

団子の物理性について (第2報)

砂糖, よもぎおよび酵素剤が団子の粘弾性に及ぼす影響

渋谷歌子, 稲越徳子

On the Physical Properties of Dango (Part2)

Effects of the Sugar, Yomogi and Enzyme on Viscoelasticity of Dango

Utako Shibuya, Noriko Inakoshi

I 緒 言

前報¹⁾において団子を製造する場合, 主原料である粳米粉と糯米粉の配合割合が団子の粘弾性にいかに影響し, その経時的変化(日もち)にどのように関係するかについて検討し, またそれぞれの製品の食味の良否について報告した。

団子の粘弾性の測定に初めて岡田式ゼリー強度計を用いることを試みた。厚さ1cmの実験用団子に突き抜ける球状プランジャーに荷重する重量(g)を以て, 粘弾性の値と見なした。かくして得た値と食味試験の結果を総合し, 一括すると第1表の如くであつた。

第1表 団子の粘弾性と食味の関係

食味 粘弾性	粘 性	弾 性	硬 さ	団子としての総合評価
150	極めて強い 歯にねばりつく	な し	非常に軟らかい	形を保つことが困難のため不適當
250	強く歯につく	低 い	軟らかい	粘性強く, 測定器のプランジャーに粘着する
350	適 当	適 当	適 当	歯ざわり良く団子として最も適當
450	やや弱い	やや高い	やや硬い	しこしことした歯ざわりで団子として食べられるが硬い
550	な し	非常に高くても ろい	硬 い	測定器のプランジャーで割れて終い団子として不適當

本報は団子製造の副材料である砂糖およびよもぎが団子の粘弾性, 日もち, 食味にいかなる影響を与えるかについての検討と, 更に食品加工にしばしば用いられている各種の酵素剤を添加した場合について報告する。特に著しい影響が認められた酵素剤については, 実際に笹団子を調製してみたので, その実例をも併せて報告する。

Ⅱ 実験方法

1. 試料

(1) 原料米粉 前報¹⁾に準じて調製した。粳米粉、糯米粉はそれぞれ60meshの標準篩を通過したものを10℃以下に貯蔵して、使用の都度、粳米粉と糯米粉の重量比を50:50を以て配合し、よく篩合せて使用した。この粉の粒度は第2表の如きものであった。

第2表 団子の製造に使用した粉の粒度分布

粉の種類 mesh	粳米粉 (%)	糯米粉 (%)	配合米粉(%) (粳米粉50:糯米粉50)
60 以上	11.1	14.5	12.8
60 ~ 100	73.4	73.5	73.5
100 ~ 150	11.6	12.0	11.8
150 ~ 200	2.7	1.0	1.9
200 ~ 250	0.3	0	0.1
250 以下	0	0	0

(2) よもぎ よもぎの若芽を採集し煮沸、水洗、乾燥後貯蔵しておき、これを使用の都度、水洗し30分浸漬し、20分煮沸後再び水洗した後、ミキサーに2分磨砕し、ガーゼに包んで1kg圧に5分間放置脱水して用いた。こうして得た磨砕よもぎは水分75.5%であった。

(3) 砂糖 市販の精製糖を使用した。

(4) 笹の葉 市販乾燥品を水にもどして使用した。

(5) 酵素剤 α -Amylase 剤…阪急共栄物産の Amyloliquifase.

β -Amylase 剤…旭化学工業の Samzyme.

Cellulase. Hemi cellulase 複合剤…上田化学工業の Cellulosin A. P. を用いた。

2. 実験用団子の製造

実験用団子は配合米粉、砂糖、よもぎを所定の割合に混合して水を加えて50回混捏し、チヨッパーを通して等圧のもとで巾20mm、長さ130mmのCasingに充填し30分煮沸して10℃の水に20分間冷却し、20℃の恒温器に静置して所定の時間を経過させたものについて粘弾性と食味を検べた。酵素剤使用の場合は酵素剤を水に溶かして混合、混捏しCasingに充填後30℃の恒温器に2時間放置した後、煮沸、冷却した。

3. 団子の粘弾性の測定

前報¹⁾に準じて岡田式ゼリー強度計を用いて測定した。日もちを検討するためには経時的に24時間、48時間、96時間後に測定して製造直後の値と比較した。

4. 団子の食味試験

前報¹⁾に準じて行なった。

5. 団子組織の顕微鏡観察

団子を直接切刃に切断して80倍率の顕微鏡観察をし写真を撮った。

6. 笹団子の製造

原料を配合、混捏した団子を厚さ3mmの皮とし、中に餡を入れて成形し、笹の葉に包んで結束し、煮熟、冷却後皿に収めて20℃の恒温に保存して実験に供した。

Ⅲ 実験結果及び考察

1. 砂糖が団子の粘弾性に及ぼす影響

団子製造に普通用いられる副材料の砂糖が製品である団子の粘弾性に、いかに影響を及ぼすかについて調べた。その配合割合および粘弾性は第3表に示す通りである。

第3表 砂糖配合団子の粘弾性

区 分	配 合 割 合			粘弾性 (3回実験の平均値, 単位g)			粘弾性の経時的変化 (製造直後の値を100とした)	
	配合米粉 (g)	砂 糖 (g)	水 (ml)	製造直後	24時間後	48時間後	24時間後	48時間後
対 照	100	0	80	337	344	372	102	110
A ₁	100	5	80	311	375	493	120	158
A ₂	100	10	80	319	408	519	128	163
A ₃	100	15	80	343	420	534	125	156

分散分析表 (A) = 添加物の配合比 (t) = 製造後の時間経過

要 因	SS	f	V	Fo	危 険 率
(A)	39104	4-1=3	13035	7.70	P<0.05
(t)	140580	3-1=2	70290	41.50	P<0.01
(A × t)	29514	3 × 2=6	4919	2.91	P<0.05
E	40641	24	1693		

配合米粉に砂糖を加えて製造した団子の粘弾性は製造直後において、5~10%添加したものはやや低い値を示したが、15%添加の場合にはむしろ高い値を示した。また粘弾性の経時的変化を見るに砂糖を配合しない団子は24時間後は殆んど変化なく、48時間後にやや上昇したに過ぎないのに砂糖を配合した団子はいずれも著しい上昇を示した。

この測定値の分散分析の結果も砂糖配合割合による変動は5%、時間経過による変動は1%、また砂糖配合によって固さの時間変化の仕方が異なることを5%の危険率で有意性を認めている。

また食味については砂糖を配合した団子は、それぞれの配合割合に応じての甘味が認められたが、砂糖無添加の団子に比して粘性、弾性に乏しく、従って硬くて食味上芳ばしくなく日もちはむしろ悪い傾向にあった。

2. よもぎを配合した団子に対する砂糖の影響

笹団子の製造には米粉によもぎを配合して用いるが、よもぎの使用量については明確でないので予備的に実験して定めた。即ち75.5%の水分含量の前処理したよもぎを米粉に対して5%、10%添加しその水分量を考慮して80%になるよう水を加えて団子を製造した。このようにして出来た団子

について鑑評した結果は外観、粘弾性の点から10%添加が適当と認められた。

次によもぎを配合した団子に対する砂糖の影響を見るために第4表の如き配合割合の団子を調製し、その粘弾性を検べた。

第4表 よもぎ、砂糖配合団子の粘弾性

区分	配 合 割 合				粘 弾 性 (3回実験の平均値、単位g)			粘弾性の経時的変化 (製造直後の値を100とした)	
	配合米粉 (g)	よもぎ (g)	砂糖 (g)	水 (ml)	製造直後	24時間後	48時間後	24時間後	48時間後
対照	100	0	0	80	343	350	382	102	111
B ₁	100	10	0	72.5	309	370	405	120	131
B ₂	100	10	5	72.5	292	340	350	116	120
B ₃	100	10	10	72.5	273	300	339	110	124

分散分析表 (A) = 添加物の配合比 (t) = 製造後の時間経過

要 因	SS	f	V	Fo	危 険 率
(A)	29943	3-1=2	14972	47.1	P<0.01
(t)	38223	3-1=2	19112	60.1	P<0.01
(A×t)	16782	2×2=4	4196	13.2	P<0.01
E	5724	18	318		

製造直後においてはよもぎの影響を受け、やや低い値を示したが、24時間後、48時間後の値は対照に比し高い値を示した。またよもぎと砂糖を配合した団子の製造直後の粘弾性は米粉のみの団子、およびよもぎ配合団子に比して低い値を示した。この団子の24時間、48時間経過したものは製造直後の値に比して相当高い値を示した。しかしこれをよもぎのみを配合したものに比すれば著しく低くなっている。以上のよもぎ、砂糖配合の分散分析においても砂糖の配合割合によって固さの時間変動のあることを1%の危険率で有意差を認めている。

この2つの実験から団子製造の副材料である砂糖とよもぎの、団子の粘弾性に対する影響は、製造直後において配合米粉のみの団子と殆んど変りなく経時的には高い値を示した。このことは砂糖、よもぎをそれぞれ単用した場合には日もちにおいて効果があるとは認められない。しかるに両者を併用した場合は製造直後の値は著しく低く、従って24時間後、48時間後の値も低いことが明らかになった。巷間に団子製造の場合、砂糖を配合すると団子は柔らかく日もちが良いといわれている。それはよもぎと併用した場合のことであり興味あるところである。

3. 団子に対する酵素剤の影響

(1) 米粉団子に対する酵素剤の影響

従来米飯の食味改善をする目的で酵素剤を用いる例^{2) 3) 4) 5)}が少なくない。酵素も原料の種類や改良目的によって適切なものを選定する必要がある。団子の場合は原料は澱粉質の米粉と繊維質のよもぎが用いられ、また出来た団子に適切な粘弾性を与え、かつ日もちをよくすることを考えると

Amylase 系のものと、組織の崩壊に因与する Cellulase 系の酵素が選ばれる。使用した酵素剤は Amylase 系として α -Amylase を中心とする Amyloliquifase と β -Amylase を中心とする Sanzyme, 組織崩壊系として Cellulosin A. P. を使用し、それぞれを主原料である配合米粉に対して 0.05%, 0.1% を添加した。この粘弾性を示したのが第5表である。

第5表 酵素剤添加団子の粘弾性

区分	配合割合			粘弾性 (3回実験の平均値, 単位 g)				粘弾性の経時的変化 (製造直後の値を 100 とした)		
	配合米粉 (g)	水 (ml)	酵素 (%)	製造直後	24時間後	48時間後	96時間後	24時間後	48時間後	96時間後
対照	100	80	0	330	338	361	379	102	109	114
C ₁	100	80	Sanzyme 0.05	364	348	328	298	96	90	79
	100	80	Sanzyme 0.10	314	280	291	290	89	92	92
C ₂	100	80	Cellulosin A.P. 0.05	299	308	312	338	103	104	113
	100	80	Cellulosin A.P. 0.10	198	216	244	255	110	123	129

分散分析表 (A) = 添加物の配合比 (t) = 製造後の時間経過

区分	要因	SS	f	V	Fo	危険率
C ₁	(A)	23272	3-1=2	11636	13.12	P < 0.01
	(t)	991	4-1=3	330	0.38	
	(A × t)	8264	2 × 3 = 6	1377	1.56	
	E	21087	24	879		
C ₂	(A)	97566	3-1=2	48783	130	P < 0.01 P < 0.01
	(t)	12231	4-1=3	4077	10.87	
	(A × t)	960	2 × 3 = 6	160	0.43	
	E	9011	24	375		

Amyloliquifase は添加後、米粉の液化が著しく成形不能であった。

Sanzyme 0.05% を使用した団子の粘弾性は製造直後は殆んど影響はみられないが、貯蔵時間の経過とともに低下した。0.10% 添加の団子は製造直後より、96時間後まで殆んど変化なく日もちに大変良い影響を与えた。このことは分散分析の結果をみても明らかである。製造後96時間を経過した団子の食味は適度の柔らかさと粘性、弾力があり、かつ甘味があって極めて日もちの良いものであった。また酵素添加量との関係は0.05%より0.10%の方が良好であった。Cellulosin A. P. 添加と粘弾性の関係をみると添加量の増加にともない著しく低下を示し、96時間を経過して相当に上昇したといっても、対照の製造直後のものと殆んど変らない位の値であった。このことは分散分析の結果にも表れて Cellulosin A. P. の添加量にともなう変動、経時的変化はそれぞれ1%の危険率で有意差が認められたが、両者間には認められなかった。

以上の結果から団子製造には Amyloliquifase は使用することが出来ない。Sanzyme と Cellulosin A. P. はそれぞれ作用機構の相違によって、異なる変化が認められた。即ち Sanzyme の添加は製造直後の粘弾性に殆んど影響を与えないが、日もちに効果的に作用し、Cellulosin A. P. は製造直後の粘弾性の低下に強く影響したが、日もちには効果的でないことが明らかになった。

(2) よもぎを配合した団子に対する酵素剤の影響

配合米粉によもぎを加え更に Sanzyme, Cellulosin A. P. を個々に、または併用した団子を製造して、粘弾性を測定した。その配合割合と粘弾性を第 6 表に示した。

第 6 表 酵素剤添加のよもぎ配合団子の粘弾性

区分	配 合 割 合				粘弾性 (3 回実験の平均値, 単位 g)				粘弾性の経時的変化 (製造直後の値を 100 とした)		
	配合米粉 (g)	よもぎ (g)	水 (ml)	酵 素 (%)	製 造 直 後	24 時 間 後	48 時 間 後	96 時 間 後	24時間後	48時間後	96時間後
対照	100	10	72.5	0	300	333	391	427	111	130	142
D ₁	100	10	72.5	Sanzyme 0.10	283	255	272	261	90	96	93
D ₂	100	10	72.5	Cellulosin A.P. 0.10	238	248	250	271	104	105	113
D ₃	100	10	72.5	Sanzyme 0.10 Cellulosin A.P. 0.10	247	261	232	222	106	94	90

分散分析表 (A) = 添加物の配合比 (t) = 製造直後の経過

要 因	SS	f	V	Fo	危 険 率
(A)	28558	4-1=3	9519	7.86	P<0.01
(t)	1098	4-1=3	366	0.30	
(A × t)	45780	3×3=9	5087	4.18	P<0.01
E	38777	32	1212		

酵素剤を添加した団子の粘弾性については、(1)の実験に示された如く、この実験においても Sanzyme 添加の団子は製造直後の値は対照に比して殆んど変らない。96時間を経過してやや低い値を示して日もちの上に効果的であった。また Cellulosin A. P. 添加の団子は、製造直後に著るしい低い値を示し、貯蔵日数にもなって上昇をみた。然しながら96時間貯蔵したものにおいても対照の製造直後の値に匹敵していた。Sanzyme と Cellulosin A. P. を併用した団子は製造直後において対照に比して低い値を示し、24時間、48時間後も殆んど変化なく96時間後といえども低い値を示した。

食味については、Sanzyme 添加団子はよもぎの混り具合が悪く、部分的に黒い斑点になって残り、やや甘味を帯び柔らかいが歯ざわりは良くなかった。Cellulosin A. P. 添加団子はよもぎと米粉の混り具合がよく、鮮やかな深緑色を呈し、極めてきめ細かく、粘性が強く柔らかいが弾性にやや欠ける所がみられた。

Sanzyme, Cellulosin A. P. の併用団子は適度の甘味をもち色もよく、きめ細かく柔らかく粘性も強く、日もちは大変良かった。以上の実験から Sanzyme, Cellulosin A. P. の併用は極めて有効であることが認められた。

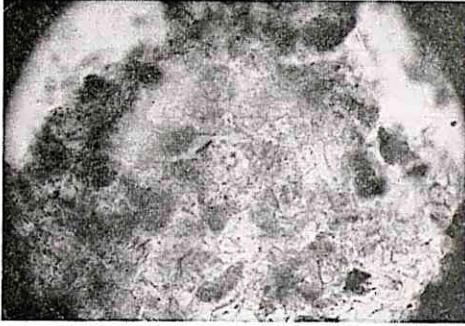
4. 団子組織の顕微鏡観察

第 6 表の配合例によって製造した団子の一部について直接切片を作成して観察し、撮影した。そ

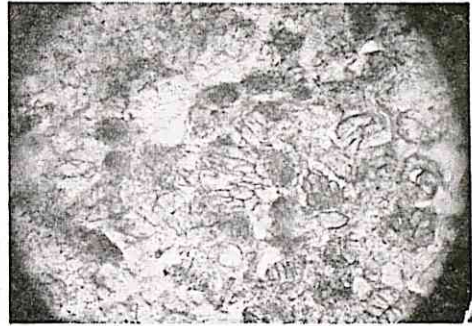
の写真を第1図A—Dに示した。

第1図 団子組織の顕微鏡観察 (80倍)

A. 配合米粉+よもぎ



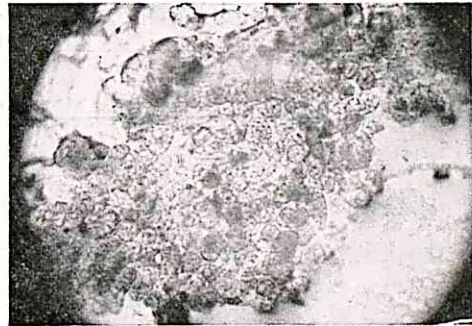
B. A+Sanzyme



C. A+Cellulosin A. P.



D. A+^{Sanzyme}
Cellulosin A. P.



A. 配合米粉によもぎを加えたもの

大小の米粉粒と粗大のよもぎ組織が見える。

B. AにSanzymeを添加したもの。

米粉粒の膨化が進み粗大よもぎ組織が見える。

C. AにCellulosin A. P.を添加したもの

米粉粒、よもぎ組織が崩壊し、分離、細分化し、全体が均一的に分布しているのが見える。

D. AにSanzyme, Cellulosin A. P.併用したものCと同様の状態が見られ、特に米澱粉の複粒が分離している状態が観察される。

5. 酵素剤を笹団子に応用した例について

以上の実験結果を実際の製造に応用して団子を作り、出来た団子について外観、食味、日もちについて鑑評した結果を第7表に示した。

酵素剤を添加した笹団子の外観、および食味について、製造直後においては(1)は白く不透明で硬軟は適度であるが風味に欠けている。

(2), (3)はよもぎの混り具合が悪く不均一で全体的に白ぼく外観は良好とは云えない。食味は弾力

第7表 酵素剤を添加した笹団子の総合鑑評

総合鑑評	区分 添加物 測定時間(時)	(1)			(2)			(3)			(4)			(5)		
		配合粉のみ			配合粉+よもぎ			(2)+Sanzyme 0.10%			(2)+Cellulysin A.P. 0.10%			(2)+Sanzyme 0.10% Cellulysin A.P. 0.10%		
		直後	48	96	直後	48	96	直後	48	96	直後	48	96	直後	48	96
外	色艶	白く不透明			粉とよもぎがよく混らず白ぼく見える						粉とよもぎが均一に混り深緑色を呈する					
観	笹のはがれ 工合	容易	容易	容易	やや難	容易	容易	やや難	容易	容易	やや難	容易	容易	難	難	容易
食	硬さ	適当	硬い	非常に硬い	適当	やや硬い	非常に硬い	適当	やや硬い	やや硬い	適当	やや硬い	非常に硬い	非常に柔らかい	柔らかい	やや硬い
	粘り	適当	ややあり	なし	ややあり	ややあり	なし	あり	ややあり	なし	あり	ややあり	なし	あり	ややあり	なし
	弾力 (歯切れ)	よし	非常によし	なし	よし	なし	なし	よし	よし	よし	よし	ややよし	なし	なし	ややよし	ややよし
味	香味	なし	なし	なし	良好	やや良好	なし	良好	良好	やや良好	良好	やや良好	なし	良好	良好	良好
好ましき 食味の順位		4	4	5	3	3	5	2	2	2	1	2	5	2	1	1

に富んで柔らかさと粘りが適当で、歯切れがよくて腰が強い。

(4), (5)は米粉とよもぎがきめ細かに均一に混り合って、鮮かな深緑色を呈して外観良好であった。食味は粘性が高く、柔らかいが弾性が比較的lowく、餅に似た感触を与えた。

日もちについてみると、48時間経過した団子について(1)は硬くてもろく歯切れは良いが粘りがなく、(2), (3), (4), (5)は適度の粘性をもち、弾力もあって食味良好であった。96時間経過したものについては(1), (2), (4)は表面乾燥した状態となって硬くて歯が立たない位であった。(3)は硬いがしこして歯切れが良く、弾力があって食用に供し得た。(5)は殆んど製造直後の状態を保っていた。このものは168時間(7日間)経過して表面が乾燥状態となって硬くなったが、歯に接する部分は充分に柔らかさを保っていた。

実際の笹団子製造にあって Sanzyme 0.10%, Cellulysin A. P. の0.10%の併用は外観, 食味, 日もちの点において極めて効果的であることを再び認めた。また団子の経時的に硬化を防ぐために表面乾燥を防ぐ必要のあることを感じた。

IV 要 約

団子製造における副材料として砂糖およびよもぎを、また品質改良剤としての酵素を添加した場合、製品団子の粘弾性、日もち、食味に及ぼす影響を前報¹⁾に準じて検討した。また品質改良に著しい効果のあった酵素剤について実際に笹団子を製造した例をも併せて報告する。

(1) 砂糖の団子の粘弾性に対する影響は製造直後に添加量の増加にともなって高く、経時的変化も大きいことが分った。食味においては粘性、弾性が乏しくなって早く硬くなる傾向が見られた。

(2) よもぎの団子の粘弾性に及ぼす影響は製造直後においてやや低い値を示したが、日もちはむしろ悪いことが分った。

(3) 団子製造に副材料である砂糖および、よもぎの両者を併用すると、始めて粘弾性が低下して日もちも良くなることが分った。

(4) 団子製造に酵素剤を応用する場合、Amyloliquifase は使用出来ないが、Sanzyme (0.05~0.10%) は日もちに効果的であり、Cellulosin A. P. (0.05~0.10%) は製造直後の粘弾性低下に強く影響したが、日もちには余り効果が表われないことが明らかになった。

(5) よもぎを配合した団子の酵素剤の影響は、Sanzyme (0.1%)、Cellulosin A. P. (0.1%) を単用するよりも両者を併用した方が、粘弾性、日もち、外観、組織、食味に最も効果的であった。このことは顕微鏡観察においても、また実際の笹団子の製造、鑑評にても確認することが出来た。

終りに臨み、本研究に終始ご指導を賜りました本学教授原沢久夫先生に厚く御礼を申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 渋谷歌子：家政学雑誌, 19, 253 (1968)
- 2) 高岡, 藤本：醱酵工学, 34, 342 (1956)
- 3) 豊島, 奥田, 堀：調理科学, 3, 86 (1970)
- 4) 松本, 松浦：家政学雑誌, 11, 452 (1960)
- 5) 斎藤昭三：新潟県食品研究所特別号, 108 (1962)