められたことを表す。

高くなった。他のクッキーとCとの間に有意差は認められなかったが、グルテンが増加するに伴い、破断エネルギー値は増加する傾向にあることが判明した。

脆さ応力値は、BがCより有意 ($p < 0.001$) に低く、EがCより有意 ($p < 0.001$) に高くなった。これらの結果より、グルテン含有量が高くなるに伴い、クッキーは脆くなる傾向にあることが判明した。ただし、グリアジン単独のAは、Bより若干高い値を示した。

なお、各クッキーの荷重-歪曲線の特徴については、後に考察する。

2. 再構成小麦粉で調製したクッキーの官能特性

クッキーの破断特性の違いが、ヒトの咀嚼や嚥下に与える影響を明らかにするため、Cを基準試料として官能検査を実施し、結果を図3に示した。

噛み始めの硬さは、AとBがマイナスのスコアとなり、Cよりも硬いと評価された。なお、AとCとの間には有意差 ($p < 0.001$) が認められた。DとEはプラスのスコアとなり、Cよりも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、これらの評価は、破断応力値や破断エネルギー値とは一致しなかった。

脆さは、Aがマイナスのスコアとなり、Cよりも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、Cより砕けやすいと評価された。なお、EとCの間には有意差 ($p < 0.001$) が認められた。こ

れらの結果より、グルテ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、脆さ応力値と概ね一致した。

滑らかさは、BとDがプラスのスコアとなり、Cよりもざらつきがないと評価された。なお、DとCの間には有意差 ($p < 0.05$) が認められた。Eはマイナスのスコアとなり、Cよりもざらついていると評価された。AはCとほぼ同等の評価であった。

粘着性は、AとBがプラスのスコアとなり、Cよりも歯に付きにくいと評価された。DとEはマイナスのスコアとなり、Cよりも歯に付きやすいと評価された。なお、A、EとCの間には有意差 ($p < 0.01$, $p < 0.05$) が認められた。これらの結果より、グルテ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、Aはマイナスのスコアとなり、Cよりも困難であると評価された。EとDはプラスのスコアとなり、Cよりも容易であると評価された。Bは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、いずれも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、AとBがプラスのスコアとなり、Cよりも飲み込みやすいと評価された。DとEはマイナスのスコアとなり、Cよりも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、いずれもCとの間に有意差は認められなかった。

総合評価では、Dのスコアのみがプラスとなり、Cよ

りも高齢者食や介護食用のクッキーとして適すると評価された。AとEはスコアがマイナスとなり、Cよりも適さないと評価された。BはCとほぼ同等の評価であった。なお、A、DおよびEとCとの間には有意差 ($p < 0.05$, $p < 0.05$, $p < 0.01$) が認められた。これらの結果より、Dはすべてのクッキーの中で、高齢者食や介護食用のクッキーとして最も評価の高いことが判明した。一方、AとEは、Cよりも高齢者食や介護食用のクッキーとして適さないと評価されることが判明した。

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

口腔内におけるクッキーの状態を明らかにするために、吸水率とモデル食塊のテクスチャー特性を測定した。

図4に示したように、吸水率はAがCより有意 ($p < 0.001$) に低く、DとEが有意 ($p < 0.01$) に高かった。これらの結果より、グルテン含有量が増加するに伴い、クッキーの吸水性は高くなる傾向にあることが判明した。

モデル食塊のテクスチャー特性値を図5に示した。モデル食塊の硬さ応力値は、AがCより有意に高かった ($p < 0.05$)。他のクッキーと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、最も硬い食塊を形成する可能性が示唆された。

付着性の値は、AがCより有意 ($p < 0.05$) に低く、EがCより有意 ($p < 0.01$) に高かった。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傾向にあることが判明した。

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った。ただし、いずれのクッキーもCとの間に有意差は認められなかった。

考 察

グルテン構成たんぱく質のグリアジンとグルテンの比率を変化させた5種類の再構成小麦粉でクッキーを調

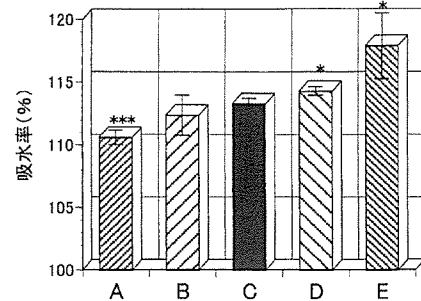


図4 クッキーの吸水率

*および***は、クッキーCに対して5% ($p < 0.05$)、および0.1% ($p < 0.001$) 水準で有意差が認められたことを表す。

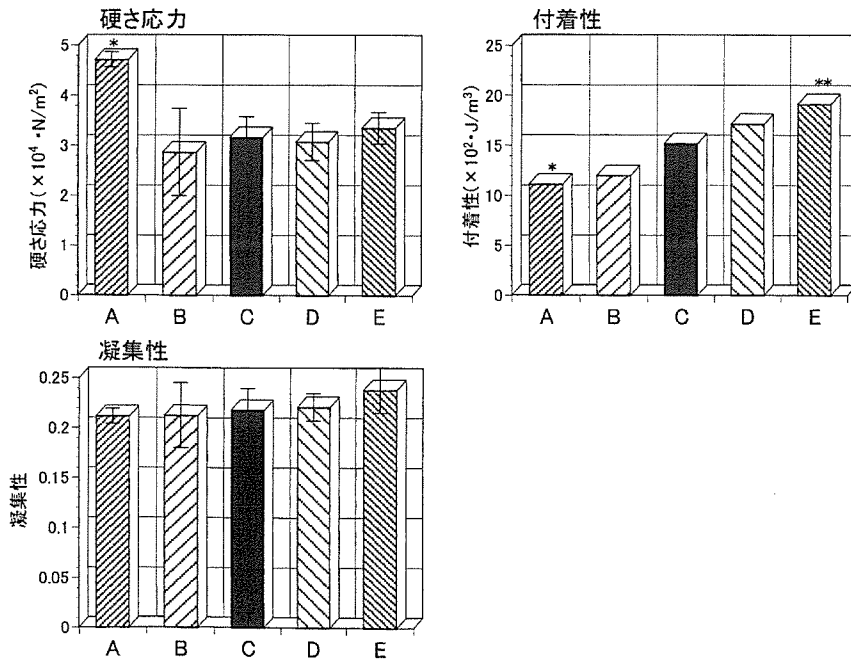


図5 クッキーモデル食塊のテクスチャー特性値

*および**は、クッキーCに対して5% ($p < 0.05$) および1% ($p < 0.01$) 水準で有意差が認められたことを表す。

製した結果、グリアジン単独のAは、グリアジンとグルテンの比率が1:1のCよりも、焼成時に広がりやすかった(表2)。これは、グリアジンの流動性が生地特性に反映⁷⁾したものと推察された。また、グリアジンを多く含むクッキーほど、上方への膨化が認められた。一方、グルテン単独のEは、膨化しにくかった。倉賀野ら⁷⁾は、グリアジン画分で調製したクッキーは、膜構造が発達して気泡が安定に保たれるため、生地がよく膨化すると報告している。グリアジン単独のAも、同様の理由で最も膨化したものと推察された。

破断特性の測定結果(図2)より、グリアジン含有量が高いほどクッキーは軟らかいが破断抵抗は大きく、グルテン含有量が高いほどクッキーは硬くて脆くなることが判明した。これらの結果は、倉賀野ら⁷⁾の報告と一致した。また、グリアジンとグルテンの比率によるクッキーの破断特性の変化は、各クッキーの代表的な荷重-歪曲線からも読みとれた(図1)。

Aは、破断歪率が大きいために、圧縮されてもすぐには破壊せず、変形し続けた。また、他のクッキーとは異なり、破断点に達するまでの間に複数の凹凸が認められた。これは、前述のように、グリアジンが多いと気泡が安定に保たれて生地がよく膨化するため、クッキーの内部組織が粗くなったためと推察された。従って、グリアジン単独のAは、破断時は比較的やわらかいが、破断抵抗が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た。

Eの荷重-歪曲線は、破断点に達するまでの間にAのような凹凸がなく、シャープであった。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、グルテン単独のEは、破断時は硬いが破断抵抗は小さく、ショートネスがあり、砕けやすいクッキーであるといえた。

グリアジンとグルテンから構成されるB、CおよびDの荷重-歪曲線は、両者の比率が変化するに伴い、Aのそれに類似したものから、Eのそれに類似したものへと移行した。すなわち、Bの破断抵抗はCに近似しているが、破断時に最も軟らかく、破断後はやや砕けにくい傾向を示した。これらの性質は、グリアジンの影響によるものと推察された。DはCと破断時の硬さはほぼ等しいが、グルテンの影響によって破断点に達するまでの間に凹凸がなく、破断抵抗も小さかった。

これらの結果より、グルテン構成たんぱく質の比率を変えることにより、クッキーの物性改変は可能であることが確認された。従来、クッキーの物性改変は、油脂の種類¹⁰⁾や使用量¹¹⁾を変える、糖質の種類¹²⁾を変える、

乳化剤や膨張剤などの食品添加物を使用するなどの方法によってなされてきた。しかし、それらの方法では、求める物性を有したクッキーを、一定の材料配合で製造することは難しい。グルテン構成たんぱく質の組成に着目した本研究の方法は、クッキーの新たな物性改変手段のひとつになり得ると考えられた。

官能検査における噛み始めの硬さの評価は、破断応力の測定値とは一致しなかった(図2・図3)。倉賀野ら⁷⁾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グルテン含有量が高いクッキー(D、E)は軟らかいと評価され、グリアジン含有量の高い砕けにくいクッキー(A)は硬いと評価されたものと推察された。

脆さの評価は、破断歪率の測定結果と対応した。また、破断歪率の大きいクッキーは破断抵抗が大きいいため、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DとEは、Cよりも軟らかいと評価されたものと考えられた。ただし、唾液と混合された後に感知される滑らかさ、粘着性、食塊形成の容易さおよび飲み込みやすさについての評価は、破断特性値との間に明確な対応は得られなかった。

クッキーの主成分は、小麦でんぷんである。クッキーは加水量の少ない低水分系の焼き菓子であるが、加熱によってでんぷんの一部は糊化し、糊化でんぷんに変化する¹³⁾。糊化でんぷんは、粒が破壊または変形しているため、未糊化粒よりも表面積が大きい。そのため、口腔内で唾液と接触すると速やかに多量の水分を吸収し、粘りのある糊状物質になる。

和田ら¹⁴⁾は、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ため、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報告している。従って、クッキーを乾燥状態で測定したのみでは、口腔内における湿潤な状態での性状は十分に把握できないと考え、クッキーの吸水性を測定した。

さらに、クッキーが口腔内で砕かれたときに生じる細かな破片が唾液と混ざり合っできる糊状物質の物性が、食塊の飲み込みやすさに影響を与えていると考えられる。そこで、クッキーを砕いて得られる粉状の部分を使用して、糊状物質を模したモデル食塊を調製した。

渡部ら¹⁵⁾は、成人男性6名を被験者として、嚥下直前のクッキー食塊に含まれる水分含有量を測定した結果、 $37.7 \pm 0.5 \sim 56.9 \pm 1.3\%$ の範囲(平均値 $45.5 \pm 6.7\%$)にあったと報告している。ただし、これらの測定値は、水

分が十分に吸収されていない大きな破片も含まれた状態での値と推察される。そのため、糊状物質の水分含有量は、これらの測定値よりも高い可能性が考えられる。そこで本実験では、渡部ら¹⁵⁾の報告の中で、最もよく唾液と混合された食塊を形成したと推定される被験者の測定値(56.9%)を参考にして、糊状物質を主体とするモデル食塊の水分含有量を60%に設定した。

その結果、グリアジンとグルテニンの比率を変えると、クッキーの吸水性やモデル食塊のテクスチャーも変化することが確認された(図4・図5)。

官能検査では、滑らかさの評価において、EはCよりも悪いと評価された。Eは吸水性が高いため(図4)、口に入れた瞬間に多量の唾液が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均質に分散しないため、Cより舌触りが悪く感じられたものと推察された。川添ら¹⁶⁾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。従って、Eの総合評価にとり、唾液と混ざり合った後のざらつき感は、マイナス要因になったものと考えられた。また、EはCよりも脆く、砕けやすかった。脆いクッキーは、むせたり誤嚥を起こしたりする危険性が高い。そのため、最も砕けやすいと評価されたことも、高齢者食や介護食用のクッキーとしてマイナス要因になったものと推察された。

同様にCよりも適さないと評価されたAは、吸水後のモデル食塊が最も硬く、付着性と凝集性も低かった。そのため、食塊を形成しにくいことが、総合評価にとってマイナス要因になったものと推察された。また、Aは破断抵抗が最も大きいこと、噛み砕きにくいことも適さない要因のひとつと推察された。

DがCよりも高齢者食や介護食用のクッキーとして適している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、モデル食塊の付着性と凝集性がわずかに大きいことから、食塊形成が容易であったことなどが推察された。

グリアジンとグルテニンの比率によるクッキーの特性変化には、でんぷんの糊化状態の関与が推察された。本研究で調製したクッキーでは、糊化に必要な水は、添加水と全卵(主として卵白)から供給される。中でも、添加水は束縛がない自由水であるため、その多くが混捏時にたんぱく質(グリアジンとグルテニン)またはでんぷんに選択的に吸着される。

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大きくなったことや、

たんぱく質に吸着された水が多い分、でんぷんの糊化に利用される水が減少して糊化が抑制され、クッキーの吸水性が低下したことが推察された。

反対に、Eでは、水はたんぱく質よりもでんぷんにより多く吸着されたため、糊化が促進して糊化でんぷんが連続層を形成し、硬さやショートネスが増したことや、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。

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。従って、クッキーの破断特性やモデル食塊のテクスチャー特性の差異は、グリアジンとグルテニンの比率によってグルテンの粘弾性そのものが変化したことに加えて、混捏時に水を取り込む成分が変化し、でんぷんの糊化状態に差異が生じたためと推察された。そのため、今回の官能検査では、Dのグリアジンとグルテニンの比率の方が、市販小麦粉に近いCのそれよりも、高齢者食や介護食用のクッキーとして総合的に適していると評価されたものと考えられた。

ただし、Dは、官能検査における総合評価のほかには、必ずしも高齢者食や介護食用のクッキーとして、Cより有意に優れているとの評価を得るまでには至らなかった。そのため、今後はDのたんぱく質組成を基本としながらも、さらに材料や配合に検討を加えることにより、高齢者食や介護食用としてより適するクッキーの調製方法を明らかにする予定である。

さらに、本実験で得られた各種クッキーの官能特性の違いが、若年健常者とは咀嚼・嚥下機能が異なる高齢者や障害を持つ方に対しても同様に感知され得るものかを検証するため、高齢者や障害を持つ方を対象とした官能検査を実施し、あわせて実際のクッキー食塊を用いた物性評価も行う予定である。

結 論

本研究では、高齢者食や摂食・嚥下障害を持つ方の介護食として咀嚼しやすく飲み込みやすいクッキーを得ることを目的として、グルテン構成たんぱく質のグリアジンとグルテニンの比率を変えた5種類の再構成小麦粉を使用してクッキーを調製し、機器測定と官能検査によってそれらのクッキーの咀嚼・嚥下特性を評価した。その結果、以下の結論を得た。

1. 高グリアジン画分単独のクッキーは、やわらかいが