

ANTONIO PIGA

Dipartimento di Scienze Ambientali Agrarie
e Biotecnologie Agro-Alimentari -
Viale Italia 39 - 07100 Sassari - Italia

Il fico d'India, una specie dalle innumerevoli potenzialità

Cactus pear, a species of numberless potentialities

SUMMARY

The increasing consumer request for new foods, which could satisfy the need for more nutritive value, convenience and fresh-like properties, has brought the food industry to a big improvement in terms of technology and product. Cactus pear may be a valid raw material to obtain a vast number of new products, provided some technological problems will be overcome. Although the fruits are mostly consumed fresh, research has showed the possible technological solutions to obtain traditional and new preserves and to exploit the particular functional properties of this fruit. A state of the art of the cactus pear products for human consumption is given here.

SOMMARIO

La richiesta crescente da parte dei consumatori di conserve della nuova generazione, che rispondano a requisiti diversi dal passato, quali le caratteristiche nutrizionali, la "convenience" d'uso o, meglio, mantengano le proprietà tipiche di un prodotto fresco, ha spinto l'industria alimentare ad un forte sviluppo in termini di tecnologia e di prodotto. Da quest'ultimo punto di vista il fico d'India, seppur con alcuni problemi tecnologici non ancora risolti, potrebbe fornire una valida base di partenza per lo sviluppo di un cospicuo numero di nuovi prodotti. Nonostante il consumo attuale sia ancora rivolto al prodotto fresco, la recente ricerca ha messo in evidenza le possibili soluzioni tecnologiche per la preparazione di conserve tradizionali o innovative, e per lo sfruttamento delle particolari proprietà funzionali di questo frutto. L'articolo fa uno stato dell'arte sui prodotti destinati all'alimentazione umana ottenibili dai frutti.

INTRODUZIONE

Il fico d'India, specie appartenente alle *Cactaceae*, è ampiamente distribuito in Messico e nel continente americano, ma può facilmente trovarsi in altre zone del pianeta, come Africa, Australia e bacino del Mediterraneo. La pianta si presenta come un arbusto succulento o un piccolo albero che può raggiungere i 5 metri di altezza (**fig. 1**). Il frutto è una bacca carnosa di forma, dimensione e colore variabili con un numero elevato di semi, un alto contenuto in zuccheri e bassissima acidità (<0,1%), caratteristiche che lo rendono molto delicato, ma contemporaneamente più difficilmente trasformabile, rispetto alla maggior parte degli altri frutti (Sepúlveda and Sáenz; 1990; Joubert, 1993; Munoz de Chàvez *et al.*, 1995). Il fico d'India è stato quasi totalmente ignorato dal mondo scientifico sino agli inizi del 1980; da allora c'è stata un'attività di ricerca sempre crescente e culminata in una serie di convegni specialistici e in diverse centinaia di pubblicazioni, tra cui volumi e capitoli di libro. Il rinnovato interesse è nato, principalmente, per la sua proprietà d'arido-resistenza, che lo rende competitivo nelle terre aride e semiaride. Tale specie non più "trascurata" deve,



Fig. 1.

però, superare alcuni problemi, specialmente per ciò che riguarda la qualità di frutti e la loro trasformabilità. Le pagine successive, dopo una breve descrizione dell'origine, importanza, diffusione e principali varietà utilizzate, faranno uno stato dell'arte sui prodotti destinati all'alimentazione umana ottenibili dai frutti.

1. ORIGINE, DIFFUSIONE, IMPORTANZA, SPECIE E VARIETÀ COLTIVATE

Il fico d'India appartiene al genere *Opuntia* (Tourn.) Miller e comprende circa 1.600 specie (Gibson and Nobel, 1986), anche se l'elevata variabilità genetica ha sino ad ora limitato studi tassonomici approfonditi. La sua origine è certamente nell'America tropicale, mentre l'estrema variabilità è da ricercarsi sicuramente negli aridi plateaux messicani (Benson, 1982; Russel and Felker, 1987). Dall'America il fico d'India è stato importato in Europa dagli spagnoli intorno al 1520, mentre le prime datazioni per quanto riguarda l'Italia ri-

salgono al 1560 (Donkin, 1977). Oggigiorno, il fico d'India è utilizzato e sfruttato a livello artigianale in molti modi. Si usano, infatti, quasi tutte le parti della pianta: le parti aeree, conosciute come cladodi, per esempio, sono utilizzate dai messicani, se raccolte in uno stadio erbaceo, come ortaggi e sono consumate crude, o preparate in molteplici modi. Si ottiene una farina dai cladodi vecchi, i quali sono anche utilizzati nella medicina popolare per il con-

trollo della pressione sanguigna e dei livelli ematici di colesterolo e per combattere un certo numero di patologie, come ulcere e dolori reumatici (Dominguez-López, 1995; Munoz de Chávez *et al.*, 1995). Anche i frutti, oltre ad essere consumati come prodotto fresco, sono trasformati artigianalmente. Negli ultimi dieci anni la coltivazione è aumentata considerevolmente ed è ora presente in più di 30 Paesi (Chessa and Nieddu, 1999) (tab. 1). Nonostante l'ampia variabilità genetica, solamente alcune specie e poche varietà sono sfruttate per scopi commerciali. Il Messico, principale paese produttore, per esempio, coltiva le specie *Opuntia ficus-indica* Mill. (fig. 1), *O. streptacantha* Lem., *O. amyclaea* Ten., e *O. lindheimeri* Engel. Queste quattro specie si ritrovano in tutti i Paesi produttori, e la più diffusa è la *Opuntia ficus-indica* Mill.

L'Italia è l'unico stato europeo dove il fico d'India è coltivato su larga scala, quasi esclusivamente in Sicilia. Le varietà principali sono conosciute come "Bianca", "Gialla" e "Rossa", dal colore dei frutti, i quali maturano nei mesi di agosto e settembre, anche se è possibile trovarli nel mese di novembre-dicembre, in seguito ad una seconda fioritura estiva stimolata dall'asportazione dei fiori in primavera (scozzolatura).

Tabella 1 - Superficie coltivata a fico d'India nei più importanti paesi produttori e principali usi*.

Paese	Superficie (ha)	Usi principali (in ordine d'importanza)
Argentina	800	Frutta
Bolivia	1.200	Frutta, colorante
Brasile	500.000	Foraggio, frutta
Cile	1.000	Frutta
California	150	Frutta
Israele	300	Frutta
Italia	8.000	Frutta
Messico	3.000.000	Foraggio, frutta, ortaggi, colorante
Nord Africa	200.000	Foraggio, frutta
Perù	35.000	Colorante
Spagna	3.000	Colorante
Sud Africa	1.500	Frutta

* Fonti (vedi bibliografia): Barbera (1995), Basile and Foti (1997), Chessa and Nieddu (1999), Guevara and Pizzi (1998).

2. TRASFORMAZIONE DEI FRUTTI

I frutti di fico d'India sono consumati principalmente allo stato fresco. Le recenti scoperte sul valore nutrizionale, la possibilità di colonizzare aree marginali e la shelf-life limitata, anche in condizioni di refrigerazione, hanno stimolato l'interesse per l'ottenimento di prodotti trasformati, che possano soddisfare contemporaneamente la diversificazione di prodotto, l'estensione della conservabilità e una maggiore "convenience". La composizione chimica è simile a quella di altri frutti (Sawaya *et al.*, 1983; Caccioppo, 1992; Ewaidah and Hassan, 1992; Sáenz, 1995; Rodriguez *et al.*, 1996), ma i parametri di tipo tecnologico giocano un ruolo importante e una sfida intrigante per il tecnologo alimentare (**tab. 2**). Infatti, i valori di pH (5,3-7,1) pongono i frutti nella categoria degli alimenti non acidi (Saenz, 1996a; Piga *et al.*, 1997), pertanto, si richiede un trattamento di sterilizzazione nelle conserve tradizionali, almeno che non si intervenga con altre modificazioni (acidificazione, abbassamento a_w , ecc.). Gli interventi di stabilizzazione termica possono avere effetti negativi sulle caratteristiche sensoriali dei frutti. Nel caso dei frutti verdi, infatti, la clorofilla è trasformata

Tabella 3 - Elenco di alcuni prodotti e derivati dai frutti del fico d'India*.

Prodotti	Derivati
Bevande alcoliche	Acido citrico dai frutti
Canditi	Enzimi
Conserve in scatola	Olio di semi
Frutti disidratati	Pigmenti della buccia
Surgelati	
"Formaggio" di frutta	
Succhi e nettari	
Gelatine e confetture	
Puree	
Dolcificanti	
Prodotti minimamente trasformati	

* Fonte (vedi bibliografia): Corrales-Garcia (1998); Sáenz (1998); Piga *et al.* (2000).

in feofitina, che conferisce al frutto una colorazione brunastra poco attraente (Sepúlveda, 1998). Si è dimostrato, inoltre, che i trattamenti termici possono conferire un sapore di fieno e un aroma sgradevole (Carrandi, 1995). Tra gli altri parametri tecnologici che influiscono sulle operazioni di trasformazione vi sono il contenuto in pectine e in mucillagini, le prime non sono in grado di gelificare (Sáenz, 2000), mentre le ultime conferiscono una palatabilità sgradevole, a causa dell'alta viscosità (Sepúlveda, 1998). Nella **tab. 3** sono presentati alcuni prodotti e derivati.

2.1 Succhi

Uno dei primi tentativi di trasformazione del fico d'India su base scientifica è stato indirizzato all'ottenimento di succhi. Nella **tab. 4** sono mostrate le caratteristiche tecnologiche medie della purea di fico d'India, mentre la **fig. 2** riporta il diagramma di processo proposto. Nel primo tentativo fatto dai ricercatori si è ottenuto il succo utilizzando frutti di *O. ficus-indica* Mill (L.), con caratteristiche di stabilità microbica e buone proprietà sensoriali (Paredes and Rojo 1973); i ricercatori hanno fatto ricorso all'acidifi-

Tabella 2 - Principali parametri chimici e tecnologici e composizione minerale del fico d'India*.

Parametri tecnologici	Intervallo	Parametri chimici	Intervallo	Minerali (mg 100 g ⁻¹)	Intervallo
Polpa (%)	43-57	Acqua (%)	84-90	Ca	12,8-59
Semi (%)	2-10	Proteine (%)	0,2 - 1,6	Mg	16,1-98,4
Buccia (%)	33-55	Grassi (%)	0,09-0,7	Fe	0,4-1,5
pH	5,3-7,1	Fibre (%)	0,02-3,1	Na	0,6-1,1
Acidità (% acido citrico)	0,05-0,18	Generi (%)	0,3-1	K	90-217
°Brix	12-17	Zuccheri totali (%)	10-17	P come PO ₄	15-32,8
Solidi totali	10-16,20	Vitamina C (mg 100g ⁻¹)	1-41		
Pectina (g 100 g ⁻¹)	<0,2				

* Fonte (vedi bibliografia): Askar and El-Samahy (1981); Barbera *et al.* (1992); Nieddu *et al.* (1997); Paredes and Rojo (1973); Piga *et al.* (1996, 1997); Sawaya, Khatchadourian *et al.* (1983); Sepúlveda and Sáenz (1990); Stintzing *et al.* (2001).

Tabella 4 - Influenza della temperatura di conservazione e della durata sulle caratteristiche sensoriali* di frutti di fico d'India della varietà "Gialla" pelati a mano e confezionati in film termosaldabile (Fonte, vedi bibliografia, Piga *et al.*, 2000).

Temperatura	Periodo di conservazione	Aspetto esterno	Sapore	Aroma	Consistenza
	0	4,8 ^y	4,8	4,6	5,00
4°C	4 giorni	4,4	4,6	4,4	4,6
15°C		4,0	2,6	2,2	3,8
Significatività		N.S.	**	**	**
4°C	8 giorni	4,0	4,0	3,6	4,2
15°C		- ^z	-	-	-
4°C	11 giorni	3,6	3,4	3,2	3,2
15°C		-	-	-	-

N.S., *, **, Non significativo o significativo per $P < 0,01$ e $P < 0,001$, rispettivamente. L'analisi della varianza è stata condotta per ogni periodo, mentre la temperatura di conservazione è stata utilizzata come "group variable".

^x Ogni assaggiatore ha attribuito un punteggio da 1 a 5 per ciascuna nota sensoriale.

^y I dati sono la media del punteggio attribuito da cinque assaggiatori.

^z Per i frutti conservati a 15°C non è stato possibile condurre le determinazioni sensoriali dopo 8 giorni, in quanto la maggior parte dei frutti si presentava marcio, fortemente acidificato e maleodorante.

cazione (pH 4,3), all'aggiunta di un antimicrobico e ad un blando trattamento termico sul succo confezionato in banda stagnata. Più recentemente, è stata confermata la possibilità di una stabilizzazione del succo acidificato, anche se l'aggiunta di acido citrico non ha fornito dei buoni risultati dal punto di vista sensoriale (Joubert, 1993). La soluzione proposta è quella di acidificare il succo mediante miscelazione con succhi più acidi (Sáenz and Sepúlveda, 1999). I risultati migliori si sono avuti con i frutti colorati di rosso, con i quali l'acidificazione (pH 4,0) e un trattamento termico a 80°C per 10 min hanno permesso di ottenere un buon succo, mentre nel caso di frutti verdi si è avuto un imbrunimento troppo accentuato (Sáenz *et al.*, 1997a; Sepúlveda, 1998). Più recentemente, Guerrieri *et al.* (2000) hanno ottenuto risultati promettenti, sottoponendo ad estrazione del succo i frutti di una varietà siciliana; gli Autori sono ricorsi all'acidificazione con acido tartarico e/o fosforico e un trattamento termico.

Un altro intervento classico di stabilizzazione dei succhi prevede la preparazione di concentrati. I primi tentativi di concentrazione per evaporazione hanno portato ad un succo stabilizzato, ma dalle caratteristiche sensoriali non soddisfacenti (Almendares, 1992; Sáenz *et al.*, 1993; Sáenz, 1996b). In un altro studio su succhi concentrati e ricostituiti è stata rilevata una marcata perdita di qualità durante la conservazione condotta a cinque differenti regimi termici (2°, 10°, 20°, 27° e 37°C), specialmente alle temperature più alte; il deterioramento includeva l'imbrunimento (Sáenz *et al.*, 1993). In altri casi si è sperimentata la possibilità di ottenere succhi limpidi mediante trattamento con enzimi pectinolitici per 48 ore a 40°C, acidificazione e pastorizzazione; la variazione di colore è stata mascherata dall'uso di coloranti di sintesi (Yagnam and Osorio, 1991). Altri Autori (Sáenz *et al.*, 1997b) hanno ottenuto una buona chiarificazione usando enzimi pectinolitici (NOVO Nordisk Ferment Ltd.).

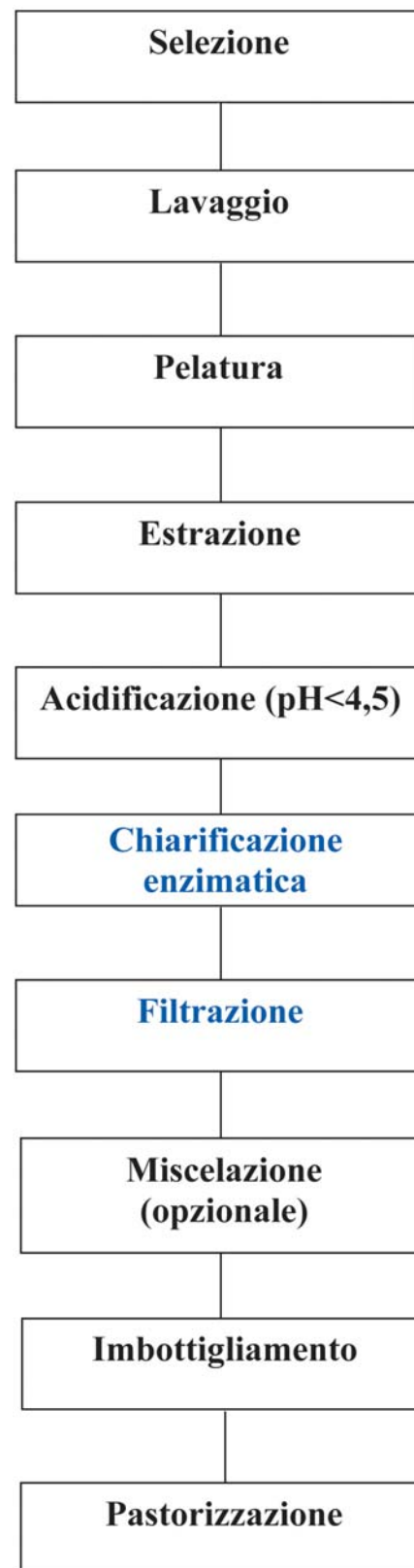


Fig. 2 - Flow sheet per la produzione di succo di fico d'India. Le operazioni unitarie riportate in blu si riferiscono al succo limpido. Fonte (vedi bibliografia), Sáenz (1998), Sáenz and Sepúlveda (1999).

2.2 Puree

La produzione di puree è stata sperimentata in Italia da Barbagallo *et al.* (1998), usando frutti di *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. La purea è stata ottenuta mediante concentrazione sino ad un terzo del volume iniziale e successiva acidificazione con acido citrico a pH 4. Le analisi sensoriali condotte hanno rivelato dei risultati positivi per quanto riguarda il colore, l'aroma e la dolcezza, mentre l'acidità e la palatabilità hanno ricevuto punteggi inferiori. Secondo gli autori questa purea può costituire un buon ingrediente per l'industria dolciaria. Nella **fig. 3** si riporta un diagramma di flusso per la produzione di una purea. Negli Stati Uniti è in commercio una purea congelata ottenuta da una miscela tra frutti di fico d'India e ananas (Bunch, 1996): viene utilizzata come ingrediente nella preparazione di bevande e piatti pronti. Recentemente, è stata pubblicata una descrizione dettagliata per la preparazione di una purea concentrata (Thomas, 1998). L'autore consiglia l'uso di questo prodotto come aromatizzante per differenti preparazioni; la purea è attualmente venduta da un'organizzazione che commercializza all'ingrosso per il settore della ristorazione.

2.3 Confetture, gelatine e dolcificanti

È possibile utilizzare i frutti di fico d'India per la preparazione di confetture e gelatine. Sawaya *et al.* (1983) hanno ottenuto una confettura utilizzando un rapporto polpa:zuccheri di 60:40, acidificando, aromatizzando e aggiungendo pectina (1,25%) e polpa di datteri (20%). Sáenz *et al.* (1997b) hanno preparato una gelatina a due valori di pH (3,5 e 6,1) utilizzando carragenano e zucchero. I valori di pH inferiori hanno portato ad un maggior imbrunimento del prodotto, che si è conservato, però, meglio dell'altro. Vignoni *et al.* (1997) riportano la preparazione di una confettura con e senza succo di limone. Il flow sheet per la produzione di una confettura è mostrato nella **fig. 4**.



Fig. 3 - Flow sheet per la produzione di una purea di fico d'India. Adattata da (vedi bibliografia), Barbagallo *et al.* (1998).

Diverse operazioni unitarie sono state utilizzate per ottenere un dolcificante dal succo di fico d'India (Sáenz *et al.*, 1998). In particolare, dopo la pelatura, l'estrazione e la correzione del pH, il succo (16,5°Brix) è stato chiarificato per via enzimatica (vedi sopra), filtrato con Fiber-Cel 5F e Celite, decolorato con carboni attivi,



Fig. 4 - Flow sheet per la produzione di una confettura di fico d'India. Fonte (vedi bibliografia), Sáenz (1998).

filtrato nuovamente e concentrato sotto vuoto sino a 60°Brix (**fig. 5**). Il dolcificante liquido ha la stessa dolcezza del glucosio (67), mentre gli altri parametri (densità, a_w , colore e viscosità) sono simili a quelli di altri dolcificanti in commercio; può, pertanto, essere considerato una valida alternativa ai dolcificanti tradizionali.

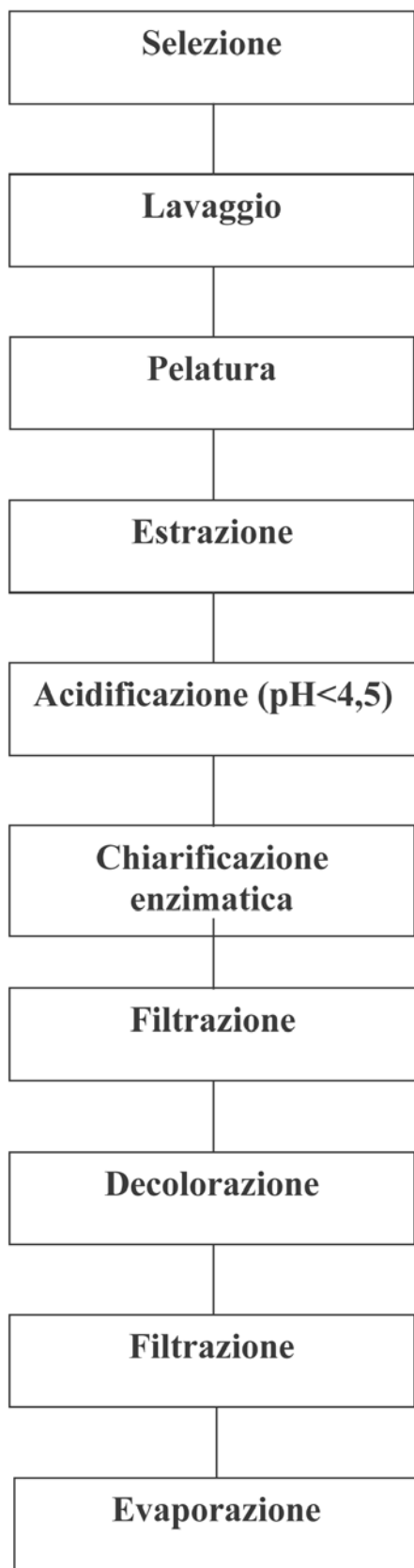


Fig. 5 - Flow sheet per la produzione di un dolcificante da frutti di fico d'India. Fonte (vedi bibliografia), Sáenz *et al.* (1998).

2.4 Conserve in scatola e surgelate

La letteratura riferisce anche sulla produzione di conserve in scatola metallica (fig. 6) e surgelate. I frutti pelati sono inseriti all'interno di scatole in banda stagnata o di contenitori di vetro e poi stabilizzati termicamente (Sáenz, 1995; Yagnam, 1986). Il prodotto finito, però, presenta variazioni qualitative troppo marcate. Risultati simili, anche con l'aggiunta di CaCl_2 , sono stati ottenuti per una conserva in scatola di banda stagnata preparata utilizzando cinque differenti varietà di frutti del Sud Africa (Joubert, 1993). I frutti in scatola, infatti, perdevano la consistenza ed il colore e assumevano un sapore sgradevole (di cetriolo) dopo 22 mesi di conservazione. Per ottenere un derivato surgelato si è ricorso ad un'operazione di riduzione delle dimensioni, preparando i frutti (pelati o non pelati) in fette sottili (0,625 mm) o in quarti. Il congelamento è stato condotto rapidamente in un surgelatore a letto fluido a -40°C e la conservazione a -20°C (Sáenz *et al.*, 1988). Uno dei principali problemi del prodotto era la perdita di succo dalle fette durante e dopo lo scongelamento e la perdita di consistenza, che rendevano il prodotto inaccettabile.

2.5 Essiccati

La stabilizzazione per disidratazione è stata sperimentata per ottenere derivati di fico d'India. In particolare, i frutti di *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill., cv "Taifi", sono stati disidratati sotto forma di fette, formulate con la polpa ed altri ingredienti (Ewaidah and Hassan, 1992). I risultati migliori sono stati ottenuti aggiungendo alla polpa dei frutti saccarosio (10%), lo 0,15% di metabisolfito di sodio (anti imbrunente), acido citrico (1,1%) e olio di oliva (0,5%). Sepúlveda *et al.* (2000) hanno ottenuto fette di fico d'India essiccate utilizzando il frutto da solo o in differenti combinazioni quantitative con polpa di mela cotogna, acido citrico ed altri ingredienti in concentra-

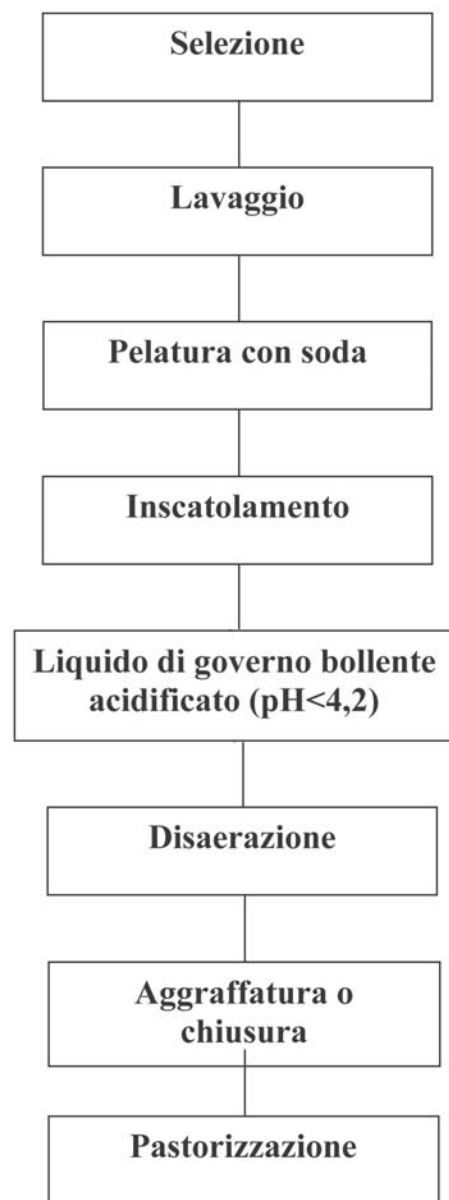


Fig. 6 - Flow sheet per la produzione di una conserva in scatola metallica o contenitore in vetro di frutti di fico d'India. Fonte (vedi bibliografia), Joubert (1993).

zioni fisse (saccarosio, olio d'oliva, metabisolfito di sodio e cinnamomo). La disidratazione è stata condotta in condizioni mild (57°C - 60°C per 6-8 h) in un tunnel ad aria forzata (flusso $2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) e le fette sono state arrotolate, confezionate e conservate per tre mesi (fig. 7). La miscela indicata come F2 (75:25% fico d'India:mela cotogna, 0,7% acido citrico) era stabile dal punto di vista microbiologico (a_w 0,57) e dava i migliori ri-

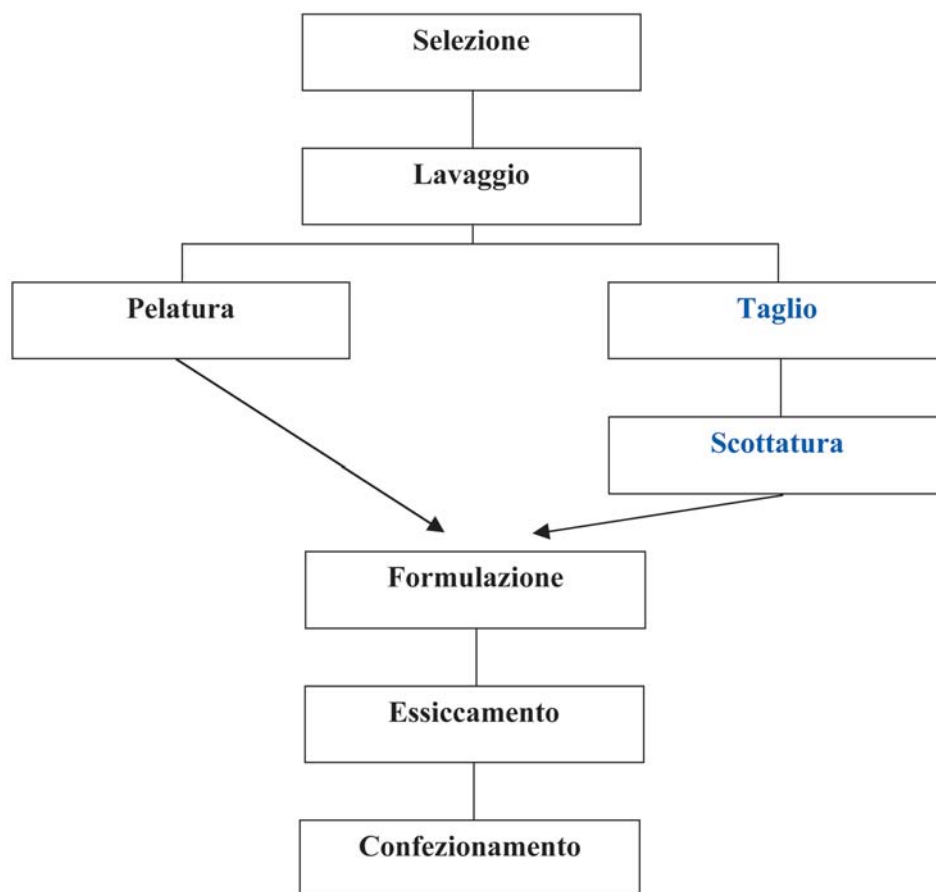


Fig. 7 - Flow sheet per la produzione di fette essiccate di fico d'India e mela cotogna. Le operazioni unitarie in blu si riferiscono alle mele cotogne. Adattato (vedi bibliografia), Sepúlveda *et al.* (2000).

sultati dal punto di vista sensoriale. Questo tipo di prodotto, per le sue particolari proprietà sensoriali, potrebbe essere venduto come uno snack per ragazzi.

2.6 Bevande

I frutti di fico d'India sono utilizzati per la preparazione di bevande alcoliche. Una delle più famose, il "colonche", si ottiene dalla fermentazione naturale in botti di legno della polpa e del succo. È una bevanda a basso contenuto alcolico e va consumata entro pochi giorni dalla preparazione, per evitare che sviluppi un sapore troppo acido (Sáenz, 1995). Escamilla (1977) ha proposto un miglioramento della tecnologia tradizionale mediante l'uso di uno starter composto da *Saccaromyces cerevisiae* var. champagne per la fermentazione controllata di frutti

di *Opuntia streptacantha* Lem. Arizmen-
di *et al.* (1980) hanno, in analogia, descritto la produzione di una bevanda alcolica utilizzando la polpa ed il succo di frutti di *Opuntia amyclaea* Ten. inoculati con *Saccaromyces cerevisiae* var. *ellipsoideus*. La sperimentazione sulle bevande alcoliche include, inoltre, i lavori di Bustos (1981), che ha ottenuto una bevanda con una fermentazione controllata da *Saccaromyces cerevisiae* Montrachet e SO₂ più acidificazione a pH 3,3, e Flores (1992) che ha prodotto vino ed alcool utilizzando diverse specie di fico d'India. Più di recente, Lee *et al.* (2000) hanno ottenuto una bevanda alcolica tramite fermentazione del succo. Il processo è stato condotto con la fermentazione guidata di una miscela succo di fico d'India-succo d'uva, ed i migliori risultati, sono stati ottenuti usando il succo di fico

d'India in ragione del 25 o del 50%. Blai-
sten (1967) ha ottenuto un distillato unico e ben definito dal punto di vista sensoriale, utilizzando diverse *Opuntia* spp., mentre l'uso di ceppi differenti di *Saccaromyces* spp. ha portato ad una conversione di zucchero in alcool superiore al 90% (Retamal *et al.*, 1987).

2.7 Prodotti vari

I frutti delle varietà selvatiche, come *Opuntia streptacantha* Lem. e *O. robusta* Wendl., sono ampiamente utilizzati in Messico per produrre prodotti artigianali, come il "queso de tuna" (formaggio di fico d'India). La preparazione inizia con la concentrazione del succo e della polpa sino ad una certa viscosità ("melcocha"), successivamente, dopo il raffreddamento il semilavorato viene ripetutamente sbattuto su una pietra e quindi confezionato in recipienti rettangolari (da 0,5 a 12 kg), dove il prodotto finito viene lasciato riposare per 12-15 ore (Granados-Sánchez and Castañeda-Pérez, 1991). Il "queso de tuna" può essere aromatizzato con nocciole e pinoli (Sáenz, 1995; Lopez *et al.*, 1997). Questo prodotto artigianale contiene sino al 73% di glucosio e l'11% di acqua (Granados-Sánchez and Castañeda-Pérez, 1991).

Come già accennato, i frutti sono ricchi in semi, che contengono olio commestibile in ragione variabile dal 5,8 al 13,6 (Becerril, 1997; Krifa *et al.*, 1993; Paredes and Rojo, 1973; Sepúlveda and Sáenz, 1988). La sua composizione e le altre caratteristiche chimico-fisiche (indice di rifrazione, numero di iodio) lo rendono comparabile ad altri oli di semi come l'olio di vinaccioli e di mais. Ha un alto grado di insaturazione, con un contenuto in acido linoleico sino al 73,4% (Sáenz, 2000).

L'ottenimento di nuovi prodotti, come quelli con una minima trasformazione, potrebbe fornire un ulteriore sbocco commerciale. In una esperienza condotta su frutti di *O. ficus-indica* (L.) Mill cv "Gialla" pelati manualmente, confezionati in pellicole termosaldabili a bassa permea-

bilità ai gas e conservati a due temperature (4° e 15°C), si è notato che i frutti possono essere mantenuti solo alla temperatura di refrigerazione per un massimo di 8 giorni (tab. 4) (Piga *et al.*, 2000). Più recentemente, è stato condotto uno studio per verificare l'effetto della trasformazione minima sul potere antiossidante espresso come attività antiradicalica. I risultati indicano delle leggere, ma non significative, variazioni della capacità antiossidante in seguito alla trasformazione e alla conservazione (Piga *et al.*, 2003).

2.8 Prodotti funzionali

Sono in corso da circa dieci anni studi sulle proprietà funzionali dei frutti di fico d'India. Diversi componenti, infatti, possono essere estratti e utilizzati come additivi in preparazioni alimentari o nei settori cosmetico e farmaceutico. In particolare, è stata esplorata la possibilità di estrarre dai frutti sostanze coloranti. Le varietà a frutto color porpora contengono quantità apprezzabili di betalaine, coloranti usati diffusamente dall'industria alimentare. Montefiori (1990) ha trovato 26 mg di betanina per 100 g di polpa fresca di frutti color porpora di *O. ficus-indica* (L.) Mill, mentre Krifa *et al.* (1994) hanno estratto e caratterizzato da frutti di *Opuntia stricta* un pigmento, che era composto da betanina (59%), isobetanina (37%) e neobetanina (da tracce sino a 12,7% nei frutti molto maturi). Odoux and Dominguez-López (1996) hanno rilevato sino a 100,8 mg di betacianine per 100 g. Sáenz *et al.* (2000) hanno trovato 100 mg di betanina per 100 g di peso fresco nel succo di frutti purpurei; questa sostanza è stata provata come colorante per uno yogurt, con risultati incoraggianti. Le quantità trovate, quindi, sono comparabili a quelle contenute nei migliori ibridi di barbabietola rossa, le quali, però, hanno il problema tecnologico legato all'eliminazione di un composto dall'odore sgradevole, la geosmina (Acree *et al.*, 1976; Henry, 1996). Ham-

di *et al.* (1996) hanno usato il succo di fico d'India come substrato per produrre un pigmento rosso con assorbanza a 480 nm.

Oltre all'uso come colorante, i frutti di fico d'India potrebbero trovare altre applicazioni. Forni *et al.* (1994) hanno estratto delle pectine da frutti di *O. ficus-indica* (L.) Mill e la loro caratterizzazione ha rivelato un contenuto di acido galatturonico sufficiente per un utilizzo come additivo nei prodotti cosmetici o alimentari; contemporaneamente, visto il bassissimo grado di metossilazione (10%), potrebbe essere proposto come pectina a basso metossile (LMP), pertanto nella preparazione di confetture ipocaloriche.

Diversi Autori hanno condotto studi sulle mucillagini dei frutti di fico d'India. Tali componenti sono dei polisaccaridi complessi, composti principalmente da arabinosio, galattosio, ramnosio e acido galatturonico (Paulsen and Lund, 1979; Sáenz *et al.*, 1992; Lee *et al.* 1998). Sebbene abbiano implicazioni negative dal punto di vista tecnologico, le mucillagini possiedono importanti proprietà funzionali. Le mucillagini del fico d'India, infatti, hanno un'alta "water-holding capacity", pertanto, potrebbero essere utilizzate come agenti d'ispessimento o emulsionanti. Recentemente, Teixeira *et al.* (2000) hanno estratto e caratterizzato alcuni enzimi da frutti di *O. ficus-indica* (L.) Mill e hanno verificato che potrebbero essere una buona fonte di enzimi coagulanti per l'industria lattiero casearia, a causa del loro odore piacevole, per le proprietà strutturali e in quanto non ritardano apprezzabilmente i tempi di coagulazione come altri cagli vegetali.

Hassan *et al.* (1995) hanno ottenuto un equivalente di burro di cacao come prodotto del metabolismo di *Cryptococcus curvatus* cresciuto su succo di fico d'India, mentre Flores *et al.* (1994) sono stati in grado di ottenere una produzione economicamente proponibile di acido citrico attraverso una fermentazione di bucce dei frutti da parte di *Aspergillus niger*.

3. PROSPETTIVE FUTURE

Il crescente interesse nella coltivazione del fico d'India negli ultimi decenni, specialmente se si considera l'importanza della specie nell'agricoltura sostenibile delle terre aride e semiaride, ha stimolato il lavoro dei ricercatori per superare la mancanza di conoscenze sulle pratiche colturali, la selezione e la trasformazione dei frutti. Considerando i possibili usi e applicazioni discusse in precedenza, possiamo capire l'importanza di questa specie per l'alimentazione umana, in tutti i suoi aspetti, specialmente nei paesi tradizionalmente produttori. La FAO ha accettato questa sfida e ha fatto sorgere un network internazionale, il Cactusnet. Il gruppo di lavoro che si è costituito sta compiendo grandi sforzi per cercare e divulgare nuove tecnologie di trasformazione del prodotto. Si deve fare ancora molto lavoro per avere delle reali possibilità di uno sviluppo estensivo di questa specie. Si devono risolvere, innanzi tutto, i problemi tecnologici summenzionati. Si ha bisogno di un'accurata selezione per ottenere varietà con un maggior contenuto in parte edule e minor numero di semi, con proprietà nutrizionali e funzionali migliori e, fondamentalmente, si ha bisogno di ottimizzare le tecnologie attuali e di metterne a punto di nuove. Il primo passo sarebbe di trasferire il know-how e ottimizzare le tecnologie a livello industriale. D'altra parte, si devono risolvere i particolari problemi tecnologici dei frutti, che rendono spesso, le principali operazioni unitarie, come la sterilizzazione o l'evaporazione, non indicate per ottenere, per esempio, un prodotto di largo uso come il succo, a causa dello sviluppo di caratteristiche indesiderate nel prodotto finale. La particolare composizione del frutto può incoraggiare, d'altra parte, la ricerca per l'ottenimento di diversi prodotti attraverso le cosiddette "tecnologie emergenti", come le alte pressioni, il riscaldamento ohmico, i campi elettrici pulsati, ecc. Infatti, sebbene alcune di queste tecnologie siano ancora a

livello di laboratorio e nelle altre i costi di investimento siano superiori rispetto agli impianti tradizionali, la possibilità di ottenere prodotti con caratteristiche sensoriali del tipo "fresh-like", può sicuramente garantire alti valori aggiunti. Le proprietà salutistiche dei frutti, sebbene non ancora clinicamente confermate, potrebbero essere una sicura attrattiva per il mercato in continua crescita degli alimenti nutraceutici. L'importanza delle sostanze coloranti, inoltre, non dovrebbe essere dimenticata, poiché la domanda per coloranti naturali per le bevande e i derivati del latte è in continua crescita.

Racconta un aneddoto che le popolazioni di alcuni stati del nord Africa chiamino il fico d'India "il ponte della vita", in quanto è per loro l'unica risorsa alimentare e idrica per gli animali allevati durante le stagioni siccitose. La speranza è che questa specie dalle molteplici potenzialità trovi in futuro un sicuro sviluppo.

BIBLIOGRAFIA

- T.E. Acree, C.Y. Lee, R.M. Butts, J. Barnard, "Geosmin, the earthy component of table beet odor". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 24, 430-431, 1976.
- L. Almendares, "Elaboración y conservación de jugo concentrado de tuna (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) obtenido a partir de fruta fresca y con almacenaje refrigerado". MSc. Thesis, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y forestales, Santiago, Chile, 90 pp, 1992.
- E.V. Arizmendi, A.M.L. Garcés, M.O. Alcaraz, "Ensayo para la fabricación de aguardiente de tuna blanca (*Opuntia* spp.)". Conafrut-SARH, México, 12-18, 1980.
- A. Askar, S.K. El-Samahy, "Chemical composition of prickly pear fruits". *Deutsche Lebensmittel Rundschau* 77, 279-281, 1981.
- R. Barbagallo, P. Pappalardo, G. Tornatore, "Valutazione chimica e sensoriale di una purea concentrata di fichi d'India". *Industria Alimentari* 37, 745-749, 1998.
- G. Barbera, F. Carimi, P. Inglese, M. Panno, "Physical, morphological and chemical changes during fruit development and ripening in three cultivars of prickly-pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller)". *Journal of Horticultural Science*, 67, 307-312, 1992.
- G. Barbera, "History, economic and agro-ecological importance". In: "Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear", G. Barbera, P. Inglese, P. Pimienta-Barrios (eds.), *FAO Plant Production and Protection Paper* 132, pp.1-11, 1995.
- F. Basile, V.T. Foti, "Economic features of cactus pear production in Italy". *Acta Horticulturae*, 438, 139-150, 1997.
- A. Becerril, "Porcentaje de aceite en semillas de nopal (*Opuntia ficus-indica*)". *Memorias VII Congreso nacional y V Internacional sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal*, Monterrey, Mexico, 212, 1997.
- L. Benson, "The Cacti of the United States and Canada". *Stanford University Press*, Canada, 1044 pp., 1982.
- R. Blaisten, "Obtención de un aguardiente de la tuna del nopal". *Tecnología de Alimentos*, 3, 26-30, 1967.
- R. Bunch, "New developments in breeding and cactus pear products at D'Arrigo Bros". *Journal of Professional Association for Cactus Development*, 1, 100-102, 1996.
- O. Bustos, "Alcoholic beverage from Chilean *Opuntia ficus-indica*". *American Journal of Enology and Viticulture*, 32, 228-229, 1981.
- O. Cacioppo, "Il fico d'India: sviluppo produttivo, costi e commercializzazione". *L'Informatore Agrario*, 33, 1-7, 1992.
- L. Carrandi, "Efecto de conservantes en la estabilidad de jugo de tuna pasteurizado". *Memoria de Título, Ing. Agronomo, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales Universidad de Chile*, 61 pp., 1995.
- I. Chessa, G. Nieddu, "Il fico d'India". *L'Informatore Agrario*, 30, 55-61, 1999.
- J. Corrales-García, "Industrialization of prickly pear pads (nopalitas)". In: *Proceedings of the International Symposium: cactus pear and nopalitas processing and uses*, C. Saenz (ed.), Santiago, Chile, pp. 25-32, 1998.
- A. Dominguez-Lopez, "Review: use of the fruits and stems of the prickly pear cactus (*Opuntia* spp.) into human food". *Food Science and Technology International*, 1, 65-74, 1995.
- R.A. Donkin, "Spanish Red. An ethnogeographical study of cochineal and the *Opuntia cactus*". *Transactions of the American Philosophical Society*, 67, part 5, 1-84, 1977.
- H. Escamilla, "Proyecto para la industrialización de la tuna". Degree thesis, Universidad de México, 50 pp., 1977.
- E.H. Ewaidah, B.H. Hassan, "Prickly pear sheets: a new fruit product". *International Journal of Food Science and Technology*, 27, 353-358, 1992.
- A. Flores, "Producción de vino y aguardiente de tuna, alternativa en el aprovechamiento del nopal". *Ciencia y Desarrollo*, 17, 56-58, 1992.
- J.L. Flores, M. Gutierrez-Correa, R.P. Tengerdy, "Citric acid production by solid state fermentation of prickly pear peel with *Aspergillus niger*". *Agro-food Industry hi-tech*, 5, 18-20, 1994.
- E. Forni, M. Penci, A. Polesello, "A preliminary characterization of some pectins from quince fruit (*Cydonia oblonga* Mill.) and prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) peel". *Carbohydrate Polymers*, 23, 231-234, 1994.
- A.C. Gibson, P.S. Nobel, "The Cactus Primer". *Harvard University Press*, Cambridge, MT, 286 pp., 1986.
- D. Granados-Sánchez, A.D. Castañeda-Pérez, "El Nopal: Historia, fisiología, genética e importancia frutícola", D. Granados-Sánchez and A.D. Castañeda-Pérez (eds.), *Editorial Trillas*, Ciudad de México, México, 227 pp., 1991.
- S. Guerrieri, L. Miceli, C.M. Lanza, F. Tomaselli, R.F. Bonomo, E. Rizzarelli, "Chemical characterization of Sicilian prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) and perspectives for the storage of its juice". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 5424-5431, 2000.
- J.C. Guevara, D.R. Pizzi, "Cactus pear (*Opuntia* spp.) world status and economic feasibility in Mendoza (Argentina)". *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, XXX, 81-89, 1998.
- M. Hamdi, P.J. Blanc, G. Goma, "Effect of aeration conditions on the production of red pigments by *Monascus purpureus* growth on prickly pear juice". *Process Biochemistry*, 31, 543-547, 1996.
- M. Hassan, P.J. Blanc, A. Pareilleux, G. Goma, "Production of cocoa butter equivalents from prickly pear juice by fermentation by an unsaturated fatty acid auxotroph of *Cryptococcus curvatus* grown in batch culture". *Process Biochemistry*, 30, 629-634, 1995.
- B.S. Henry, "Natural Food Colours". In: *Natural Food Colorants*, G.F. Hendry and J.D. Houghton (eds.), 2nd ed., Blackie, London, UK, pp. 40-79, 1996.
- E. Joubert, "Processing of the fruit of five prickly pear cultivars grown in South Africa". *International Journal of Food Science and Technology*, 28, 377-387, 1993.
- M. Krifa, A. Villet, F. Krifa, J. Alari, "Prickly pear seed oil. Study of its composition". *Annales de Falsifications, de l'Expertise Chimique et Toxicologique*, 86, 161-174, 1993.
- M. Krifa, A. Villet, A.M. Roussel, J. Alari, "New natural colorant extracted from *Opuntia stricta*". *Annales de Falsifications, de l'Expertise Chimique et Toxicologique*, 87, 183-192, 1994.
- S.P. Lee, K. Wang, Y.D. Ha, "Functional properties of mucilage and pigment extracted from *Opuntia ficus-indica*". *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 27, 821-826, 1998.
- S.P. Lee, S.K. Lee, Y.D. Ha, "Alcohol fermentation of *Opuntia ficus-indica* fruit juice". *Journal of Food Science and Nutrition*, 5, 32-36, 2000.
- J.J. Lopez, J. Fuentes, A. Rodriguez, "Prickly pear fruit industrialization (*Opuntia streptacantha*)". *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 2, 169-174, 1997.
- D. Montefiori, "Ricerche sull'estrazione, la stabilità e l'impiego dei pigmenti del fico d'India san-

- guigno". Tesi di Laurea. Università degli Studi di Milano, 94 pp., 1990.
- M., Munoz-de-Chàvez, A. Chàvez, V. Valles, J.A. Roldan, "The nopal: a plant of manifold qualities". World Review of Nutrition and Dietetics, 77, 109-134, 1995.
- G., Nieddu, L. De Pau, M. Schirra, G. D'hallewin, "Chemical composition of fruit and seeds of cactus pears during early and late-induced crop ripening". Acta Horticulturae, 438, 105-111, 1997.
- E. Odoux, A. Dominguez-Lopez, "Le Figuier de Barbarie: une source industrielle de Betalaines?". Fruits 51, 61-78, 1996.
- O. Paredes, R. Rojo, "Estudio para el enlantado del jugo de tuna". Tecnologia de Alimentos, 8, 237-240, 1973.
- B.S. Paulsen, P.S. Lund, "Water-soluble polysaccharides of *Opuntia ficus-indica* cv "Burbank" spineless". Phytochemistry, 18, 569-571, 1979.
- A. Piga, S. D'Aquino, M. Agabbio, M. Schirra, "Storage life and quality attributes of cactus pears cv "Gialla" as affected by packaging". Agricoltura Mediterranea, 126, 423-427, 1996.
- A. Piga, G. D'hallewin, S. D'Aquino, M. Agabbio, "Influence of film wrapping and UV irradiation on cactus pear quality after storage". Packaging Technology and Science, 10, 59-68, 1997.
- A. Piga, S. D'Aquino, M. Agabbio, G. Emonti, G.A. Farris, "Influence of storage temperature on shelf-life of minimally processed cactus pear fruits". Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 33, 15-20, 2000.
- A. Piga, A. Del Caro, I. Pinna, M. Agabbio, "Changes in ascorbic acid, polyphenol content and antioxidant activity in minimally processed cactus pear fruits". Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 36, 257-262, 2003.
- N. Retamal, J.M. Duran, J. Fernandez, "Ethanol production by fermentation of fruits and cladodes of prickly pear cactus (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller)". Journal of the Science of Food and Agriculture, 40, 213-218, 1987.
- S. Rodriguez, C. Orphee, S. Macias, S. Generoso, L. Gomes Garcia, "Tuna: Proprietades fisico-quimicas de dos variedades". La Alimentacion Latinoamericana, 210, 34-37, 1996.
- C.H. Russel, P. Felker, "The prickly pears (*Opuntia* spp. *Cactaceae*). A source of human and animal food in semiarid regions". Economic Botany, 41, 433-445, 1987.
- C. Sáenz, "Food manufacture and by-products". In: Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear, G. Barbera P. Inglese and E. Pimienta-Barrios. (eds), Fao Plant Production and Protection Paper N. 132, pp.137-143, 1995.
- C. Sáenz, "Foods products from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*)". Food Chain, 18, 10-11, 1996a.
- C. Sáenz, "Foods products from cladodes and cactus pear". Journal of the Professional Association for Cactus Development, 1, 89-97, 1996b.
- C. Sáenz, "Nopal and cactus pear processing alternatives". Proceedings of the International Symposium: cactus pear and nopalitos processing and uses, C. Sáenz (ed.), Santiago, Chile, 33-39, 1998.
- C. Sáenz, "Processing technologies: an alternative for cactus pear (*Opuntia* spp.) fruits and cladodes". Journal of Arid Environments, 46, 209-225, 2000.
- C. Sáenz, E. Sepúlveda, E. Araya, "Ensayos preliminares de obtencion de tuna (*Opuntia ficus-indica*) congelada". Resúmenes: VI Seminario Latinoamericano de Ciencia y Tecnologia de Alimentos, Bogotá, Colombia, 83, 1988.
- C. Sáenz, M. Vasquez, S. Trumper, C. Fluxá, "Extracción y composición química de mucilage de tuna (*Opuntia ficus-indica*)". Actas: II Congreso Internacional de la tuna y cochinilla, Santiago, Chile, 93-96, 1992.
- C. Sáenz, E. Sepúlveda, E. Araya, C. Calvo, "Colour changes in concentrated juices of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) during storage at different temperatures". Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie 26, 417-421, 1993.
- C. Sáenz, E. Sepúlveda, C. Calvo, E. Costell, "Influencia del pH y la temperatura sobre los parametros de color de jugo de tuna púrpura". Resúmenes: X Seminario Latinoamericano y del Caribe de Ciencia y Tecnologia de Alimentos, Buenos Aires, Argentina, 40-54, 1997a.
- C. Sáenz, S. Arriagada, S. Fizman, C. Calvo, "Influence of pH and contents of carrageenan during the storage of cactus pear gels". Acta Horticulturae, 438, 131-134, 1997b.
- C. Sáenz, A.M. Estévez, E. Sepúlveda, P. Mecklenburg, "Cactus pear fruit: A new source for a natural liquid sweetener". Plant Foods for Human Nutrition, 52, 141-149, 1998.
- C. Sáenz, E. Sepúlveda, "Physical, chemical and sensory characteristics of juices from pomegranate and purple cactus pear fruit". Annals of the 22nd IFU Symposium, Paris, France, 91-100, 1999.
- W.N. Sawaya, H.A. Khatchadourian, W.M. Safi, H.M. Al-Hammad, "Chemical characterization of prickly pear pulp, *Opuntia ficus-indica*, and the manufacturing of prickly pear jam". Journal of Food Technology, 18, 183-193, 1983.
- E. Sepúlveda, C. Sáenz, "Prickly pear processing (*Opuntia ficus-indica*)". International Seed Oilagenous Alimentos, 13, 35-38, 1988.
- E. Sepúlveda, C. Sáenz, "Chemical and physical characteristics of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*)". Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, 30, 551-555, 1990.
- E. Sepúlveda, "Cactus pear fruit potential for industrialization". Proceedings of the International Symposium: cactus pear and nopalitos processing and uses, C. Saenz (ed.), Santiago, Chile, 17-21, 1998.
- E. Sepúlveda, C. Sáenz, M. Alvarez, "Physical, chemical and sensory characteristics of dried fruit sheets of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) and quince (*Cydonia oblonga* Mill.)". Italian Journal of Food Science, 12, 47-54, 2000.
- F.C. Stintzing, A. Schieber, R. Carle, "Phytochemical and nutritional significance of cactus pear". Food Research Technology International, 212, 396-407, 2001.
- G. Teixeira, A.R. Santana, M.S. Pais, A. Clemente, "Enzymes of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller with potential industrial applications". Applied Biochemistry and Biotechnology, 88, 299-312, 2000.
- M. Thomas, "D'Arrigo Brothers cactus pear production". Cactusnet, FAO International Cooperation Network on Cactus Pear, Newsletter, 4, 5-7, 1998.
- L. Vignoni, M. Bauzá, P. Bautista, C. Germano, "Elaboración de pulpa y mermelada de tuna (*Opuntia ficus-indica*) preferencia y aceptabilidad". Resúmenes: X Seminario Latinoamericano y del Caribe de Ciencia y Tecnologia de Alimentos, Buenos Aires, Argentina, 10-22, 1997.
- F. Yagnam, F. Osorio, "Clarificación y pasteurización de jugos de tuna (*Opuntia ficus-indica*)". Resúmenes: IX Congreso Nacional de Ciencia y Tecnologia de Alimentos, Santiago, Chile, 36-37, 1991.
- F. Yagnam, "La tuna y sus posibilidades agroindustriales". Proxima Década, 52, 6-11, 1986.