[Nippon Nōgeikagaku Kaishi Vol.65, No.6, pp.975~980, 1991]

加圧法によるジャム製造に関する研究

堀江 雄, 木村邦男, 井田雅夫
吉田泰博, 大亀邦仁
(株式会社明治屋食品工場)

平成2年10月15日受理

Jam Preparation by Pressurization

Yu HORIE, Kunio KIMURA, Masao IDA, Yasuhiro YOSIDA and Kunihito OHKI
Meidi-ya Food Factory Co., 1-13, Nishigawara 3-chome,
Ibaraki, Osaka 567

A new method of jam preparation was developed by high pressurization at 4000~6000 kg/cm². Jam prepared by this method maintains its original fresh fruit color and flavor. 95% of the vitamin C in fresh strawberries was preserved in the pressure-processed jam. Sterilization effects of the high pressure were recognized on some strains of *Saccharomyces cerevisiae*, *Zygosaccharomyces rouxii* and food poisoning bacteria, such as *Staphylococcus* and *Salmonella*, inoculated into the jam. The enzyme system and dissolved oxygen in the pressure-processed jam produces color and flavor deterioration during storage; accordingly the jam preparation should be kept chilled during transportation and storage to minimize the deterioration. A taste panel indicated that the pressure-processed jam was preferred to a heat-processed jam. Evaluation standards of raw fruit quality for jams might be changed because fruit color and flavor retain their original attributes during the pressuring process.

(Received October 15, 1990)

緒 言

ジャムの歴史はきわめて古く、人類がはじめて砂糖を手にした紀元前に溯るとされている⁽¹⁾。現在でも家庭での手作りが続けられている一方、市場では工業的規模で製造された各種のジャムが流通している。

ジャム調理の目的は、味を整えるとともに、果実加工品としての保存性を高めることにあり、その手段として、果実は砂糖や他の原料とともに加熱濃縮されて、ジャムの形となる。さらに、商品では瓶、缶詰めして密封の後、殺菌のために再度加熱される。

加熱は調理、保存性付与の両面から、確立された優れた方法ではあるが、加熱の結果、果物本来の色の褪色、微妙な香りの損失、味の変化、ビタミンCの損失などが避けられない。

加熱に代わる食品の加工法として、1987年に林が

加圧加工法を提唱^(2,3)して以来、産業的な見地から加圧法が広く注目されるに至った。すでに加圧法の果汁加工などへの適用に関して、多くの研究が報告されている⁽⁴⁻⁹⁾が、いまだに実用例は皆無である。

著者らは、果実本来の香味を生かした、加圧法によるジャムの製造方法の研究開発に着手し、無加熱プロセスの実用化に成功した⁽¹⁰⁾。以下に、加工中のビタミンCの挙動、微生物殺菌条件、製品の品質などについて報告する。

実験材料および方法

1. 加圧装置 三菱重工業製、超高圧処理試験装置 MFP-7000 および MCT-100 を使用した。

2. 加圧処理容器 プラスティック製の50 ml および 110 ml 容量のカップおよび蓋を用いた。プラスチックとしては、酸素透過性の低いポリプロピレン/エバ

Fig.1. Comparison of New Pressuring Method with Conventional Method of Jam Preparation

ール（商品名）/ポリプロピレンの3層複合品を使用した。ただし、微生物試験の一部にはポリエチレン製のものをを用いた。カップおよび蓋は同じ材質で、内容物を充填後、ヒートシールにより密封した。

3. ビタミンC測定方法 還元型アスコルビン酸をインドフェノール滴定法⁽¹¹⁾で測定し、「ビタミンC」と表示した。

4. ジャムの製造方法 （1）加熱法と加圧法との比較：ジャムの製造方法について、在来の加熱法と著者らが開発した加圧法との原理を比較して Fig.1 に示す。

（2）加熱法によるジャム製造：在来の加熱法では、濃縮工程を常圧で行う方法と真空釜で減圧して行う方法があり、本研究での実施例を以下に示す。

常圧濃縮法では、イチゴと砂糖を二重釜（スチームで加熱する構造の釜）で、加熱濃縮し、ペクチンおよびクエン酸を添加、65°Brix⁽¹²⁾まで濃縮する。Table I に原料配合例を示す。なお本実験に際して、原料イチゴは1989年度山口県産宝交種冷凍イチゴを使用した。

真空濃縮法では、イチゴと砂糖、コーン・シラップを混合後、真空釜で減圧濃縮し、ペクチンおよびクエン酸を順次加え55°Brixとする。Table II に原料配合例を示す。本実験では1989年度韓国産宝交種および1989年度アメリカ産ドリスコール種冷凍イチゴを3:1の割合で使用した。

加熱濃縮後、瓶に充填、キャップを施し、さらに湯温

Table I. Formula for Heat-Concentrated Jam

Ingredients	Weight
Frozen fruit	40 kg
Sugar	37 kg
High methoxyl pectin	100 g
Citric acid	100 g

Yield: 60 kg of finished jam at 65° Brix.

Table II. Formula for Vacuum-Concentrated Jam

Ingredients	Weight
Frozen fruit	80 kg
Sugar	35 kg
Corn sirup (76°Brix, DE 54)	62 kg
Citric acid	480 g
Low methoxyl pectin	860 g

Yield: 160 kg of finished jam at 55°Brix.

による殺菌および冷却工程を経て瓶詰ジャムが得られる。

（3）加圧法によるジャム製造：加圧加工法では原料を混合、プラスチック容器に充填、ヒート・シール後、室温にて、4000 ないし 6000 kg/cm²の圧力下で10 ないし 30 分間保持して高圧処理を行う。原料配合例をTable III に示す。本実験では1990年度奈良県産宝交種生イチゴを用いた。

5. 微生物試験 （1）使用菌株：Saccharomyces cerevisiae (IFO 0234), Zygosaccharomyces rouxii (IFO 0505), Staphylococcus sp. (当工場保有の菌株), Sal-

Table III. Formula for Pressure-Processed Jam

Ingredients	Weight
Raw fruit	30 kg
Sugar	21.68 kg
Citric acid	240 g
Low methoxyl pectin	440 g
Water	7.64 kg

Yield: 60 kg of finished jam at 40°Brix.

monella sp. (当工場保有の菌株), coliform (当工場保有の菌株) を用いた。

(2) 試験菌株の予備培養: 酵母は YM 寒天培地⁽¹³⁾ (DIFCO 社製, 培地 1 l 中に酵母エキス 3 g, 麦芽エキス 3 g, ペプトン 5 g, ブドウ糖 10 g および寒天 29 g を含む), 細菌は一般生菌数測定用標準寒天培地⁽¹³⁾ (日本製薬社製, 培地 1 l 中に酵母エキス 2.5 g, ペプトン 5 g, ブドウ糖 1 g および寒天 15 g を含む。以下標準寒天培地と記す) を用いた。酵母は YM 寒天培地で 25°C, 4~5 日間培養後, 菌体を集め, 滅菌水に分散後, ジャムに添加した。細菌は標準寒天培地を用い, 35°C で 4~5 日間培養し, 以下は同様に処理した。

(3) 微生物試験用ジャム: 無菌のジャムを使用する必要があるため, 真空濃縮法で得られた瓶詰イチゴジャムを所定の糖濃度 (Brix) および pH になるよう調整し, 実験に供した。

(4) 菌数測定: 酵母は YM 寒天培地, 細菌は標準寒天培地を用いた混釈平板培養法により測定した。

6. 官能検査 加圧処理ジャムと加熱処理ジャムにつき, 2 点嗜好試験法⁽¹⁴⁾で比較した。官能検査は, 2 点試料のうちどちらが原料果実の香味および色調の生かされたジャムであるかという判断基準で実施した。

加熱処理ジャムは, 加圧処理ジャムと同一の原料配合

で, 4. (2) 加熱法によるジャム製造に記載の常圧濃縮法に従って得たジャムを使用した。

実験結果

1. イチゴジャム加工中のビタミンC含量の変化

ジャムの製法において, 加熱, 加圧の両プロセスが, 原料に含まれていたビタミンC (還元型) の残存率に与える影響について検討した結果を Table IV に示す。表の中の調査時の含量は, 原料イチゴのビタミンC含量とジャムの果実含量から算出した理論値である。

残存率%は, 各ジャムの充填時および製品化直後のそれぞれのビタミンC測定値と, 調査時の含量から算出した。加圧製法によるジャムでは, ビタミンC残存率が充填時, 製品化後ともに 95% と高く, 加圧処理においてはビタミンの損失はない。しかし, 加熱製法によるジャムでは, 調査充填時, 瓶詰め殺菌時にそれぞれビタミンCの損失があり, また, その程度は減圧濃縮より常圧濃縮のほうが大である。

2. ジャム中の微生物に及ぼす高圧処理の影響

3000 kg/cm² 加圧下, 加圧処理時間がイチゴジャム (40° Brix, pH 3.3~3.4) に添加した *S. cerevisiae* (IFO 0234) に及ぼす影響を検討した。

初発菌数 2.1×10^6 個/g とし, 0.25, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20 および 50 分間加圧処理した結果を Fig. 2 に示す。図に示すように, 処理時間と残存菌数とを, 両対数グラフにプロットしたところ, 処理時間の対数 (x) と残存菌数の対数 (y) とは, $y = -0.855x + 4.714$ ($r = -0.977$) と高い負の相関関係にあることが認められた。

同じ酵母 (IFO 0234) を糖度の異なるイチゴジャム (20~50° Brix, pH 3.3~3.4) に添加して加圧条件の影響を検討した。酵母を, 1 g あたり $10^5 \sim 10^6$ 個接種し,

Table IV. Effect of Manufacturing Process on Vitamin C Content in Pressure- and Heat-Processed Strawberry Jam

Processing stage	The pressure-processed strawberry jam		The heat-processed strawberry jams			
			Concentrated under vacuum ^a		Concentrated under atmospheric pressure ^b	
	mg/100 g ^c	%	mg/100 g ^c	%	mg/100 g ^c	%
Mixing	39	100	32 ^d	100	39 ^d	100
Filling	37	95	26	81	29	74
Products	37	95	25	78	28	72

^a 55°Brix. ^b 65°Brix. ^c mg ascorbic acid/100 g strawberry jam. ^d Estimated value of vitamin C at the mixing stage, calculated from ascorbic acid concentration in raw fruit and strawberry content in finished products.

Table V. Effect of Pressuring Condition and Sugar Concentration on Survival of *S. cerevisiae* (IFO 0234) Inoculated to Strawberry Jam

Pressure (kg/cm ²)	Sugar concentration (Brix)							
	20°		30°		40°		50°	
	1	10	1	10	1	10	1	10
3000	+	—	+	+	+	+	+	+
4000	—	—	—	—	+	—	+	+
5000	—	—	—	—	—	—	+	+
6000	—	—	—	—	—	—	+	—

Strawberry jam : pH 3.3~3.4. Initial count : $10^5 \sim 10^6$ /g. + : count/g > 10. — : count/g < 10.

Fig. 2. Effect of Pressurization Time on Survival of *S. cerevisiae* (IFO 0234) Added to Strawberry Jam. Jam, 40°Brix and pH 3.3~3.4, was pressurized at 3000 kg/cm². Initial count was 2.1×10^6 /g jam. Negative relationship ($r = -0.997$) was found between logarithms of count (x), and logarithms of min (y): $y = -0.855x + 4.714$.

3000~6000 kg/cm² の圧力で、1分間または10分間の加圧処理をし、結果を Table V に示す。表の結果は、糖濃度の増加に従い、加圧殺菌効果が低下することを示す。また、加圧時間が長いほうが殺菌効果が高いといえる。

ジャム中における耐浸透圧性酵母に対する高圧殺菌効果を調べるため、イチゴジャム (40° Brix, pH 3.3~3.4) に *Z. rouxii* (IFO 0505) を接種 (1.1×10^5) し、加圧処理 (3000~6000 kg/cm², 10~20 分間) した。Table VI に示すように、3000 kg/cm², 10 分間の加圧処理で *Z. rouxii* は死滅することが示された。

Table VI. Effect of Pressuring Condition on *Z. rouxii* (IFO 0505) Added to Strawberry Jam

Pressurized at, kg/cm ² for, min		Survival count/g
0	0 (Initial)	1.1×10^5
3000	10	<10
3000	20	<10
4000	10	<10
4000	15	<10
5000	10	<10
6000	10	<10

Jam : 40°Brix, pH 3.3~3.4.

食中毒菌としてブドウ球菌 (*Staphylococcus* sp.) とサルモネラ (*Salmonella* sp.), 汚染指標菌としての大腸菌群 (coliform) をイチゴジャム (40° Brix, pH 3.3~3.4) に接種、5°C, 24 時間後に加圧処理を行い、結果を Table VII に示す。ブドウ球菌は 24 時間後もジャム中に生存したが、3000 kg/cm², 20 分間の加圧で死滅した。サルモネラおよび大腸菌群は 5°C, 24 時間保存のみで死滅した。

3. 加圧処理製法によるジャムの官能検査

30 名のパネラーを用いた 2 点嗜好試験法による官能検査結果を Table VIII に示す。この結果より、リンゴの場合には危険率 5% で、その他のジャムでは危険率 1% で、加圧製法によるジャムが従来の加熱製法によるものより優れた香味および色調を有することが示された。

考 察

以上の結果から、加熱に代えて、加圧法によるジャムの製造が可能であることが実証され、著者らはすでに、イチゴ、リンゴ、イチジク、キウイフルーツなどのジャムを製品化している。

Table VII. Effect of Pressurization on Food Poisoning Bacteria Added to Strawberry Jam

	<i>Staphylococcus</i> sp.	<i>Salmonella</i> sp.	Coliform
Initial count	2.9×10^5	1.7×10^5	7.9×10^5
Pressurized after allowed to stand for 24 hr at 5°C			
No treatment	4.6×10^4	<10	<10
2000 kg/cm ² 20 min	3.0×10^3	<10	<10
3000 kg/cm ² 20 min	<10	<10	<10

Jam : 40°Brix, pH 3.3~3.4.

Table VIII. Sensory Evaluation of Pressurized and Heated Jam

Sort of jam	Panelist number	
	Preferred heated jam	Preferred pressurized jam
Strawberry	6	24
Kiwifruit	6	24
Fig	2	28
Orange marmalade	5	25
Grapefruit marmalade	1	29
Apple	9	21
White peach	2	28

文字どおり、世界で最初の加圧製法による商品であり、新しいタイプの食品として、色、香味で評価され、定着するとともに加圧法の利点を具体化して食品界に先鞭をつけた点で学界、業界の関心を惹いている。なお1990年4月~9月の市販実績は数万個に達した。

加圧法によるジャムの特長は、原料果実の色、香味、さらには舌触りを残し、加工中のビタミンCの損失が少なく、しかも商業的殺菌を達成している点にある。一方、加圧処理ジャムに適用した条件では、酵素は失活されない。この酵素、あるいはジャム中の溶存酸素のため、製品を室温に保存すると、果実に由来する色調、香味の劣化が認められる。したがって、新鮮な果実の香味、色調を活かすためには、いわゆるチルド流通が必要である。

加圧によってはメイラード反応は起きないので、褐変防止の点からは評価されるが、他方、加熱により生ずる香味を期待できないのは当然である。加圧法では、製造工程における原料中の残留農薬や保存料などの熱分解あるいは揮散は期待できないので、農業や食品加工における薬剤の使用に新しい視点が必要となる。

また、著者らの経験によれば、ジャムの加圧製法では、果実の品質が文字どおり直接的に製品の品質に反映されるので、原料果実の特性そのものを重視せねばならない。

食品加工プロセスとしての加圧法は、加熱法との違いがきわめて大きい。また現在の食品工業は事実上、加熱法を根幹としているので、食品加工プロセスとしての加圧法が、今後、食品の加工法、果実など農産物の品種育成、耕作、管理、流通にまで、大きく影響を与えるであろうことを指摘したい。

本研究の遂行にあたり、適切なご助言と暖かいご支援をいただいた京都大学食糧科学研究所の林 力丸先生、加圧装置の操業維持、改良に関して、ご助力下さった三菱重工業株式会社広島製作所の堀 恵一氏はじめ関係各位、さらに激励と理解、また発表の許可をいただいた当社の磯野謙藏会長、磯野計一社長、また研究、開発、製造、販売の全分野にわたって協力された社内関係者に深く感謝いたします。

なお、本研究の概要は1990年8月、第3回『生物関連領域における高圧科学研究会シンポジウム—加圧食品と高圧生物科学』で発表した。

- (1) 相賀徹夫編：「日本大百科全書」，小学館，1986，Vol. 11，p. 396.
- (2) 林 力丸：食品と開発，22 (7)，55 (1987).
- (3) R. Hayashi, Y. Kawamura and S. Kumugi : *J. Food Sci.*, 52 (4)，1107 (1987).
- (4) 小川浩史，福久一馬，福本治次，堀 恵一，林力丸：農化，63，1109 (1989).

- (5) 高橋保男, 伊福 靖: 果汁協会報, No. 381, 41 (1989).
 - (6) 原 昭弘, 長浜源壯, 大林 晃, 林 力丸: 農化, **64**, 1025 (1990).
 - (7) 松本 正, 林 力丸: 農化, **64**, 1455(1990).
 - (8) 林 力丸編: 「加圧食品」, さんえい出版, 1989.
 - (9) 林 力丸編: 「食品への高圧利用—研究と開発」, さんえい出版, 1990.
 - (10) 特許出願番号: 1-299975, 2-105898, 2-136684.
 - (11) 日本薬学会編: 「衛生試験法・注解」, 1980, p. 217.
 - (12) "Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists": 1980, p. 507.
 - (13) 日本薬学会編: 「衛生試験法・注解」, 1990, p. 142.
 - (14) 小原哲二郎, 鈴木隆雄, 岩尾裕之監修: 「食品分析ハンドブック」, 建帛社, 1982, p. 489.
-