

インスタントドライイーストを用いたドウの 調製条件と焼成後のパンの調理科学的研究

續 順 子 ・ 中 島 けい子

Study of Condition in Process of Dough Fermentation
and Quality of Bread When Instant Dry Yeast Was Used

Junko TSUDZUKI and Keiko NAKASHIMA

戦後アメリカの援助で昭和22年に始まったパンとミルクの学校給食が、今日のパン食の普及に大きな推進力となった。当時の飢餓状態の中で、パンはエネルギー補給のため質を問わずに食べざるを得なかった。しかし、栄養所要量をほぼ満し、食生活が量から質へ転換すると、多様化され良質で美味しさの追求されたパンになった。さらに現在は飽食の時代となり、特長のあるものや心を満たすものにこだわる消費者¹⁾のニーズに答えて、パンは急速に変化して来た。その一つとして、毎朝焼きたてで新鮮な手作りパンを食卓に載せたいというニーズから、家庭用自動パン焼き器（自動ホームベーカリー）が開発されブームとなった。この自動パン焼き器は、小麦粉やバター等の素材と自動ホームベーカリー用のインスタントドライイーストを直接容器に入れるだけで、誰でも手軽に4時間程度でパンが焼成出来る。この自動ホームベーカリーに用いるインスタントドライイーストは、従来の市販家庭用生イーストやドライイースト（CY）とは異なり、予備発酵を必要としない。しかも焼成後のパンの風味や外観も、明らかに従来のイースト（CY）を用いたパンとは異なっている。

そこで、このインスタントドライイーストを用いたパンと、従来の生イースト（CY）を用いたパンの相違を調理科学的に比較するために、まずこの二種のイーストをそれぞれ用いたパンの調製条件の検討を行なうことにした。

1. 試料および実験方法

1) 材 料

強力小麦粉；カメリア（日清製粉株式会社），砂糖；クルルマーク・グラニュー糖（伊藤忠製糖株式会社），食塩；食塩（日本たばこ産業株式会社），バター；雪印北海道バター（雪印乳業株式会社），スキムミルク；雪印スキムミルク（雪印乳業株式会社），インスタントドライイースト；顆粒スーパーカメリア家庭用（日清製粉株式会社 DON），市販生イースト（CY）；オリエンタルイースト（オリエンタル酵母株式会社）。

2) 試料調製 —製パン方法—

篩 (TESTING SIEVES, ドライメッシュ 0.55 mm, 60 inch, ITOH C. CO., TOKYO) にか
けた強力小麦粉300gに対し, 表1に示した配合割合で砂糖, 食塩, バター, スキムミルク,
水およびインスタントドライイースト又は予備発酵させた生イーストを混合し, 直捏法で
製パンを行なった (図1)。この製パン工程における共通条件として, 捏ね機 (レディース・
ニーダー, KN-30, 大正電機株式会社) に添付された説明書に準じ, ミキシングタイム
およびベンチタイムをそれぞれ20分間とし, 焼成は190℃で25分間に設定して, パンの品
質に大きな影響を与える²⁾一次および二次発酵時間の検討を行なった。

表1 直捏法食パンの材料配合割合

材 料		比 率
強 力 粉		100.0
砂 糖		5.0
食 塩		2.0
バ タ ー		5.0
ス キ ム ミ ル ク		5.0
イ ー ス ト	イ ン ス タ ン ト	1.0
	生	2.0
水		67.0

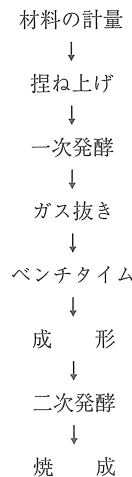


図1 直 捏 法

(1) インスタントドライイーストを用いた製パン方法

強力小麦粉, 食塩, スキムミルク, 砂糖およびインスタントドライイーストを捏ね器に
入れ, 回転攪拌しながら水を徐々に加えた。約2分後, 捏ね開始時にバターを加え, 20分
間で捏ね上げた。同一容器内で一次発酵 (28~30℃) させたのち, ドウを取り出しガス抜
きして素速く球状に丸め, ぬれ布巾を掛けて20分間放置した。このベンチタイム後, 再び
ガス抜きしたドウを中心部より外部に広げ, 巻き込んでパンケース (95mm×210mm×87mm)
に入れ, オープン (リンナイ電子コンベック, リンナイ株式会社) 内で二次発酵 (35~40℃)
させたのち焼成した。

(2) 市販生イーストを用いた製パン方法

砂糖1gを50gの微温湯 (40℃) に溶かし, 生イースト6gを加えてよく攪拌したのち10
分間放置した。この予備発酵させたイーストを用いて, インスタントドライイーストの場
合同様の工程で製パンを行なった。但し, 砂糖と水は予備発酵に用いた分量を減じた。
また予備発酵させた生イーストは水を加え捏ね開始時に添加した。

3) 測定項目および方法

(1) パンの重量変化

焼成したパン1斤の重量を焼成直後より経時的に測定した。

(2) パンの比容積

菜種置換法でパンの容積を測定し、重量で除して比容積を求めた。²⁾

(3) パンの高さ

焼成したパン1斤の最高値を求めた。

(4) パンの pH と T. T. A. 値

焼成したパン1斤の中央部より50gを秤取し、水250gを加えてミキサー (VA-950, HITACHI) で均質化した。その50gを用い pH メーター (F-8L, HORIBA) で測定した。T. T. A. (Total Titratable Acidity) 値はこの pH 測定後の均質化試料溶液を、0.05N NaOH 溶液で pH 6.60になるまで滴定し、その滴定数 (mℓ) で示した。²⁾

(5) パンの物性

硬さ、凝集性およびガム性を測定した。^{3, 4)} パン1斤の中央部を25mm×25mm×13mmに切り取り測定試料とした。卓上型物性測定器 (TPU-1, 株式会社山電) の測定条件は、円板状アダプター (40φmm), 応力1kg, クリアランス2mm, 試料台速度2.5mm/sec, チャートスピード2.5mm/sec, 瞬間自動反転で2回阻しゃくを繰返した。

(6) パンの色調・色差

焼成したパンの外面を削除し、内部を50mm×50mm×55mmに切断した。これを30mm×40mm×18mmに圧縮して、カラーコンピューター (SM-4, スガ試験機株式会社) で色み、色度、黄色度、黄変度および色差を測定した。パンは他の食品に比べ切断面のきめが荒く均質でないため、測定値に再現性がなかった。それ故、圧縮均質化して測定し、再現性のあるデータを得た。

以上の実験はすべて3回以上繰返し、実験毎に3回以上測定を行なった。

2. 結果および考察

1) 製パン条件と焼成したパンの品質

パンの調製条件は、インスタントドライイーストを用いて自動パン焼き器でドウを作りそのまま焼成する場合、添付されている説明書によると、表2に示した材料の配合割合で、ミキシングタイム15分間を2回繰返し (計30分間)、一次発酵60分間、ベンチタイム10分間、二次発酵80分間、次いで焼成30分間にプログラムされている。しかし、ドウ調製工程と焼成工程を分離した場合、必ずしもよい結果が得られなかった。⁵⁾ そこで自動パン焼き器の代りに捏ね機で捏ねオープン内で発酵させ、そのオープンで焼成することにした。捏ね機に添付された説明書に基づき材料の配合割合を表1に示したように変え、工程条件の (表3) のうちパンの品質に大きな影響を与える発酵時間²⁾を変えて (表4) 作成条件の検討を行なった。各条件下で焼成したパンの重量、pH、T. T. A. 値、比容積、高さ、硬さ、凝集性、ガム性、色度、黄色度、黄変度そして色差を測定し比較した。

(1) インスタントドライイーストを用いて焼成したパンの性質

発酵時間を変えて焼成した直後のパンの重量を比較すると、一次発酵が40分間のものよ

り30分間のものがやゝ大きい値を示したものの、顕著な差は認められなかった。一次発酵時間は使用する粉の種類やイーストの量あるいは直捏ねか伸種かの違いにより30分間～3時間と大きな巾がある⁶⁾が、捏ね機の説明書の工程条件30～40分間（表3）の範囲内では大差なく、二次発酵の時間も又重量にほとんど影響を与えなかった（表5）。

ドウの膨張に関与するのは二次発酵以降に発生するガスで、二次発酵時間が長いとドウはよく膨れるが、オープン内ではあまり膨張せず、結局最終容積には大差は表われず、二次発酵の過不足はパンの形や内相を悪くする⁶⁾と言われている。本実験の範囲内では、比容積は発酵時間、特に二次発酵時間を延長すると増加し、一次発酵40分間で二次発酵50分間のパンが最もよく膨らんだ。ストレート法食パンの比容積は、発酵（一次発酵）時間やホイロ（二次発酵）時間の影響を受け、特にホイロ時間の影響が大きいとの報告と一致するが、実験計画の範囲で3.33～4.35²⁾に対し、2.70～3.45とやゝ低かった。高さも発酵時間の影響を受け、二次発酵時間が長いと高くなった。

pHは全般的に5.92～5.95の範囲にあって、一次発酵と二次発酵共に40分間のパンのみが5.87とやゝ低く、実験した範囲では発酵時間が延長すると低くなる²⁾という傾向は認め難かった。またストレート食パンのpH 5.38～5.49²⁾に比べてやゝ高かった。T. T. A.値は当然のことながら、pHとは逆に、一次と二次発酵が40分間のパンの値のみが2 mlを超え、他は1.76～1.95の範囲にあって、ストレート法食パンの2.30～2.67ml²⁾に比べやゝ小さかった。

パンの物性については、硬さは一次発酵が30分間で二次発酵が50分間のものと、一次、二次共に40分間、即ち発酵時間の合計が80分間のものが最も低く柔いパンとなった。凝集性は、二次

表2 自動パン焼き器の説明書に指示されたパンの材料の配合割合

試 料	比 率
強 力 粉	100.0
砂 糖	4.0
食 塩	1.6
バ タ ー	4.0
ス キ ム ミ ル ク	2.4
インスタント ドライイースト	1.0
水	72.0

表3 捏ね機の説明書に指示された工程条件

項 目	焼成までの時間条件（分）
捏 ね	20
一 次 発 酵	30～40
ベ ン チ タ イ ム	20～25
二 次 発 酵	30～40
焼 成 (180°～200°)	30～35

表4 焼成までの工程条件

項 目	焼成までの時間条件(分)								
捏 ね	20	20	20	20	20	20	20	20	20
一 次 発 酵	30	30	30	30	40	40	40	40	40
ベ ン チ タ イ ム	20	20	20	20	20	20	20	20	20
二 次 発 酵	30	40	50	60	30	40	50	60	
焼 成	25	25	25	25	25	25	25	25	25

表5 インスタントドライイーストを用いて焼成したパンの性質

一 次 発 酵			30分			40分		
二 次 発 酵			30分	40分	50分	30分	40分	50分
焼 成 後 の 重 量 (g)	保 存 時 間	0	495.2	497.0	496.9	487.2	489.8	489.3
		4	488.2	477.7	479.6	484.3	475.8	475.2
		24	475.4	474.7	471.4	473.3	470.3	471.4
高 さ (cm)	保 存 時 間	0	11.4	11.3	12.0	11.5	11.5	12.2
		4	11.3	12.0	11.7	11.4	11.9	12.1
		24	11.6	12.2	11.9	11.1	12.1	12.4
比 容 積	保 存 時 間	0	2.70	2.89	3.00	3.23	3.29	3.45
		4	2.87	3.22	3.24	3.19	3.54	3.73
		24	3.00	3.32	3.42	3.15	3.45	3.85
P H	保 存 時 間	0	5.94	5.95	5.92	5.92	5.87	5.92
		0	5.96	5.91	5.92	5.92	5.87	5.86
		24	5.88	5.86	5.89	5.85	5.86	5.86
T T A (mℓ)	保 存 時 間	0	1.89	1.95	1.95	1.76	2.07	1.93
		4	1.82	1.93	1.96	1.87	2.08	2.08
		24	2.27	2.18	2.14	2.11	2.16	2.13
硬 さ (g)	保 存 時 間	0	130	110	100	120	100	120
		4	160	170	200	170	150	150
		24	315	330	385	335	220	200
凝 集 性	保 存 時 間	0	0.86	0.97	0.94	0.88	0.90	0.93
		4	0.90	0.88	0.84	0.84	0.85	0.86
		24	0.78	0.73	0.73	0.71	0.78	0.80
ガ ム 性 (g)	保 存 時 間	0	112	107	94	106	90	111
		4	144	150	167	145	127	128
		24	245	240	279	239	172	159

発酵時間が短いと小さく、パンがパサつく傾向が認められた。ガム性は硬さと凝集性の積で表わされるため、硬さと同じような傾向を示し、一次発酵と二次発酵が共に40分間のパンが最も小さく、阻しやくし易いと判断された。

色度、黄色度、色差などはいずれも発酵条件による顕著な差は認められず、色度区分から見るとすべて白の領域にあった。唯、黄変度のみは一次発酵と二次発酵共に40分間のパンが最も値が小さく、全般的に一次発酵時間を長くすると低下する傾向が認められた（表6）。

表6 インスタントドライイーストを用いて焼成したパンの色調・色差

一 次 発 酵		30分			40分			
二 次 発 酵		30分	40分	50分	30分	40分	50分	
赤 緑 黄	み	X	48.30	47.13	47.56	46.46	45.14	46.95
	み	Y	49.32	48.11	48.55	47.44	46.11	47.92
	み	Z	38.75	36.86	37.09	36.41	36.45	37.40
色	度	x	0.3542	0.3568	0.3572	0.3566	0.3535	0.3550
		y	0.3617	0.3642	0.3646	0.3641	0.3610	0.3623
黄 変 度		YI	42.11	44.17	44.50	44.02	41.51	42.73
黄 色 度		L	70.22	69.36	69.67	68.87	67.89	69.21
		a	－0.13	－0.09	－0.09	－0.15	－0.15	－0.06
		b	16.45	17.05	17.23	16.88	16.36	16.42
色 差		Δ E	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06	0.11

(2) 市販生イーストを用いて焼成したパンの性質

インスタントドライイーストに対する比較対象として、市販生イーストを用いて、インスタントドライイーストの場合と同様に発酵時間を変えて(表4)パンを焼成した(表7)。焼成直後の重量はいずれの発酵条件でも大差はなかったが、一次発酵が40分間で二次発酵が30～40分間のパンがやゝ重かった。また二次発酵時間が長いと減少の傾向があり、インスタントドライイーストのパンとはやゝ異なっていた。この値で菜種法で測定した容積を除した比容積は、一次発酵が30分間で二次発酵が40分間のパンが例外的に小さい値を示した以外は、二次発酵時間が長くなると大きくなりよく膨んだパンとなった。しかし高さは一次発酵と関連が見られ、一次発酵時間が長いと高くなる傾向があり、これらの点でもインスタントドライイーストのパンとは異なっていた。さらに、比容積は2.41～2.86の範囲にあって、インスタントドライイーストのパン(表5)より小さかった。

pHは5.81～5.92の範囲にあって、インスタントドライイーストのパンよりやや低く、しかも発酵条件に基づく一定の傾向はなかった。しかるに、pHと関連のあるT. T. A.値は一次発酵と二次発酵共に40分間のパンを除き、発酵条件が長くなると大きくなる傾向が認められた。またpHと逆に、T. T. A.値は全般にインスタントドライイーストのパンより大きかった。

パンの物性に関しては、硬さは一次発酵が短いと高い値を示し、一次発酵時間が同じ時は、二次発酵は40分間のパンが最も高く硬いパンとなった。この傾向は明らかにインスタントドライイーストのパンとは異なり、また全般的にインスタントドライイーストのパンより硬かった。凝集性は一次発酵時間が長くなると大きくなる傾向があったが大差なく、インスタントドライイーストのパンとも差がなかった。ガム性は一次発酵時間が短いと値が高く、また二次発酵時間は40分間のパンの値が最も高くなった。インスタントドライイーストのパンに比べて測定値が全体に大きく、阻しゃくするのにエネルギーを要するしかりしたパンになった。

表7 生イーストを用いて焼成したパンの性質

一 次 発 酵			30分			40分		
二 次 発 酵			30分	40分	50分	30分	40分	50分
焼 成 後 の 重 量 (g)	保 存 時 間	0	496.6	498.9	491.9	499.4	499.4	494.3
		4	482.7	481.8	477.4	479.2	485.6	477.9
		24	488.0	468.3	474.6	479.3	471.0	479.8
高 さ (cm)	保 存 時 間	0	10.2	9.5	9.7	10.3	10.6	10.5
		4	9.8	9.8	9.8	10.3	10.1	10.1
		24	10.2	9.9	9.8	10.3	10.4	9.9
比 容 積	保 存 時 間	0	2.53	2.41	2.85	2.50	2.84	2.86
		4	2.45	2.64	2.85	2.65	2.93	2.78
		24	2.70	2.67	2.68	2.78	3.11	2.74
P H	保 存 時 間	0	5.92	5.82	5.82	5.83	5.88	5.81
		4	5.83	5.85	5.86	5.88	5.84	5.83
		24	5.87	5.78	5.83	5.80	5.84	5.72
T T A (mℓ)	保 存 時 間	0	1.92	2.17	2.21	2.16	2.06	2.24
		4	2.08	2.08	2.10	2.15	2.10	2.17
		24	2.18	2.35	2.14	2.44	2.04	2.70
硬 さ (g)	保 存 時 間	0	185	230	180	150	180	140
		4	350	300	290	310	235	205
		24	455	410	390	645	360	355
凝 集 性	保 存 時 間	0	0.86	0.86	0.92	0.91	0.90	0.88
		4	0.87	0.80	0.88	0.85	0.85	0.88
		24	0.69	0.70	0.74	0.71	0.76	0.75
ガ ム 性 (g)	保 存 時 間	0	159	198	166	136	161	123
		4	305	240	255	264	193	179
		24	314	287	289	459	272	263

色度，黄色度，色差など色に関してはいずれも発酵条件による一定の傾向は認め難く，色度区分によるとすべて白となった。黄変度は一次と二次発酵共に40分間のパンが最も低かった（表8）。

表8 生イーストを用いて焼成したパンの色調・色差

一 次 発 酵		30分			40分		
二 次 発 酵		30分	40分	50分	30分	40分	50分
赤 緑 黄	み X	39.96	38.05	44.29	40.87	43.22	40.47
	み Y	40.73	38.71	45.08	41.64	44.18	41.21
	み Z	31.18	28.64	33.87	31.71	34.66	31.85
色 度	x	0.3574	0.3672	0.3594	0.3578	0.3545	0.3565
	y	0.3642	0.3672	0.3658	0.3646	0.3617	0.3631
黄 変 度	YI	44.55	47.38	46.10	44.90	42.22	43.78
黄 色 度	L	63.79	62.21	67.14	64.47	66.44	64.20
	a	0.10	0.28	0.25	0.13	-0.05	0.19
	b	155.71	16.25	17.08	16.02	15.59	15.53
色 差	ΔE	0.05	0.09	0.04	0.06	0.13	0.05

2) パンの保存中の変化

以上のように、発酵条件を変えると焼成したパンの品質に差が生じることが明らかとなった。またインスタントドライイーストのパンと市販生イーストのパンの間にも差があったので、更に保存中の変化をも調べることにした。

(1) インスタントドライイーストのパンと保存中の変化

インスタントドライイーストのパンの重量は、保存すると減少するが、二次発酵時間が短いと保存4時間後の減少が少なかった。しかし24時間後には発酵条件にかかわらずほとんど同じ重さになった。重量の減少とは反対に比容積は保存すると増加したが、4時間以内にほぼ一定となり以後変化しなかった。特に一次発酵40分間で二次発酵30分間のパンは保存期間を通してほとんど変化しなかった。高さは保存しても変化せず、水分の蒸発によって重量は減少するものの、容積は変らず⁵⁾形もほぼ同じと判断される。

パンの pH は保存に伴って低下の傾向を示した。二次発酵の短いパンのみは、保存4時間でわずかながら上昇したが、保存時間を延長すると低下した。しかしながら、これらの変化は0.1以内であって、味覚に影響を与える程とは思われない。また T. T. A. 値の保存による変化も顕著でなかった。

パンの物性のうち硬さは当然のことながら保存すると値が大きくなり硬くなった。これは発酵時間と関連があり、一次発酵時間の長いパンは保存中の変化が少なく、特に一次発酵が40分間で二次発酵が40～50分間のものは24時間後にもほとんど硬くならなかった。凝集性は一般に保存と共に低下しパサついたパンになっていった。特に発酵時間の短いパンは凝集性が低下し易く、これに対して一次発酵が40分間で二次発酵が40～50分間のものは凝集性が保たれ、パサつき難かった。ガム性は硬さとはほとんど同じ傾向を示した(表5)。

(2) 市販生イーストのパンの保存中の変化

パンの重量は保存すると4時間後では減少したが、以降はほとんど変化しなかった。但

し、二次発酵が40分間のパンのみは24時間後まで低下し続けた。比容積はさまざまで、一次発酵が30分間で二次発酵が30～40分間のパン、あるいは一次発酵が40分間で二次発酵が30～40分間のパンは保存すると増加した。一方、二次発酵が50分間と長いパンは減少し、ストレート法食パンの比容積がホイロ（二次発酵）の影響を大きく受けるという報告²⁾と関連があるものと思われる。高さは保存してもほとんど変化しなかった（表5）。

pH は一次と二次発酵が共に30分間のパンと40分間のパンは4時間保存すると低下し、以降上昇あるいは変化しなかったのに対し、他の発酵条件のパンはすべて保存4時間後に上昇し、以後低下するパターンを示した。T. T. A. 値は一次と二次発酵が共に40分間のパンは保存してもほとんど変化しなかったが、一般に増加の傾向を示し、特に二次発酵時間を延長すると増加が著しく、二次発酵時間がT. T. A. 値に大きな影響を与えるものと思われる。

物性のうちパンの硬さは保存すると値が上昇し硬くなった。特に二次発酵時間の短いものは急激に硬くなっていったのに対し、一次発酵時間の長いものは焼成4時間後から24時間まで柔らかく、発酵時間との関連が認められた。凝集性は保存すると低下し、パンはパサついた。一次発酵が40分間で、二次発酵が60分間と発酵時間の長いパンはほとんど変化しなかったが、発酵時間と凝集性の間に顕著な関係は認められなかった。ガム性は硬さと同様傾向を示し、一次発酵が40分間で二次発酵が40～50分間のパンの保存による変化が最も少なかった（表7）。

以上のように、発酵条件と焼成したパンの性質を比較検討した結果、直捏法でインスタントドライイーストを用いてパンを焼成した場合、比容積が比較的大きく、柔らかく、黄変度も低く、しかもT. T. A. 値などの保存中の変化の少ない一次発酵と二次発酵共に40分間のドウ調製条件が最も好ましいと判断された。また市販生イーストの場合も同様に、保存するとT. T. A. 値の増加は認められるものの他の変化が少なく、比容積が充分あり、柔らかさが保たれ易く、しかも黄変度の一番低い一次発酵と二次発酵共に40分間のドウの調製条件が最も望ましいと判断された。

3. 要 約

インスタントドライイーストと市販生イーストを用い、発酵条件を変えて焼成したパンの品質を検討した。

1) インスタントドライイーストのパンについて

(1) 重量は一次発酵の短いパンがやや重かったが、保存するとすべて減少した。高さは二次発酵時間に比例して高くなり、保存変化はなかった。比容積は発酵時間に比例して大きくなり、保存すると増加した。

(2) pH は5.9近辺にあり、保存すると一般に低下した。T. T. A. 値は2 ml 近辺にあり、保存すると増加の傾向が認められた。

(3) 硬さは保存すると上昇したが、発酵時間の長いパンは硬くなり難かった。凝集性は保存すると低下したが、発酵時間の長いパンはパサつき難かった。ガム性は硬さと同じ傾向を示した。

(4) 色度はすべて白と判定され、黄変度は一次と二次発酵共に40分間のパンの値が低かった。

2) 市販生イーストのパンについて

(1) 重量の焼成条件による差は少なく、保存すると4時間以内に減少し、以後変化しなかった。但し二次発酵が40分間のもののみは減少し続けた。高さは一次発酵時間が長いとや、高くなった。比容積は二次発酵時間が長いと増加の傾向にあった。保存中の変化に一定の傾向は認められ難かった。

(2) pHは5.85近辺にあり保存すると低下し、T. T. A. 値は増加傾向にあった。

(3) 硬さは一次発酵時間が長いと柔らかく保存しても硬くなり難かった。凝集性は保存すると低下した。ガム性は硬さと同じ傾向を示した。

(4) 色度はすべて白と判定された。黄変度は一次と二次発酵が40分間のパンが低かった。

文 献

- 1) 守谷岩夫, 杉江雅之, 食品と科学, **33**, 91, 1991.
- 2) 弘中泰雄, 杉山也寸志, 日本食品工業学会誌, **30**, 516, 1983.
- 3) 下田吉人, 松本文子, 元山正, 福場博保, 調理と物理・生理 (新調理科学講座 2), p. 63, 朝倉書店, 1976.
- 4) 藤井淑子, 島田淳子, 家政学雑誌, **34**, 617, 1983.
- 5) 續順子, 中島けい子, 未発表
- 6) 松本博, 化学と生物, **10**, 304,

本研究はエリザベス・アーノルド富士財団の研究助成金で行なわれた。