

甘味料の違いはデンプン餅のテクスチャーに影響を及ぼすのか？

お家で作る，おいしいわらびもち PART4

過去の研究

2018年

わらび餅に適した澱粉とは？

デンプンの種類と調理後の時間経過及び温度の違いによる

「わらびもち」の外観・テクスチャーの違い

サブタイトル お家で作る、おいしいわらびもち

研究内容・まとめ

夏の冷菓のひとつ「わらび餅」には、わらび粉以外を原料とした商品が多く売られていると知った。本わらび粉は高価であるため家で手軽にわらび餅作りが楽しめる「代替デンプン」を探してみようと考えた。そこで数種類のデンプンを使った「わらび餅」を作り、調理後時間経過による各デンプン餅の柔らかさ・粘りを簡易の測定器を用いて測定、更に試食をして比較した。更に外観も目視にて比較を行った。デンプン餅の生地が調理後冷蔵保存することで固くなり、粘りが少なくなっていくのは、デンプンの老化が原因であると考えられ、デンプンに含まれるアミロースの含有量が少ないほど老化が緩慢に起こる事がわかった。研究の結果、アミロース含有量が比較的少ないタピオカ粉を使用したデンプン餅が調理後長時間経過しても比較的柔らかさと粘りが持続し、また値段も手ごろで入手しやすいため、家庭で作る「わらび餅」の原料としてはタピオカ粉を使用するのがよいのではないかと結論付けた。

2018年

第67回 私たちの理科研究 学生科学賞 読売新聞社賞

第62回日本学生科学賞 入選3等

2019年

液体材料の種類及び調理後の時間経過による

ミルクもちのテクスチャーの違い

サブタイトル お家で作る、おいしいわらびもち PART 2

研究内容・まとめ

タピオカ粉に、水の代わりに複数の動物性・植物性ミルクを材料として使ったミルクもちをそれぞれ作り、調理後時間経過による各餅生地の状態の柔らかさ、粘り、外観などを比較した。使用するミルクの種類によりテクスチャーに違いがあり、デンプン餅作りには牛乳、低脂肪牛乳、濃厚牛乳、豆乳を適正な水分を含む量に調整して作ることが重要だと分かった。また作りたての時のような柔らかさはなくなっていくものの、団子のような食感が長く持続し、冷たい菓子への応用が期待できる。各種ミルクには接種したい栄養素が含まれているので、上手に活用したい。

2019年

第68回 私たちの理科研究 科学アカデミー賞 優秀賞

2021年

タイトル お家で作る、おいしいわらびもち PART3

(2021年 春休み課題研究)

研究内容・まとめ

タピオカ粉に、性質の異なる水を合わせたデンプン餅をそれぞれ作り、調理後時間経過による各餅生地の状態の柔らかさ、粘り、外観などを比較した。本研究では硬水より軟水や炭酸水で粘りが強くなった。硬水を用いたデンプン餅は粘りは弱めではあるもののやわらかく食べにくさを感じないので、ミネラル補給の目的で使用する事を検討できるのではなか。個人的には炭酸水使用のデンプン餅が柔らかくて粘りが強く美味しいと感じたが、おいしさの定義には個人差が大きいため、官能検査等実施するなど今後の課題としたい。

1. テーマ

手作りタピオカ餅のテクスチャーに及ぼす甘味料の影響について

サブタイトル お家で作る、おいしいわらびもち PART 4

2. 動機と仮説

夏に美味しい和菓子の一つとして、もちもち・プルプルとしてやわらかく且つ適度な噛み応えを持つ「わらび餅（デンプン餅）」が挙げられる。家庭で作る「デンプン餅」は、多くの市販品と違い時間経過とともに生地が固くなり、弾力を失っていく。過去3回の研究で、粉（デンプン）の種類や、液体材料の種類により得られるデンプン餅のテクスチャーには違いが出る事、更に保冷状態で保存した場合、経時変化にも違いが出る事が分かった。今回は、材料のひとつである甘味料に着目し、甘味料の「甘みをつける」という本来の目的以外の効果も調べてみたいと考えた。そこで本研究では、加える甘味料により、調理したデンプン餅の生地のテクスチャーに差が出るのか、また各デンプン餅には調理後の時間経過による違いが出るのかを調べ、甘味料の違いによるデンプン餅の餅生地の状態を比較し、更に今後の応用について考えてみたいと思う。

本研究では、4種の甘味料をそれぞれ用いたデンプン餅と、比較として甘味料を加えないデンプン餅、計5種類のデンプン餅を作り、以下の点に留意しながら研究を進めることとした。

- ① 甘味料を使用せずに作った「デンプン餅」と、各種甘味料を使ったデンプン餅は生地の状態にはどのような違いが出るのか。
- ② 各デンプン餅は調理後時間が経つとそれぞれどのように変化するのか。
- ③ 各デンプン餅の生地の状態の違いにはどんな要因が考えられるのか。
- ④ 今回の結果の応用について

本実験では、過去の実験において、家庭での「わらび餅（デンプン餅）」作りに適していると結論付けたタピオカ粉を用い、試料（甘味料）として、A 甘味料無添加、B 砂糖（上白糖）、C 黒糖、D 還元麦芽糖（マービー）、E 蜂蜜をそれぞれ用いたデンプン餅を調理した。（資料A）。なお、なお、C. 黒糖については、加工黒糖や加工糖ではなく、さとうきびのみを原材料とした「黒糖」を使用した。E. 蜂蜜については、含まれる水分を蒸発させるために加熱することも考えたが、「アミラーゼは75℃～80℃以上で失活する」とされているため、純蜂蜜を加熱濃縮せず実験に使用することとした。

Aでは、甘味料添加による影響を調べるため、甘味料無添加のデンプン餅を準備した。

B. 砂糖は、デンプンの老化の抑制に効果があるとされている。すなわち、ショ糖を加えて調理したデンプン餅は、柔らかく粘りが強い状態が、A. 甘味料無添加のデンプン餅の生地よりも長く続くことが期待される。今回は、他の試料との比較で採用した。

前回（PART 3）の研究において、硬水を用いたデンプン餅の生地が柔らかくなった理由は水に含まれるミネラルによるものではないかと考えた。そこで、C. 黒糖を用いた生地は、柔らかく粘りの弱い生地になるのではないかと期待した。

D. 還元麦芽糖は、「甘みが同じでカロリーが抑えられるインスリン分泌にほとんど影響を与えず、体脂肪の原因となりにくい」甘味料ということで、ショ糖と同様にデンプンの老化を緩慢にしてくれるのであるならば、健康管理やダイエットを意識する人向けのデンプン餅作りに応用できないかと考えた。

E. 蜂蜜は、炊飯時に加えるとふっくらと甘いご飯が炊けると言われている。更に、カールルウを調理する際、蜂蜜を加えると、蜂蜜の酵素の作用で、ルウのとろみが失われることもあると聞く。そこで、今回は蜂蜜に含まれる酵素により、もち生地が柔らかくなるのではないかと期待した。

3. 研究方法

I タピオカ餅（デンプン餅）の調理

1. 鍋にタピオカ粉 50 g，各種甘味料 20 g（ただし、A は甘味料を加えない），水 200 cc をはかり入れ，30 分浸漬する。
2. 中火に鍋をかけ，ヘラで混ぜながら加熱し，澱粉が糊化して粘りが出て来たら弱火にして更に練り混ぜながら加熱し，全体に透明感が出て，強い粘りが出てきたら火を止める。
3. 調理後すぐにシャーレに 80 g ずつ分け入れ，速やかに蓋をする。

*形状を一定にするため，やわらかさ・粘りの測定にΦ75 mmシャーレを用いた。

II 冷却

デンプン餅を冷蔵庫で保存する。ただし、10 分後の測定については調理直後のデンプン餅をナイロン袋に空気を抜いて包み、氷入りの冷水に漬けて冷却したものを用いた。

III 測定および観察

1. 外観

各デンプン餅を各測定時に上部から撮影し、各デンプン餅の生地の透明感・色を比較する。今回、使用する甘味料により、糊化・老化の状態が異なるのではないかと予想し、「デンプンは糊化することで生地に透明感が生まれ、老化することにより生地の透明感が失われる」ことを利用して、各餅生地の状態にデンプンの糊化・老化以外の要素が関係するかどうかを確認できないかと考えた。しかしながら本研究は家で行う実験であり、専用の測定機器がないため、シャーレの下に敷いたワックスペーパーの模様見え方で比較する事とした。

2. やわらかさ・粘り

デンプン餅調理後、冷蔵庫でそれぞれ 10 分、1 時間、6 時間、12 時間、24 時間保冷し、それぞれ Push-Pull スケール（平型・A 型）を用いて各デンプン餅のやわらかさと粘りを測定する。

* 今回、アタッチメントとして、形状が臼の前歯に似た A 型、同じく奥歯に似た平型を奥歯に見立て使用し、咀嚼の際の歯ごたえや、粘着の状態を数値化できない

かと考えた。ただし、このスケールは工業用の測定器であり細かな数値までは出せないため、大まかな変化を知ることを目的とすることとした（資料B）。

なお、デンプン餅は、各甘味料を使用したものを2回ずつ作り、各回測定1回につき3か所で測定し、その平均値を出して比較することとした。

3. 試食

各デンプン餅を試食して、実食によるやわらかさ・粘りと、測定結果を比較する。今回試食用として、出来上がったデンプン餅を1辺2cmのサイコロ状にカットしたものを準備し、調理後10分（冷水で冷却）、1、6、12、24時間後それぞれ試食をし、実際咀嚼した際のやわらかさ・粘りを確かめてみることにした（写真1）。

4. 結果

1. 外観

A～Eいずれのデンプン餅も、調理直後は透明感があり、粘りも強い生地であった（写真2）。

A～Eの各デンプン餅の生地の色の違いは、加えた甘味料の色により違いがあるが、各デンプン餅ともに時間経過とともに生地の透明感は失われ、濁った状態になっていた。すなわち、シャーレの下に敷いたワックスペーパーの模様が、徐々に確認しづらくなった。調理直後から調理後10分冷却の生地は透明感があり、生地を通して下

の様相が見える状態であったが、調理後1時間ではかろうじてシルエットが確認できる状態となり、6時間後には様相がほぼ見えなくなった。各デンプン餅の生地は透明感、目視では12時間後以降はほぼ変化していないように見えた（写真3）。

なお、調理直後よりも調理後10分の方が透明度が高い生地があったのは、調理直後にあった生地内の気泡が潰れた（萎んだ）ことが原因ではないかと思われる。

2. やわらかさ 粘り

各デンプン餅の調理後やわらかさ・粘りの3回測定の変化の平均値を表1-1～表1-2、A～Eのそれぞれのやわらかさ・粘りの経時変化を図1-1-1～図1-5-2に示す。

やわらかさについては数値には差があるものの、各デンプン餅はそれぞれ平型・A型共に調理後時間経過とともに数値が大きくなった。特に調理後1時間の変化が大きく、その後は緩やかに上昇する傾向にあった。すなわち、いずれのデンプン餅も、冷蔵保存した餅生地は調理後1時間で急激に固くなり、時間経過とともにやわらかさを失っていった。

粘りについては、平型のアタッチメントで、各デンプン餅ともに調理後10分から1時間後の変化が、数値が大きくなるものと小さくなるものがあった。数値が大きくなったのはB.砂糖2回目の生地A型、D.還元麦芽糖2回目の平型とA型、E.蜂蜜の1回目の生地の平型で、これらの生地は、調理後10分の測定中、アタッチメントが生地から離れる時に、餅生地の一部がちぎれるようにアタッチメントに付着しているのを確認した（写真4）。このことから、今回の測定が簡易の機器によるものであるため、生

地が崩れた際の「もろさ」の部分が反映されず、測定値が一定しないためではないかと考えた。この点については考察で述べることにする。その後は試料により違う動きを示した。それ以降は、穏やかに数値が小さくなっていき、これは徐々に粘りが失われていったことを示している。

次に、各甘味料使用のデンプン餅で得られた「やわらかさ・粘り」の2回の平均値を表2、各デンプン餅のやわらかさ・粘りの経時変化の比較を図2-1～図2-4に示す。

各デンプン餅とも、調理後の経過時間が長いほど生地が固くなる傾向にあった。やわらかさについては最初の1時間で数値が大きくなった。本研究においては、平型で甘味料無添加の生地が一番高い数値で推移するという結果が得られた。次いで、砂糖、還元麦芽糖、蜂蜜、黒糖の順で数値が小さく推移しており、黒糖を用いた生地が一番柔らかいという結果になった。一方A型では黒糖よりも蜂蜜使用の生地が柔らかいという結果が得られた。これは、蜂蜜使用の生地はもろさがあり、特にA型のアタッチメントには生地が多く付着していたことが測定値に影響したのではないかと考えた。本実験において、数値が一番大きく変化したのはA。甘味料無添加の生地、これは一番柔らかさを損なったことを示している。

粘りについては、調理後10分から1時間後にかけて数値が大きくなるものと小さくなるものがあった。これは生地とPUSH-PULLスケールのアタッチメントとの粘着の状態によるものだと考えた。すなわち、生地がアタッチメントに付着すると、スケールを上下させる際に生地がちぎれた状態となり数値が一定しないことが要因であると考えた。この点については後に述べる事とする。

いずれのデンプン餅も調理後6時間冷却後の生地は調理後10分冷却の生地よりも粘りが弱くなった。これは餅生地の内部まで冷やされて、老化が進んだためではないかと思われる。甘味料無添加の生地は調理後1時間までは粘りが他の生地よりも強めであるが、それ以降は平型において他の生地よりも粘りが低くなっていった。

粘りの数値が一番大きく低下したのは、平型ではA.甘味料無添加の餅生地で、一番変化の割合が小さかったのはB.砂糖を用いた餅生地であった。これは砂糖を添加することにより餅生地のデンプンの老化が抑制されたためではないかと思われる。C.黒糖、D.還元麦芽糖、E蜂蜜の生地でも調理後12時間冷却以降はAの生地よりも粘りが大きくなるという結果が得られ、このことからいずれも添加することで経時変化による粘りの低下を軽減できたと言える。

3. 試食

試食してみると、A～Eいずれのデンプン餅でも調理後10分氷水で冷却した生地のやわらかさと粘りが好ましいと感じた。調理後時間経過とともにそれぞれの餅生地は固くなり弾力が失われていった。調理後10分のデンプン餅は、全ての餅生地とも柔らかく、粘りも感じられたが調理後1時間経過した生地では一気に固く、粘りが少なくなり、調理後6時間冷却以降はやわらかさ、粘りともに違いを感じられなかった。

本研究において、全ての測定時で一番固く感じられたのはA.甘味料無添加のデンプン餅で、粘りについても時間経過による低下の割合が大きと感じた。B.砂糖、D.還元麦芽糖の生地は似たような柔らかさと粘りを持っており、各測定時間ともにAの生地よ

りも柔らかく粘りが強めにと感じた。C.黒糖の生地は柔らかく粘りが少なめで、E.蜂蜜の生地は歯にくっつき潰れる感覚があった。

今回、調理直後のデンプン餅の生地は、粘りが強く、決まった形状に生地をカットできないため柔らかさ・粘りの測定ができなかったが、「参考」として試食してみると、特に奥歯に生地がくっつき、食感としてはあまり好ましいものではないと感じた。

試食するにあたり、前歯・奥歯を、それぞれアタッチメントのA型・平型を意識して咀嚼してみたが、歯への付着はそれほど感じられず、弾力（固さ）の違いを感じる程度であった。この点については考察にて述べたいと思う。

試食の中で、調理後10分冷却においては、A.甘味料無添加の生地が特に粘りが強いと感じた。B.シヨ糖添加のデンプン餅の生地の方が弾力が弱く感じたのは「シヨ糖添加によりデンプン粒子の膨潤が十分に行われないうえにより糊化が起こりにくくなる^{**1}」ことと関係があるのかと考えて調べてみると、今回のシヨ糖濃度（w t %）では「シヨ糖がデンプン粒子の膨潤を促進し、むしろデンプン粉の粘弾性は増加する^{**1}」との報告もあるので、他の原因があるのかもしれないと考える。（^{**1}；参考文献）

4. 考察

本研究で、甘味料無添加、各種甘味料使用いずれのデンプン餅でも数値には差があるものの、調理後時間が経過するほど透明感を失い、テクスチャーではやわらかさと粘りを失っていった。これはデンプンの老化が原因と考えられる。今回各デンプン餅のテク

スチャーにはそれぞれ違いがみられたが、その違いがそれぞれの糖質に含まれる糖質以外の成分の効果なのか、また、デンプンの老化に関与するものなのかまでは分からなかった。

前回の研究で、硬水を使用して作ったデンプン餅は、柔らかくて粘りが弱くなるという結果を得た。そこで、本研究でミネラル分を含む甘味料として試料としたC、黒糖を使った生地が、柔らかく粘りが弱いという結果になったのは、糖質の効果は勿論だが、含まれるミネラルの影響があるのではないかと推測した。

D. 還元麦芽糖（マルチトール）は、糖アルコールの一種であり、砂糖の80～90%の甘味度で、カロリーは約50%である（今回使用したマービー粉末の成分は100%還元麦芽糖）。ここで、糖アルコールは、熱や酸、アルカリに対して強く、褐変を起しにくく、カビや酵母に利用されにくいという特性を持ち、その特性は菓子開発にも活用されている**2。本研究では、D.還元麦芽糖の生地も、A.甘味料無添加の生地と比べて、時間経過による生地の状態の変化が少ないという結果を得たので、その使用量や割合を変えながら、デンプン餅の生地作りにも利用できるのではないかと考える。

E. 蜂蜜の生地は甘味料無添加の生地よりも柔らかく、粘りに関しては平型で強め、A型で弱めに推移した。蜂蜜の主成分は保水効果の高い単糖類のぶどう糖・果糖である。やわらかさについては糖類の効果が大きいと思われる。粘りA型については、生地のもろさにより数値が低く出たことが考えられる。ここで、デンプン餅の加熱調理においては、蜂蜜に含まれるアミラーゼが失活するとされる80度以上まで加熱するが、「カレーソースを調理する際、蜂蜜を使用する場合は、ルウを入れる前に加えて20分以上加

熱してアミラーゼの働きを失わせることで、ルウのとろみを保つことができる^{**3}」そうなので、アミラーゼを失活化させるまでの加熱時間には至っていないのかもしれないとも考えられる。そこで更に調べてみると「アミラーゼの作用には、温度だけでなく、共存物質などが影響する」との報告もあり^(**4)、今回の蜂蜜のテクスチャーにアミラーゼが関係しているのかどうかは判断がつかなかった。なお、蜂蜜については花の蜜の種類や製造方法によっても成分が異なり、加糖蜂蜜・精製蜂蜜では酵素や栄養素が破壊されているという報告もある。よって、各家庭で使用されている蜂蜜により、デンプン餅に対する効果が異なることも考えられる。また、蜂蜜に含まれる水分の影響も否定できない。よって、蜂蜜に関しては何度か試作をしていく中で、酵素の作用を活かし、バランスのよいテクスチャーを示す生地を研究してみたいと思う。

今回、デンプンが分解されることでやわらかい生地が得られることを期待して蜂蜜を使用した。測定値を見ると「やわらかく、適度な粘りをもつ生地」と言えるが、調理後長時間保冷後も測定中の生地がアタッチメントに付着して崩れる様子が見られ、試食でも歯に付着して崩れる感覚があった。この、生地の「もろさ」がアミラーゼによりデンプンが分解された結果であるかどうかは分からなかったため、今後の課題としたい。生地のもろさが、アミラーゼに寄りデンプンが分解されたことによるものならば、蜂蜜を入れるタイミングや加熱時間を変えることで違う結果が得られるのではと考える。

ここで 調理直後のデンプン餅は粘りが強く、表面の粘着力が強い。調理後シャーレ

に生地を分け入れて蓋をすると、その直後は蓋を外すことが困難で、蓋の表面に生地が付着し、生地が割れてしまう。このシャーレを冷水中で10分冷やすと、生地の表面から徐々に冷やされて老化が起こり安定することにより、蓋の表面に生地が付着せず、蓋を開けられるようになると思われる（写真5）。

しかしながら、いくつかの生地で、調理後10分冷却した生地の内部はまだ生地が安定しない状態であるために、アタッチメントが生地に潜り込む形となり、アタッチメントを持ち上げる際、周囲の餅生地をしまうのではないか。そこで、粘りの測定において、調理後10分から調理後1時間にかけて数値が大きくなるデンプン餅では、10分後の生地の状態が不安定で、数値として小さく出てしまったために、実際の粘りが値に反映されず、1時間後の数値の方が大きくなったのではないかと考えた。

さて、各デンプン餅を試食したり食べ比べたりしてみると、実験により得られた数値（やわらかさ・粘り）とは異なる食感だと感じるものがいくつかあったが、これは以下の原因があるのではないかと考えた。

- ① 測定・試食した場所により、餅の状態が異なった。
- ② デンプン餅の内部温が一定ではなかった。
- ③ アタッチメントと歯では動きが異なる（咀嚼は噛み切る・すり潰す等複雑な動きで成り立っている）。
- ④ 咀嚼の際、唾液が潤滑液の役割を果たしている
- ⑤ 唾液中のアミラーゼが影響している
- ⑥ やわらかさ・粘りについて、数値化されない要素がある

今後はこれらの点も考慮して研究を進めたい。

さて、食物のおいしさを構成する要素には味や香りなどの科学的な要因、心理的な要因の他に、食感や温度等物理的要因もある。食物のテクスチャーも、おいしさの要素のひとつであるとされ、近年その研究が進んでいる。

デンプン餅のおいしさを構成する要素のひとつが、その独特の食感であり、その表現方法は多数存在する。食品のテクスチャーとおいしさの関係については、感覚的な部分が大きく個人差もあり、「デンプン餅のおいしさ」についての表現も多数存在するようだ。

そこで、今売られている「わらびもち」の食感がどのように表現されているか コビレ3社のわらび餅を使った商品をHPで確認してみた。(資料C)

試料より、最近の傾向として「もっちり」、「プルン」、「くちどけのよい」、「とろとろ」など、柔らかさや粘りなどの表現も、わらび餅のおいしさを描写する言葉として受け入れられているように感じた。そこで、上白糖など糖質の添加による老化抑制効果は、もちもちとして適度な弾力を持つわらび餅(デンプン餅)を作るうえで重要な要素のひとつであろうと思われる。また、今回使用したいずれの甘味料も、デンプンの老化抑制の効果かどうかは不明ながら、餅生地をやわらかさと粘りを持続させる効果があるという結果が得られたので、これらを上手に利用したい。

近年、上白糖以外の甘味料を使った菓子が多く店頭に並んでいる。また、様々な糖質・甘味料も多数販売されており、家庭でのお菓子作りにも取り入れることが容易となっている。今回、研究に使用するにあたり、黒糖や蜂蜜について調べてみると、黒糖・蜂蜜にも種類が色々あり、含まれる成分も異なっているようだ。黒糖や蜂蜜には、上白糖には含まれない

成分が多く含まれるので、栄養面も考慮して取り入れたい。簡単に入手できる体にやさしい食材を用いて、家庭で簡単に食品のテクスチャーを改良できることが出来れば、家で手軽に「おいしいわらびもち」が楽しめるのではないかと。

6.まとめ

今回、4種類の甘味料を用いてデンプン餅を作り、やわらかさ・粘りを測定し、更に試食結果と併せて比較してみると、いずれのデンプン餅も、調理後時間経過とともに生地が固く、粘りを失っていく事がわかった。また、使用する甘味料により食感の異なる性質を持つデンプン餅を得られる事が分かった。砂糖（上白糖）には、デンプンの老化を抑制し、食品をしっとりやわらかくする働きがあることが一般に知られているが、本研究で砂糖の代わりに黒糖、還元麦芽糖、蜂蜜を使用したデンプン餅においても、甘味料無添加のデンプン餅よりも柔らかさ、粘りのある生地が得られ、時間経過によるテクスチャーの変化も、甘味料無添加のデンプン餅よりも柔らかさ粘りともに損なわれ方が緩慢であった。今回はその原因が老化が抑制されたことによるものなのか、デンプンが分解されたことによるものなのか、あるいは他の理由によるものなのかは判断ができなかった。今回確認できなかったアミラーゼやミネラルの影響、更に、糖アルコールとショ糖との違いについては今後の課題としたい。更にデンプン餅の生地の食感について、好ましい状態を長く持続させる要素は、デンプンの老化抑制以外にもあると考えられるので、今後さらに他の要因についても探りたいと思う。

今回、咀嚼する際にPUSH-PULLスケールの動きを意識しながら試食を行うことで、各デンプン餅の生地テクスチャーを比較してみた。しかしこれらは僕個人の感想なので、機会があれば食味官能検査を実施したい。

また今回、前歯・奥歯をイメージして2種のアタッチメントを選んだが、それぞれのデンプン餅の状態によるアタッチメントと生地のくっつき方や伸び方の違いと測定値の関係性についてはよく分からなかったので、歯切れや粘りなどの研究は今後の課題としたい。更に今回調理したデンプン餅を専用の機器を使用して生地のもろさや他の要素も含めてテクスチャーを測定してみたい。

過去の研究では、使用するデンプンの種類や、液体の種類(動物性ミルク・植物性ミルク)、水の種類の違いによるデンプン餅の状態や、調理後時間経過によるテクスチャーの違いを研究し、柔らかく粘りのある餅生地を得られる素材を探ってきた。今後は、各素材の配合割合を変えたり、使用する液体と糖質の組み合わせを変えたりしながら、その場に求められる、色々なテクスチャーを持つ餅生地を作りたいと思う。ひとつの例として、特に高齢者向けに、味は勿論栄養面も考慮に入れながら、喉に詰まりにくく、且つ食感の良い餅生地作りにつなげられたらと考えている。

参考文献

- ・ 「日本銘菓辞典」 守安正/著 東京堂出版 1971年
- ・ 「事典 和菓子の世界」 中山圭子/著 岩波書店 2006年
- ・ 和菓子作りに効く 菓子材料の基礎知識 和菓子技術者になるための必須知識

www.surugaya.co.jp

- ・ 日本食品成分表 2020年版 (八訂)
- ・ 食品成分データベース 文部科学省
- ・ 糖および糖アルコールがデンプンの糊化および老化におよぼす影響

食品総合研究所研究報告

- ・ 砂糖以外の甘味料について 独立行政法人 農畜産業振興機構
- ・ 澱粉糊の調理特性に及ぼす呈味物質の影響 平島 円 **1
- ・ 日本調理科学会誌 Vol.40 No.2(2007)
- ・ 糖アルコールの特性とそれを利用したおいしい焼き菓子の開発 **2

門田吉弘, 栃尾巧, 中村圭伸

- ・ とろみのコツ House ヒント **3

<https://house-hint.jp/content01.html>

- ・ vol.98 酵素活性をLCで分析 神山 和夫 **4

"talk" about HPLC 2016年10月 発行

- ・ テクスチャーとおいしさ おいしさのバイオサイエンス-4 合谷祥一

科学と生物 Vol.45 No.9

- ・ 水の硬度が葛餅の品質の与える影響 鏡田早紀 松本雄大 数野千恵子

〔原著論文〕実践女子大学 生活科学部紀要第 52 号 2015

- ・ 調理における食物のテクスチャーに関する レオロジー的研究とその応用

大越 ひろ 日本調理科学会誌 Vol. 44, No. 2

- ・ 甘味料としての糖類 藤田 孝輝 日本調理科学会誌 Vol. 53, No. 2

- ・ ハウス食品株式会社 よくいただく質問

「Q 作ったときはとろみがありましたが、1 晩置くととろみがなくなりました」

https://housefoods.jp/inquiry/qa/answer_02_03.html

- ・ 蜂蜜の品質に関する研究(第1報) 蜂蜜酵素の安定性

越後多嘉志 ・ 竹中哲夫 ・ 市村真

- ・ 黒糖の品質に関する基礎的研究(第1報)―黒糖の物理化学的特性―

秋永孝義 ・ 岡留博司 ・ 國府田佳弘

表1-2 A～Eの3回測定の平均値 -2

			10分	1時間	6時間	12時間	24時間
P U S H	平型	A. 甘味料無添加	0.51	1.05	1.19	1.43	1.40
		B. 砂糖	0.54	0.99	1.08	1.23	1.30
		C. 黒糖	0.33	0.66	0.84	0.93	0.96
		D. 還元麦芽糖	0.44	0.88	1.08	1.17	1.28
		E. 蜂蜜	0.55	0.69	0.88	0.99	1.18
	A型	A. 甘味料無添加	0.58	0.91	1.01	1.24	1.38
		B. 砂糖	0.63	0.92	0.98	1.11	1.30
		C. 黒糖	0.30	0.67	0.95	0.90	0.97
		D. 還元麦芽糖	0.34	0.82	0.94	1.17	1.15
		E. 蜂蜜	0.29	0.49	0.86	0.90	11.00
P U L L	平型	A. 甘味料無添加	1.80	1.75	1.45	1.40	1.15
		B. 砂糖	1.58	1.69	1.65	1.59	1.47
		C. 黒糖	1.76	1.49	1.41	1.41	1.30
		D. 還元麦芽糖	1.59	1.97	1.53	1.34	1.39
		E. 蜂蜜	1.59	1.47	1.42	1.40	1.40
	A型	A. 甘味料無添加	1.54	1.33	1.19	0.97	0.89
		B. 砂糖	1.36	1.25	1.18	1.13	1.08
		C. 黒糖	1.41	1.03	0.97	0.91	0.76
		D. 還元麦芽糖	1.25	1.36	1.06	1.08	1.06
		E. 蜂蜜	1.27	1.16	0.95	0.87	0.79

(単位；N)

*各測時間に3回ずつ測定し、その平均値を出した

図1-1-1 PUSH-PULLスケールによる
タピオカもちのやわらかさの経時変化

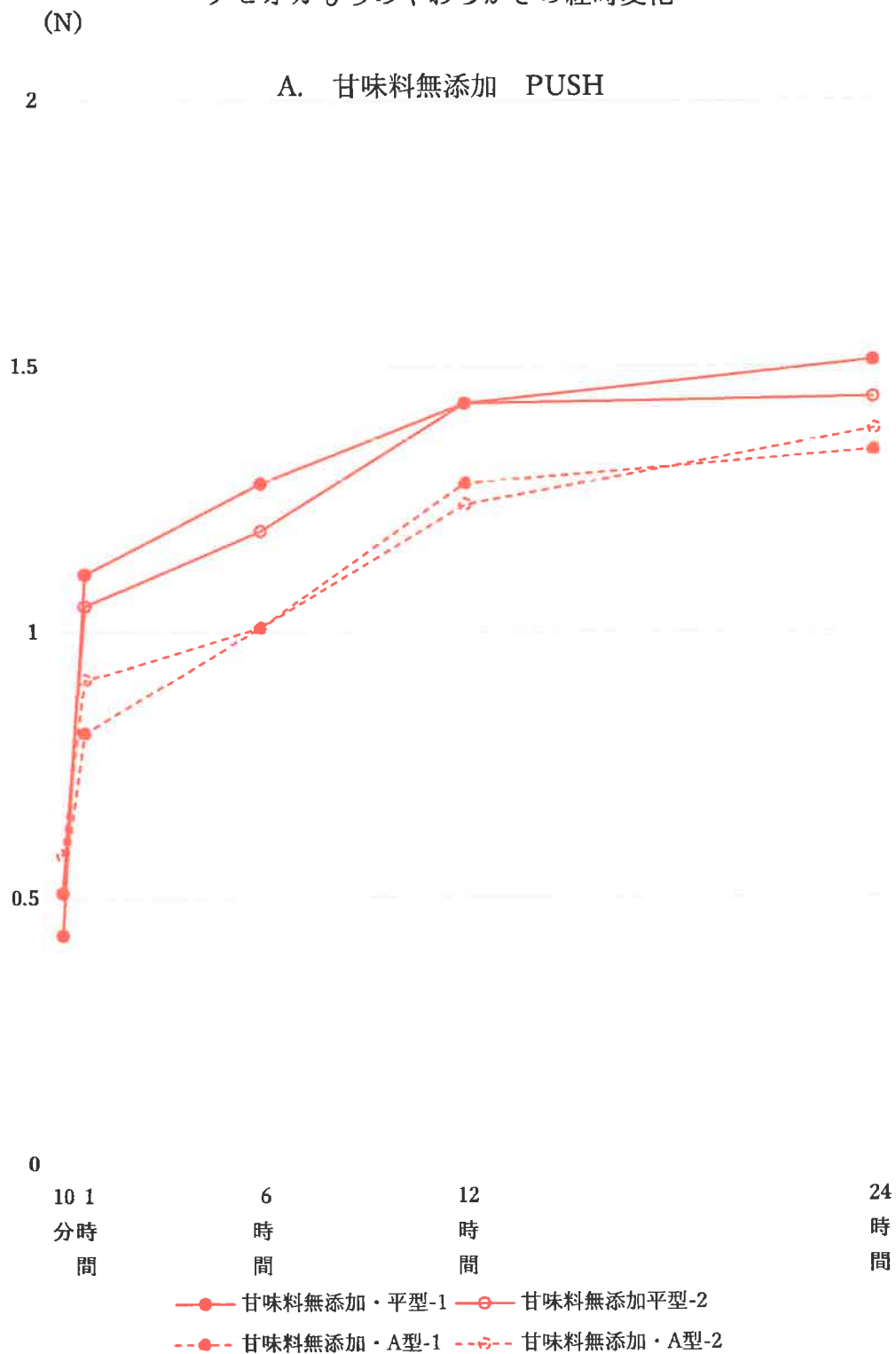


図1-2-1 PUSH-PULLスケールによる
タピオカもちのやわらかさの経時変化

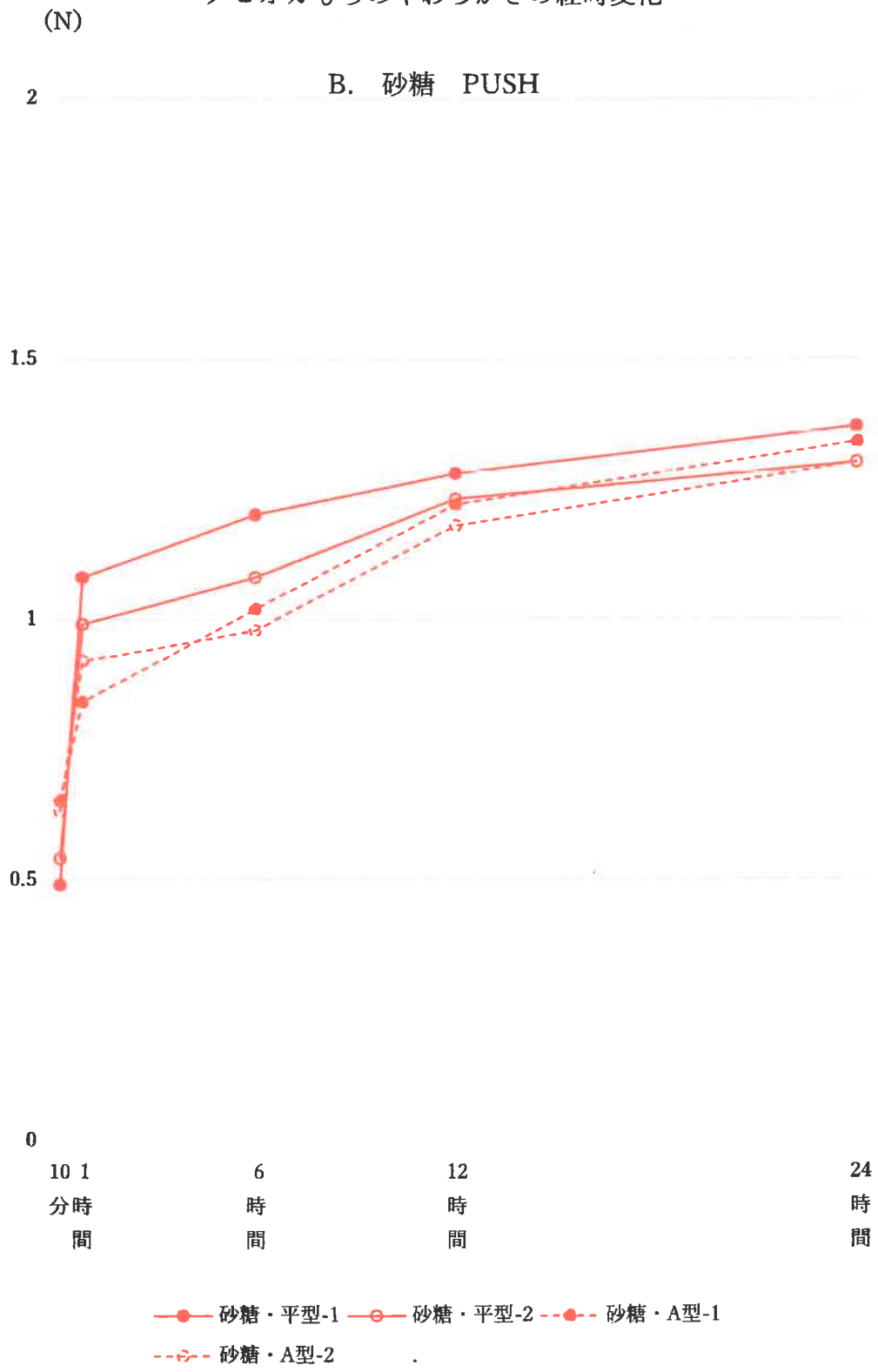


図1-3-1 PUSH-PULLスケールによる
タピオカもちのやわらかさの経時変化

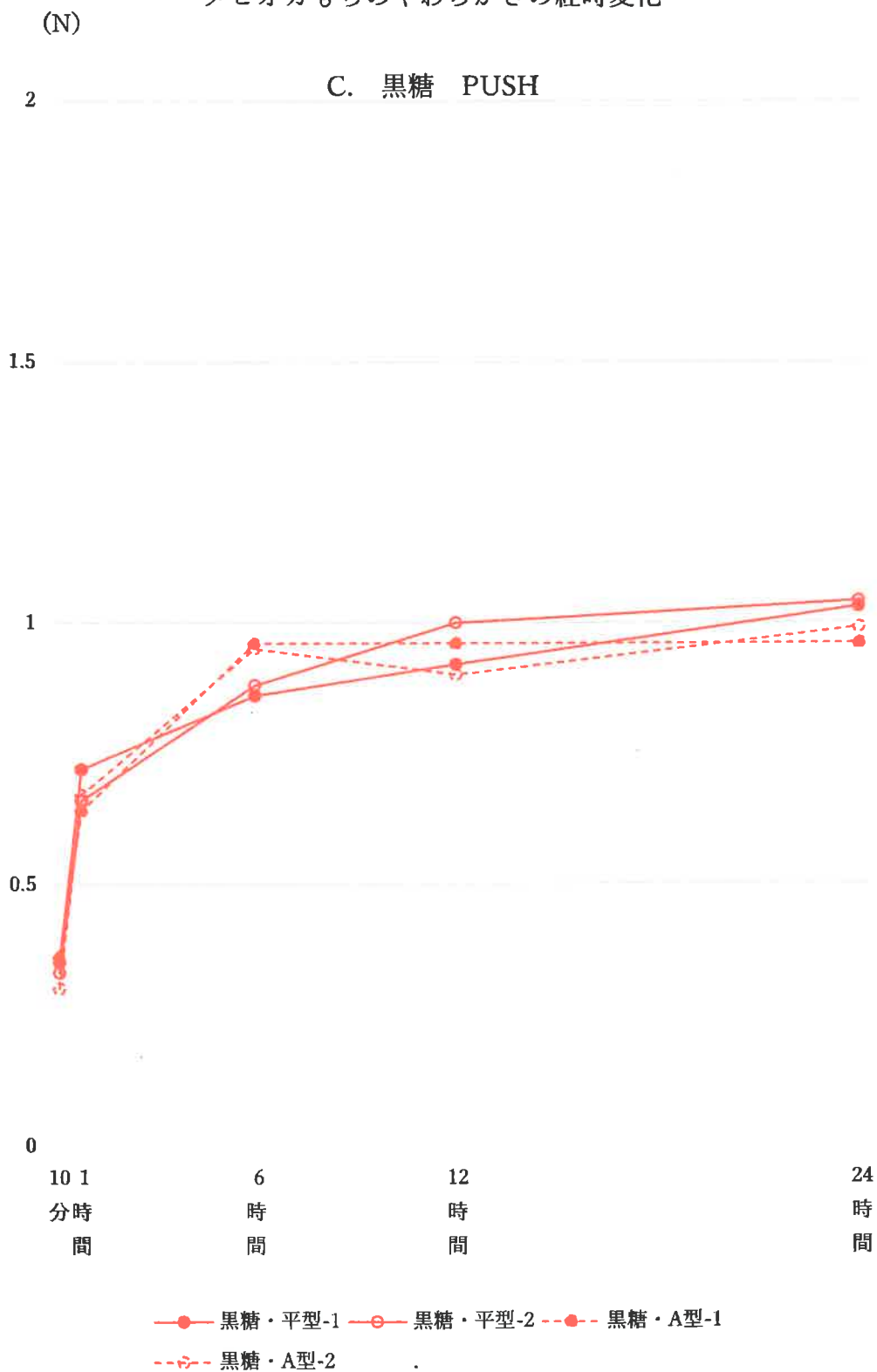


図1-4-1 PUSH-PULLスケールによる
タピオカもちのやわらかさの経時変化

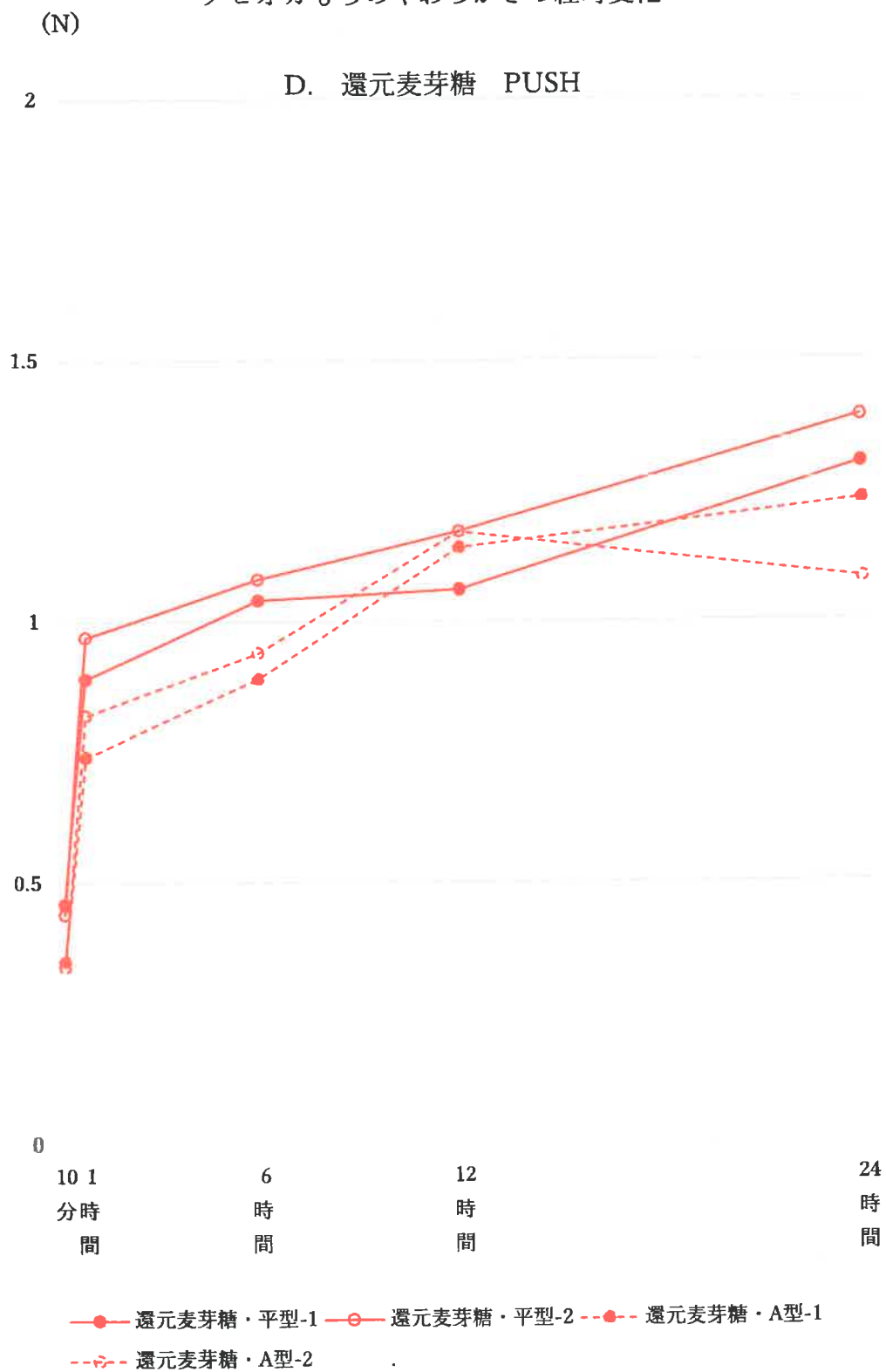
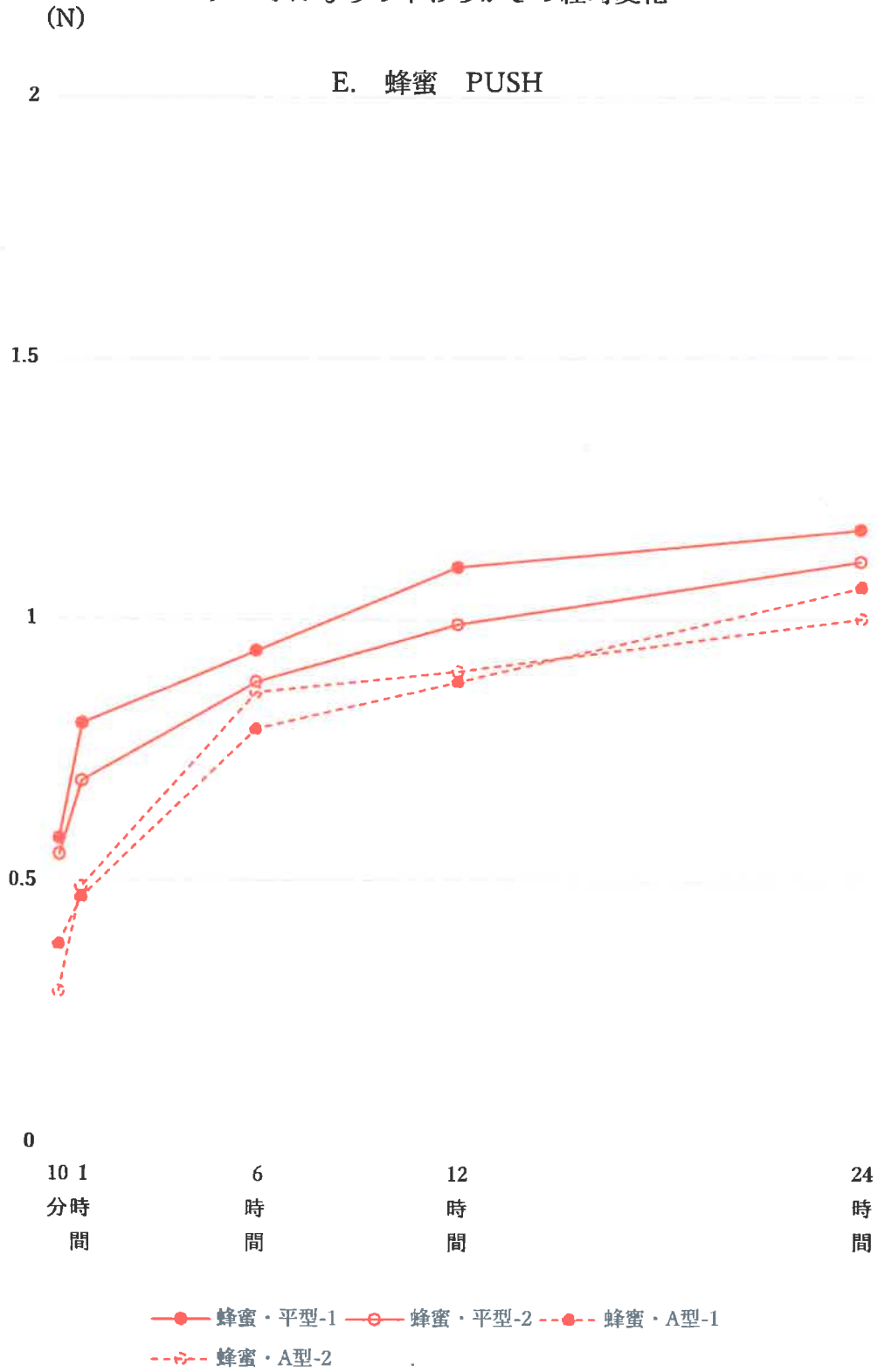


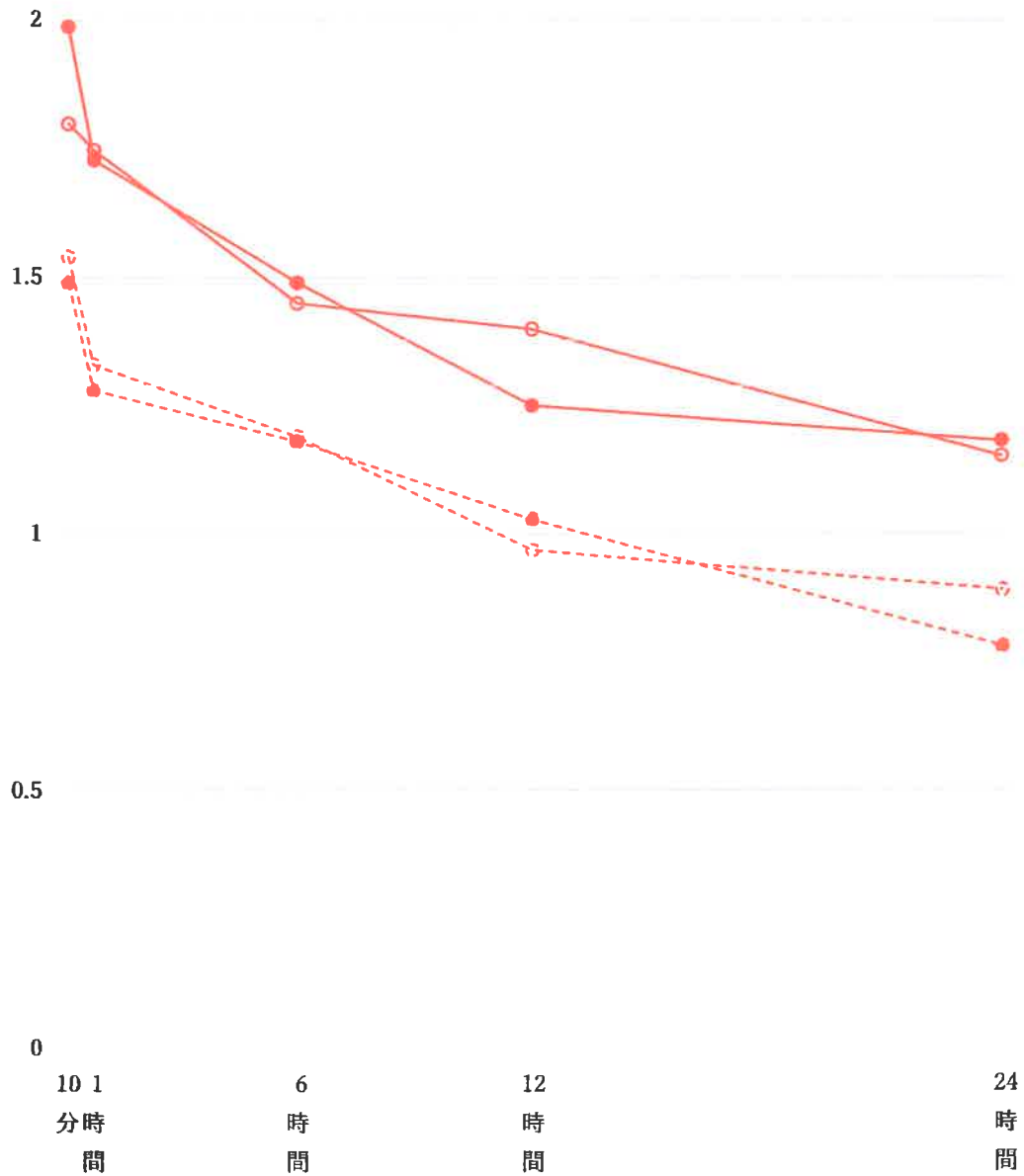
図1-5-1 PUSH-PULLスケールによる
タピオカもちのやわらかさの経時変化



(N)

図1-1-2 PUSH-PULLスケールによる
タピオカもちの粘りの経時変化

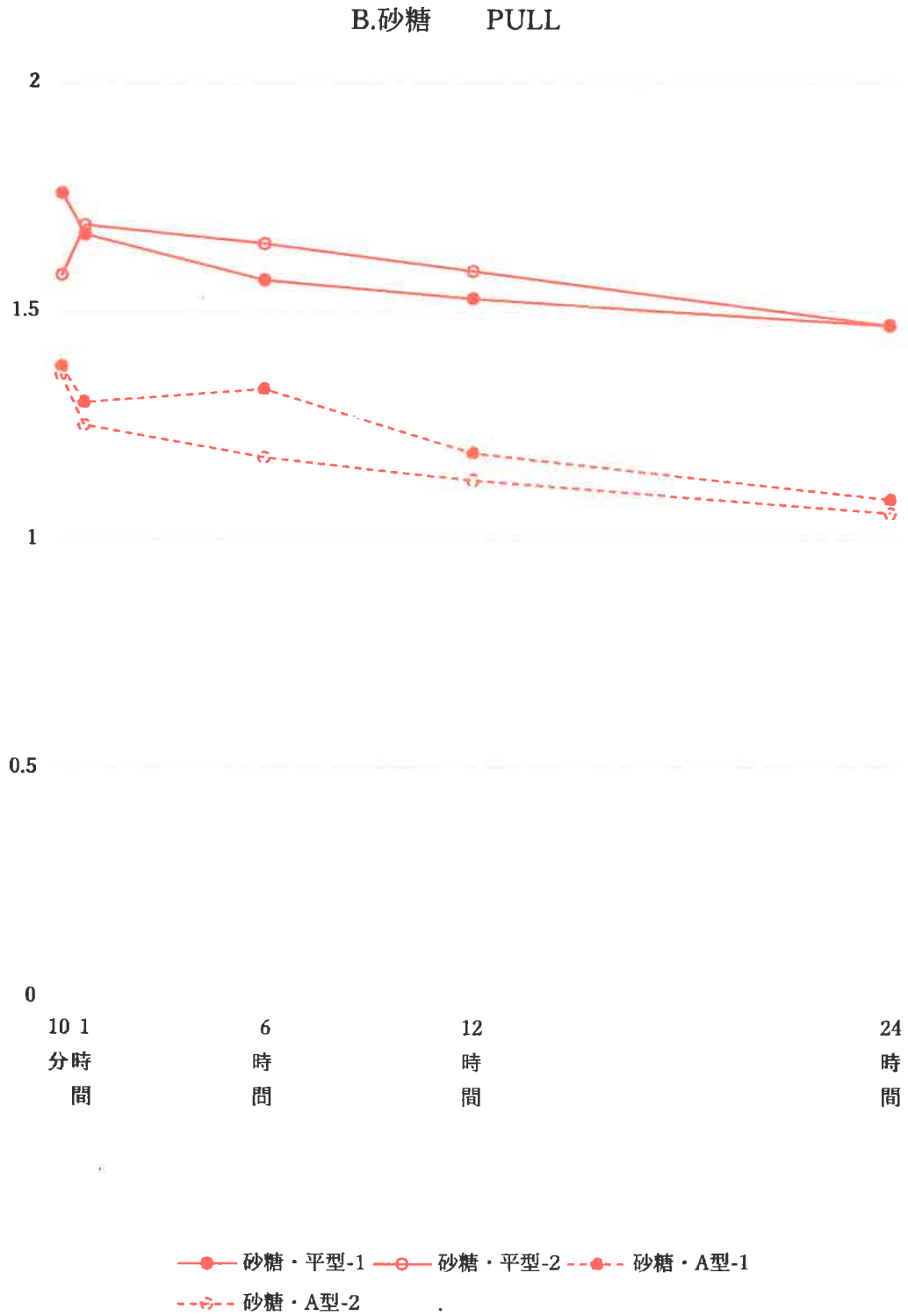
A.甘味料無添加 PULL



● 甘味料無し・平型-1 ○ 甘味料無し・平型-2 ● 甘味料無し・A型-1
● 甘味料無し・A型-2

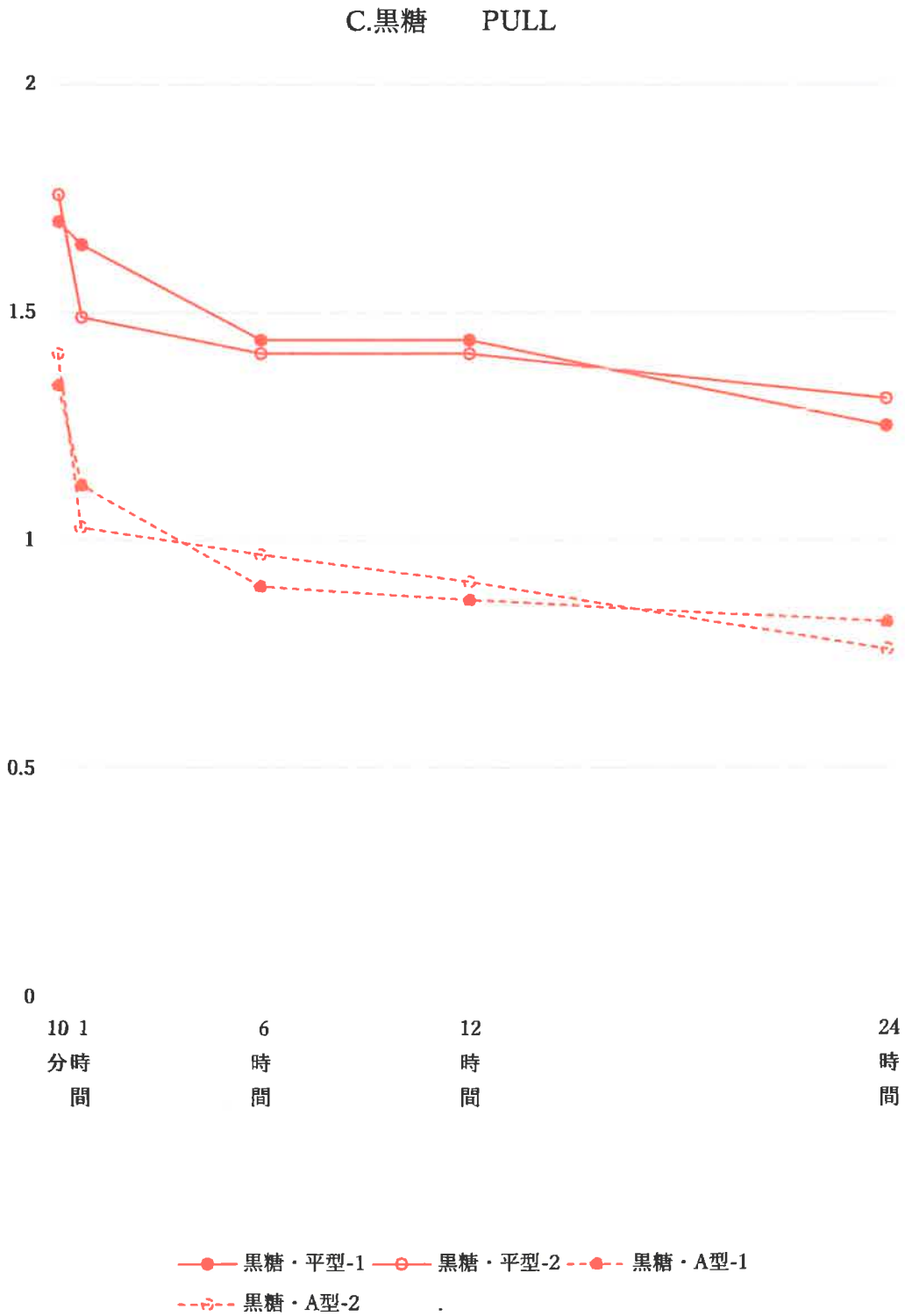
(N)

図1-2-2 PUSH-PULLスケールによる
タピオカもちの粘りの経時変化



(N)

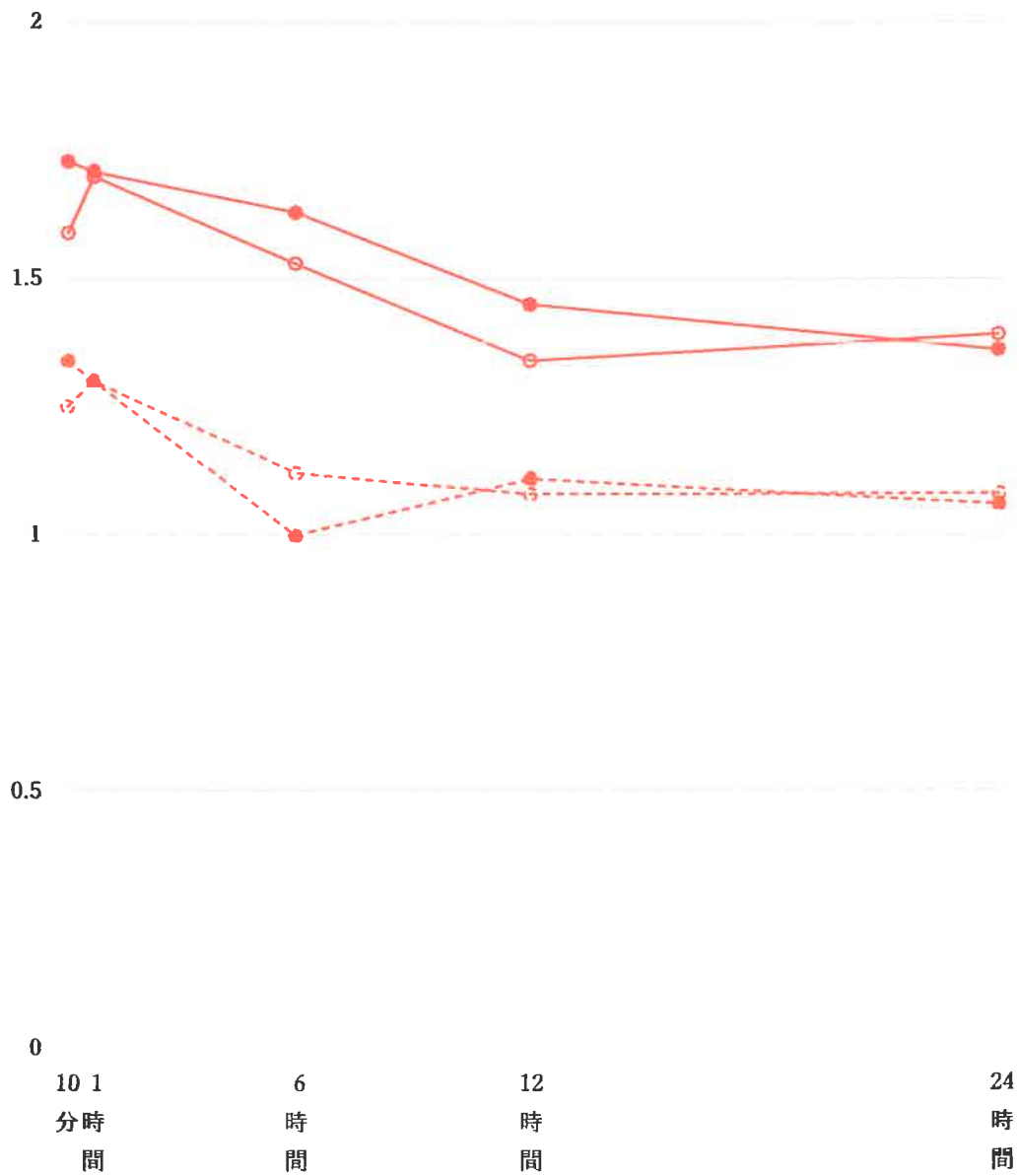
図1-3-2 PUSH-PULLスケールによる
タピオカもちの粘りの経時変化



(N)

図1-4-2 PUSH-PULLスケールによる
タピオカもちの粘りの経時変化

D.還元麦芽糖 PULL

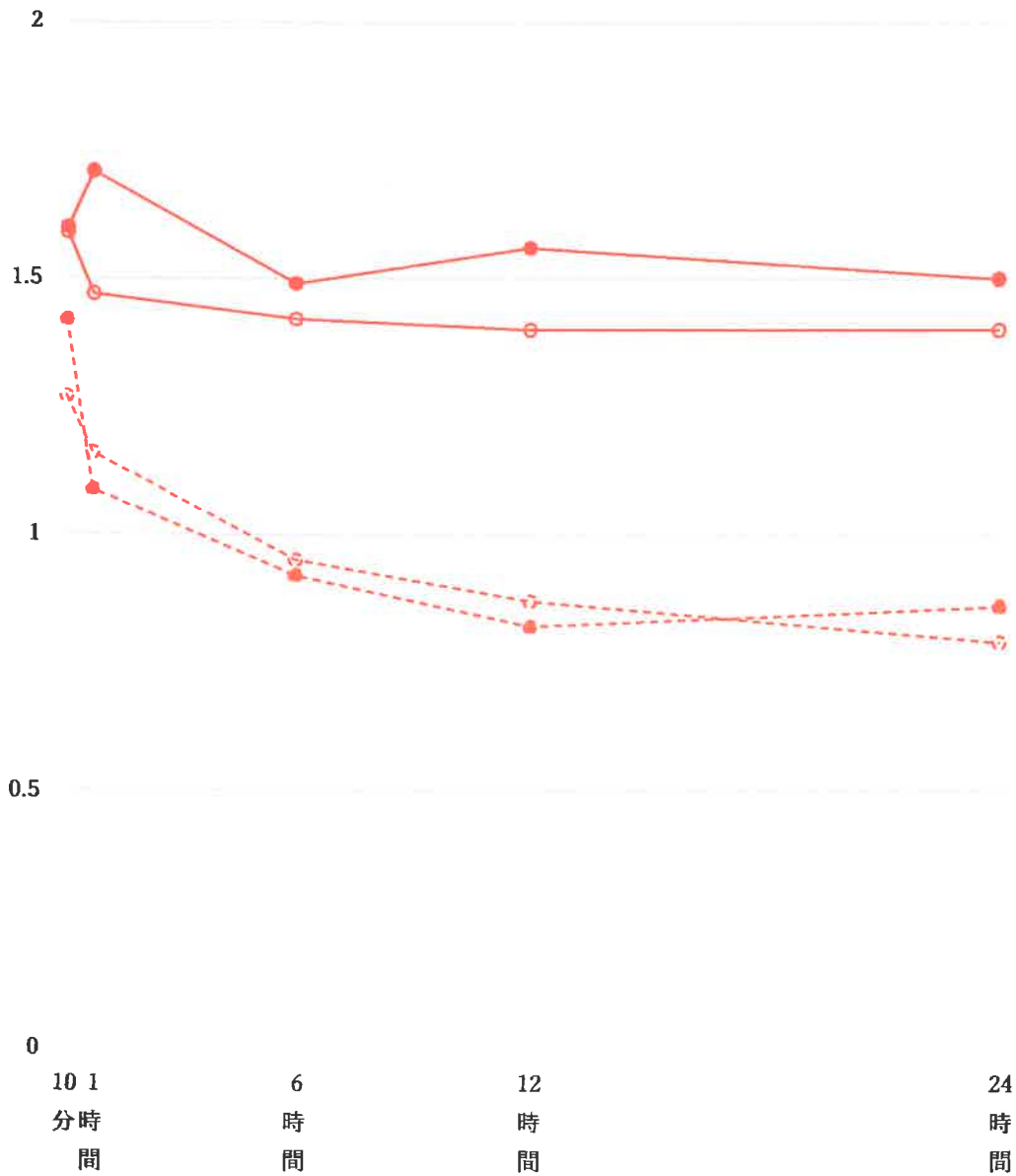


—●— 還元麦芽糖・平型-1 —○— 還元麦芽糖・平型-2 - -●- - 還元麦芽糖・A型-1
- -○- - 還元麦芽糖・A型-2

(N)

図1-5-2 PUSH-PULLスケールによる
タピオカもちの粘りの経時変化

E. 蜂蜜 PULL



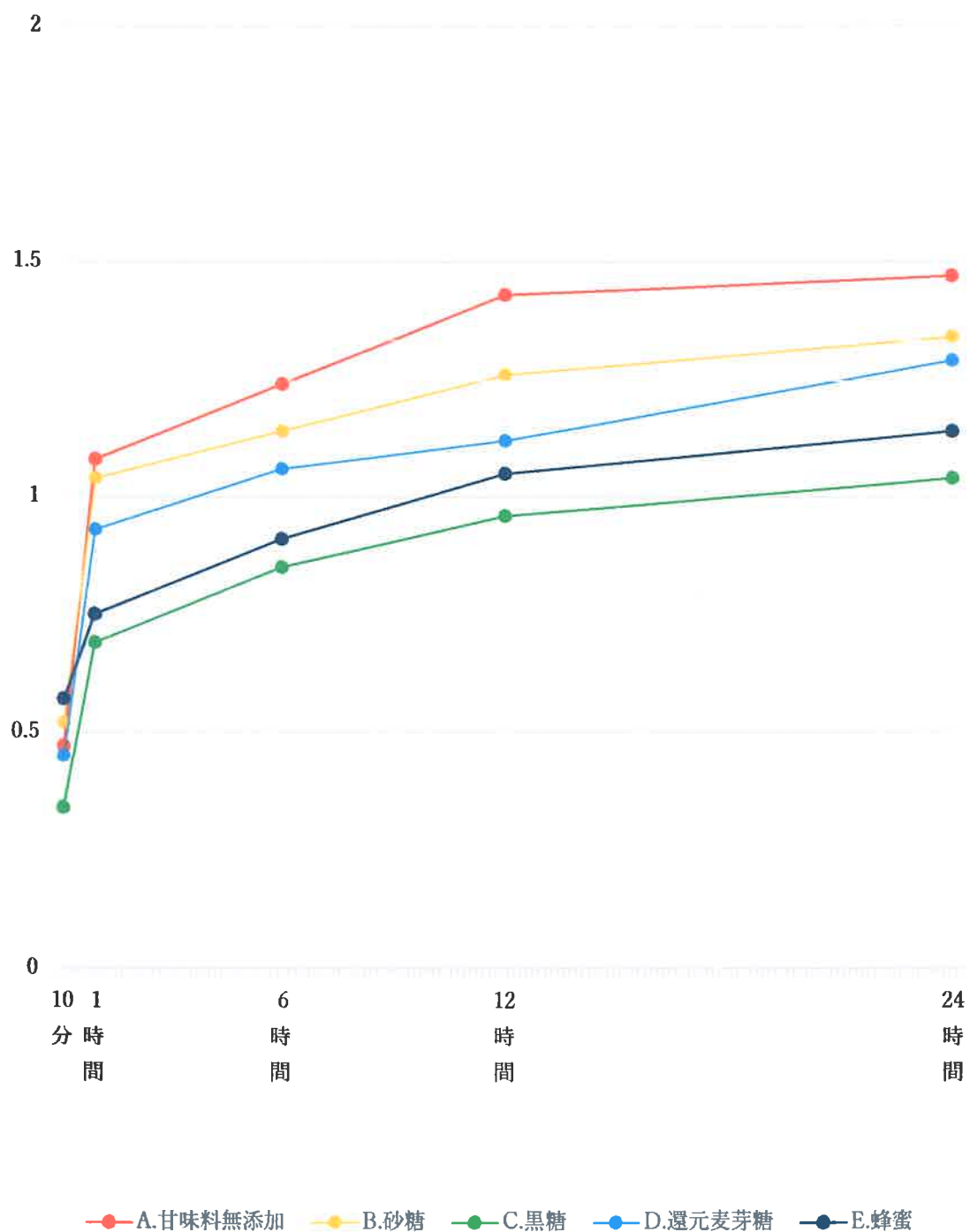
● 蜂蜜・平型-1 ○ 蜂蜜・平型-2 ● 蜂蜜・A型-1
○ 蜂蜜・A型-2

表2 A～Eの2回測定の平均値

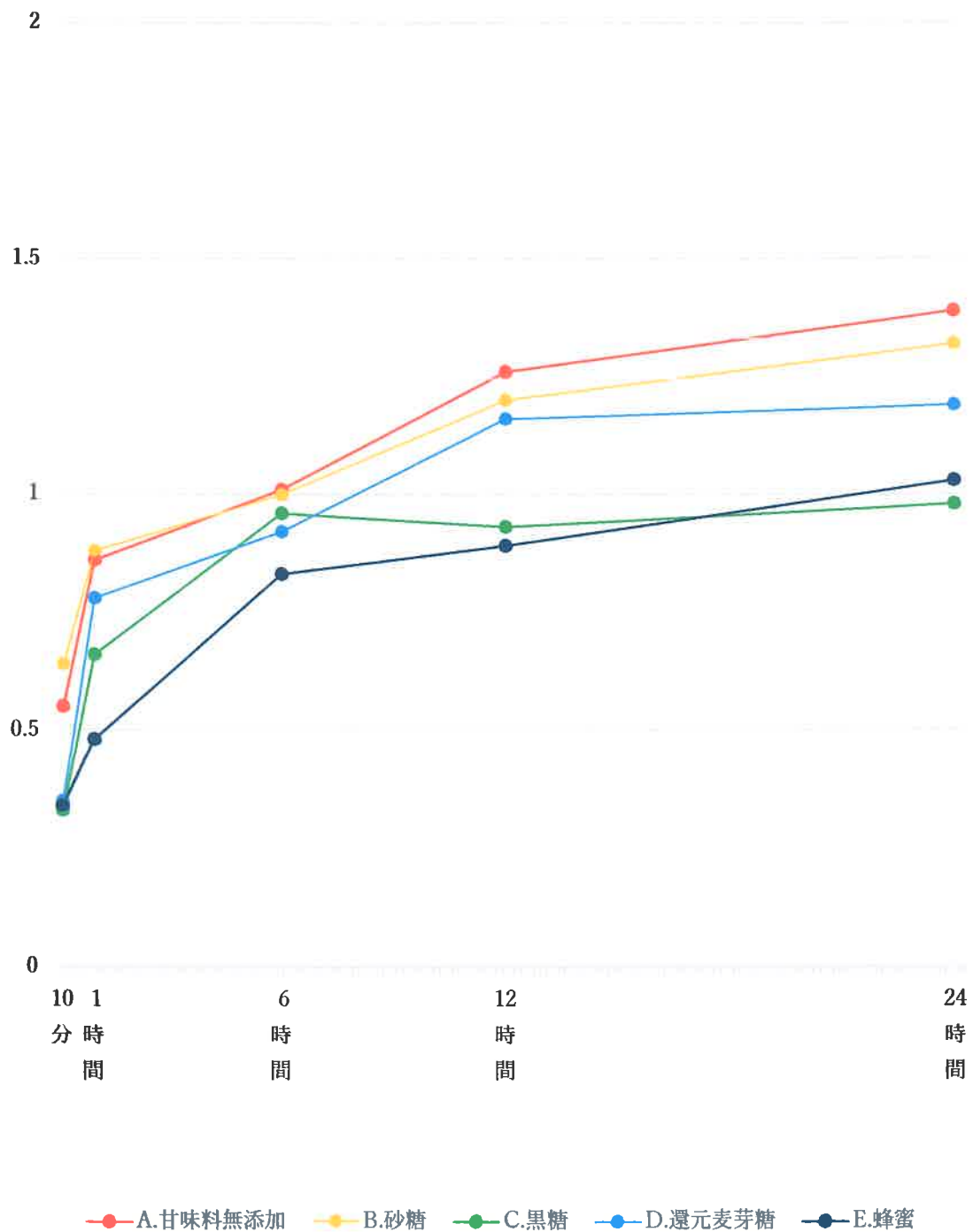
			10分	1時間	6時間	12時間	24時間
P U S H	平型	A. 甘味料無添加	0.47	1.08	1.24	1.43	1.47
		B. 砂糖	0.52	1.04	1.14	1.26	1.34
		C. 黒糖	0.34	0.69	0.85	0.96	1.04
		D. 還元麦芽糖	0.45	0.93	1.06	1.12	1.29
		E. 蜂蜜	0.57	0.75	0.91	1.05	1.14
	A型	A. 甘味料無添加	0.55	0.86	1.01	1.26	1.39
		B. 砂糖	0.64	0.88	1.00	1.20	1.32
		C. 黒糖	0.33	0.66	0.96	0.93	0.98
		D. 還元麦芽糖	0.35	0.78	0.92	1.16	1.19
		E. 蜂蜜	0.34	0.48	0.83	0.89	1.03
P U L L	平型	A. 甘味料無添加	1.90	1.74	1.47	1.33	1.17
		B. 砂糖	1.67	1.68	1.61	1.56	1.47
		C. 黒糖	1.73	1.57	1.43	1.43	1.28
		D. 還元麦芽糖	1.66	1.71	1.58	1.40	1.38
		E. 蜂蜜	1.60	1.59	1.46	1.48	1.45
	A型	A. 甘味料無添加	1.52	1.31	1.19	1.00	0.83
		B. 砂糖	1.37	1.28	1.26	1.16	1.08
		C. 黒糖	1.38	1.08	0.94	0.89	0.79
		D. 還元麦芽糖	1.30	1.39	1.07	1.10	1.07
		E. 蜂蜜	1.35	1.13	0.94	0.85	0.83

(単位：N)

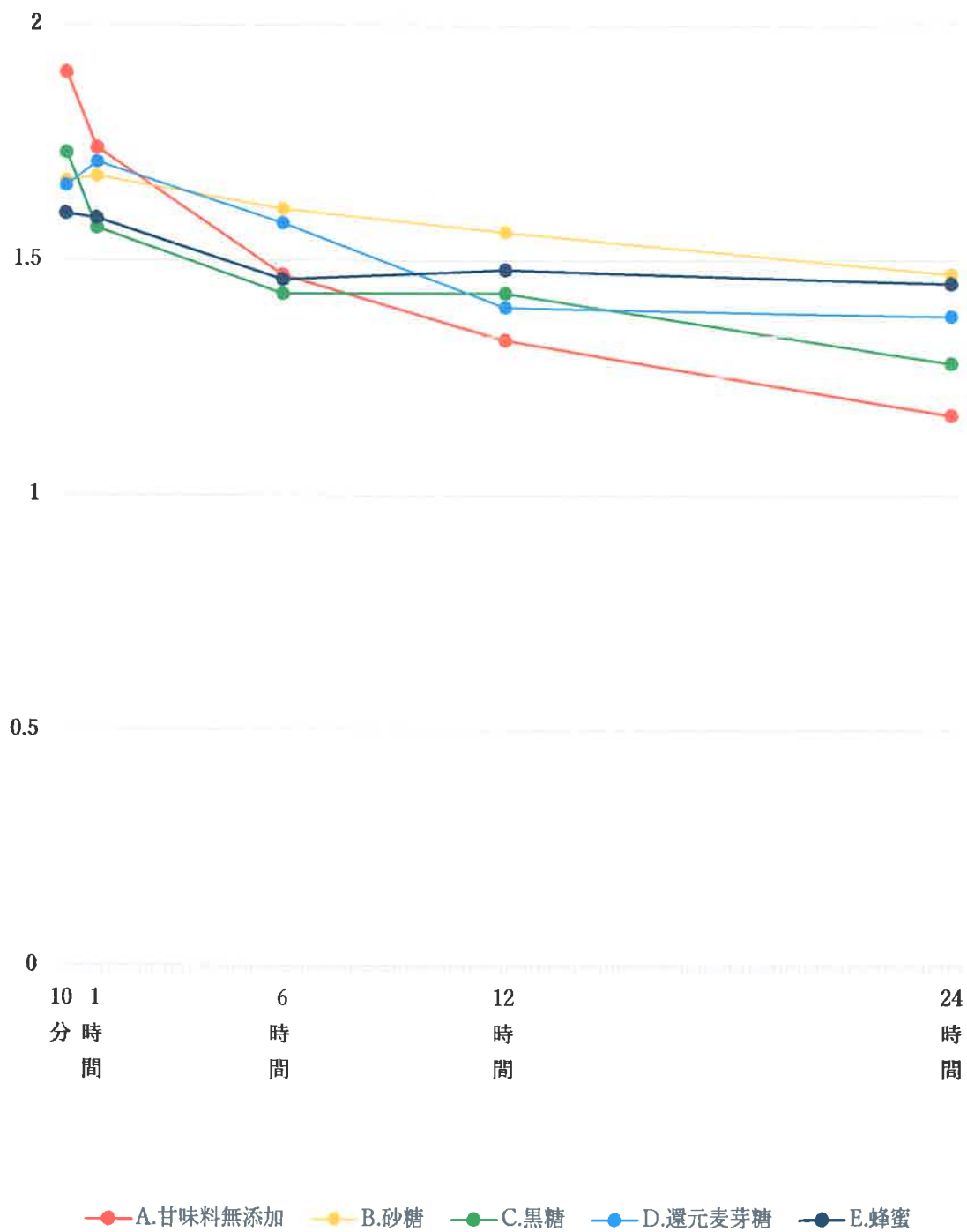
(N) 図2-1 調理後の時間経過とタピオカ餅のやわらかさの変化 (PUSH・平型)



(N) 図2-2 調理後の時間経過とタピオカ餅の
やわらかさの変化 (PUSH・A型)



(N) 図2-3 調理後の時間経過とタピオカ餅の粘りの変化 (PULL・平型)



(N) 図2-4 調理後の時間経過とタピオカ餅の粘りの変化 (PULL・A型)

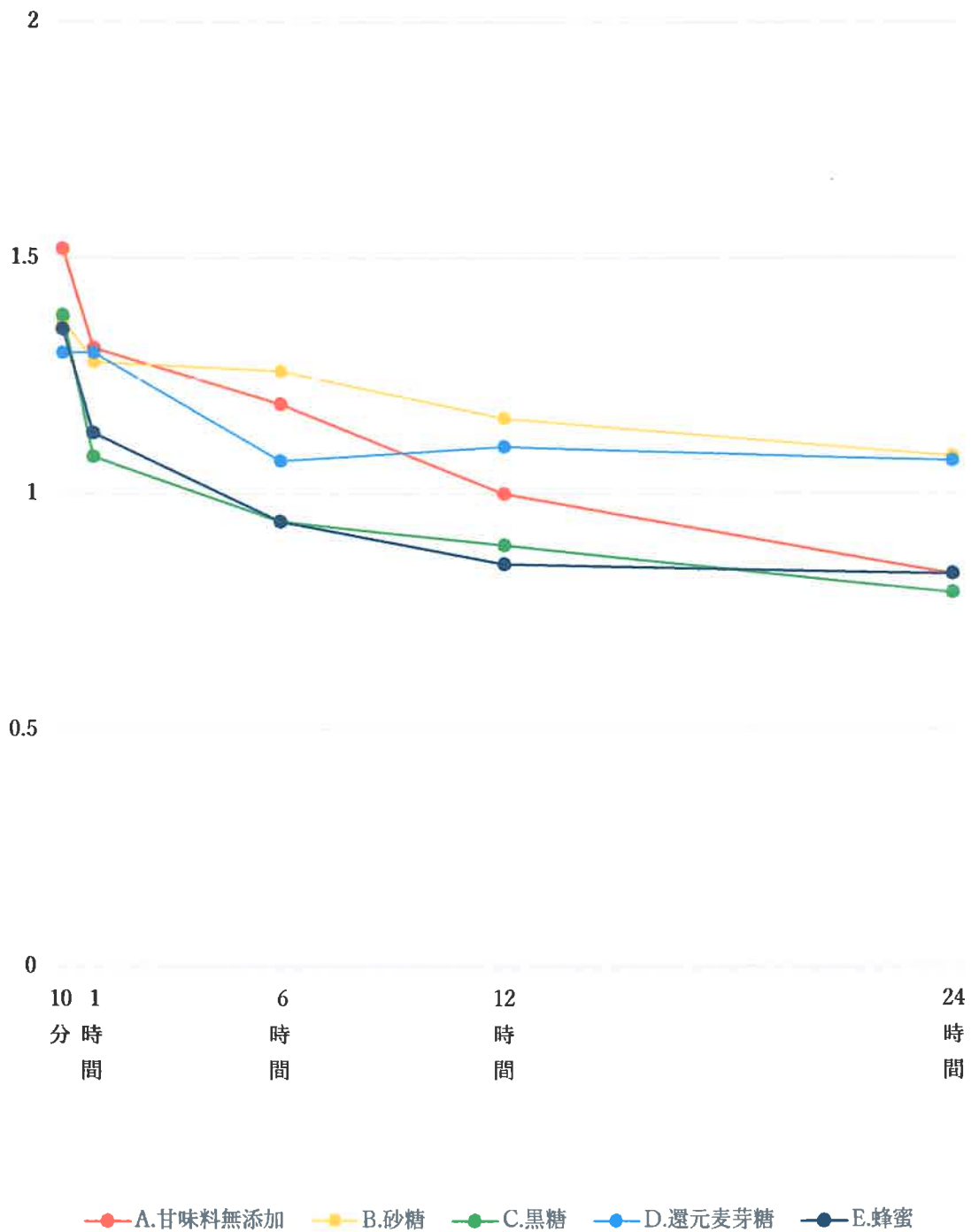


表1-1 A～Eの3ヶ所測定の平均値 -1

			10分	1時間	6時間	12時間	24時間
P U S H	平型	A. 甘味料無添加	0.43	1.11	1.28	1.43	1.51
		B. 砂糖	0.48	1.08	1.20	1.28	1.37
		C. 黒糖	0.35	0.72	0.86	0.92	1.03
		D. 還元麦芽糖	0.46	0.97	1.04	1.06	1.30
		E. 蜂蜜	0.58	0.80	0.94	1.10	1.17
	A型	A. 甘味料無添加	0.51	0.81	1.01	1.28	1.34
		B. 砂糖	0.65	0.84	1.02	1.22	1.34
		C. 黒糖	0.36	0.64	0.96	0.96	0.96
		D. 還元麦芽糖	0.35	0.74	0.89	1.44	1.23
		E. 蜂蜜	0.38	0.47	0.79	0.88	1.06
P U L L	平型	A. 甘味料無添加	1.99	1.73	1.49	1.25	1.18
		B. 砂糖	1.76	1.67	1.57	1.53	1.47
		C. 黒糖	1.70	1.65	1.44	1.44	1.25
		D. 還元麦芽糖	1.73	1.95	1.72	1.45	1.36
		E. 蜂蜜	1.60	1.71	1.49	1.56	1.50
	A型	A. 甘味料無添加	1.49	1.28	1.18	1.03	0.78
		B. 砂糖	1.38	1.30	1.33	1.19	1.09
		C. 黒糖	1.34	1.12	0.90	0.87	0.82
		D. 還元麦芽糖	1.34	1.42	1.00	1.10	1.06
		E. 蜂蜜	1.42	1.09	0.92	0.82	0.86

(単位；N)

*各測時間に3回ずつ測定し、その平均値を出した

写真

写真1 試食用にカットしたもち生地



写真2 調理直後のデンプン餅の生地の状態



A. 甘味料無添加



B. 砂糖



C. 黒糖



D. 還元麦芽糖



E. 蜂蜜

写真3 各々ピオカ餅の透明度の経時変化

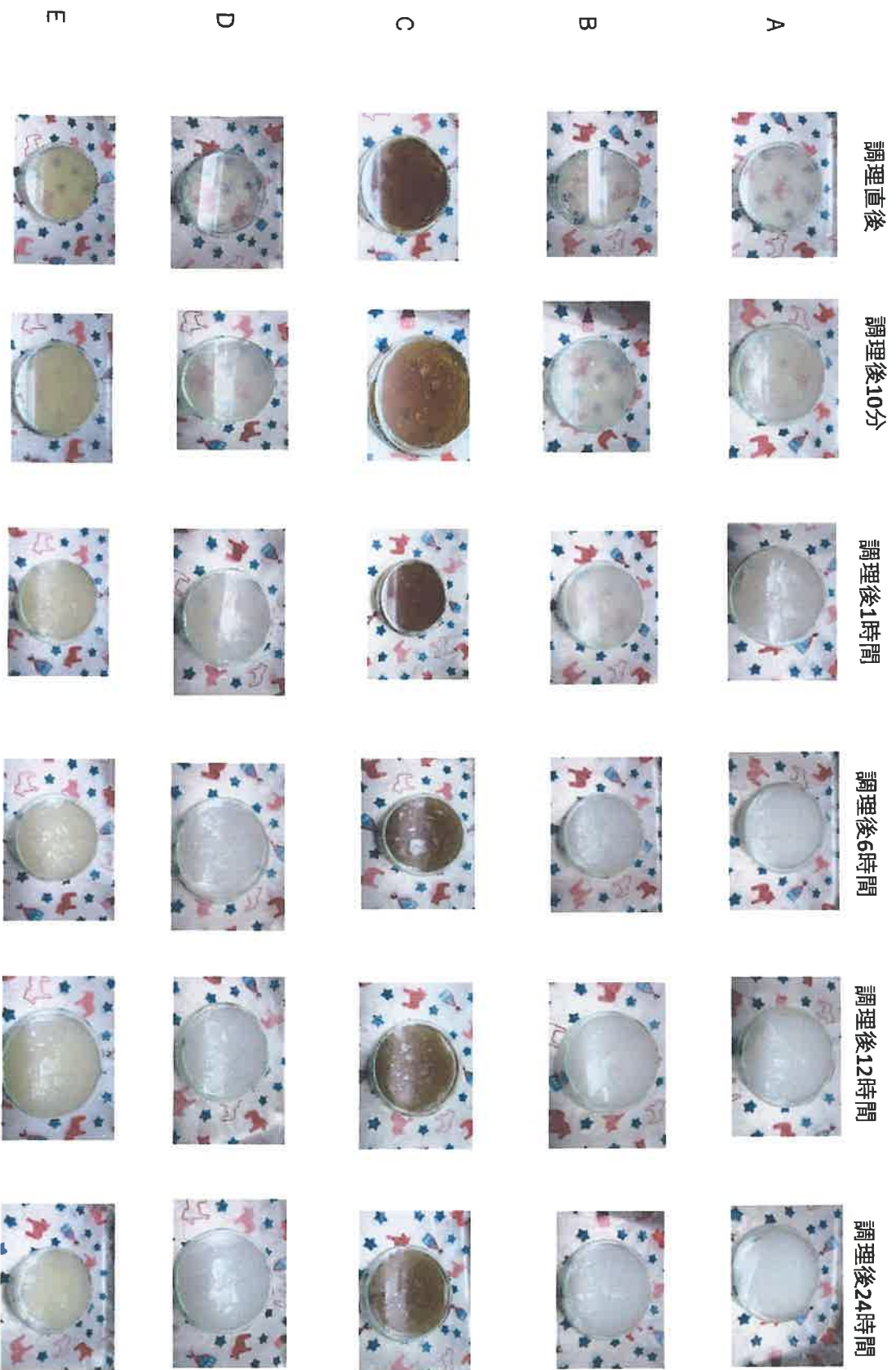


写真4 測定中の生地とアタッチメントの状態



D. 還元麦芽糖 調理後10分



E. 蜂蜜 調理後10分 平型

写真5 調理直後及び調理後10分冷却後の餅生地の状態

(A. 甘味料無添加)



調理直後

シャーレの蓋に生地が張り付いている。



調理後10分

生地表面から徐々に冷却されている状態。



調理後10分

蓋を開けたところ

資料

試料 A 使用した甘味料について

- A. 甘味料無添加
- B. 上白糖
原材料名 原料糖
製造者 伊藤忠製糖株式会社
- C. 黒糖
名称 粉黒糖
加工者 金城黒糖
沖縄県波照間島産さとうきび 10 割使用
- D. 還元麦芽糖
名称 マービー®低カロリー甘味料
原産国名 フランス
販売者 株式会社HプラスBライフサイエンス
- E. 蜂蜜
名称 純粋はちみつ
原材料名 蜂蜜（ルーマニア）
（非加熱 生はちみつ）

資料 A-1 タピオカ粉の食品成分（可食部 100g あたり）

食品成分	エネルギー	水分	たんぱく質	脂質	炭水化物	灰分	食塩相当量
(単位)	kcal	g	g	g	g	g	g
キャッサバでん粉 (タピオカ粉)	354	14.2	0.1	0.2	85.3	0.2	0

出典：日本食品標準成分表 2020 年版（八訂）

資料 A-2 各甘味料の食品成分（可食部 100g あたり）

食品成分	エネルギー	水分	たんぱく質	脂質	炭水化物	灰分	食塩相当量
(単位)	kcal	g	g	g	g	g	g
B. 上白糖	391	0.7	(0)	(0)	99.3	0	0
C. 黒糖	352	4.4	1.7	Tr	90.3	3.6	0.1
D. 還元麦芽糖	208	0	0	Tr	100.0	0	0
E. 蜂蜜	329	17.6	0.3	Tr	81.9	0.1	0

出典：日本食品標準成分表 2020 年版（八訂）

資料B プッシュプルスケールについて

今回 デンプン餅のやわらかさと粘りを測定するのに、
IMADA プッシュプルスケール (形式 FB-10) を使用した。



資料C コンビニ各社で販売されている「わらび餅」の食感の表現

コンビニA社

- 商品 a : もっちり食感
- 商品 b : わらびもち生地は、口どけ良くもっちりとした食感に仕上げています。
(商品名 とろもちわらび餅・・・)
- 商品 c : くちどけのよい、とろとろ食感のわらび餅
- 商品 d : 商品名 もっちりわらび餅 練乳いちご

コンビニB社

- 商品 e : 歯切れ良い食感のわらび餅生地
- 商品 f : プルンとした食感が楽しめる

コンビニC社

- 商品 g : もっちり食感のわらび餅フィリング
- 商品 h : ひんやりぷるぷる、もっちもち

(令和3年8月18日の内容)