



PROGETTO 010 - FASE 01

SISTEMA ESTRAZIONE OLIO (01)

IMPIANTO – DESCRIZIONE DEL PROCESSO

Progetto:	012
Fase:	01
Sistema:	01
Componente:	IMP (Impianto)
Tipo documento:	DP (Descrizione Processo)
Numero Documento:	012-01-01-IMP-DP

Data	Autore	Revisione
24/4/07	Alberto Carrea	0

<i>Fase</i>	<i>Sistema</i>	<i>Componente</i>
<i>Energia da olio di palma (01)</i>	<i>Sistema di estrazione dell'olio di palma (01)</i>	<i>Impianto complessivo (IMP)</i>
		<i>Generatore di Vapore (GDV)</i>
		<i>Sterilizzatore (SRL)</i>
		<i>Digestore (DST)</i>
		<i>Pressa (PSS)</i>
		<i>Chiarificatore (CRF)</i>
	<i>Stoccaggio (SCC)</i>	
	<i>Sistema Generatore Diesel (02)</i>	
<i>Energia dalle maree (02)</i>		
<i>Energia dalle biomasse (03)</i>		



1 Documenti di riferimento

- A. Documento PS76 “Dati palme da olio”, N° 012-01-01-IMP-RD
- B. “Technological assessment of palm oil production in Osun and Ondo states of Nigeria”, Technovation 20, (2000) 215-223
- C. “Small scale palm oil processing in Africa”, FAO Agricultural service bulletin 148 (<http://www.fao.org/docrep/005/Y4355E/y4355e00.HTM>)
- D. “The effect of the fermentation period on palm oil production in Eastern Nigeria, using traditional methods”, Indigenous Knowledge and Development Monitor, Marzo 2000
- E. Guide de fabrication d'une presse à huile de palme type " Colin ", ISF-IAI Belgio
- F. “Performance evaluation of an oil palm fruit screen”, Badmus et al., Discov. Innov. 2003, 15 (1/2)

2 Descrizione del processo di estrazione

Il processo si compone di 6 fasi principale come appresso indicato:

- Raccolta frutti e fermentazione
- Distacco dei frutti
- Sterilizzazione
- Digestione frutti
- Riscaldamento frutti
- Pressatura frutti
- Chiarificazione
- Stoccaggio

2.1 Raccolta frutti e fermentazione

Anche se non fa parte propriamente dell’Impianto di estrazione olio, questa fase è di cruciale importanza per la qualità e la quantità dell’olio che verrà estratto.

2.1.1 Raccolta dei frutti

L’articolo di cui al rif. D riporta quanto segue relativamente al tempo migliore per la raccolta dei frutti: *“The best time to harvest the fruits is when they start to loosen and can be dislodged; this is often indicated by the presence of 2-3 loose fruits on the ground at the base of the oil palm tree. If harvested earlier, the fruits will not be ripe and will not have reached their full oil content, resulting in oil of poor quality. If harvested too late, the FFA content of the oil will increase, which likewise causes the quality of the oil to decline. In addition, there is a danger of bunch rot, which also results in a deterioration of the oil. This has been confirmed by Heartley (1988), who observed that postponing harvesting until after the natural loosening of the fruits from the bunch causes the FFA to increase, with the resulting decline in quality. Thus it is clear that the precise moment of harvesting is crucial. A high moisture content combined with high temperatures during digestion also increases the rate of free fatty acid formation (Jacobsberg 1971).”* Da cui l’importanza cruciale del tempo di raccolta sia per la qualità che per la quantità dell’olio.

I grappoli o caschi devono essere raccolti con molta attenzione per evitare che i frutti subiscano colpi o urti che potrebbero dare inizio a processi sia di aumento di acidità che di irrancidimento. Al riguardo si riporta quanto indicato dal documento di cui al rif. C: *“In a fresh ripe, un-bruised fruit the free fatty acid (FFA) content of the oil is below 0.3 percent. However, in the ripe fruit the exocarp becomes soft and is more easily attacked by lipolytic enzymes, especially at the base when the fruit becomes detached from the bunch. The enzymatic attack results in an increase in the FFA*



of the oil through hydrolysis. Research has shown that if the fruit is bruised, the FFA in the damaged part of the fruit increases rapidly to 60 percent in an hour. There is therefore great variation in the composition and quality within the bunch, depending on how much the bunch has been bruised.”

La raccolta non va effettuata, se possibile, tagliando i caschi dall’albero e lasciandoli cadere a terra: *“Harvesting involves the cutting of the bunch from the tree and allowing it to fall to the ground by gravity. Fruits may be damaged in the process of pruning palm fronds to expose the bunch base to facilitate bunch cutting. As the bunch (weighing about 25 kg) falls to the ground the impact bruises the fruit. During loading and unloading of bunches into and out of transport containers there are further opportunities for the fruit to be bruised.”*

In definitiva: una buona attenzione e delicatezza nella raccolta dei frutti permetterà di migliorare la qualità dell’olio.

2.1.2 Fermentazione

Una volta giunti i grappoli sul luogo dell’impianto di estrazione olio, si può procedere a strappare i frutti dal grappolo e sterilizzare i frutti stessi oppure si può procedere ad una suddivisione dei grappoli in quarti o in spighe e sterilizzare questi per poi procedere successivamente allo strappo dei frutti. Questo secondo metodo è consigliato in quanto permette di ottenere un olio di migliore qualità (minore acidità) e, secondo alcuni autori, in maggiore quantità.

Tuttavia, in Guinea Bissau, la tradizione è quella di staccare i frutti dal grappolo prima della sterilizzazione. Pertanto questa (sterilizzazione dei frutti e non dei grappoli) è la metodologia considerata in questo documento.

In quest’ottica è di aiuto quanto riportato nell’esperienza di cui al documento D:

“On the day of harvesting, the fruits had not yet begun to loosen out of the spikelets. They were boiled or sterilized in a 120-litre drum for 2,5 hours over a wood fire (see photo). The fruits were stripped and re-sterilized for an additional 1,5 hours, to raise the temperature before pounding (i.e., digestion). After pounding, the hot mash was removed for oil extraction. On the next day, the first day of fermentation, the second pile (number 1) was processed. Since the fruits did not loosen out well, the same procedure was employed as on the day of harvesting. The fruits started loosening out on the 3rd day (2nd day of fermentation); they were stripped before boiling. Moulds started to develop on the spikelets on the 5th day of fermentation and by the 6th day they were seen on the outer skin of the fruits as they were stripped.”

Dunque, il distacco dei frutti dal grappolo avviene in maniera quasi naturale il terzo giorno dalla raccolta (due giorni di fermentazione). In questo stesso articolo, si confrontano le produzioni e le caratteristiche dell’olio prodotto in funzione dei giorni di fermentazione (fino a che i frutti non si staccano dal grappolo, cioè i primi due giorni, la sterilizzazione viene effettuata sui grappoli), come riportato nella tabella seguente:



Fermentation period (days) ¹	Wt. of crude oil (kg)	Wt. of clarified oil (kg)	Free fatty acid (%)	Moisture content (%)
0	8.15	7.00	0.37	0.21
1	8.20	7.10	0.73	0.49
2	8.30	6.80	0.27	0.16
3	9.10	8.00	1.18	0.60
4	5.50	4.60	0.70	0.43
5	5.20	4.50	0.86	0.51
6	6.40	5.00	1.26	0.68
7	7.20	6.00	1.23	0.68
8	8.00	5.10	2.66	0.34

Stando a questi risultati sembra dunque conveniente:

- Lasciare fermentare i frutti per due giorni (incluso quello della raccolta), **ma non di più**
- Procedere al distacco dei frutti dal grappolo
- Iniziare le operazioni di sterilizzazione appena i frutti sono stati staccati

La fermentazione dei frutti avviene dividendo i grappoli in spighe e cumulando le spighe su tavoli (possibilmente non per terra per ridurre per quanto possibile di contaminare i frutti con il terreno) posti sotto una tettoia (per preservare da eventuale pioggia) ed infine coprendo i cumuli con foglie (per uniformare la temperatura e quindi la fermentazione). Sotto la tettoia potrà altresì essere preservata la legna (da tenere quanto più possibile secca) da utilizzare quale combustibile per la generazione del vapore per l'impianto di estrazione.

2.2 Distacco dei Frutti

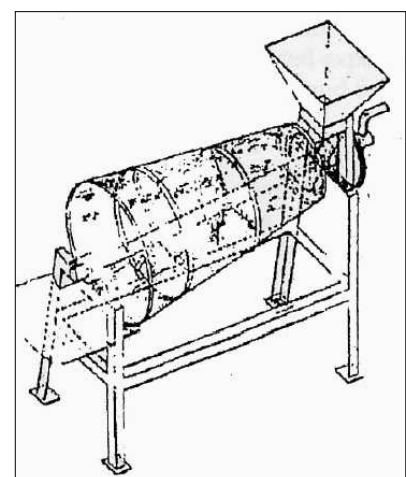
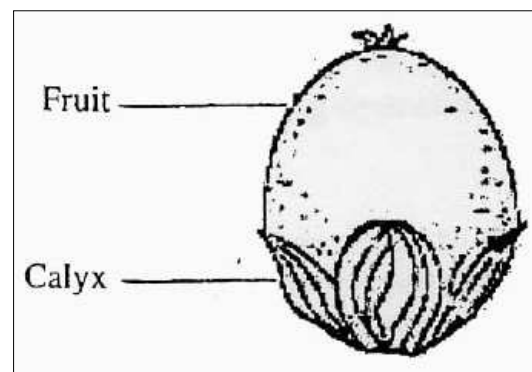
2.2.1 Descrizione

E' opportuno che il distacco dei frutti avvenga con l'eliminazione del calice del frutto stesso.

Come riportato nel **doc. F indicato al capitolo 1**: "*calix is not desirable in processed palm fruit because it tends to:*

- *Absorb part of the mesocarp oil thereby reducing oil extraction efficiency of the process*
- *Increase the aggregate quantity of heated fruit, thereby wasting heat energy and processing equipment space*
- *Increase volume of sludge and non-oil-solid content of expelled crude oil in the press and in clarifier*
- *Introduce foaming characteristics into the palm oil produced as a result of its presence in the mash pressed*"

L'operazione è fatta a mano. Potrà essere eventualmente aggiunto in un secondo momento un setaccio per la separazione meccanica del calice, come quello descritto nel rif. F e riportato in figura. Il processo meccanico è tuttavia meno efficiente di quello manuale (rimane una certa percentuale, attorno al 20 %, di frutti con calice).



¹ Indica sterilizzazione dei grappoli; indica sterilizzazione dei frutti.



Il processo manuale di estrazione richiede circa due ore per un fusto di frutti, contro circa 10 minuti del processo meccanico.

2.3 Sterilizzazione

2.3.1 Scopo della sterilizzazione

La sterilizzazione dei frutti di palma ha lo scopo di:

- **Distruggere gli enzimi** che attaccando la polpa generano un rapido incremento dell'acidità. In un frutto fresco, non battuto, il contenuto di acidi grassi liberi (Free Fatty Acids, FFA) è sotto lo 0.3 %. Tuttavia, in un frutto maturo l'esocarpo diventa soffice ed è più facilmente attaccabile dagli enzimi lipolitici, specialmente alla base quando il frutto viene staccato dal grappolo. L'attacco enzimatico produce un incremento degli FFA tramite idrolisi. Ricerche hanno mostrato che se un frutto è battuto, gli FFA nella parte danneggiata aumentano rapidamente al 60 % in un'ora. Distruggere gli enzimi significa pertanto arrestare il deterioramento del frutto
- **Indebolire le celle** contenenti l'olio in modo che ne sia facilitata la rottura durante l'operazione successiva di digestione o pressatura
- **Indebolire la struttura della polpa** in modo che ne sia facilitato il successivo distacco dal nocciolo (e/o dalla buccia ?) durante l'operazione successiva di digestione
- **Rompere le catene delle gomme e delle resine.** Alcune gomme e resine sono solubili in acqua; altre lo diventano una volta spezzate le loro catene dal vapore (idrolisi). Questa operazione permette di ridurre il contenuto di gomme, resine ed amidi nell'olio nella successiva operazione della chiarificazione

2.3.2 Descrizione della sterilizzazione

La sterilizzazione avviene riscaldando (tramite contatto diretto) i frutti con vapore e mantenendo questi riscaldamento per un tempo attorno alle due ore.

La sterilizzazione con vapore è oggi il metodo preferito rispetto a quello della bollitura dei frutti in acqua.

Molti autori suggeriscono di evitare per quanto possibile il contatto dei frutti con l'ossigeno dell'aria in quanto la combinazione ossigeno-alta temperatura favorisce le reazioni di ossidazione dell'olio. Ad esempio, il rif. C osserva che *“ during sterilization it is important to ensure evacuation of air from the sterilizer. Air not only acts as a barrier to heat transfer, but oil oxidation increases considerably at high temperatures; hence oxidation risks are high during sterilization ”*

In considerazione di questa indicazione si è preferito (come indicato nelle figure di questo paragrafo) introdurre il vapore dall'alto per favorire l'evacuazione dell'aria (gas più pesante del vapor d'acqua) dal basso.

Questa sistemazione comporta la disponibilità di un generatore di vapore (per quanto rudimentale); generatore di vapore che tuttavia risulta utile avere quale componente separato in quanto il vapore è richiesto anche da altri macchinari durante alcune successive fasi del processo (vedi paragrafi successivi).

Poiché nello sterilizzatore viene effettuata anche la successiva operazione di digestione, sarà opportuno che esso venga costruito in acciaio inossidabile.

L'operazione di sterilizzazione avviene come di seguito descritto:

- Si posiziona lo sterilizzatore (step 1) come mostrato in Figura 1, con il tappo di fondo inserito, e vi si riversa una quantità di quarti o spighe circa pari ad 60 kg.
- Si inserisce e si fissa il piatto forato per il contenimento del materiale e per lo sfiato del vapore (step 2)



- Si ruota di 90° il contenitore (step 3)
- Si svita il tappo e si avvita il canotto per l'adduzione del vapore (step 4)
- Si apre la valvola del vapore (sul generatore di vapore) per l'adduzione di vapore per il tempo richiesto (step 5, circa 2 h)

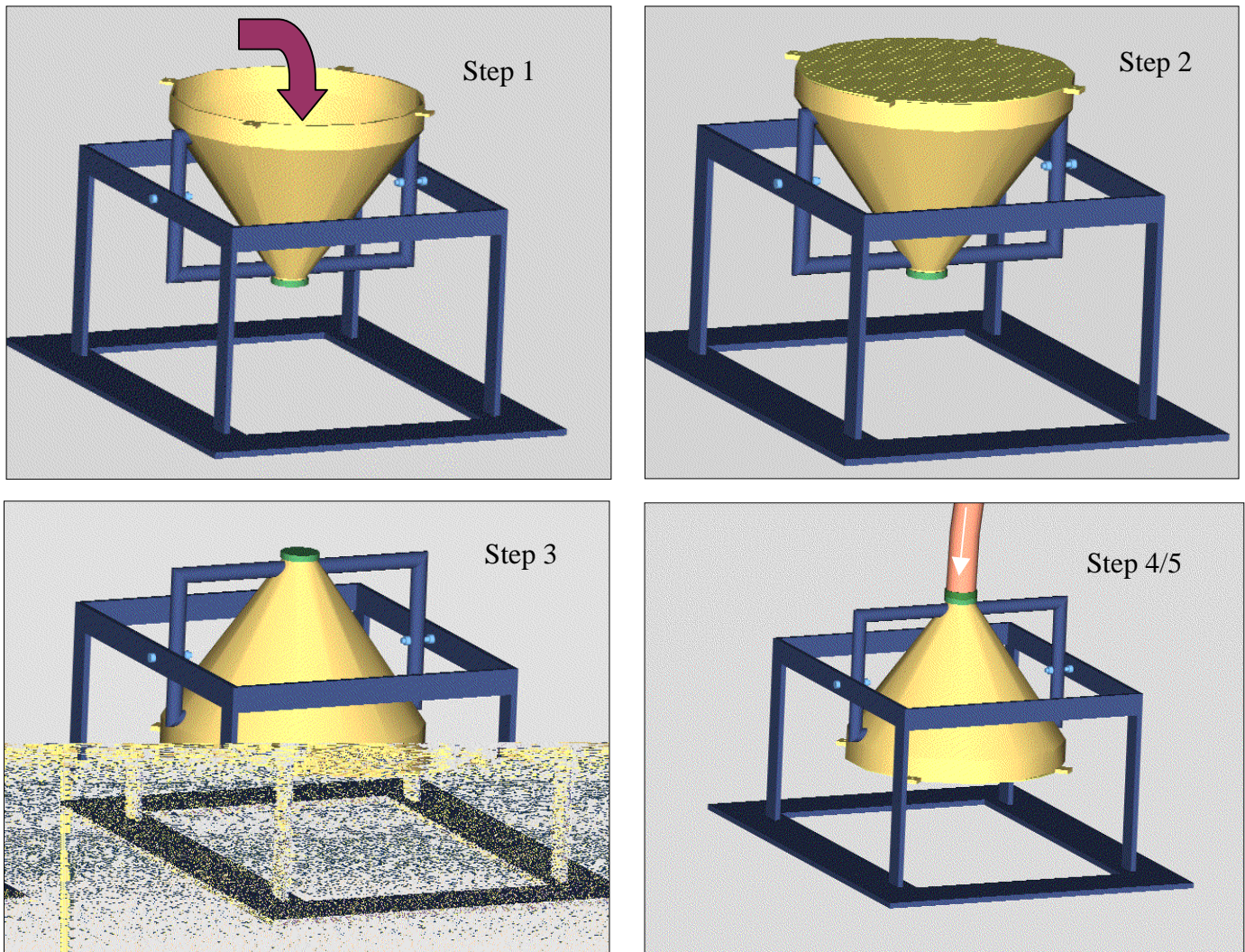


Figura 1

2.4 Digestione

2.4.1 Scopo della digestione

La digestione è il processo che permette il rilascio dell'olio tramite la rottura delle celle che lo contengono. La digestione avviene tramite battitura dei frutti. Il processo è facilitato dall'alta temperatura (minore viscosità, completamento della rottura delle celle iniziato con la sterilizzazione). Il processo non va effettuato a contatto con il ferro che catalizza la reazione di ossidazione con conseguente irrancimento.



2.4.2 Digestione

Per l'operazione di digestione si utilizza lo stesso macchinario utilizzato per la sterilizzazione, ma ruotato di 180°. La battitura viene effettuata tramite pestelli di legno. Le fasi sono come indicato in Figura 2:

- Step 1: posizione al termine della sterilizzazione
- Step 2: si sostituisce il tappo al tubo di collegamento
- Step 3: si ruota di 180 °m
- Step 4: si toglie la griglia e si procede alla battitura dei frutti per circa 10 minuti

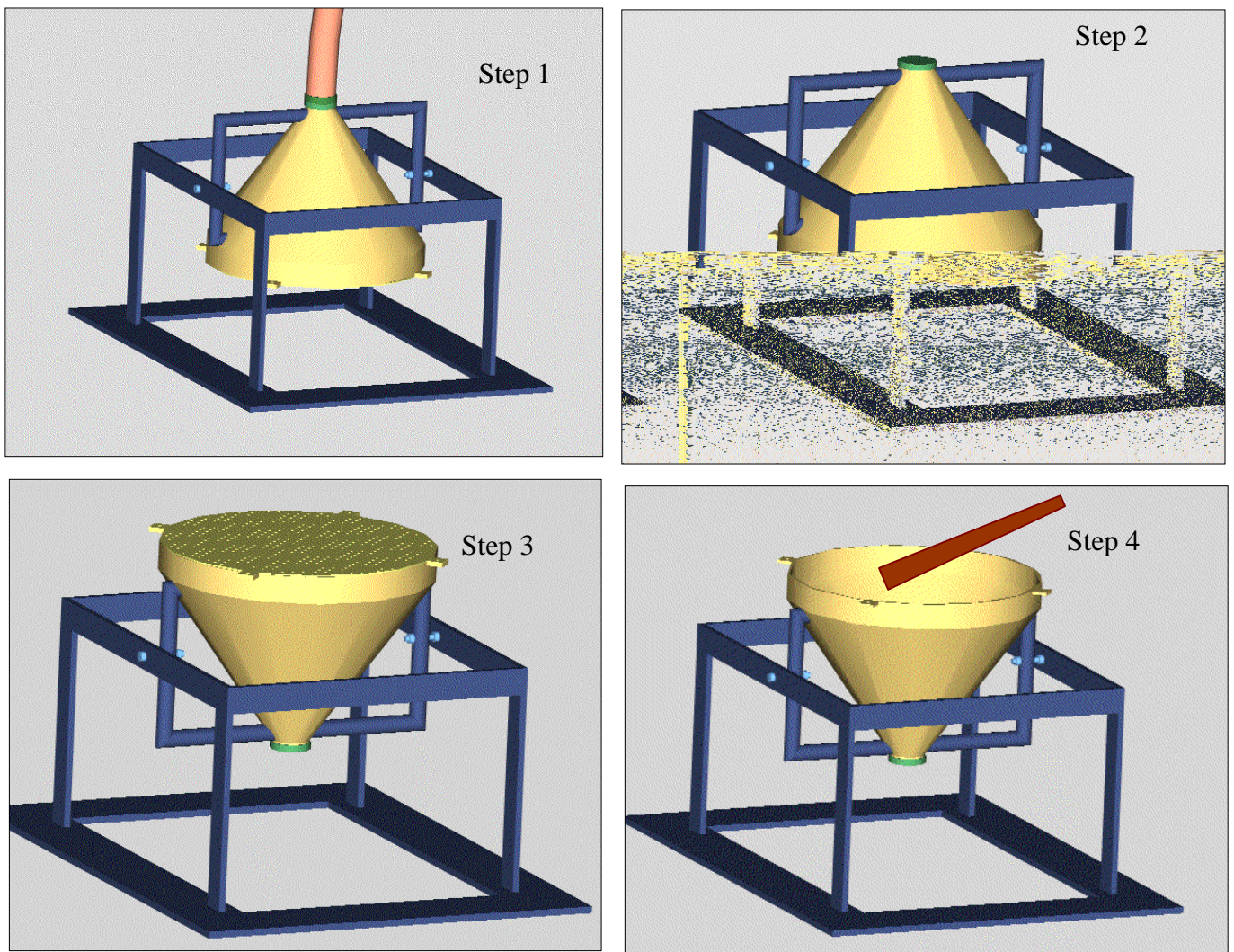


Figura 2

2.5 Riscaldamento dei frutti per la successiva pressatura

Un nuovo riscaldamento con vapore ha lo scopo di:

- perfezionare la rottura delle cellule di olio eventualmente non completata nel corso della sterilizzazione
- alzare la temperatura della miscela per facilitare la successiva operazione di pressatura



Durante questa fase, della durata di circa l'eventuale olio che cola (assieme alla condensa) dalla miscela va raccolto in un piatto di raccolta per poi essere recuperato nella successiva operazione di chiarificazione.

Per la successione delle operazioni, si ripete esattamente la sequenza di figura 1 con l'esclusione del caricamento dei frutti.

2.6 Pressatura

L'operazione di pressatura avviene in un apparecchio del tipo in figura a lato. Il volume contenuto è pari a circa 20 litri (corrispondente a circa 15 kg di miscela). La pressurizzazione dura circa 10 minuti; all'apparizione dell'olio, sarà opportuno procedere più lentamente per permettere la colatura dell'olio stesso. L'operazione di pressatura è facilitata dall'alta temperatura. Il travaso della miscela dallo sterilizzatore alla pressa avverrà tramite un mestolo.

Nel caso si disponga di una sola pressa, il materiale contenuto nello sterilizzatore conviene che sia in quantità tale da poter riempire la pressa un certo numero di volte, dato il rapporto tra i tempi impiegati per (sterilizzazione+digestione+riscaldamento) e (pressatura).





2.7 Chiarificazione

2.7.1 Scopo e metodi in uso

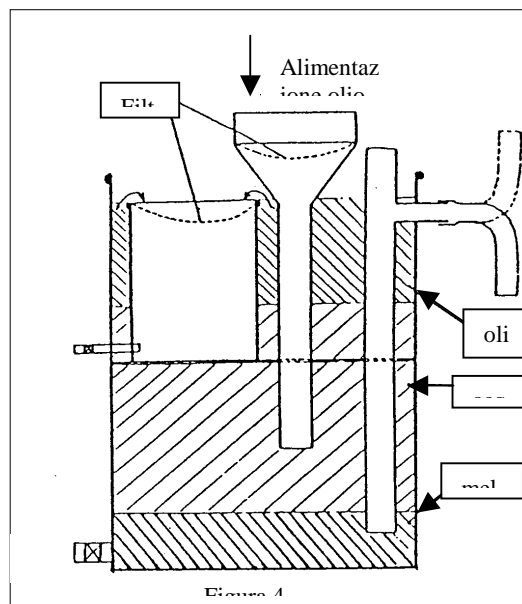
La chiarificazione permette di separare l'olio dai residui solidi ancora contenuti tramite acqua che funge da mezzo a densità intermedia tra quella dell'olio e quella dei solidi. La chiarificazione è opportuno che avvenga ad una temperatura attorno agli 80 °C per avere una buona fluidità dell'olio. Talvolta il chiarificatore, per ottenere la temperatura voluta, è posto sopra un focolare; a volte viene anche aggiunta acqua calda (a formare lo strato intermedio) per facilitare il riscaldamento il riscaldamento dell'olio.

Tuttavia questi metodi sono in genere applicati ai sistemi discontinui.

L'apparecchiature che verrà qui utilizzata è quella del tipo in continuo, mostrata nella foto e nel disegno a lato (che ne illustra meglio il principio di funzionamento). L'olio grezzo va versato delicatamente nel chiarificatore, in cui è già stata versata e scaldata la quantità opportuna di acqua. Il chiarificatore (in figura 4) è costituito da un tino posto al di sopra di un focolare e provvisto di un troppo pieno per lo scarico dell'olio.

L'olio grezzo va versato delicatamente nel chiarificatore, in cui è già stata versata e scaldata, nel corso della precedente operazione di chiarificazione (utilizzando il generatore di vapore) la quantità opportuna di acqua. Il chiarificatore è costituito da un tino provvisto di un troppo pieno per lo scarico dell'olio.

Il funzionamento avviene in continuo, tramite un caricamento in continuo dell'olio da chiarificare, ponendo attenzione ad evitare di creare qualsiasi agitazione all'interno del tino. All'interno del tino si formeranno tre strati: il superiore di olio, l'intermedio di acqua e l'inferiore di melma. Un piccolo spessore dello strato di melma sarà indice di una buona lavorazione precedente. Uno scarico di fondo permette di svuotare al termine della lavorazione il tino stesso, avendo avuto precedentemente cura di scremare l'olio.





3 Schema del Processo

Fase	Prodotto e peso (kg)		Tempo (h)	Ore a persona (h-uomo)	Infrastrutture	Promemoria
	Iniziale	Finale				
Raccolta grappoli e suddivisione in spighe	100 (grappoli)	100 (spighe)		2		<ul style="list-style-type: none"> • Massima attenzione al tempo di raccolta • Massima attenzione onde evitare che i frutti subiscano colpi durante la raccolta, il trasporto ed il deposito
Fermentazione	100 (spighe)	100 (spighe)	2 giorni	0	<ul style="list-style-type: none"> • Tettoia di riparo per: <ul style="list-style-type: none"> ➢ Legna da utilizzare per il fuoco ➢ Impianto per l'estrazione ➢ Fermentazione dei frutti • Tavolo per la fermentazione dei frutti 	<ul style="list-style-type: none"> • Fermentazione dei frutti della giusta durata (due/tre giorni)
Distacco dei frutti	100 (spighe)	60 (frutti)	Dipende da quante persone	1 h-uomo per 20 kg frutti	Contenitore per la collocazione dei frutti	Una volta staccati i frutti sono più soggetti ad aumento di acidità e vanno quindi sterilizzati quanto prima possibile
Sterilizzazione	60 (frutti)	60 (frutti)	2.5	1	<ul style="list-style-type: none"> • Sterilizzatore • Tubazione di adduzione del vapore allo sterilizzatore • Generatore di vapore • Focolare su cui porre il generatore di vapore • Legna o arbusti secchi da bruciare 	<ul style="list-style-type: none"> • Una volta staccati i frutti sono più soggetti ad aumento di acidità e vanno quindi sterilizzati quanto prima possibile • E' opportuno che lo sterilizzatore sia in acciaio inox
Digestione	60 (frutti)	60 (frutti)		½ h-uomo per 100 kg di frutti	<ul style="list-style-type: none"> • Sterilizzatore • Pestello per la battitura dei frutti 	
Riscaldamento	60 (frutti)	60 (frutti)	1 h	0.5	<ul style="list-style-type: none"> • Sterilizzatore 	



Fase	Prodotto e peso (kg)		Tempo (h)	Ore a persona (h-uomo)	Infrastrutture	Promemoria
	Iniziale	Finale				
					<ul style="list-style-type: none"> • Tubazione di adduzione del vapore allo sterilizzatore • Generatore di vapore • Focolare su cui porre il generatore di vapore • Legna o arbusti secchi da bruciare • Piatto di raccolta dell'eventuale olio che cola 	
Pressatura	60 (frutti)	21 (olio) + 39 (residuo)		15 min. per ogni pressatura (pressa da 20 litri, pulizia inclusa)	<ul style="list-style-type: none"> • Pressa da 20 litri • Raccoglitore dell'olio 	
Chiarificazione	21 (olio)	20.5 (olio) + 0.5 (residuo solido)	20 min ogni 20 litri di olio	10 min ogni 20 litri di olio	<ul style="list-style-type: none"> • Chiarificatore • Tubazione di adduzione del vapore allo sterilizzatore • Generatore di vapore • Focolare su cui porre il generatore di vapore • Legna o arbusti secchi da bruciare • Serbatoio di raccolta dell'olio prodotto 	



4 Capacità produttiva e durata di tutto il processo

La tabella successiva riporta i tempi delle varie operazioni (inclusi i tempi morti) al variare della quantità di frutti caricata nello sterilizzatore (con conseguenti differenti dimensioni dello sterilizzatore stesso).

Quantità di frutti caricata nello sterilizzatore (kg)	20	40	60	80	100	120
	Tempo impiegato nei singoli processi (h)					
distacco dei frutti (tre persone)	0.3	0.7	1.0	1.3	1.7	2.0
sterilizzazione	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
digestione	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
riscaldamento	1	1	1	1	1	1
pressatura	0.3	0.5	0.8	1.0	1.3	1.5
chiarificazione	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8
Tempo totale esclusa raccolta (h)	4.2	4.8	5.5	6.1	6.8	7.4
Tempo totale inclusa raccolta (h)	4.5	5.5	6.5	7.4	8.5	9.4
Olio prodotto (kg)	6.7	13.3	20.0	26.7	33.3	40.0
Produzione oraria (kg/h)	1.5	2.4	3.1	3.6	4.0	4.3

E' opportuno che il ciclo **operativo, escluso quindi il tempo della raccolta e della fermentazione**, sia completato nell'arco di una giornata.

Come si vede, la produttività oraria cresce all'aumentare della quantità di frutti caricata nello sterilizzatore.

D'altra parte a seguito della convenienza di completare il processo nel giorno stesso, converrà non superare le 7 - 8 ore.

La carica consigliata è pertanto di **100 kg di frutti, come indicato nello schema del processo al capitolo 3, o – dopo aver meglio appreso la tecnica – di 120 kg di frutti o eventualmente di più.**

.



5 Bilancio energetico della lavorazione

Si vuole verificare che l'apporto energetico ricavabile dai residui della lavorazione (scheletri grappoli + residui pressatura) sia adeguato alle necessità energetiche del processo di estrazione.

La tabella seguente riporta in prima approssimazione i valori di fabbisogno energetico del processo da una parte e di energia disponibile nei residui dall'altra effettuata assumendo che le apparecchiature non siano dotate di isolamento termico e che l'efficienza nella generazione di vapore sia del 40 % (a seguito della fabbricazione artigianale dei focolari)

	Fabbisogno energetico (kJ) per 100 kg di grappoli			
	Riscaldamento iniziale dell'acqua	Riscaldamento del materiale da 30 °C alla temperatura di lavorazione	Disperdimenti termici per mantenimento della temperatura	Totale
Sterilizzazione	17640	10500	16200	44340
Pressatura		4500	5400	9900
Chiarificazione		600	3600	4200
Totale	17640	15600	25200	58440
	Energia disponibile nei residui			
	Scheletri grappoli	Residuo pressatura	Totale	
Energia disponibile nei residui	520000	520000	1040000	
Efficienza della generazione di vapore	0.4	0.4	0.4	
Energia resa effettivamente disponibile	208000	208000	416000	

Pertanto l'energia disponibile nei residui è sovrabbondante rispetto al fabbisogno energetico.