

# Tractament d'aigües residuals a la indústria alimentària

Josep Calderón, químic, soci de l'ACCA.

Resum extret de la conferència donada per Josep Arnaldos, del Departament d'Enginyeria Química (CERTEC), UPC

**Les aigües residuals de la indústria alimentària tenen unes característiques extremament variables, amb una contaminació essencialment orgànica i biodegradable i una tendència general a l'acidificació i a una ràpida fermentació. És fonamental que aquestes aigües tinguin un pretractament. Els tractaments més importants són biològics, tot i que en aquest article es mostren els diversos tractaments possibles per a aquestes aigües resultants de la indústria alimentària.**

## Introducció

A la indústria alimentària existeixen tres factors molt importants en l'ús de l'aigua per al bon funcionament industrial. El primer és el subministrament de l'aigua necessària per als processos, el segon és l'evacuació de les aigües resultants, i el tercer és la gestió i el tractament de residus. La importància d'aquests tres factors és tan gran, que qualsevol mancança en algun d'ells pot ser motiu suficient per aturar un procés productiu o variar l'emplaçament d'una fàbrica.

Centrant-se en el segon factor, cal dir que les aigües residuals de la indústria alimentària tenen uns cabals i unes

característiques molt variades. Ara bé, generalment, el tractament més comú i important per poder abocar-les tant a una xarxa municipal d'evacuació com a una llera pública és el biològic, com es veurà més endavant.

D'altra part, i a conseqüència del tractament de l'aigua residual per a la seva evacuació, s'acostumen a generar uns residus sòlids o pastosos anomenats fangs, que contenen els contaminants eliminats en els tractaments de les aigües residuals. Aquests residus, en molts casos, i a causa de la càrrega contaminant que duen, han de ser sotmesos a tractaments específics per fer-los inerts. Per això, una línia de tractament d'aigües residuals porta associada una línia de tractament de fangs i, per tant, el tercer factor de gestió i tractament de residus és inherent a l'evacuació de les esmentades aigües.

## Característiques de les aigües residuals

Existeixen nombrosos paràmetres de control per caracteritzar una aigua. Aquests paràmetres poder ser físics (sabor, olor, color, terbolesa, conductivitat), químics (pH, duresa, alcalinitat, acidesa, contingut de sòlids, clorurs, sílex, ferro, manganès, metalls tòxics, etc.) i biològics o orgànics (DBO, DQO, COT, mesures microbiològiques). En el cas de caracteritzar les

aigües residuals, els més corrents són: pH, DBO, contingut de sòlids (ST, SST, SSV), DQO i COT.

Mentre que els abocaments d'aigües residuals urbanes o domèstiques solen tenir una certa uniformitat de cabal i de càrrega contaminant, no és així en les aigües residuals de les indústries en general. Les indústries alimentàries generen una gran quantitat d'aigües residuals que provenen d'uns orígens molt variats: pells, sang, greixos, residus lactis, detergents de rentat d'instal·lacions, residus vegetals, aigua de rentat de productes, etc. Això queda reflectit a les taules següents on es mostren uns quants tipus d'aigües residuals generats per diverses indústries.

## Processos de tractament

Les aigües de la indústria alimentària contenen una gran proporció de matèria orgànica en comparació als efluent domèstics (entre 100 i 350 ppm de DBO5). Com s'ha vist en els exemples anteriors, la seva DBO i els sòlids en suspensió són molt elevats. Això fa que els tractaments d'aigües residuals de les indústries alimentàries siguin principalment tractaments biològics, encara que també és freqüent el tractament fisicoquímic previ al biològic.

Per definir un procés de tractament d'aigües residuals, cal examinar amb detall l'origen i les característiques de



Vegetal	Procés	DBO (mg/l)
Pèsols	Aigües de rentat	3.700
	Vessadures del blanqueig	13.800
	Fons dels dipòsits de blanqueig	34.500
Cítrics	Liquid de la sitja	35.000 - 78.000
	Rentat de la fruita	20 - 110
	Pelat	30.000
	Tallat	2.500
	Aigües de rentat de terres	4.000
	Degoteigs de les tremuges de pells	30.000

**Taula 1. Aigües de plantes de conserves vegetals**

cada un dels efluent. Aquesta revisió és essencial, ja que pot revelar un primer punt important abans de determinar el tractament, i que pot permetre reduir els efluent contaminants. Això es pot fer mitjançant el reciclatge o la reutilització de determinats cabals dins la mateixa indústria, o bé mitjançant canvis en el procés de manera que es redueixi el cabal i/o la càrrega contaminant. Un cop resolt el punt anterior, caldrà definir pròpiament el procés de tractament adient.

Per definir una instal·lació de tractament cal conèixer les dades següents:

- volum diari i característiques mitjanes dels efluent;
- cabal mínim i màxim;
- importància i periodicitat de les puntes de contaminació;
- possibilitat de separar diversos circuits i, per tant, diversos tractaments.

Sovint és convenient aïllar alguns efluent per a sotmetre'ls a tractaments diferenciats, o bé a un tractament previ abans de barrejar-los amb la resta d'efluent per a un tractament final comú.

D'una manera general, els tractaments d'aigües residuals es classifiquen en: pretractaments, tractaments primaris, secundaris i terciaris. Els

pretractaments són tractaments de tipus físic, els primaris són de tipus físic o fisicoquímic, els secundaris de tipus biològic, i els terciaris poden ser físics, químics, fisicoquímics o biològics.

### Pretractaments

Solen consistir en l'eliminació de sòlids o d'escumes de separació fàcil, o bé en l'homogeneïtzació dels efluent derivats del procés de fabricació. Les seves funcions primordials són: reduir el dimensionament dels tractaments posteriors i, per tant, el seu cost, i evitar possibles avaries en les instal·lacions.

**Desbast.** Serveix per separar de l'aigua les partícules sòlides de mida més gran (papers, pedres, fulles...).

**Desarenat.** Separa la sorra de l'aigua.

**Separació d'oli i greix.** La separació d'oli i greix es fa per flotació i sobreeximent (aeroflotació). De vegades cal emprar tensioactius o surfactants. És important, altrament l'oli impediria la decantació dels sòlids en suspensió.

**Homogeneïtzació.** S'aplica per uniformitzar els cabals i les càrregues contaminants dels efluent de la indústria

tria i per garantir la mínima variació dels cabals i les característiques dels efluent en els tractaments posteriors.

**Neutralització.** Correcció del pH.

### Tractaments primaris

El tractament primari a moltes indústries es converteix en el tractament final abans de l'abocament. No és així, en canvi, a les indústries alimentàries en general, en què es converteix en un tractament previ abans del secundari o biològic, el qual es dedicarà a eliminar la càrrega orgànica contaminant.

Les finalitats d'aquest tractament fisicoquímic són:

- eliminació d'olis en emulsió i de matèries en suspensió;
- clarificació de l'aigua precipitant matèries col·loïdals.

Això comporta una certa reducció de la DBO i de la DQO.

Els equips emprats en aquests tractaments són molt variats, i el seu disseny depèn del tipus de contaminació de l'aigua i, per tant, de la indústria, i també de la relació entre el cabal a tractar i l'espai disponible per al tractament. Aquestes operacions són la decantació i la coagulació-floculació; si es formen escumes o emulsions, també s'ha de considerar la flotació.

**Decantació.** Pot ser física, si no s'introdueix cap producte químic al sistema i només s'eliminen partícules en suspensió no estable, o bé fisicoquímica, si s'introdueixen productes químics (coagulants) que facilitin la decantació de les partícules en suspensió estable.

**Coagulació-floculació.** S'addiciona un agent de coagulació, com ara sulfat d'alumini, que força el col·loïde a formar aglomerats (coàguls), els quals s'estabilitzen en floes per addició

Procés	DBO5 (ppm)	Sòlids totals (ppm)	Sòlids totals volàtils (ppm)	Greix (ppm)
Emmagatzematge	40 - 265	15.600 - 20.600	2.500 - 3.400	—
Transport	3.050 - 67.200	18.400 - 64.900	5.900 - 46.900	1.315 - 17.235
Deixalles de peix	30.500 - 32.500	46.750 - 61.760	29.550 - 46.250	10.655
Assecatge	120 - 300	14.200 - 18.950	1.900 - 7.960	45
Centrifugació	56.350 - 112.500	33.600 - 79.200	12.600 - 66.400	4.230 - 24.400
Tancs	47.100	53.000	45.500	18.160
Evaporadors i altres	200 - 8.050	13.760 - 16.260	1.700 - 12.400	16 - 330

**Taula 2. Composició de les aigües residuals de la preparació de conserves de peix**



Operacions	Sòlids (mg/l)		Nitrogen (mg/l)		DBO (mg/l)	pH
	Totals	Suspensió	Orgànic	NH3		
Sala de matança	1.840	220	135	6	825	6,6
Sang i aigua	44.640	3.690	5.400	205	32.000	9,0
Dipòsit per escaldar	13.560	8.360	1.290	40	4.600	9,0
Eliminació de cerres	1.540	560	160	10	650	6,7
Processament de cerres	4.680	80	590	30	3.400	-
Neteja de cerres	7.680	6.780	820	20	2.200	6,9
Sala d'especejament	2.840	610	35	2,5	520	7,4
Tripada	22.600	15.120	645	45	13.200	6,0
Sala de processament de la carn	26.480	1.800	85	12	2.040	7,3
Adobament de la carn	34.100	1.720	255	25	460	6,7
Neteja	9.560	920	110	17,5	1.960	7,3
Adob	140.000	-	2.750	40	18.000	5,6
Embotit	11.380	560	140	4	800	7,3
Llards	820	180	85	225	180	7,3
Subproductes	4.000	1.380	190	50	2.200	6,7
Neteja	18.260	4.120	60	5	1.300	9,6

**Taula 3. Càrrega contaminant, per zones, d'un escurador de porcs**

d'agents de floculació i així podran ser decantats fàcilment.

### Tractaments secundaris

En els tractaments biològics o secundaris, els bacteris i altres microorganismes destrueixen i metabolitzen les matèries orgàniques solubles o col·loïdals no eliminades en el tractament primari bo i convertint-les en formes més estables. Es divideixen en aeròbics i anaeròbics.

Els tractaments aeròbics són la forma més comuna de tractar les aigües residuals amb càrrega contaminant orgànica i consisteixen en l'assimilació de la matèria orgànica pels microorganismes en presència d'oxigen i nutrients. Els tractaments aeròbics es divideixen principalment en llots actius, filtres percoladors o biorreactors i contactors biològics rotatius.

Els tractaments anaeròbics esdevenen cada dia més importants, especialment en els casos de cabals i càrregues contaminants grans, cosa freqüent en la indústria alimentària. Els seus avantatges són la producció de metà, el

qual es pot cremar per produir energia, i que no necessita l'aportació d'oxigen i genera pocs fangs.

En canvi, presenta com a inconvenients més importants el fet que el rendiment de l'eliminació de la matèria orgànica és inferior als mètodes aeròbics, que cal treballar a una certa temperatura (> 30°C) i que la inversió inicial és elevada.

Per dur a terme la digestió anaeròbia s'empren diverses solucions: per contacte, per filtre anaeròbic, pel sistema UASB o per llit fluiditzat.

### Tractaments terciaris

S'apliquen quan les aigües residuals necessiten una depuració més gran que la que s'ha pogut obtenir amb els tractaments primari i secundari.

Això pot ser degut al fet que els tractaments primari i secundari són del tot insuficients, que les exigències de l'Administració en les condicions a complir en el punt d'abocament són molt grans, o que aquella aigua es pensa reutilitzar en alguna part concreta del procés de fabricació.

Entre els tractaments terciaris més emprats, els més utilitzats en la indústria alimentària solen ser la filtració, l'adsorció amb carbó actiu, l'oxidació amb ozó i, finalment, la cloració.

### Tractaments de fangs i eliminació de residus

El tractament de fangs o llots és necessari per reduir-ne el volum i l'activitat, però esdevé cada dia un problema més greu. Hom no es pot conformar separant la càrrega contaminant de l'aigua residual, sinó que els subproductes d'aquests tractaments s'han de tractar i eliminar de manera adequada.

Els fangs o llots procedents dels tractaments primaris de les indústries alimentàries solen contenir greixos, carbohidrats, proteïnes i qualsevol resta infiltrada al drenatge de la fàbrica, i poden arribar a concentracions d'un 5 % de sòlids. Per desfer-se d'aquests fangs, ja sigui com a producte comercial (adob o altre) o per abocament, cal concentrar-los i assecar-los. El tractament general de fangs es divideix en espessiment (decantació de l'aigua menys lligada), deshidratació (mitjançant mètodes com la centrifugació), estabilització (per eliminar la possible activitat química romanent) i la destinació final (es dipositen a l'abocador).

L'alternativa de la incineració no està gaire desenvolupada al nostre país. La incineració només produeix cendres com a subproducte, però, quant a l'emissió de gasos a l'atmosfera, actualment està fortament qüestionada per les organitzacions ecologistes. A més del fet que els residus no sempre són aptes per a la seva incineració eficient, aquest procés és molt car en inversió i explotació. Si, a més, el residu té un poder calorífic baix i la quantitat generada no és important, el cost és totalment prohibitiu.

### Exemples de processos de tractaments per sectors

A les indústries alimentàries, el procés de producció acostuma a tenir tres fases. En primer lloc, la neteja de les matèries primeres i l'eliminació de la part no comestible. Ambdues generen les aigües de neteja i les aigües de



transport. En segon lloc, la preparació del producte que origina les aigües de procés, escaldat, coccio, refrigeració, generació de vapor, condensació, etc. Finalment, hi ha les aigües de neteja de la maquinària, de les instal·lacions i dels locals.

Tot això fa, com ja hem vist abans, que les característiques de totes aquestes aigües siguin extremament variables; per exemple, s'hi pot trobar una DBO des de 100 mg/l fins a 100.000 mg/l, el pH pot oscil·lar entre 3,5 i 11.

A la taula 4 es mostren quins han estat els tractaments més adequats en

funció del problema o característiques del sector o tipus d'indústria, i els rendiments mitjans obtinguts.

## Bibliografia

BALDI. *Tratamiento de las aguas residuales en la industria alimentaria*. ITEMA (UPC), 1992.

BRENNAN. *Las operaciones de la ingeniería de los alimentos*. 2a ed. Acribia, 1980.

DAVIS, CORNWELL. *Introduction of Environmental Engineering*. 2a ed. McGraw-Hill, 1991.

DEGREMONT. *Manual técnico del agua*. 1979.

MASTERS. *Introduction to Environmental Engineering and Science*. Prentice-Hall, 1991.

METCALF & EDDY. *Ingeniería sanitaria. Tratamientos, evacuación y reutilización de aguas residuales*. Labor, 1985.

RAVENTÓS SANTAMARIA, MERCÈ; MAS VELLO, CONSOL *Tractament d'aigua residual a la indústria alimentària*. Edicions UPC, 1999. (exemplar disponible a l'ACCA per a consulta dels socis).

Sector o indústria	Producció	Característiques	Processos de tractament	Rendiments
Indústria conservera	Aliments en llauna. Aliments congelats	Gran quantitat d'aigua. Indústria molt diversificada. Aigües residuals amb elevada càrrega orgànica. Treball temporal	Desbastament. Tractament fisicoquímic. Filtres percoladors o fangs actius	Tractament fisicoquímic: 40-60 % de reducció de DBO. Filtres percoladors: 97 % reducció de DBO. Fangs actius: 90-95 % de reducció de DBO
Feculeries i indústries de la patata	Patates fregides, purès deshidratats, etc.	Aigua amb quantitats elevades de polpa residual	Decantació física. Fangs actius o UASB	UASB: 90 % de reducció de DBO
Indústria làctica	Llet, formatge, mantega, gelats, iogurt, etc.	Aigües amb tendència a tornar-se àcides molt ràpidament. Precipitació de la caseïna	Homogeneïtzació i control del pH. Decantació amb aeració. Filtres percoladors	Aeració: 50 % de reducció de DBO. Filtres percoladors: 90-97 % de reducció de DBO
Indústries fermentatives	Cervesa, vi, llevat, etc.	Generalment, grans volums d'aigües residuals d'alta càrrega orgànica i elevada concentració de sòlids totals	Tractament fisicoquímic. Digestió anaeròbia: UASB	Digestió anaeròbia: 90 % reducció de DBO.
Escorxadors i fàbriques elaboradores de productes carnis	Carns, pells, adobs, embolits, etc.	Aigües residuals molt diverses dins el mateix escorxador o la mateixa fàbrica. Contingut elevat de sòlids en suspensió	Escorxadors: Homogeneïtzació. Filtració. Flotació. Tractament biològic aerobi. Fàbriques elaboradores de productes carnis: Desbast. Homogeneïtzació. Decantació o floculació-decantació. Tractaments biològics aerobis: fangs actius o filtres percoladors	Decantació: reducció del 65 % de SS i del 35 % de DBO. Filtres percoladors: reducció del 80-90 % de DBO
Indústria sucraera	Sucre	Indústria temporal. Grans volums d'aigua residual amb elevada concentració de sorres, sòlids en suspensió i matèria orgànica	Reutilització introduint en el circuit de procés un desbast, un desarenador i una decantació fisicoquímica. Els fangs generats s'envien a grans dipòsits soterrats i s'aplica un tractament anaeròbic entre dues campanyes	
Indústries d'olis i greixos	Olis i derivats	Aigües residuals diverses amb valors extrems de pH (1-13). Problemes amb els residus generats	Homogeneïtzació. Neutralització. Coagulació-floculació. Flotació. Tractament biològic específic per a cada cas	Tractament fisicoquímic: 50-70 % de reducció de DBO
Indústries de cereals i derivats	Cereals, aperitius, etc.	Aigües residuals amb sucre, farina, restes de fruita i detergents.	Flotació i centrifugació en medi lleugerament àcid. Tractaments biològics: fangs actius i digestió anaeròbia en lliat fluiditzat	Tractament fisicoquímic i biològic aerobi: 80 % de reducció de DBO
Begudes no alcohòliques		Aigües residuals alcalines amb SS i DBO lleugerament superior a les domèstiques	Reutilització. Filtració. Abocament a la xarxa pública	

Taula 4. Exemples de processos de tractament per sectors