

利用紫外線海水殺菌機行牡蠣人工淨化試驗

鄭溪潭 · 陳茂松

Utilization of UV Sterilizer for Artificial Purification of Oysters (*Crassostrea gigas*)

Shi-Tang JENG and Mao-Song CHEN

It has been said that over 75 % of the oyster produced in Taiwan are not qualified for serving raw due to high density of bacteria on it. This experiment studied the effect of ultraviolet (UV) sterilizer on oysters with the following results :

- 1 The efficiency of UV sea water sterilizer can reach as high as 100% of sterilization.
- 2 It takes about 6 hours of purification with UV sterilizer to meet the requirement on the condition of raw-served oyster meat while treating for 24 hours achieved a level of complete purification.
- 3 With the outside of the oyster shell purified. Contamination of meat during shucking can be avoided.
- 4 During the purification process, living oysters tend to discharge sand grains to the outside, thus resulted in even better quality of meat.

前 言

牡蠣俗稱蠔或蚵仔，為台灣的重要經濟貝類，其肉質柔軟、味美，從不生食之歐美民族對之亦頗為欣賞，甚且有海牛乳之稱。其分佈甚廣，除兩極圈外各地均有發現。其種類全世界知者約有百餘種，惟在本省所見最普遍的為 *Ostrea* (*Crassostrea*) *gigas* 乙種，為最有經濟價值之養殖種類¹⁾。

據統計：牡蠣的年產量每年都在增加，至 1978 年年產已達一萬八千公噸之多，價值高達 13 億 6 千多萬元²⁾，佔漁業生產之第 11 位²⁾，其養殖面積亦佔本省養殖面積之第二位，並佔淺海養殖面積的 69%²⁾；況且近年來由於遠洋漁業因受世界各國 200 浬經濟海域設限關係，淺海養殖相對的受到重視；又由於垂下式，深海養殖的成功，今後牡蠣的產量勢必繼續增加；因此可想而知牡蠣今後在水產業所佔地位的重要。

牡蠣為生長於沿海的內灣，河川的入口。由於沿河川人口的集中，耕地的發達，河川已被污水等污染，尤其下雨時陸地上的污物及土壤等被沖流至養殖海域，因此海水就免不了被污染了。而牡蠣是由鰓葉吸入大量海水營呼吸作用，同時由鰓葉捕集攝食海水中的浮游生物及其他微小粒子，因此受生長海域影響很大；而我們吃牡蠣是吃其肉質却包括了內臟全部，如此生食了不潔海域生產的牡蠣便容易傳染到消化系統的傳染病，諸如傷寒、霍亂、赤痢、肝炎等。因此歐美諸國便很早就施行牡蠣的衛生管理法，例如美國對漁場及生產品有以下規定³⁾：

禁止區域爲有污水等直接流入，且嚴重污染者，又 100 ml 中大腸菌群 MPN 在 700 以上的海域。其貝類的採取、販賣一概禁止。

許可區域：爲下水及其他污染物無流入的海域且大腸菌群 MPN 在 70 以下的海域。

制限區域：爲介於許可區域與禁止區域中間的海域，MPN 介於 70 以上，700 以下的場所。

又規定已剝殼牡蠣 100 g 的 MPN 要在 230 以下才得販賣，此外於處理場、容器、牡蠣的處理，作業人員等都有嚴格的衛生標準。至於我國目前也已制定了生食用牡蠣的衛生標準⁴⁾，即規定總生菌數在 5×10^4 個/公克以下，大腸菌 MPN 230 個/100 g 以下。與美日標準相同。

據王果行等⁵⁾調查台灣牡蠣之細菌數在每公克 9.1×10^3 至 7.4×10^7 之間，如以生食爲標準則有 75% 之牡蠣不適於生食，同時由貝類體中之細菌數及大腸菌群數值判斷，台灣淺海貝類養殖場已受到細菌某種程度之污染，因此以目前狀況而言，台灣市販之牡蠣，實在不宜生食。所以爲了衛生上的安全，則實施淨化實爲必要的手段。

安川氏⁶⁾以痢疾菌嚴重污染的牡蠣施以漂白粉 1~500 ppm 加入海水中，在 20°C 測其細菌之生存期間，可知加入漂白粉立即有效，但要完全滅菌不易辦到，加入 500 ppm，30 小時以後仍然有細菌存在。但據經驗以氯劑直接對牡蠣作用，則會降低牡蠣的生活力，因此要得到良好的淨化成績很難⁷⁾。又一般污染貝類的淨化法尚有如下幾種：

(一)自然淨化法：即將被污染的牡蠣在極清淨的海域經一定期間的蓄養，牡蠣有自然淨化的自淨作用，如日本遠山氏⁸⁾⁹⁾以實際上不存在的高度人爲污染之牡蠣，移殖於神奈川縣金沢灣的清淨海域，於夏季 7.5 日，冬季 15 日就能達完全淨化，又 2 日的時間淨化，大腸菌數即可達 50 以下。

(二)殺菌燈之淨化法：利用殺菌燈殺死海水中之細菌以淨化牡蠣所含之細菌。但紫外線無穿透力，只能殺滅水中及空氣中之細菌，若水中浮游生物、雜質、有機物、鐵或 Fe^{+} 會影響穿透力，減少滅菌效果。此法有佐藤氏之流水式淨化裝置¹⁰⁾³⁾，照射過之海水從水面垂直流下，污物由底部排出，這種裝置淨化能力每一 m^3 可淨化 300~400 個牡蠣，(連殼 20~30 kg)，10 小時後可淨化至 MPN 230 以下。尚有一種循環式的淨化裝置，淨化槽約 $12m^3$ ($6 \times 3 \times 0.7$)，每日作 5000 個牡蠣之淨化。此設備利用 6 支 15 W 紫外線殺菌燈管照射 30~40 秒，每小時可殺菌 4.5 噸之海水。

(三)臭氧發生器之淨化方法：利用臭氧發生器發生臭氧送入淨化槽滅菌，但 O_3 濃度要保持 20 ppm 以上才有效果⁶⁾。

陳茂松、吳純衡¹¹⁾曾利用經紫外線照射處理之無菌海水先將牡蠣淨化 6 小時，再以含 25 ppm 有效氯之清淨海水淨化 2 小時，則可將牡蠣每公克含生菌數 1.9×10^6 個降至 240 個而每 100 公克含 Cliform MPN 2.8×10^5 降至 23，大腸菌 (E. Coli) 由每佰公克 9.3×10^4 降爲陰性反應，可說具有相當良好的淨化效果，然因設備費較高，且無法大量處理，又因鑑於目前紫外線處理設備的改良，紫外線海水殺菌機的改進，海水由殺菌機瞬間殺菌，其處理的容量每小時能由 0.5 噸至 300 噸¹²⁾之大量處理，而解決了高設備費及無法大量處理的缺點，因此進行本試驗。

材料與方法

一、材料：

1 淨化用牡蠣：採購自嘉義縣東石鄉及彰化縣芳苑鄉王功海埔地：牡蠣由養殖場採取後不經剝殼於生活狀態直接携回實驗室。

2 紫外線海水殺菌機：爲美國 Aquafine 公司出品之 electronic liquid sterilizer

Model: PVCL-1 Capacity: 8 GPM (salt water) No. of UV lamps: 1 watts: 50

二、細菌檢查方法：

取出 Sample (帶殼)，將殼的表面以酒精棉消毒後，用滅菌器具除去殼，以滅菌容器採取 100

g (含貝汁)，作為檢體，次將檢體移入滅菌 homogenizer 的杯中，加同量磷酸緩衝液均質細碎，作為試料原液，次將試料原液 20 ml 加 80 ml 磷酸緩衝液，做成 10 倍的稀釋液，再取 10 倍稀釋液適當稀釋成 10^{-2} ， 10^{-3} ， 10^{-4} 倍等供試。

1 總生菌數 (Total plate count) 之測定：取上述各稀釋液 0.1 ml，塗佈於 Nutrient agar 培養基上，以 30°C 培養 18~24 小時，挑選菌落在 30~300 間之二重皿計算。

2 大腸菌群 (Coliforms) MPN 之測定：取上述各稀釋液 1 ml，接種於 5 支 BGLB broth，於 35°C 之恒溫水槽培養 24 小時或 48 小時，由產生氣體的陽性管數，計算 MPN。

3 大腸菌 (E. Coli) MPN 之測定：取上述各稀釋液 1 ml，接種於 5 支 E.C. broth 於 44.5°C 之恒溫水槽培養 24 小時，由產生氣體的陽性管數計算 MPN。

三 鮮度測定方法：

1 TTC (2, 3, 5 Triphenyl tetrazolium chloride test)：為測定牡蠣之鮮度而實施本試驗，係依持永等¹⁵⁾簡易迅速鮮度判定法。

2 pH 值：取上述均質細碎之試料原液，利用 glass electrode pH meter 測其 pH。

四 牡蠣淨化裝置：本實驗淨化裝置如 Fig. 1 海水由海中直接抽入實驗室，經過過濾流入 B 槽中，再由 B 槽以幫浦打入 C 槽中貯存備用，待操作時海水便利用水位差原理流經紫外線海水殺菌機殺菌，如此清淨海水便直接流入淨化槽中行淨化試驗。本裝置簡單，所佔空間小，可加以大型化。

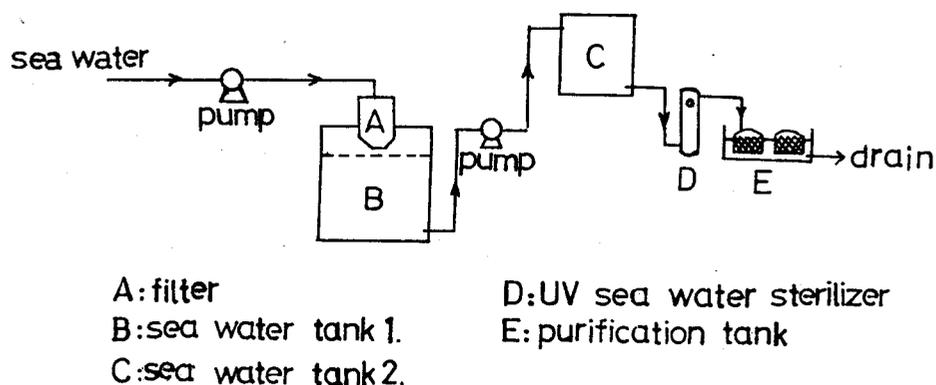


Fig. 1 The apparatus for this experiment.

五 牡蠣淨化方法：

自養殖場帶回之帶殼牡蠣，先將外殼附着之污泥以氯水充分洗淨後，測定其總生菌數、大腸菌群、大腸菌及 pH、TTC test，並將其餘的裝於不銹鋼網籠中，置於淨化槽中淨化，淨化槽中則一面進水，一面排水，同時每隔一小時將淨化槽底部牡蠣所吐出之污物、砂土清除一次 (因本裝置係屬小型，砂土無法自動排出)，如是於第 1 3 6 9 24 小時各分別採樣一次，測其總生菌數，大腸菌群，大腸菌及 PH、TTC test 等。

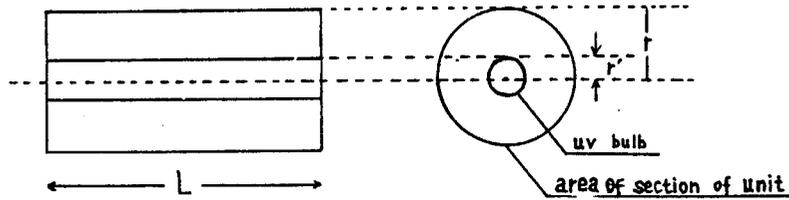
六 牡蠣吐砂量之測定：

自養殖場帶回之帶殼牡蠣，先將外殼附着之污泥以氯水充分洗淨後，分別置入燒杯中，再將燒杯放入淨化槽中淨化牡蠣，令其吐砂，吐砂完畢取出燒杯，過濾燒杯中之污泥並稱重，牡蠣亦開殼稱其肉重，算出其所吐出污泥之百分比。

結果與討論

1 殺菌機殺菌效果及與其他殺菌方法的比較：

本試驗所用紫外線海水殺菌機型式已如前述，其最大流量每分鐘8加侖，亦即其紫外線照射量約達 $46,000 \mu W \text{ sec}/\text{cm}^2$ 其計算式如 Fig.2¹³⁾ 所示：



1 UV energy density

- UV out put $w \dots\dots\dots 16.5 \text{ W}^*$
- radius unit $r \dots\dots\dots 4 \text{ cm}$
- radius of UV lamp $r' \dots\dots\dots 1.27 \text{ cm}$
- length of UV lamp $L \dots\dots\dots 72 \text{ cm}$
- UV transmittance in sea water $\dots\dots\dots 85 \%^{12)}$
- UV energy density = $W / 2\pi rL = 9118.2 \mu W/\text{cm}^2$
- UV energy density in water = $9118.2 \times 0.85 = 7750.5 \mu W/\text{cm}^2$

2 UV dosage = UV energy density \times UV exposure time

UV exposure time = $L/\text{flow speed}$

$$\text{flow speed} = \frac{\text{flowing volume (cm}^3/\text{sec)}}{\text{area of section of unit}}$$

$$\text{area of section of unit} = \pi r^2 - \pi r'^2$$

* The available watt of 50 W UV lamp is about $16.5 \text{ W}^{14)}$

Fig. 2 Formula of calculation of UV dosage.

一般細菌的死滅照射量約為 6000 到 $13,000 \mu W \text{ sec}/\text{cm}^2$ ，因此殺菌機的殺菌效果幾達百分之百，其殺菌效果如 Table 1

Table 1 The efficiency of UV sterilizer.

Flow Rate (l/min)	UV Dosage ($\mu\text{w-sec}/\text{cm}^2$)	Total Plate Count	Reduction (%)
—	0	8.8×10^2	
2.54	595780	0	100
5.46	277157	0	100
32.76	46190	1	99.99

* Water Temp. 27°C

其次紫外線殺菌法與其他殺菌法比較時，紫外線殺菌有如下特徵¹⁴⁾：(1)不改變水溫即能殺菌。(2)運轉費用相當便宜。(3)水中無藥品殘留問題。其與其他殺菌方法比較如 Table 2。藥品雖較紫外線殺菌設備上要便宜，但根據經驗以氯劑直接對牡蠣作用，則會降低牡蠣的生活力，因此要得到良好的淨化成績很困難⁷⁾¹¹⁾，同時若以氯淨化海水後，再以還原劑中和如 Tabbett 法⁷⁾則免不了須計算還原劑量之煩。

Table 2 The comparison of various sterilization methods.

Item	Ultraviolet	Heat	Chemicals
Apparatus for Water Sterilization	U V sterilizer	Heat exchanger	Reagent injection
Sterilization Method	Ultraviolet	Heat	Chemicals (chlorine)
Sterilization Effect	U V illuminance × Retention time	Temp. × Retention time	Reagent conc. × conc. retention time
Liquid Property	U V -permeable liquid	Heat conductable liquid	—
Residue	No.	No.	Yes.
Treatment Capacity	Several hundred tons/hr.	Several ten tons/hr.	—
Installation Cost	About 70~80 yen/5ton	About 250yen/5ton	Cheaper than others
Running Cost	0.35 ~ 1 yen/ton	About 150yen/ton	About 1 yen/ton
Operation	Labor— saving	The change of vapor quantity must be examined frequently	—

2 以紫外線海水殺菌機殺菌海水之淨化效果：

由於使用藥品淨化牡蠣之缺點，以往陳茂松、吳純衡¹¹⁾等改以紫外線照射法與藥品法併用雖可得良好之淨化效果，惜不能大量處理為其缺點，因此本試驗改以紫外線海水殺菌機行淨化試驗，於試驗初期，所用的紫外線殺菌機，乃本國製品（鴻志興業有限公司，HC 2H 型），為適用於家庭自來水殺菌用，不但型小且經使用於海水殺菌時，殺菌效果不良，更有生鏽的現象。我們以每分鐘 4 公升的流速測其殺菌效果時，海水生菌數由每公克 2.0×10^3 只能降至 2.7×10^2 ，而用之以行牡蠣的淨化時，其結果如 Table 3

Table 3 The effect of U V sterilizer (鴻志 HC 2H) treated sea water to purify ovster.

Immersion time(hr.)	TPC per gram	Coliforms(MPN/100g)	E.Coli(MPN/100g)
0	5.2×10^6	3.5×10^5	3.5×10^4
1	4.8×10^6	9.2×10^5	2.4×10^4
3	4.0×10^5	7.0×10^4	4.9×10^3
6	6.2×10^3	7.9×10^3	200
9	1.1×10^4	4.5×10^3	< 1.8
24	1.3×10^4	3.3×10^3	< 1.8

由表 3 可知於淨化至 6 小時，雖可達生食標準，但隨淨化時間的增長，生菌數並未繼續下降，反而略有提升，而大腸菌群則下降不明顯，因此淨化效果並不理想，這可能為殺菌機不能完全殺菌之故。因此在檢討後，改以美國 Aquafine 公司出品之紫外線海水殺菌機 (PVCL-1) 行淨化試驗，其淨化效果如 Table 4.

Table 4. The effect of U V sea water sterilizer (Aquafine PVCL-1) treated sea water to purify oyster.

Immersion time (hr)	T.P.C. per gram	Coliforms (MPN/100g)	E. Coli (MPN/100g)	pH	TTC test
0	1.1×10^5	1.3×10^5	4.9×10^4	6.00	++
1	1.3×10^6	4.5×10^4	4.0×10^3	6.09	++
3	7.9×10^3	7.9×10^3	3.1×10^3	6.12	++
6	7.3×10^3	2.3×10^3	150	6.13	++
9	3.9×10^3	9.3×10^2	< 1.8	6.16	++
24	3.4×10^2	20	< 1.3	6.10	++

* Sea water temp.: 22°C

於淨化前，我們以氯水洗淨牡蠣之外殼，但氯水並不能完全滅菌，因此於剛開始淨化時，即淨化第一小時，生菌數有升高的現象，因此淨化前牡蠣外殼的沖洗工作相當重要，經此步驟可縮短淨化時間及無菌海水的用量。生菌數升高的現象於大量處理時，可能不會發生，因為本試驗係屬實驗室的小型操作，水交換效果不盡理想。我們每小時清理淨化槽底部污泥（牡蠣所吐出者）一次即此道理，於大量處理時即可無此缺點。由表 4 知牡蠣於淨化第 6 小時後已合乎生食標準，生菌數由每公克 1.1×10^5 降至 7.3×10^3 ，大腸菌也從每公克 4.9×10^4 降至 150，到第 9 小時後大腸菌呈陰性反應，淨化到 24 小時則近乎完全淨化。鮮度以 TTC test，pH 測定結果顯示鮮度沒有改變。又牡蠣淨化完成後殼上所附着之細菌已被無菌海水所帶走，因此於剝殼時，更可降低由殼所帶來的污染。

3. 牡蠣淨化吐砂之效果；

牡蠣人工淨化，有如文蛤等貝類之吐砂效果，一般牡蠣於採收後直接剝殼即送達市場。如果不經淨化，非但不適生食，就是熟食，亦常有咬到砂粒的感覺，因此有人說常吃牡蠣易得結石，我們估且不管這句話的真實性，但單就齒感上來講，即降低了許多。由 Table 5 我們可知牡蠣於一天半的時間內所吐出之污物量的多寡。

Table 5. Weight of mud spat out from oyster during 1.5 days.

Sample No.	A. Shucked oysters weight(g)	B. Weight of mud spat out from oyster (g)	B/A (%)
1	1.3005	0.1077	8.28
2	1.3223	0.0726	5.49
3	1.6490	0.0542	3.29

一枚重約 1.5 克之牡蠣，經 1.5 日之淨化所吐出之砂粒、雜質等，約佔肉重之 3~8%，因此淨化後可改善食用時的齒感自不待贅述。

4. 蜆、文蛤等之淨化：

本所曾調查有生食習慣的蜆、文蛤（以塩蜆、塩文蛤狀態供消費），發現其含菌數甚高，其中蜆的含菌數更高達每公克 3.3×10^7 之多，另據王果行⁵⁾等調查，謂台灣市販的牡蠣與文蛤，實不宜生食。因此本計劃亦擬探討蜆與文蛤等之淨化條件。其中蜆之淨化經多次試驗發現似乎不具淨化效果，其生菌數，大腸菌經 24 小時淨化，仍無減少的現象，是否淡水貝類不具淨化效果，尚待進一步探討。又以文蛤行淨化試驗時，因為實驗中，沒有每隔一小時將淨化槽底部文蛤所排出之污物砂土清除，因此其生菌數由 5.0×10^4 淨化至第三小時降到 5.2×10^3 後，便維持在此附近，時或稍有升高，因而

無法繼續淨化。欲進一步試驗時，礙於本省西南貝類的大量死亡，採樣不易，無法更進一步研究。

摘 要

- 1 紫外線海水殺菌機的殺菌效果達 99.99 %，其主要特徵為：①不改變水溫即能殺菌。②運轉費用相當便宜。③無藥品殘留問題。④操作容易。
- 2 在本試驗中利用紫外線海水殺菌機可於 6 小時內將牡蠣淨化至合乎生食標準，24 小時內達完全淨化。
- 3 牡蠣外殼於淨化後生菌數降低，剝殼時可減少由蚵殼所帶來的污染。
- 4 牡蠣經淨化，有吐砂效果，可改善蚵肉品質，放心食用，不虞吃到砂粒。

謝 辭

本試驗係農發會水產品加工與利用之研究 69 農建— 5.1 — 產 022(2) 計劃之部分結果，對農發會之經費補助及李健全先生之鼓勵，本系吳純衡先生之提供資料，張憲章先生之協助試驗，謹申謝忱。

參 考 資 料

- 1 郭河 (1964) : 台灣經濟貝類調查。農復會特刊第 38 號, p.1 ~ 31。
- 2 中華民國台灣地區漁業年報 (1978) : p.14、92、140。
- 3 佐藤忠勇 (1966) : カキの衛生と淨化。養殖 Vol. 3 No. 8, p.52 ~ 55。
- 4 中華民國行政院衛生署藥字第 164300 號，生食用品類衛生標準 (1977)。
- 5 王果行、許順堯、鄭森雄 (1980) : 台灣產牡蠣與文蛤之細菌數及大腸菌群數。中國水產 No.328, p.12 ~ 15。
- 6 黎進開 (1975) : 水產微生物學 (下冊)。p.378 ~ 381, 維新書局印行。
- 7 坂井稔等 (1953) : 牡蠣の人工淨化試驗 (其の一)。廣島衛生研究所報, p.1 ~ 9。
- 8 遠山 (1928) : 水產防疫に關する實驗的研究 (第二回報告)。實醫誌 Vol.12, No. 10, p.1241 ~ 1269。
- 9 遠山 (1935) : 貝類の淨化に關する實驗的研究。實醫誌 Vol. 19 No. 9, p.1299 ~ 1314。
- 10 佐藤忠勇 (1955) : 牡蠣衛生處理について。第一回牡蠣專門技術員研修會集錄, p.62。
- 11 陳茂松、吳純衡 (1978) : 牡蠣之人工淨化試驗。台灣省水產試驗所試驗研究報告第 30 號, p.373 ~ 381。
- 12 齋藤民雄 (1974) : 紫外線による水殺菌裝置の現狀と問題點。食品工業 9 下— 1974, p.36 ~ 42。
- 13 木村喬久等 (1976) : 養魚用水の紫外線殺菌について— I 魚病原菌ならびに養魚水中生存菌の紫外線感受性について。日水誌 Vol.42 No. 2, p.207 ~ 211。
- 14 堀内辰男 (1974) : 紫外線による無菌水確保システム化の現狀と問題點。食品工業 9 下— 1974, p.29 ~ 35。
- 15 持永泰輔、田口昭 (1963) : 貝類 (特にカキ) の酵素化學的簡易迅速鮮度判定法。食衛誌 Vol. 4, No. 4, p.217 ~ 222。