



Title	琉球藍の醗酵建に関する研究：(第1報)醗酵過程に及ぼす諸因子について(農芸化学科)
Author(s)	川口, 義二; 与那覇, 和雄; 大城, 志津子; 当山, 清善
Citation	琉球大学農学部学術報告 = The Science Bulletin of the Faculty of Agriculture. University of the Ryukyus(23): 205-219
Issue Date	1976-12-01
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/4300
Rights	

琉球藍の醱酵建に関する研究

(第1報) 醱酵過程に及ぼす諸因子について

川口 義二*・与那覇 和雄*・大城 志津子**
当山 清善*

Yoshiji KAWAGUCHI, Kazuo YONAHARA, Shizuko OSHIRO
and Seizen TOYAMA: Studies on the vat fermentation
with Ryukyuai. (1) Effect of the various
factors on the fermentation process.

I 緒 言

天然藍を用いた醱酵建染色法は合成藍の出現後漸次減退の止むなきに至ったが、近年その鮮明な色彩、夾雑物を含む深淵な色調等が注目されている。含藍植物として知られているものは、マメ科インドアイ (*Indigofera tinctoria*) を始めとして多種にわたり、本邦でもタデ科タデアイ (*Polygonum tinctorium*)、キツネノマゴ科リュウキュウアイ (*Strobilanthes flaccidifolius*) 等が染料に供されている^{3, 5, 16})。これらの植物より染色用の含藍染料を製造する方法としては、徳島産染藍等の堆積醱酵法^{1, 9})と沖縄産泥藍(琉球藍)等の沈澱法^{4, 14})の二法が著名である。染色に際しては、含藍染料を鹽に仕込みアルカリ存在下で一度還元状態にし、所謂建染浴を生成させなければならない。亜鉛末やハイドロサルファイトソーダ等の還元剤を用いた合成藍の化学建^{6, 7})と異なり、天然藍の醱酵建においては微生物による藍の還元作用が利用されているため、醱酵管理に細心の注意を要する。そのため長年の経験者による醱酵建法の記載^{1, 9, 15})も可成り見られる。徳島産染藍の醱酵建においては、一種の生酸醱酵が起こり藍醜の酸化還元電位は終局的に -700mV 附近になることが報告されている¹)。また、高原等¹³)は染藍の醱酵建に関与する微生物を分離、同定している。しかし、琉球藍の醱酵建に関しては、原料の仕込み方法や建て方についての記載^{2, 8, 16})は幾らか見られるが、いずれも言い伝えや風習等を紹介する程度に留まっており、実際に醱酵建を行なう際の管理法ならびに醱酵経過等の詳細には及んでいない。

著者らは、醱酵建と称しながら実際に微生物の関与の有無という根本命題さえ不明な琉球藍において、醱酵建に関与する微生物の検索、さらに醱酵過程の解明により管理技術を容易にすることを目的として本研究に着手した。

本報では、醱酵建の実態の把握および管理技術の要点と困難性を明らかにするため、実験室における小規模醱酵建を試み、藍醜の醱酵に影響を及ぼす諸因子について検討した結果を報告する。

*琉球大学農学部農芸化学科

**琉球大学教育学部美術工芸科

II 実験方法

1. 供試泥藍

琉球藍(染料を指す場合は通称泥藍と呼ばれている)はキツネノマゴ科リュウキュウアイより夏と秋の年二回製造される。製品は、生葉に水を加えて自然醗酵させた液に石灰を加え攪拌酸化して得られる泥状の沈澱物である¹⁴⁾。

本実験に供試した泥藍は、沖縄本島北部の本部町伊豆味で製造された1975年夏藍である。

2. 泥藍中の藍分ならびにインジゴの吸収スペクトル

泥藍に含まれる藍分の抽出は、所定量の泥藍にクロロホルムを加えて激しく攪拌して行なった。クロロホルム層に抽出された藍分の可視吸収スペクトルの測定は、クロロホルム抽出液を濾過後その濾液を用いて行ない、インジゴの可視吸収スペクトルは所定量のインジゴ(和光純薬・特級)をクロロホルムに溶解して測定した。

3. 泥藍の水分と藍分の定量

泥藍の水分は、供試泥藍を5日間静置し滲出した上澄液を除去した後、100～110℃で恒量になるまで乾燥して測定した。藍分の定量は、乾燥泥藍のクロロホルム抽出液を用いて602 μ mにおける吸光度を測定し、インジゴクロロホルム溶液で作成した検量線より算出した。

4. T.T.C.の還元とT.P.F.の吸収スペクトル

2, 3, 5-トリフェニルテトラゾリウムクロリド(以下T.T.C.とする)水溶液にハイドロサルファイトソーダを加えるとT.T.C.は還元され、赤色の沈澱、即ちトリフェニルフォルマザン(以下T.P.F.とする)が生成される。本T.P.F.の酢酸エチル抽出液を用いて可視部の吸収スペクトルを測定した。

5. 醗酵過程における還元藍の測定

還元藍の測定は、高原等¹²⁾の方法を改変し次のように行なった。醗酵している藍膠の還元液層から藍還元液0.1 mlをピペットで採取し、T.T.C.溶液(10^{-3} M) 2 ml中に速やかに加えて静かに攪拌した。本液中でT.T.C.は還元型の藍(ロイコインジゴ)によって還元されて赤色のT.P.F.となり、還元型の藍は酸化型(インジゴ)となって青藍色となるため、本液は藍膠の還元の程度により青紫色から赤紫色を呈する。この着色液に酢酸エチル5 mlを加えて激しく攪拌し抽出処理を行なった。還元藍は本抽出液を用いてT.P.F.の吸収極大値である485 μ mにおける吸光度を測定して定量した。吸光度および吸収スペクトルは東芝ベックマン分光光度計Spectra 20で測定した。

6. 小規模醗酵建と仕込み方法

琉球藍の醗酵建は50～180 l容仕込みが多く行なわれているが、本実験では実際の仕込み方法を参考にして透明瓶による500 ml建を行なった。本仕込み液の液面比(直径/深さ)は1/2である。仕込み方法は、泥藍75 gに小麦粉(5 g)の糊化液を加え充分混和して500 mlとした。仕込み液のpHは、水酸化ナトリウムまたは水酸化カルシウムおよび乳酸を用いて11.5～12.0に調整した。仕込み液に醗酵液、即ち友種を25 ml加え30℃で醗酵を行なった。

醗酵過程における仕込み液の還元藍はT.T.C.を用いて1日1回測定した。また、還元藍測定後に仕込み液の攪拌を行ない、pHを測定すると共にpH10～12になるように調整した。

pHの測定には、日立・堀場pHメーターF-7/ssおよび東洋pH試験紙AZYとTB等を併用した。

III 結果と考察

1. 泥藍中の藍分

Fig.1は、クロロホルムで抽出した泥藍中の藍分ならびにクロロホルムに溶解したインジゴの吸収スペクトルを測定した結果である。泥藍中の藍分の吸収スペクトルは、インジゴのスペクトルと同じで吸収極大(602 $m\mu$)も一致した。クロロホルムに溶解したインジゴ量と602 $m\mu$ における吸光度との関係、および乾燥泥藍量と吸光度との関係を調べた結果が各々Fig.2およびFig.3である。インジゴは6 $\mu g/ml$ まで、乾燥泥藍は0.15 mg/ml まで吸光度との間に直線関係が得られた。乾燥泥藍中の藍分は両者の検量線から算出した結果3.8%であった。また、供試泥藍の水分は75~80%であり、従って供試泥藍中には0.8~1.0%の藍分が含まれていることになる。

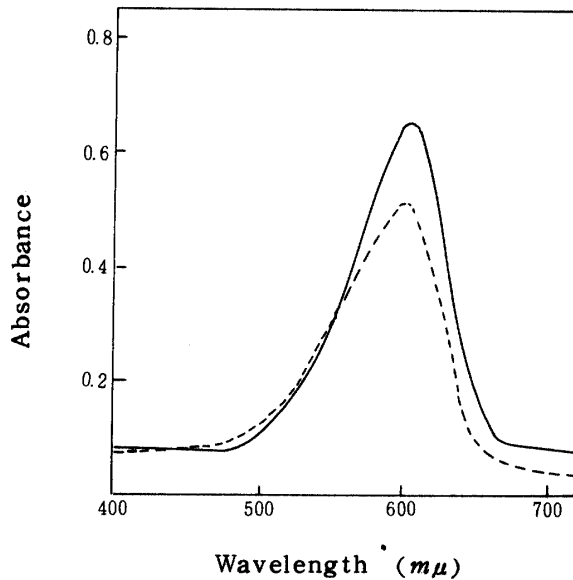


Fig. 1. Absorption spectra of the indigo coloring matter of Ryukyuai and synthetic indigo

Strobilanthes flaccidifolius, one of the plants that yield indigo in Okinawa, was used for the preparation of Ryukyuai, slimy natural indigo dye. The coloring matter of raw leaves of the plant was extracted with water, and then calcium hydroxide was added to the extracts. In order to oxidize the coloring matter, the mixture was vigorously stirred. The slimy substance precipitated was used as Ryukyuai in this experiment. The indigo coloring matter was extracted from Ryukyuai with chloroform and the spectrum was determined (-----). Synthetic indigo was dissolved in chloroform, and its spectrum was determined (—).

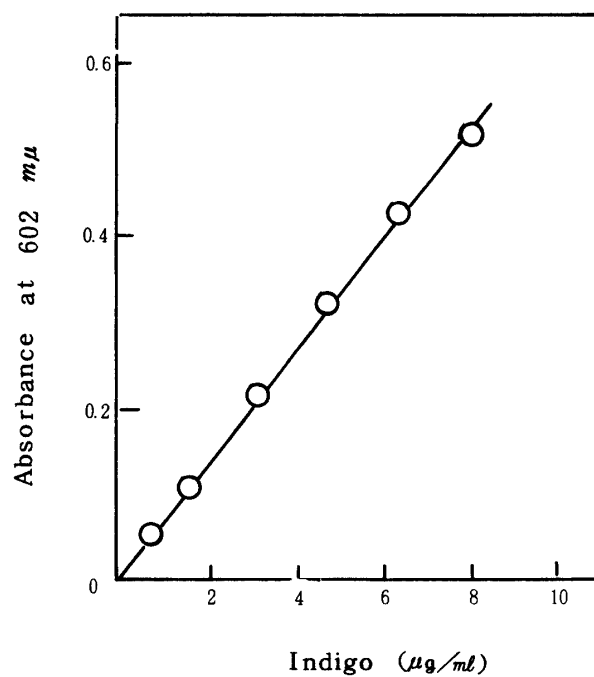


Fig. 2. Calibration curve for indigo dissolved in chloroform

Indigo was dissolved in 4ml of chloroform and the absorbance was measured at 602 mμ.

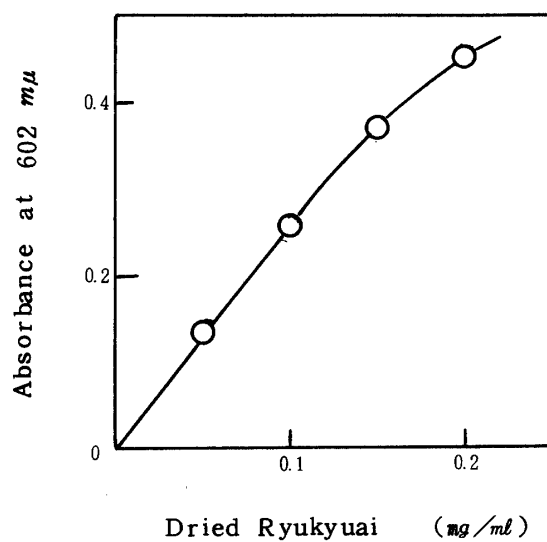


Fig. 3. Calibration curve for the indigo coloring matter extracted from dried Ryukyui

The indigo coloring matter was extracted from dried Ryukyui with chloroform, and the absorbance was measured at 602 mμ under the same conditions as described in Fig. 2.

2. T.T.C.法による還元藍の定量

醗酵建においては、藍醗の醗酵が進むにつれて還元型の藍が漸次増加する。この還元型の藍をT.T.C. (2, 3, 5-Triphenyltetrazolium chloride)を用いて定量する方法を検討した。Fig. 4は、T.T.C.をヒドロサルファイトソーダで還元し、酢酸エチルで抽出処理して得られるT.P.F. (Triphenylformazan)の赤色溶液の吸収スペクトルを測定した結果である。本T.P.F.溶液は485 μ に吸収極大を示した。またFig. 5は、各種濃度のT.T.C.溶液をヒドロサルファイトソーダで還元し、生成したT.P.F.の酢酸エチル抽出液の485 μ における吸光度を測定したものである。所定量のT.T.C.溶液から還元されて生成するT.P.F.の吸光度はT.T.C.の量と比例関係にあることがわかる。次に、醗酵している醗の藍還元液を用いてT.T.C.を還元し、生成するT.P.F.と藍還元液の関係について調べた。Fig. 6は、 10^{-3} M T.T.C.溶液(2 ml)に藍還元液を加え生成するT.P.F.の485 μ における吸光度を測定したものである。図から明らかなように、藍還元液の量とT.P.F.の吸光度との間に直線性が得られている。従って、醗酵した藍醗中の還元藍はT.T.C.を用いる本法によって定量することが可能であることがわかった。T.T.C.を用いる還元藍の定量に際しては、T.T.C.は還元されT.P.F.となって赤色を呈し、還元藍は酸化されて青藍色を呈するため、酢酸エチル処理で両色素が抽出される。Fig. 7は両色素の量と吸収スペクトルとの関係を調べた結果である。スペクトルは、T.P.F.およびインジゴの単独溶液または両者混合溶液を用いて測定した。Fig. 7において、T.P.F.およびインジゴの混合溶液の吸収極大は各々485 μ と595 μ にあった。即ち、醗酵醗中に混在する酸化型藍は本法による還元型藍の定量に影響を及ぼさないことが明らかになった。

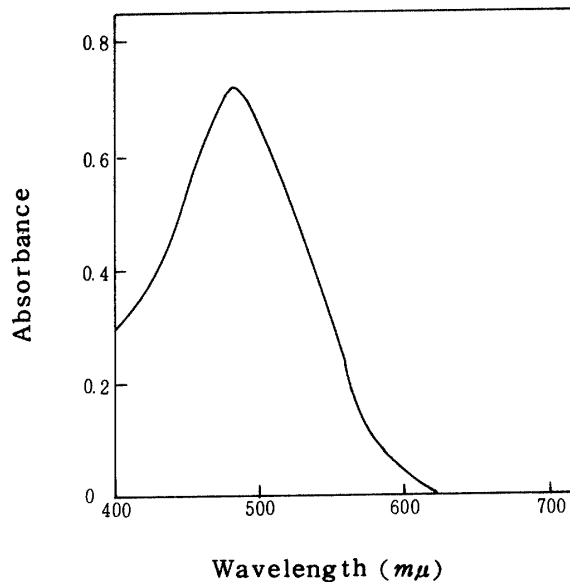


Fig. 4. Absorption spectrum of triphenylformazan

2,3,5-Triphenyltetrazolium chloride was reduced with sodium hydro-sulfite to a water-insoluble, deep red pigment, triphenylformazan. The triphenylformazan formed was extracted with ethylacetate, and the absorption spectrum was determined.

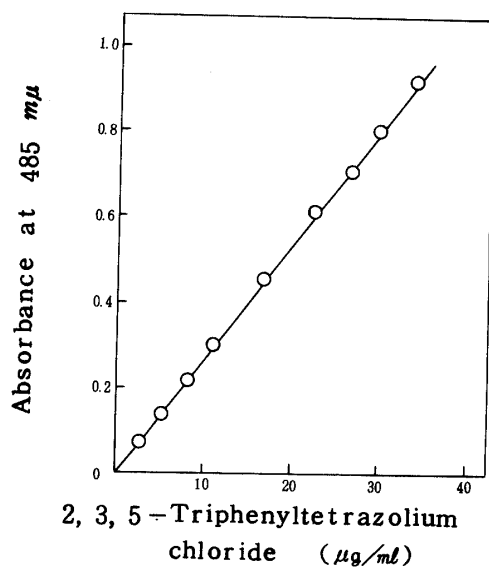


Fig. 5. Calibration curve for triphenylformazan

Two ml of 2,3,5-triphenyltetrazolium chloride solution was reduced with 0.5 ml of a saturated solution of hydrosulfite. The triphenylformazan formed was extracted with 5 ml of ethylacetate, and the absorbance was measured at 485 $m\mu$. The triphenylformazan was estimated from the amount of 2,3,5-triphenyltetrazolium chloride used.

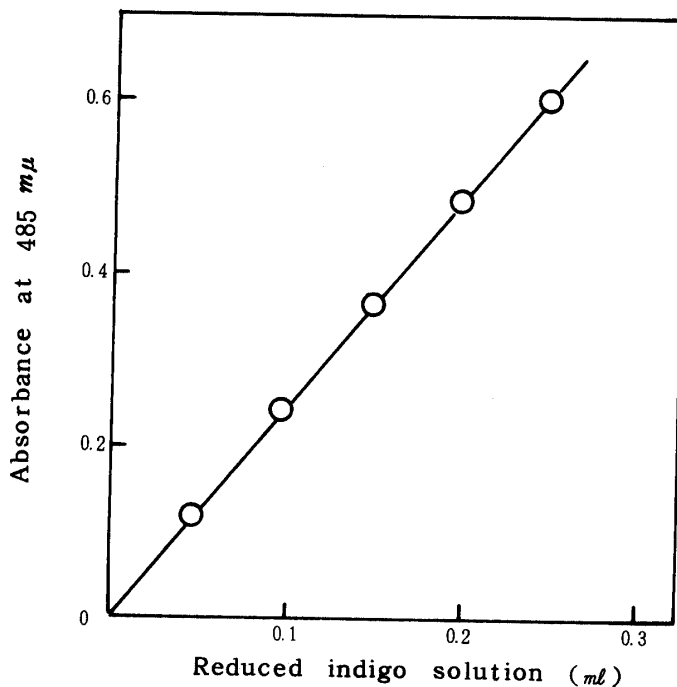


Fig. 6. Effect of the amount of reduced indigo solution on the formation of triphenylformazan

The amount of reduced indigo solution indicated was added to 2,3,5-triphenyltetrazolium chloride solution (10^{-3} M) in a volume of 3 ml, and the triphenylformazan formed was determined from the absorbance at 485 $m\mu$ under the same conditions as described in Fig. 5.

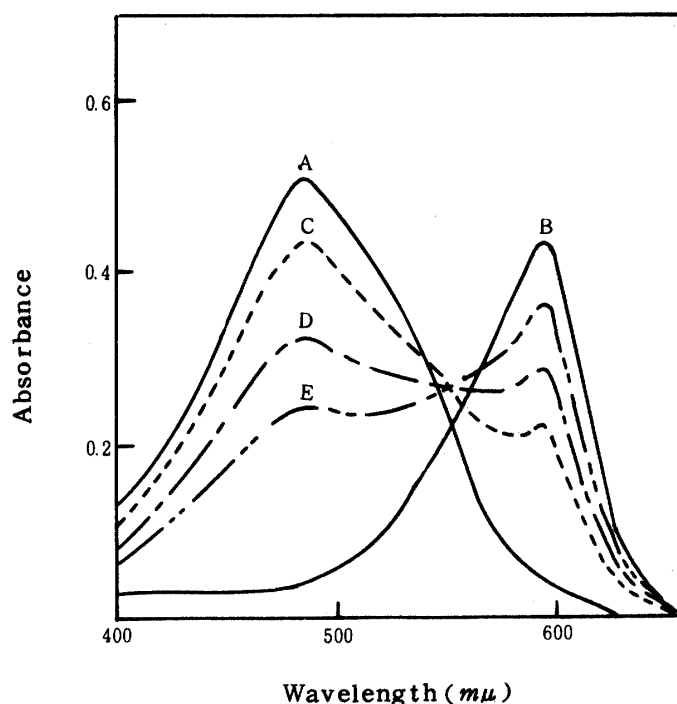


Fig. 7. Spectral changes in triphenylformazan by addition of indigo solution

Spectra of the mixture composed of triphenylformazan and indigo, dissolved in ethylacetate, were determined with a spectrophotometer.

- (A) : Triphenylformazan in ethylacetate
- (B) : Indigo in ethylacetate
- (C) : (A) and (B) solution (2 : 1 V/V)
- · - · - (D) : (A) and (B) solution (1 : 1 V/V)
- · — · — (E) : (A) and (B) solution (1 : 2 V/V)

3. 500 ml仕込みによる醗酵建

著者らは、1石(180ℓ)甕による醗酵建を行ない醗酵過程における諸知見を得た後、小規模醗酵建の可能性について検討した。まず5ℓ容透明瓶による醗酵建を行なった結果、特に藍膠のpH管理を充分に行なえば従来至難とされていた小規模醗酵建も可能であることがわかった。さらに500ml仕込みによる醗酵建を行ない次のような結果を得た。

Fig. 8は、実験方法の項で記した仕込み方法により500ml仕込みを行ない、30℃で200時間醗酵させて藍の還元状態と膠のpHの変化を測定した結果である。図から明らかなように、醗酵の進行と共に酸が生成されpHの著しい低下が見られる。藍膠は高アルカリ域にあり緩衝作用も相当強いが、生酸醗酵であるため膠は酸性になりアルカリを加えて中和する必要がある。従って、小規模醗酵建ではpHの変化が著しいため適正なpHの管理を充分に行なわなければならない。

一方、醗酵過程における藍膠の色調変化を観察した結果、仕込み時は暗藍色であるが、醗酵が進むに伴って底部の沈澱物から緑色となり、さらに鮮やかな黄緑色を呈するようになる。還元状態にある藍膠を強く攪拌すれば泡立ち、その泡が次第に再酸化されて藍色となり、所謂藍花を見るようになる。

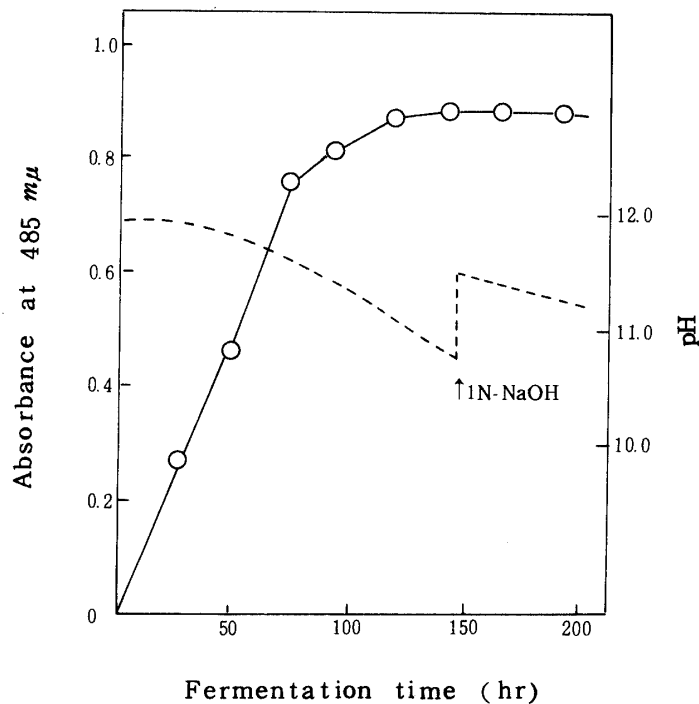


Fig. 8. Changes in the amount of reduced indigo and pH in the course of fermentation

The small scale vat fermentation (500ml) was carried out with 15% Ryukyuai (W/V), 1% wheat powder (W/V) and 5% stock mash (starter, V/V) in the range of pH 10.8-11.8 at 30°C. The fermenting mash was gently stirred once a day. The amount of reduced indigo was estimated as follows. To 2ml of 2,3,5-triphenyltetrazolium chloride solution (10^{-3} M), 0.1ml of the fermenting mash was added. 2,3,5-Triphenyltetrazolium chloride was reduced to form triphenylformazan by the reduced indigo in the fermenting mash. The amount of triphenylformazan extracted with 5ml of ethylacetate was determined from the absorbance at 485 $m\mu$.

—○— : Reduced indigo
 - - - - - : pH

4. 醱酵過程に及ぼす諸因子の影響

1) 泥藍の仕込み量

醱酵建においては泥藍の仕込み量が最も基本となるが、泥藍の含有水分が非常に多く、さらに藍分の量も製品により異なるため、実際には180ℓ容あたり30~60kgの泥藍を用いた仕込みが行なわれている。

水分75%、藍分1.0%の泥藍を用い、泥藍の仕込み量と藍膠の醱酵過程との関係を調べた。Fig. 9は各種濃度の泥藍仕込みによる醱酵建を行なった結果である。泥藍の仕込み量が多い程醱酵が早く行なわれることを示しており、また15%あれば充分であることもわかる。従来、「藍を濃く建てる」ためには泥藍を多く仕込む必要があるとされていた。泥藍の仕込み量が多くなると醱酵が促進され、その結果藍の還元状態に良い結果を与えるのであって、藍膠中の還元藍の濃度は必ずしも泥藍の仕込み量によって左右されないものと考えられる。また、還元された藍はアルカリ溶液に溶出し還元液層を形成するが、醱酵建においてはアルカリ溶液に溶出する還元藍の量が化学建に比べて少ないようである。これは醱酵建

が化学建のような高い pH，即ち高アルカリ溶液で行なうことが不可能であることにも基因するであろう。従って醗酵建においては、「藍を濃く建てる」ために過剰の泥藍を仕込むより，正常な醗酵を行なわせるに十分な量で仕込みを行なうことが望ましい。本実験結果より泥藍の仕込み量は15%が最適であるが，安全性を考慮しても20%程度で充分であるといえる。

琉球藍は，泥状の製品即ち泥藍として市販されており，菘藍に比べて醗酵建が容易であるとされている。しかし，その反面泥藍の保存性に問題があり，長期保存中に品質が低下するといわれる原因等については検討中である。

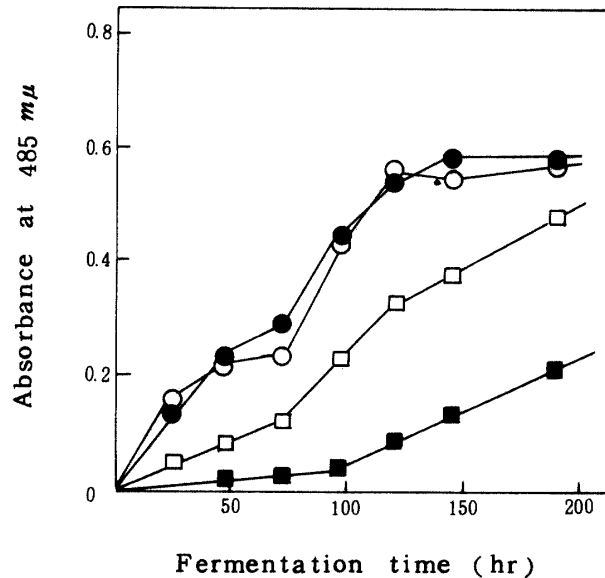


Fig. 9. Effect of the amount of Ryukyuai on the fermentation rate

The fermentation was carried out with the indicated amount of Ryukyuai. The other fermentation conditions and the analytic method were described in Fig. 8.

- — : 20 % Ryukyuai
- — : 15 % Ryukyuai
- — : 10 % Ryukyuai
- — : 5 % Ryukyuai

2) 小麦粉の添加量

琉球藍の醗酵建には古くから醗酵促進剤として麦飴，ふかし芋，小麦粉および泡盛等の糖質や澱粉質が用いられている^{2, 8, 16)}。これらは醗酵を促進するだけでなく，醗のアルカリ度が強過ぎる場合の pH 降下剤として使用されてきた。醗酵建は生酸醗酵のため pH の変動がある(前述)ので，長年の経験により醗の醗酵状態を舌感で見極め，木灰のあく汁を加えたり澱粉質等を添加することにより醗の pH が調整されている。

本実験において，上記の澱粉質等の各種促進剤を添加して醗酵建を行なった結果，これらの添加による醗酵促進効果が認められた。また，菘藍の醗酵建に用いられるフスマも琉球藍の醗酵に効果があった。本実験では，安価で且つ入手しやすい小麦粉を用い，小麦粉の添加量と醗酵過程との関係について検討した。Fig.10は種々の小麦粉濃度で醗酵建を行なった結果である。図からわかるように，小麦粉の添加量が多い程醗酵が良く進行した。しかし，添加量を増すことにより醗酵が促進されるため醗の pH の低下

が著しくなり、pHの管理が困難となる。特に実験室的小規模醱酵建においては、醱のpH変動が激しいため多量的小麦粉添加は異常醱酵を誘発する危険性が生じる。一方、澱粉質を全く添加しないで醱酵建を行なった場合は醱のpHの低下が殆んど見られず、仕込み後120時間目においても全く藍の還元状態を認めることができなかった。小規模醱酵建において、小麦粉の添加量が0.5%でも藍の還元状態を得ることができたが、醱酵の促進ならびに醱のpH管理等の難易を考慮した結果、小麦粉の添加量は1%が適量であった。

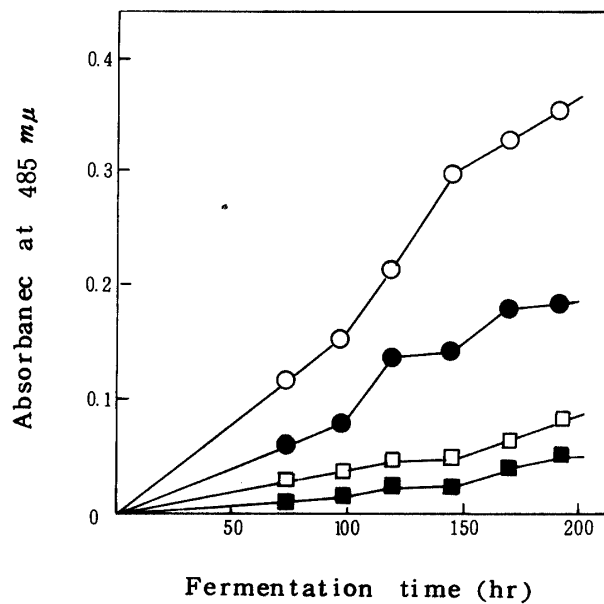


Fig. 10. Effect of the amount of wheat powder on the fermentation rate

The fermentation was carried out with the indicated amount of wheat powder. The other fermentation conditions and the analytic method were described in Fig. 8.

- : 1.0 % Wheat powder
- : 0.5 % Wheat powder
- : 0.2 % Wheat powder
- : Without Wheat powder

3) pHの影響

醱酵建に最も大きな影響を及ぼすと考えられるのは醱のpHである。泥藍は、製造過程において多量の石灰が使用されすでに強アルカリ性となっているため、菜藍の醱酵建¹⁵⁾の如く仕込み時に多量のアルカリ添加を必要としない。しかし、泥藍中の石灰含有量は製品によってかなり異なるため、仕込み時における醱のpH調整が極めて困難である。仕込みに際しては、所要量の泥藍と水を充分攪拌し仕込み槽で一夜静置した後、上澄液のアルカリ度(pH)を確認する必要がある。実際には上澄液のアルカリ度が強過ぎる場合には上澄液を除去(アク抜き)し、再度水を加えてpHの調整を行なうと共に醱酵促進剤が加えられる。琉球藍の醱酵建においては、菜藍の醱酵建の如く仕込み時の適正なアルカリ添加量を数量化することが不可能であるため、仕込み時のpHを確認して藍醱を適正なpHに調整することが重要である。

Fig. 11 は、仕込み時のpHを変化させ24時間ごとに所定のpHに調整しながら醱酵建を行なった結果である。醱のpH調整は、アルカリ側は水酸化ナトリウム、酸性側は乳酸を用いて行なった。図から明

らかなように、仕込み時ならびに醗酵過程における pH を 11.5 に調整した場合、醗酵速度ならびに藍の還元状態に最も良い結果が得られた。pH 10.5 の藍醗は醗酵が早く進行したが、醗の pH の低下が著しいため正常な藍の還元状態には至らなかった。一方、pH 12.5 の藍醗は醗酵が進行せず、pH の低下も全く見られなかった。従って、藍醗の pH を常に 10~12 の範囲に保持することが正常な醗酵を行なわせるための必要条件である。醗酵がほぼ終了した時点では、藍醗の pH を 12 附近に調整し還元された藍をアルカリ溶液に充分溶出させることが望ましい。

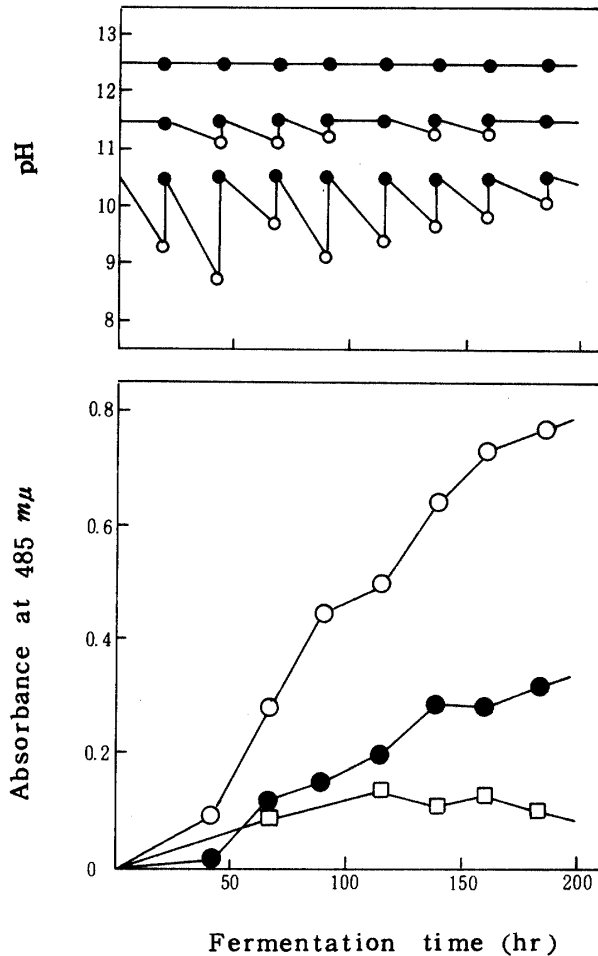


Fig. 11. Effect of pH on the fermentation rate

The fermentation was carried out at the indicated pH. The other fermentation conditions and the analytic method were described in Fig.8.

- : pH 11.5
- : pH 10.5
- : pH 12.5

4) 友種の添加効果

染藍の醗酵建においては、醗酵を促進させるために「誘い出し」¹⁵⁾ という方法が行なわれている。これは、新しく仕込みを行なう際にすでに醗酵している藍醗を仕込み時または仕込み後24~48時間目に友種として添加し、醗酵時間を短縮させる方法である。

琉球藍の醗酵建においては、すでに醗酵した古い藍液に漸次新しい泥藍と醗酵促進剤を追加し、醗酵

建を継続させるという方法が一般的に行なわれている。この方法は、結果的には友種を用いる「誘い出し」と同じ効果が期待されるため、次に仕込み時における友種の添加効果について検討した。

Fig.12は、友種を5%添加して醗酵建を行なった場合と友種を添加しない場合の醗酵経過を調べた結果である。図から明らかな如く、友種添加醗は醗酵が促進され還元藍の量も友種無添加醗に比べて多く、友種の添加効果が十分に認められた。

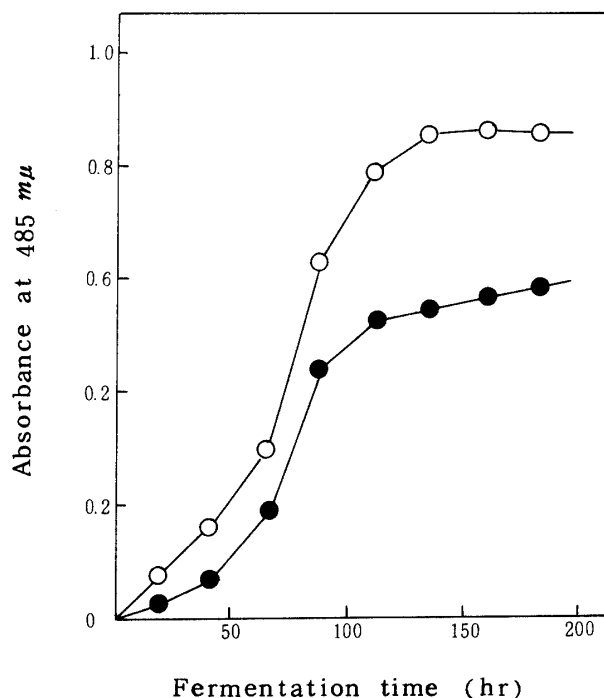


Fig. 12. Effect of the stock mash (starter) on the fermentation rate

The other fermentation conditions and the analytic method were described in Fig. 8.

—○— : With starter
—●— : Without starter

5) 醗酵温度

菜藍を用いて醗酵建を行なっている九州以北では、仕込み槽(藍甕)を土中に埋め込んで保温し、特に冬期には火壺を用いて藍醗の醗酵温度が調節されている^{1, 9, 15)}。年間を通じて気温が高い沖縄においては、仕込み槽の加温操作は殆んど行なわれていない。しかし、気温が下がる冬季には藍醗の醗酵に時間を要することは菜藍と同様である。

本実験では、琉球藍の醗酵建に及ぼす温度の影響について調べるため、各種温度(1~50°C)の恒温槽中で醗酵建を行なった。Fig.13は、20~40°Cで醗酵建を行ない各時間における藍の還元状態を示したものである。醗酵を25~30°Cで行なった場合に最も良好な藍の還元状態が得られた。一方、醗酵温度を10°C以下あるいは40°C以上にした場合は全く藍の還元状態が認められず、pHの低下も殆んど見られなかった。徳島産菜藍を用いた高原等¹¹⁾によれば、菜藍は20~40°Cで醗酵するとされている。また、高原等¹³⁾は菜藍の醗酵建に関与する微生物を単離し、その同定を行なっている。琉球藍の醗酵建においても、本実験で明らかにした如く高アルカリ域での醗酵でありながら醗酵の進行に伴って藍醗のpHが低下す

ること、醗酵の適温が25~30°Cにある点、また友種の添加効果が認められたことなど、菜藍の醗酵経過¹⁰⁾と類似する点を有し何らかの微生物が関与することを予見している。関与する微生物の性状や藍の還元機構等の解明は残された重要な課題であり、今後更に検討したい。

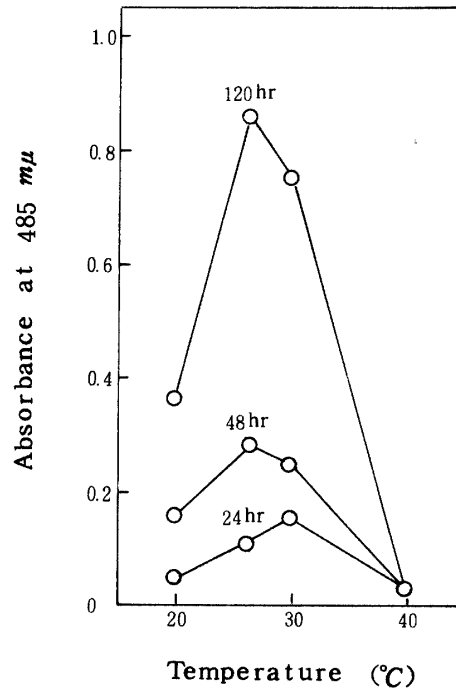


Fig. 13. Effect of temperature on the fermentation rate

The fermentation was carried out in the range of temperature 20°C to 40°C. The other fermentation conditions and the analytic method were described in Fig. 8.

IV 要 約

琉球藍の醗酵建を実験室的に試み、その醗酵過程を経時的に観察すると共に正常な醗酵に影響を及ぼす諸因子について検討した。

- 1) 琉球藍の小規模醗酵建を行なった結果、適切な pH の管理を行なうことにより500ml仕込みで醗酵させることができた。
- 2) 醗酵過程で還元された藍は、T.T.C.を用いて定量することができた。
- 3) 小規模醗酵建において、仕込み時の泥藍および小麦粉の量はそれぞれ15%および1%が適量であった。
- 4) 醗酵建の最適 pH は11.0~11.5にあった。
- 5) 仕込み液に友種を添加することにより醗酵が促進された。
- 6) 最適醗酵温度は25~30°Cであった。醗酵温度を40°C以上あるいは10°C以下にした場合は醗酵が起らなかった。

謝 辞

最後に、試料の提供ならびに泥藍の製造方法を御指導下さいました伊野波盛正氏に深謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 阿波藍に関する概説(1) 1974 徳島県工業試験所
- 2) 後藤捷一 1974 沖縄産植物染料について, 染色と生活, 4 : 44~49
- 3) ——— 1975 外国の藍草, 染色と生活, 10 : 40~63
- 4) ——— 1975 原始民族間の藍染, 染色と生活, 10 : 64~67
- 5) 服部静夫・下郡山正己 1967 生体色素, 164~167, 東京, 朝倉書店
- 6) 永沢信・芳賀亀一郎 1963 新版実用染色法, 68~71, 東京, 高陽書院
- 7) 小川省吾 1953 新訂染色学, 135~155, 東京, 産業図書
- 8) 大城志津子 1972 藍の話, 琉球の文化, 2 : 43~47
- 9) 田中直一 1965 紺九訪問, 染色工芸, 12 : 28~39
- 10) 高原義昌・田辺脩 1960 細菌による藍の工業的還元に関する研究, 醗酵工学雑誌, 38 : 176~180
- 11) ———・————— 1960 ————— 醗酵工学雑誌, 38 : 180~183
- 12) ———・————— 1960 ————— 醗酵工学雑誌, 38 : 221~224
- 13) ———・————— 1960 ————— 醗酵工学雑誌, 38 : 293~299
- 14) 富山弘基・大野力 1971 琉球の伝統染織, 53~62, 東京, 徳間書店
- 15) 米川孝宏 1975 藍を建てる, 染色と生活, 10 : 121~130
- 16) 吉岡常雄 1974 天然染料の研究, 44~69, 京都, 光村推古書院

Summary

The small scale vat fermentation(500ml) with Ryukyuai was carried out to make clear influences of various factors on the fermentation process. The following results were obtained:

1. By carefully controlling the pH of the fermenting mash, the small scale vat fermentation could be performed.
2. For the small scale vat fermentation, 15% Ryukyuai and 1% wheat powder were used effectively.
3. The most suitable pH for the vat fermentation was between 11.0 and 11.5.
4. Addition of a small amount of the stock mash(starter) accelerated the fermentation rate.

-
5. At the temperature between 25°C and 30°C, Ryukyuai was fermented well. The fermentation could not occur above 40°C or below 10°C.

* : Slimy natural indigo dye manufactured from *Strobilanthes flaccidifolius* in Okinawa, as described in Fig. 1.