

Azione 1.1.5 “Sostegno all'avanzamento tecnologico delle imprese attraverso il finanziamento di linee pilota e azioni di valutazioni su larga scala”
PO FESR Sicilia 2014-2020

Progetto di ricerca
“Nuovi prodotti dalla trasformazione agroindustriale di frutti da colture mediterranee e gestione sostenibile dei sottoprodotti - MedFruit”



Università di Catania



Consiglio Nazionale
delle Ricerche



Allegato 16:

“Prove di laboratorio relative all'ottimizzazione del sistema di deionizzazione necessario per la produzione dello zucchero di arancia”

- Made fruit s.r.l.
- Citrech snc

Made Fruit Srl

Relazione sulle Prove di Laboratorio relative all'ottimizzazione del sistema di deionizzazione necessario per la produzione dello Zucchero di Arancia

Lo sviluppo progettuale e la ricerca ad esso connessa devono portare alla realizzazione di un prototipo semi-industriale di zucchero liquido estratto dal melasso di agrumi; la Made Fruit produce industrialmente zuccheri d'uva, di dattero e di altri frutti per cui è in possesso di sufficiente know-how al riguardo. Tuttavia la produzione di zucchero di arancia dal melasso non è banale e non soltanto per le problematiche relative ai pretrattamenti e alla chiarifica ma anche per quelle connesse alla rettifica vera e propria.

“Rettificare” non significa solo “deionizzare”, significa anche ottenere una soluzione zuccherina di colore chiaro e priva di sapori estranei di qualsiasi tipo (cotto, astringente, metallico ecc.). Da questo punto di vista, il melasso di arancia è certamente un prodotto “complicato” in quanto in partenza è molto ricco di flavonoidi che nelle condizioni di pH alcalino necessario alla sua produzione si degradano con la formazione di sostanze che gli impartiscono un cattivo sapore ed un colore scuro.

Il primo passo di queste trasformazioni è la conversione dei flavonoidi in calconi:



Nelle condizioni alcaline di lavorazione del melasso queste molecole subiscono ulteriori degradazioni e, considerando la varietà di flavonoidi presenti nelle bucce di arancia (un estratto contiene circa un centinaio di molecole diverse anche se i componenti principali sono soltanto due, esperidina e narirutina, il risultato pratico è un proliferare di prodotti di degradazione che, poi, possono anche condensare tra loro formando melanoidine complesse.

Perché il melasso di arancia possa essere, efficacemente, trasformato in zucchero di arancia è necessario che il sistema di rettifica, oltre a deionizzare, sia capace di “bonificare” il prodotto da tutti questi prodotti di degradazione causate dalle condizioni alcaline di processo.

La prima fase di quest'attività progettuale è stata quella di procurarsi un congruo numero di resine a scambio ionico; gli scambiatori dei quali abbiamo ottenuto i campioni sono riportati nelle tabelle seguenti:

Scambiatori Cationici Forti

Produttore	Sigla	Capacità di Scambio (eq/l)
Purolite	C150S	1,8
Purolite C160S		2,3
Resindion	Relite RPS	1,8

Scambiatori Anionici Deboli

Produttore	Sigla	Capacità di Scambio (eq/l)
Purolite	A830S	2,7
Purolite A860S		0,8
Purolite	A103S	1,5
Purolite A133S		1,8
Resindion	Relite A329	1,5
Purolite A847S		1,6
Purolite	A100	1,3
Purolite A105S		1,1
Suqing	D301/F	1,2
Dupont Amberlite FPA51		1,3
Dupont	Amberlite FPA77	1,5
Dupont Amberlite FPA66		1,4
Dupont	Amberlite FPA52	1,6
Dupont Amberlite FPA661		1,4
Dupont	Amberlite FPA53	1,6
Dupont Amberlite FPA55		1,6
Dupont	Amberlite FPA67	1,6
Dupont Amberlite FPA96		1,4
Dupont	Amberlite FPA40	1,3
Dupont Duolite A568		1,2
Resindion	Diaion WA10	1,2
Resindion Diaion WA20		2,5

Resindion	Diaion WA30	1,5
Dupont Dowex 66	1,6	
Bayer	Lewatit MP62	1,7
Resindion Relite RAM1/M	1,5	

Scambiatori Anionici Forti

Produttore	Sigla	Capacità di Scambio (eq/l)
Purolite	A420S	0,8
Purolite A520	S	0,9
Purolite	A850	1,2
Resindion Relite 3A	1,3	
Dupont	Amberlite FPA40	1,0
Dupont Amberlite FPA42	1,3	
Dupont	Amberlite FPA58	1,2
Dupont Amberlite FPA90	0,8	
Dupont	Amberlite FPA98	1,4
Dupont Amberlite IRA402	1,2	
Dupont	Amberlite IRA410	1,3
Dupont Amberlite IRA458	1,3	
Dupont	Amberlite IRA900	1,0
Resindion Diaion PA316	1,3	
Resindion	Relite RAP1	1,2

Abbiamo, quindi, da provare 3 scambiatori cationici forti, 26 scambiatori anionici deboli e 15 scambiatori anionici forti; la ragione della differenza numerica tra le cationiche e le anioniche sta nel fatto che, notoriamente, gli scambiatori cationici non hanno alcuna capacità decolorante o deamarizzante mentre queste capacità sono deputate agli scambiatori anionici; di conseguenza, ci auguriamo che un parco ampio di resine anioniche ci possa consentire di trovare una soluzione per risolvere, oltre alla deionizzazione, i problemi organolettici del prodotto.

Per le prove di laboratorio abbiamo utilizzato delle colonne cromatografiche in vetro aventi 3 cm di diametro e 30 cm di altezza adatte a contenere circa 250 ml dei vari scambiatori di ioni.

Relativamente alle resine cationiche, esse sono state poste in colonna, sciacquate con 2 BV di acqua osmotizzata, messe in forma H^+ con 4 BV di HCl al 5% e sciacquate con acqua osmotizzata fino ad ottenere un effluente a pH=3,7. Per tutte le resine il flusso di melasso chiarificato in alimento è stato

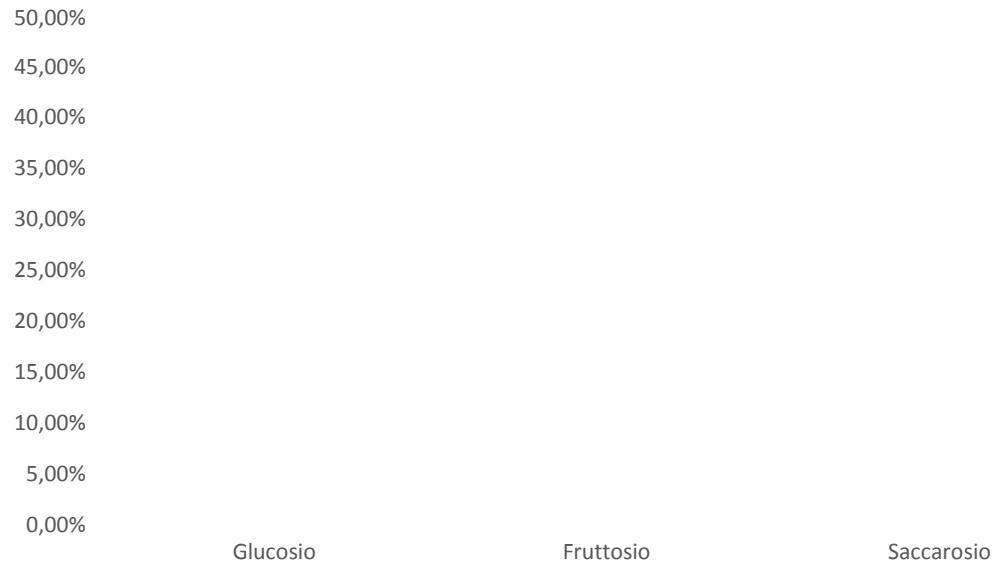
regolato a 4 BV/h; la raccolta è cominciata quando l'effluente ha raggiunto i 5°Bx e si è seguita la variazione di pH per determinare il volume di esaurimento della capacità di scambio delle resine; quando questo è stato raggiunto si è alimentato un volume d'acqua deionizzata pari al volume di liquido scartato prima della raccolta. Sulla base delle quantità alimentate sulle varie resine si può stimare il contenuto in cationi totali del melasso alimentato pari a 1,2 eq/l.

I dati ottenuti nella prima prova effettuata sono riportati di seguito:

	Feed	Massa C150S	Massa C160S	Massa RPS
°Bx	19,47	16,91	17,24	16,91
pH	4,1	1,31	1,48	1,38
Abs _{420nm} 5°Bx	0,661	0,556	0,582	0,551
Glucosio (g/l)	41,45	41,75	42,26	41,65
Fruttosio (g/l)	40,95	41,39	42,14	41,32
Saccarosio (g/l)	22,98	6,14	6,49	6,29
Zuccheri Totali (g/l)	105,38	89,28	90,89	89,26
Glu/Fru	1,012	1,009	1,003	1,008
Sac % su ZT	21,81	6,88	7,14	7,05
ZT/°Bx (%)	54,12	52,80	52,72	52,79

L'operazione è stata ripetuta 12 volte allo scopo di ottenere una quantità di prodotto decationizzata sufficiente a provare le resine anioniche disponibili; l'analisi della massa unica di decationizzato prodotta è riportata di seguito:

Come si può notare, la decationizzazione effettuata come stadio primario provoca un netto abbassamento del pH che ha come risultato una evidente inversione del saccarosio presente e che viene evidenziata dal grafico seguente:



Relativamente alle resine anioniche deboli, esse sono state poste in colonna, sciacquate con 2 BV di acqua osmotizzata, messe in forma OH^- con 5 BV di NaOH al 5% e sciacquate con 6 BV di acqua osmotizzata. Per tutte le resine il flusso di melasso chiarificato in alimento è stato regolato a 2 BV/h; la raccolta è cominciata quando l'effluente ha raggiunto i 3°Bx e si è seguita la variazione di pH per determinare il volume di esaurimento della capacità di scambio delle resine; quando questo è stato raggiunto si è alimentato un volume d'acqua deionizzata pari al volume di liquido scartato prima della raccolta. Sulla base delle quantità alimentate sulle varie resine si può stimare il contenuto in anioni totali del melasso alimentato pari a 2,2 eq/l.

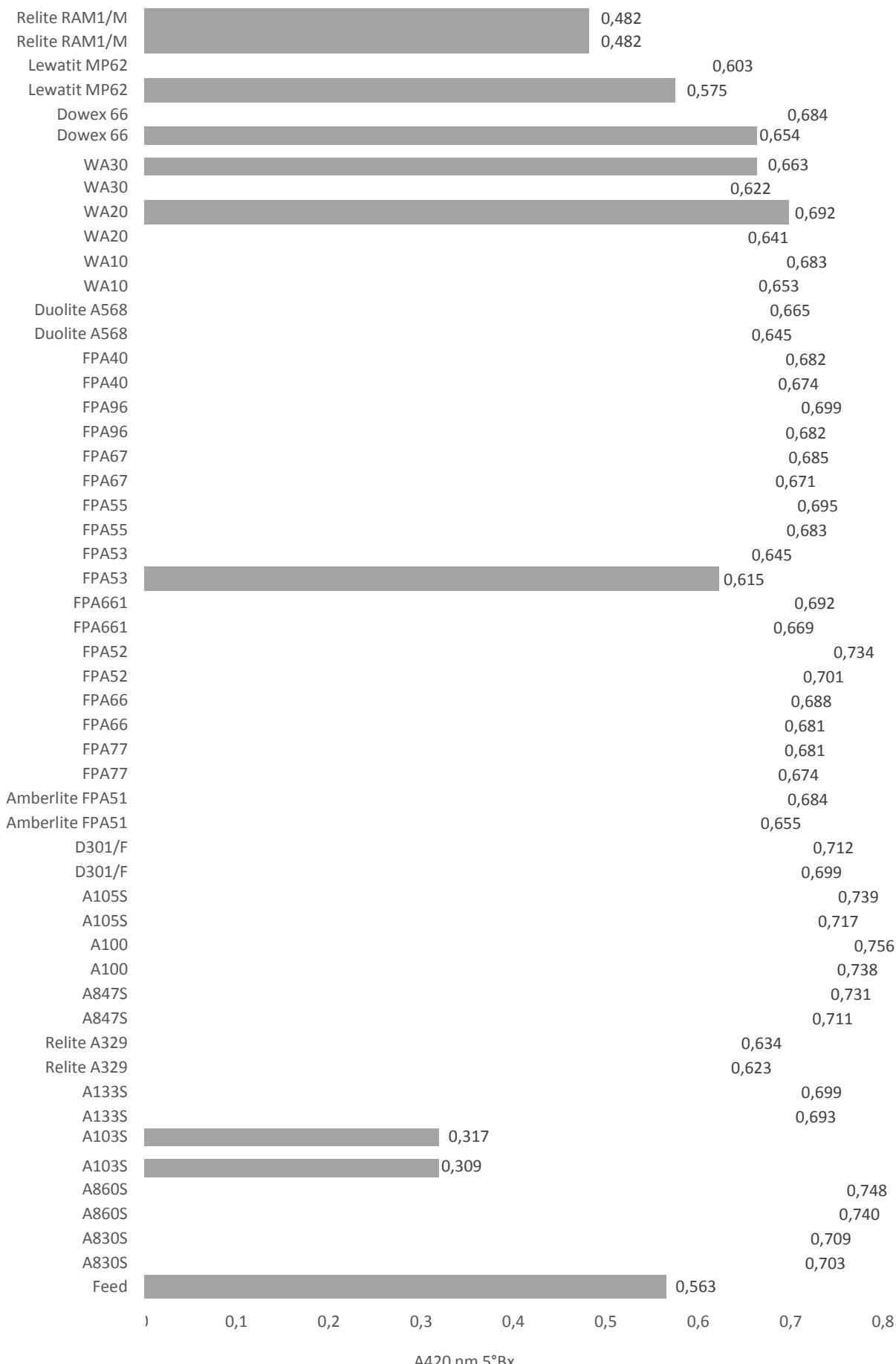
In linea generale, la perdita di grado Brix è stata, per tutte le resine, pari a circa il 12% e la perdita in zuccheri totali varia tra il 5 e il 7% assoluto.

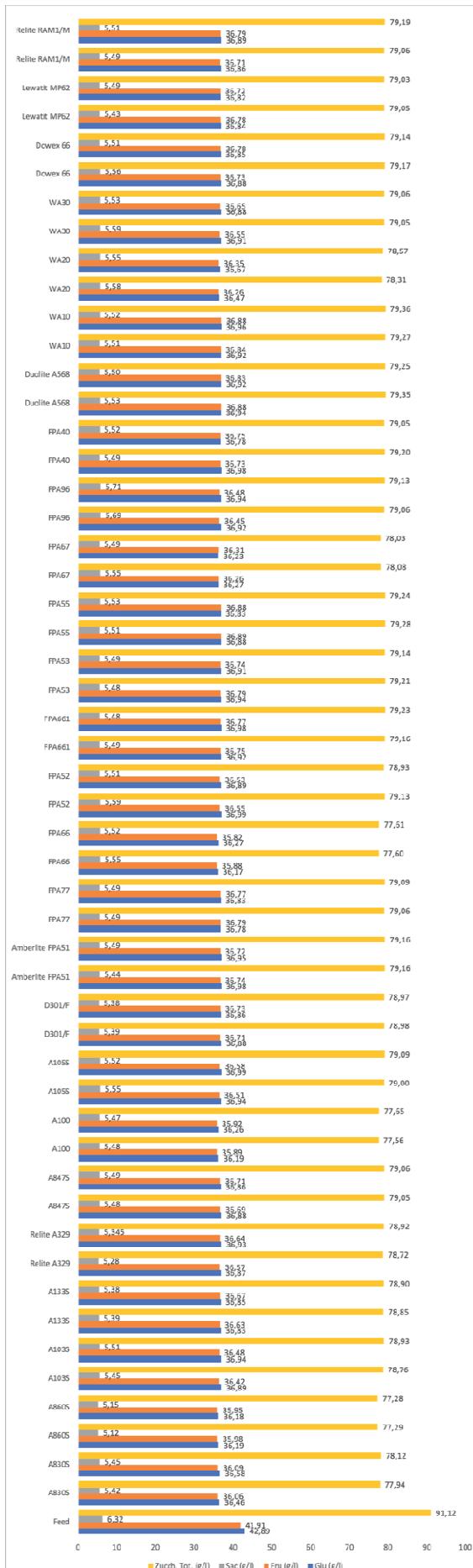
Relativamente alla decolorazione, soltanto le resine Relite RAM1/M, Purolite A860S e Purolite A103S mostrano capacità decolorante; con le altre resine il valore misurato di assorbanza a 420 nm su prodotto diluito a 5°Bx risulta addirittura superiore al quello dell'alimento ma ciò è dovuto alla differenza di pH tra l'alimento decationizzato (pH=1,4) e la massa degli eluati delle resine anioniche aventi pH=4,5.

Di seguito riportiamo in forma grafica le variazioni analitiche riscontrate per le resine esaminate; va tenuto conto che ogni resina è stata provata due volte, una da nuova e l'altra dopo il primo utilizzo per verificare eventuali differenze di comportamento.

Relite RAM1/M	4,55
Relite RAM1/M	4,57
Lewatit MP62	4,49
Lewatit MP62	4,49
Dowex 66	4,52
Dowex 66	4,52
WA30	4,41
WA30	4,41
WA20	4,38
WA20	4,38
WA10	4,50
WA10	4,50
Duolite A568	4,49
Duolite A568	4,42
FPA40	4,59
FPA40	4,54
FPA96	4,49
FPA96	4,51
FPA67	4,64
FPA67	4,42
FPA55	4,50
FPA55	4,51
FPA53	4,35
FPA53	4,42
FPA661	4,51
FPA661	4,52
FPA52	4,49
FPA52	4,53
FPA66	4,39
FPA66	4,40
FPA77	4,50
FPA77	4,50
Amberlite FPA51	4,52
Amberlite FPA51	4,42
D301/F	4,53
D301/F	4,51
A105S	4,49
A105S	4,49
A100	4,60
A100	4,47
A847S	4,39
A847S	4,45
Relite A329	4,46
Relite A329	4,49
A133S	4,59
A133S	4,59
A103S	4,43
A103S	4,49
A860S	4,39
A860S	3,64
A830S	4,20
A830S	4,50
Feed	1,36
0	0,5
1	1,5
2	2,5
2,5	3
3	3,5
3,5	4
4	4,5
4,5	5

pH





Relativamente alle resine anioniche forti, esse sono state poste in colonna, sciacquate con 2 BV di acqua osmotizzata, messe in forma OH⁻ con 5 BV di NaOH al 5% e sciacquate con 6 BV di acqua osmotizzata. Per tutte le resine il flusso di melasso chiarificato in alimento è stato regolato a 2 BV/h; la raccolta è cominciata quando l'effluente ha raggiunto i 3°Bx e si è seguita la variazione di pH per determinare il volume di esaurimento della capacità di scambio delle resine; quando questo è stato raggiunto si è alimentato un volume d'acqua deionizzata pari al volume di liquido scartato prima della raccolta. Sulla base delle quantità alimentate sulle varie resine si può stimare il contenuto in anioni totali del melasso alimentato pari a 2,2 eq/l.

In linea generale, la perdita di grado Brix è stata, per tutte le resine, pari a circa il 12% e la perdita in zuccheri totali varia tra il 5 e il 10% assoluto.

Relativamente alla decolorazione, soltanto le resine Relite RAP1 e Purolite A502PS mostrano di possedere un qualche potere decolorante.

In conclusione, le prove effettuate indicano che le resine anioniche che manifestano un definito potere decolorante nei confronti del melasso di arancia sono le seguenti:

- 1) Resindion Relite RAM1/M
- 2) Purolite A860
- 3) Purolite A502PS
- 4) Purolite A103S
- 5) Resindion Relite RAP1

e tutte hanno mostrato un potere decolorante nella fase iniziale del processo e cedevano le sostanze scure trattenute prima dell'esaurimento della capacità di scambio ionico. Abbiamo, di conseguenza, deciso di riverificare queste resine per individuare il punto in cui interrompere il processo in nome di ottime caratteristiche organolettiche indipendentemente dal fatto che la capacità di scambio della resina non sia esaurita.

Abbiamo preparato colonne contenenti circa 250 ml delle resine summenzionate; le resine, nuove, sono state sciacquate con 2 BV di acqua osmotizzata, messe in forma -OH con 5 BV di NaOH 5% e risciacquate con 6 BV di acqua osmotizzata.

Massa Decationizzato	
°Bx	17,02
pH	1,36
Abs _{420nm} 5°Bx	0,563
Glucosio (g/l)	42,89
Fruttosio (g/l)	41,91

Come alimento abbiamo usato una massa di melasso decationizzato avente i dati analitici riportati nella tabella adiacente.

La soluzione è stata alimentata sulle varie colonne con le modalità descritte di seguito:

	RAM1/M	A860S	A502PS	A103S	RAP1
Inizio raccolta dopo ml	120	120	140	110	150
°Bx inizio raccolta	3,7	1,0	1,0	3,6	2,7
Volume 1 alimentato (ml)	400	250	400	400	300
Volume 1 alimentato (BV)	1,54	0,95	1,54	1,63	1,18
Volume 2 alimentato (ml)	150	100	150	150	100
Volume 2 alimentato (BV)	0,58	0,38	0,58	0,61	0,39
Acqua spinta finale (ml)	120	120	0	0	0
BV Totali Recuperati	2,21	1,33	2,12	2,25	1,57
Flusso (BV/h)	0,69	0,64	0,54	0,69	0,63

I dati analitici riscontrati sono riportati di seguito:

Analisi	Bx	pH	pH corr.	A _{420 nm} TQ	°Bx vs feed	A _{420 nm} TQ vs feed
Relite RAM1/M Fraz 1	12,74	11,18	3,10	0,105	74,85%	4,44%
Relite RAM1/M Fraz 2	14,78	10,56	3,00	0,232	86,84%	9,81%
Relite RAM1/M Fraz 3	15,28	10,02	3,27	1,138	89,78%	48,14%
A860S Fraz 1	5,96	12,86	3,10	0,175	35,02%	7,40%
A860S Fraz 2	14,90	11,27	3,23	0,478	87,54%	20,22%
A860S Fraz 3	16,01	10,76	3,00	2,026	94,07%	85,70%
A502PS Fraz 1	12,37	11,04	3,15	0,408	72,68%	17,26%
A502PS Fraz 2	14,97	4,79	3,49	2,114	87,96%	89,42%
A103S Plus Fraz 1	13,02	10,84	3,42	0,327	76,50%	13,83%
A103S Plus Nuova Fraz 2	15,00	9,76	3,35	0,500	88,13%	21,15%
Relite RAP 1 Fraz 1	11,80	11,35	3,00	0,223	66,69%	9,43%
Relite RAP 1 Fraz 2	14,71	10,45	3,00	0,624	61,40%	26,40%

Abbiamo riunito le frazioni migliori di colore ottenendo i seguenti risultati:

Analisi	BV	A_{420 nm} 5°Bx	A_{420 nm} 5°Bx vs feed
RAM1/M Fraz 1 + 2	2,12	0,095	16,87%
A860S Fraz 1 + 2	1,33	0,136	24,16%
A502PS Fraz 1	1,54	0,167	29,66%
A103S Plus Fraz 1 + 2	2,25	0,160	28,42%
Relite RAP 1 Fraz 1	1,18	0,095	16,87%

Se ne deduce che la resina anionica migliore per la decolorazione del melasso di arancia è la Relite RAM1/M.

Di seguito alcune immagini relative all'attività appena descritta:

A questo punto non ci restava che definire uno schema di rettifica; sulla base dei risultati ottenuti abbiamo deciso di utilizzare lo schema seguente:

1° Stadio: RAM1/M

2° Stadio: C150S

3° Stadio: RAM1/M

Il melasso chiarificato di partenza aveva l'analisi seguente:

Si sono preparate 5 colonne contenenti, ciascuna, circa 250 ml di Relite RAM1/M usata; le colonne sono state sciacquate con 2 BV di acqua osmotizzata, rigenerate con 6 BV di NaOH 5% e risciacquate con 6 BV di acqua osmotizzata. Ogni colonna è stata alimentata con 500 ml di melasso chiarificato (2 BV) con una velocità di flusso di 1,9 BV/h. Si sono raccolti 2,5 l di soluzione avente l'analisi seguente:

Massa Eluato 1 RAM1/M	
°Bx	14,46
°Bx vs feed	62,87%
pH	11,07
Abs _{420nm} 5°Bx	0,45
Abs _{420nm} 5°Bx vs feed	34,51%
Glucosio (g/l)	32,00
Fruttosio (g/l)	31,48
Saccarosio (g/l)	16,83
Zuccheri Totali (g/l)	80,31

Glu/Fru	1,017
Sac % su ZT	20,96
ZT/°Bx (%)	55,54
	8,62
	66,16%



Nelle immagini soprastanti due momenti della lavorazione; nelle immagini sottostanti due momenti della rigenerazione delle colonne da cui si evince la quantità di sostanze scure eliminate dalla soluzione.



La soluzione parzialmente deionizzata è stata alimentata su tre colonne contenenti 250 ml circa cadasuna di resina cationica forte Purolite C150S. La resina era nuova e le colonne sono state sciacquate con 2 BV di acqua osmotizzata, messe in forma H^+ con 4 BV di HCl 5% e risciacquate con 4 BV di acqua osmotizzata. Ogni colonna è stata alimentata con 750 ml (3 BV) di eluato 1 RAM1/M con una velocità di flusso di 3 BV/h. Si sono raccolti 2,25 l di soluzione avente l'analisi seguente:

Massa Eluato 1 C150S	
$^{\circ}Bx$	11,48
$^{\circ}Bx$ vs feed	79,39%
$^{\circ}Bx$ vs melasso	49,91%
pH	1,93
Abs _{420nm} 5 $^{\circ}Bx$	0,225
Abs _{420nm} 5 $^{\circ}Bx$ vs feed	50,00%
Abs _{420nm} 5 $^{\circ}Bx$ vs melasso	17,25%
Glucosio (g/l)	32,09
Fruttosio (g/l)	31,67
Saccarosio (g/l)	5,84
Zuccheri Totali (g/l)	69,60
Glu/Fru	1,013

Sac % su ZT	8,39
ZT/$^{\circ}$Bx (%)	60,63
Conducibilità (mS/cm)	4,24
Conducibilità (mS/cm) vs feed	49,19%
Conducibilità (mS/cm) vs melasso	32,54%

Di seguito due immagini della lavorazione:

Il valore di conducibilità riscontrato dopo i due passaggi sull'anionica debole e sulla cationica forte ci ha lasciato piuttosto colpiti considerando che per entrambe le resine l'eluizione è stata sospesa prima dell'esaurimento della loro capacità di scambio come dimostrato da pH delle masse degli eluati e dal colore delle resine

riscontrato su tutte le colonne utilizzate. Si ritiene che l'alta conducibilità sia ascrivibile alle pectine degradate presenti nel melasso che salificano o complessano gli ioni calcio presenti in soluzione sottraendoli allo scambio ionico. La conducibilità riscontrata sul melasso chiarificato corrisponde, all'incirca, a quella di una soluzione 0,1 M di KCl; questa soluzione contiene 3,9 g/l di potassio e considerando che il peso atomico del potassio è 39 e quello del calcio è 40 possiamo dedurre che quella riscontrata è la conducibilità di una soluzione che contiene 4 g/l di ione calcio.

Per verificare l'ipotesi, abbiamo eseguito il test all'alcool, un test qualitativo per rivelare la presenza di pectine sull'eluato della resina C150S; il risultato è stato negativo ma ripetendo il test con acetone (più efficiente nel coagulare le pectine a basso peso molecolare) il risultato è stato positivo come si vede nell'immagine a fianco.

Possiamo dedurre che nelle condizioni acide determinate dal passaggio sulla C150S i pectinati di calcio (o loro complessi) sono termodinamicamente favoriti rispetto agli acidi pectinici corrispondenti con il risultato di parzializzare lo scambio sulla resina.

Al completamento del ciclo di rettifica abbiamo effettuato un altro passaggio sulla Relite RAM1/M.

Si sono preparate 5 colonne contenenti, ciascuna, circa 250 ml di Relite RAM1/M usata; le colonne sono state sciacquate con 2 BV di acqua osmotizzata, rigenerate con 6 BV di NaOH 5% e risciacquate con 6 BV di acqua osmotizzata. Ogni colonna è stata alimentata con 450 ml di melasso chiarificato (2 BV) con una velocità di flusso di 1,9 BV/h. Si sono raccolti 2,25 l di soluzione avente l'analisi seguente:

Massa Eluato 2 RAM1/M	
°Bx	8,33
°Bx vs feed	72,56%
°Bx vs melasso	36,22%
pH	8,78
Abs _{420nm} 5°Bx	0,032
Abs _{420nm} 5°Bx vs feed	14,22%
Abs _{420nm} 5°Bx vs melasso	2,45%
Glucosio (g/l)	28,29
Fruttosio (g/l)	27,98
Saccarosio (g/l)	7,24
Zuccheri Totali (g/l)	63,51
Glu/Fru	1,011
Sac % su ZT	11,40
ZT/°Bx (%)	76,24

Questa volta la
decolorazione è
decisamente efficace (

come evidenziato dalle foto seguenti), e lo stesso si può dire relativamente alla diminuzione della conducibilità. Per acidificare la massa abbiamo posto 150 ml di Purolite C150S nuova in 500 ml di HCl % e l'abbiamo tenuta in agitazione per due ore, quindi abbiamo filtrato stto vuoto con un

imbuto di Buchner e abbiamo
lavato la resina con acqua
osmotizzata fino ad avere un
filtrato a pH=5,0. Un litro di Massa
2 RAM1/M è stato fatto percolare
attraverso la C150S ed il prodotto
trattato è stato riunito con il resto

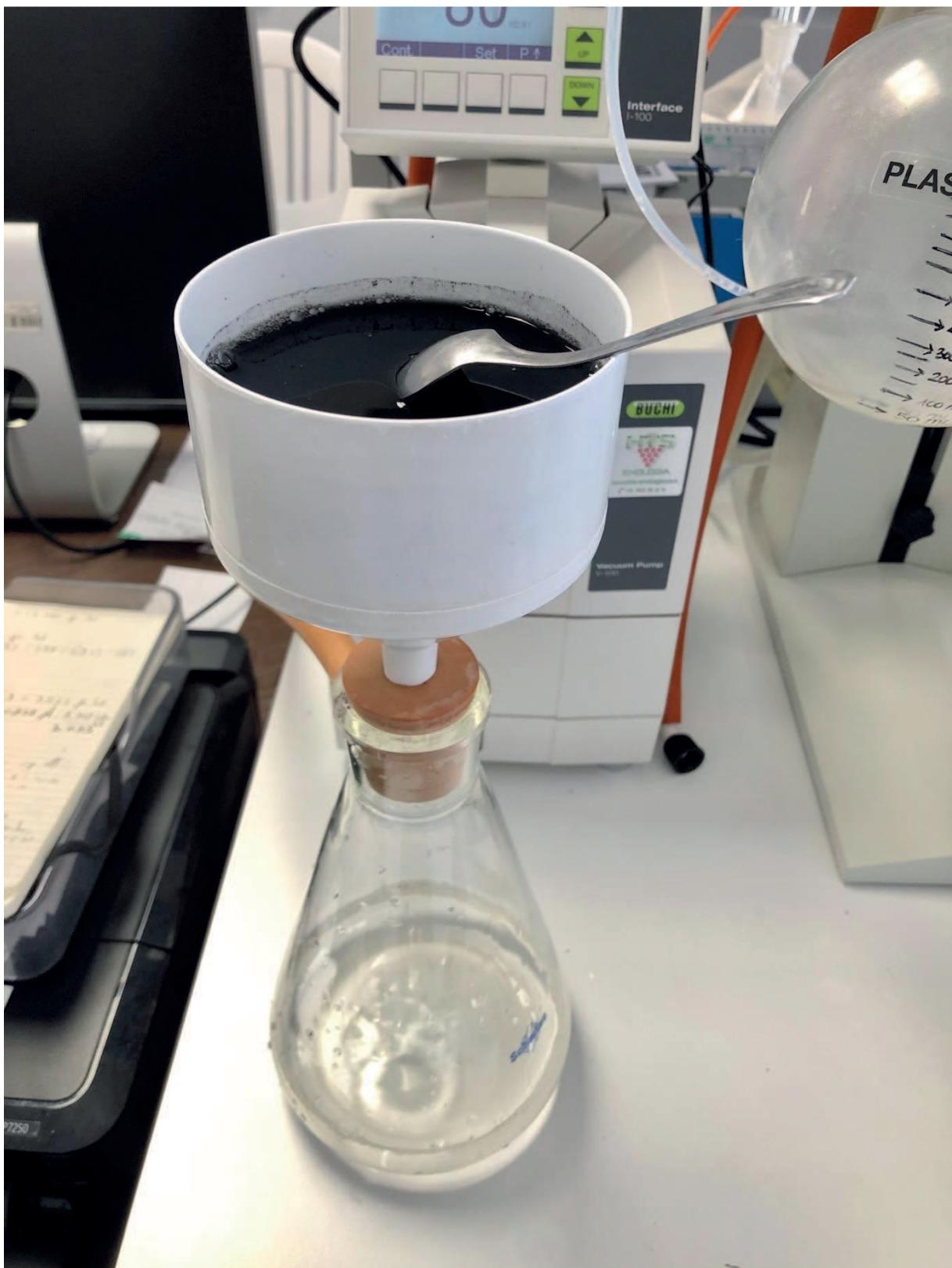
della massa ottenendo una soluzione a pH=7,0. Un litro di questa soluzione è stato fatto percolare
attraverso la stessa resina e riunito alla massa insieme a 200 ml di acqua di lavaggio; la massa finale
aveva un pH di 5,34.

Durante l'acidificazione abbiamo notato un intorbidamento della soluzione zuccherina che conferma la presenza di pectine che diminuiscono la propria solubilità in ambiente acido.

Questo problema, in un eventuale futura industrializzazione, potrà essere risolto mediante passaggio su opportuna membrana di ultrafiltrazione stretta.

Infine, alla soluzione finale abbiamo aggiunto il 1% di carbone vegetale in polvere e abbiamo mantenuto in agitazione per due ore al termine delle quali abbia o filtrato sotto vuoto su letto di farina fossile ottenendo,

finalmente, una soluzione zuccherina incolore.



[VIDEO](#)

Massa Rettificata Finale	
°Bx	6,33
°Bx vs feed	75,99%
°Bx vs melasso	27,52%
pH	6,51
Abs _{420nm} 5°Bx	0,013
Abs _{420nm} 5°Bx vs feed	40,63%
Abs _{420nm} 5°Bx vs melasso	1,00%
Glucosio (g/l)	27,19
Fruttosio (g/l)	26,85
Saccarosio (g/l)	6,82
Zuccheri Totali (g/l)	60,86
Glu/Fru	1,011
Sac % su ZT	11,21
ZT/°Bx (%)	96,15
Conducibilità (mS/cm)	0,031
Conducibilità (mS/cm) vs feed	7,83%
Conducibilità (mS/cm) vs melasso	0,10%

La soluzione zuccherina finale è stata concentrata al rotavapor fino a 65°Bx fornendo 175 g di Zucchero di Arancia con ottime caratteristiche organolettiche.

La rettifica è stata ripetuta altre tre volte con le medesime caratteristiche e, infine abbiamo ottenuto 700 g di Zucchero di Arancia 65°Bx (vedi foto seguente).

L'analisi del Prodotto Finito è riportata di seguito:

Zucchero di Arancia	
°Bx	65,40
pH	4,81
Abs_{420nm} 5°Bx	0,004
Abs_{420nm} 25°Bx	0,023
Glucosio (g/Kg)	295,56
Fruttosio (g/Kg)	292,27
Saccarosio (g/Kg)	32,76
Zuccheri Totali (g/Kg)	620,59
Glu/Fru	1,011
Sac % su ZT	5,28
ZT/°Bx (%)	94,89
Conducibilità (μS/cm) (25°Bx)	67,7

Sulla base delle prove di laboratorio si evince che è tecnicamente possibile trasformare il melasso di arancia in Zucchero di Arancia di ottima qualità; questo non significa che l'operazione sia economicamente conveniente in quanto i volumi di prodotto che possono essere convenientemente trattati per volume unitario di resina sono effettivamente molto bassi a causa delle pessime caratteristiche organolettiche del prodotto. Considerando anche le problematiche di chiarifica, si rimanda la fattibilità economica del processo dopo l'esecuzione delle previste prove industriali.

A completamento, di seguito riportiamo in forma grafica l'andamento del grado Brix, del pH, degli zuccheri, della conducibilità e del colore in funzione del procedere della rettifica.

	Bx
Finale	6,33
Eluato 2 RAM1/M	8,33
Eluato C150S	11,48
Eluato 1 RAM1/M	14,46
Melasso	23,00

	pH
Finale	6,51
Eluato 2 RAM1/M	8,78
Eluato C150S	11,93
Eluato 1 RAM1/M	11,07
Melasso	4,90

	A420 nm 5°Bx
Finale	0,013
Eluato 2 RAM1/M	0,032
Eluato C150S	0,225
Eluato 1 RAM1/M	0,450
Melasso	1,304

	Conduc. (mS/cm)
Finale	0,031
Eluato 2 RAM1/M	0,166
Eluato C150S	4,24
Eluato 1 RAM1/M	8,62
Melasso	13,03

	Glu (g/l)	Fru (g/l)	Sac (g/l)
Finale	27,19	26,85	6,82
Eluato 2 RAM1/M	28,29	27,98	7,24
Eluato C150S	32,09	31,67	5,84
Eluato 1 RAM1/M	32,00	31,48	16,83
Melasso	47,91	47,07	26,76

	ZT/°Bx
Finale	96,15%
Eluato 2 RAM1/M	76,24%
Eluato C150S	60,63%
Eluato 1 RAM1/M	55,54%
Melasso	52,93%

