

Prohlášení

Společnost Pragosoja spol. s r.o. v zastoupení panem Ing. Zdeňkem Müller, ředitelem společnosti, prohlašuje, že poskytla panu Tomášovi Procházkovi pro vypracování bakalářské práce na téma *Nové technologie a moderní technologická zařízení pro extruzi a expandaci potravinářských a krmivářských produktů* tyto podklady:

- Neveřejné materiály z placených školení
- Literaturu týkající se řešené problematiky
- Know-how o extruzní technologii
- Ostatní vnitropodniková data

Z těchto důvodů požadujeme, aby bakalářská práce na výše uvedené téma nebyla zveřejňována a přístupna veřejnosti.

.....
Ing. Zdeněk Müller
ředitel společnosti

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
V PRAZE

TECHNICKÁ FAKULTA
KATEDRA TECHNOLOGICKÝCH ZAŘÍZENÍ STAVEB

**Nové technologie a moderní technologická zařízení pro extruzi
a expandaci potravinářských a krmivářských produktů**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: doc. Ing. Josef Maloun, CSc.

Vypracoval: Tomáš Procházka

Praha 2011

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Nové technologie a moderní technologická zařízení pro extruzi a expandaci potravinářských a krmivářských produktů* vypracoval samostatně a použil jsem jen pramenů, které cituji a uvádím v přiložené bibliografii.

V Praze 4. dubna 2011

.....
podpis studenta

Poděkování:

Na tomto místě bych chtěl poděkovat kolektivu firmy Pragosoja spol. s r.o., a zejména Ing. Přemyslu Procházkovi, za jeho ochotu, sdělené zkušenosti, připomínky a rady při tvorbě této bakalářské práce.

OBSAH

1	ÚVOD	4
1.1	PŮVOD SLOVA EXTRUZE	4
1.2	HISTORIE	4
1.3	ZÁKLADNÍ POPIS EXTRUZE	5
1.4	MOŽNOSTI EXTRUZE	5
2	OBECNÉ DĚLENÍ EXTRUZE	6
3	OBECNÉ DĚLENÍ EXTRUDÉRŮ	6
4	ZÁKLADNÍ TEORIE DOPRAVY SUROVINY POMOCÍ ŠNEKU	8
4.1	JEDNOŠNEKOVÝ EXTRUDÉR	8
4.2	DVOUŠNEKOVÝ EXTRUDÉR	8
4.3	POPIS PLNĚ OSAZENÉHO EXTRUDÉRU	10
5	JEDNOŠNEKOVÉ EXTRUDÉRY	11
5.1	POPIS PROCESNÍCH ZÓN	11
5.2	EXTRUDÉRY URČENÉ PRO TĚSTOVINY – STUDENÉ TVAROVÁNÍ	11
5.3	VYSOKOTLAKÉ FORMOVACÍ EXTRUDÉRY	11
5.4	VARNÉ EXTRUDÉRY S NÍZKÝM POMĚREM MÍSENÍ	12
5.5	KLEŠTINOVÉ EXTRUDÉRY	12
5.6	VARNÉ EXTRUDÉRY S VYSOKÝM POMĚREM MÍSENÍ	12
6	DVOUŠNEKOVÉ EXTRUDÉRY	13
6.1	POPIS PROCESNÍCH ZÓN	13
6.2	POROVNÁNÍ JEDNOŠNEKOVÝCH A DVOUŠNEKOVÝCH EXTRUDÉRU Z HLEDISKA MOŽNOSTÍ	15
7	POPIS PRŮBĚHU EXTRUZE PODLE ZÓN V EXTRUDÉRECH	16
7.1	DÁVKOVACÍ – PŘIJMOVÁ ZÓNA	16
7.2	PLASTIFIKAČNÍ A MÍŠÍCÍ ZÓNA	16
7.3	VARNÁ ZÓNA	17
7.4	DÝZA	17
7.5	EXPANZNÍ EFEKT SUROVINY PO OPUŠTĚNÍ DÝZY PŘI TERMOMECHANICKÉM VAŘENÍ BIOPOLYMERU	18
8	TECHNOLOGIE PŘÍMO SOUVISEJÍCÍ S EXTRUZNÍM PROCESEM	20
8.1	TURBO TECHNOLOGIE FIRMY SCHAAF TECHNOLOGIE GMBH	20
8.2	TECHNOLOGIE BUTTERFLY THROTTLE FIRMY COPERION	24
8.3	KOEXTRUZNÍ TECHNOLOGIE	24
8.4	NOŽOVÉ A PELETOVACÍ HLAVY EXTRUDÉRŮ	27
9	PŘEDEXTRUZNÍ TECHNOLOGIE	28
9.1	DÁVKOVÁNÍ SUROVIN DO EXTRUDÉRU	28
9.2	OBJEMOVÝ PRINCIP	28
9.3	LOSS-IN-WEIGHT	28
9.4	GRAVIMETRICKÝ PRINCIP	29
9.5	PŘEDVAŘENÍ / NAPAŘOVÁNÍ VSTUPNÍ SUROVINY	30
10	EXTRUDÉRY V POTRAVINÁŘSKÉM A KRMIVÁŘSKÉM OBORU	32
10.1	EXTRUDÉRY FIRMY SCHAAF TECHNOLOGIE GMBH	32
10.2	EXTRUDÉRY FIRMY BÜHLER AG	33
10.3	EXTRUDÉRY FIRMY FARMET A. S.	36
11	EXTRUDÉRY V OSTATNÍCH PRŮMYSLYVÝCH OBORECH	37
11.1	PLASTIKÁŘSKÝ PRŮMYSL	37

11.2	STAVEBNÍ PRŮMYSL.....	37
12	SUROVINY PRO POTRAVINÁŘSKOU A KRMIVÁŘSKOU EXTRUZI	38
12.1	PŠENICE.....	38
12.2	KUKUŘICE.....	38
12.3	RÝŽE	39
12.4	OVES.....	39
12.5	OSTATNÍ OBILOVINY	40
12.6	BRAMBORY.....	40
12.7	SÓJA	40
13	LÁTKY SLOUŽÍCÍ JAKO POJIVO	41
13.1	PROTEINY.....	41
13.2	ŠKROBY.....	41
13.3	VLÁKNINA	42
14	LÁTKY SLOUŽÍCÍ JAKO LUBRIKANTY A PLASTIFIKÁTORY	42
14.1	VODA.....	42
14.2	OLEJE A TUKY	42
14.3	EMULGÁTORY	43
15	LÁTKY PRO ZVÝŠENÍ MOHUTNOSTI EXPANZE	44
16	DOCHUCOVACÍ SUROVINY	44
16.1	SŮL.....	44
16.2	CUKR.....	44
17	SMĚSI SUROVIN.....	45
18	EXTRUZE A HYGIENICKÉ POŽADAVKY	46
19	PERSPEKTIVY EXTRUZE V KRMIVÁŘSTVÍ A POTRAVINÁŘSTVÍ	47
20	POROVNÁNÍ KLASICKÉ VARNÉ TECHNOLOGIE VŮČI EXTRUZNÍ PŘI VÝROBĚ CORN FLAKES A JEJÍ VLV NA VÝROBEK	50
21	ZÁVĚR.....	53
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	54
	SEZNAM OBRÁZKŮ	56
	SEZNAM TABULEK	57
	SEZNAM GRAFŮ	57
	SEZNAM TECHNOLOGICKÝCH SCHÉMAT	57
	SEZNAM PŘÍLOH	57
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A POJMŮ	58

1 Úvod

Cílem této bakalářské práce je vypracovat přehled moderních technologických postupů extruze potravinářských a krmivářských produktů. Dále navazuje popis funkcí zařízení používajících se pro extruzi a navazující operace. Také jsou zde uvedeny základní vlastnosti surovin vhodných k potravinářské a krmivářské extruzi. K tomuto tématu mne vedla práce ve společnosti Pragosoja spol. s r.o., která se zabývá výrobou cereálních potravin, extrudovaných krmiv a extrudované sóji, jak pro potravinářské, tak krmivářské účely.

1.1 Původ slova extruze

Pojem extruze je přejat z anglického jazyka a znamená "vysunutí či protlačení". Tímto slovem je vlastně definován základní princip extruze.

1.2 Historie

- **1797** - Joseph Bramah v Anglii poprvé aplikoval extruzní princip pro výrobu bezešvých trubek pomocí pístu.
- **1869** - Fellows a Bates vynalezli první dvoušnekový extrudér používaný primárně v masném průmyslu.
- **1873** - Firma Phoenix Gummiwerke vynalezla první jednošnekový extrudér pro výrobu gumy.
- **1930** - Celosvětový vývoj jednošnekových extrudérů pro výrobu těstovin.
- **1939** - První expandované kukuřičné lupínky – firma Adams Corporation.
- **1940** - První použití extrudérů pro výrobu suchých granulí pro psy.
- **1960** - Rozvoj kontinuálního vaření pomocí extrudérů, rozvoj cereálních výrobků, první patent na extruzi sóji firmou Archer Daniels Midland Company.
- **1980** - Největší rozvoj extruzních technologií díky výzkumům v USA. [1] [8]

1.3 Základní popis extruze

Extruze je technologický proces, při kterém se surovina pomocí jednoho či dvou šneků protlačuje zúženým otvorem tzv. dýzou. Při extruzi dochází vlivem vysokého tlaku (až 290MPa) ke krátkodobému zvýšení teploty na 90 – 150°C po dobu 1 – 20s. Při extruzi surovina mění strukturu i chemické složení. Zvyšuje se stravitelnost bílkovin, škrobů, tuků a vlákniny.[3] Na průběh tohoto procesu lze nahlédnout z různých hledisek a podle nich popsat děje probíhající při extruzi a expandaci.

1.4 Možnosti extruze

Extrudéry mohou během zpracování suroviny pro potravinářské a krmivářské účely plnit různé technologické funkce:

- Homogenizace a restrukturalizace neatraktivních surovin do více atraktivních struktur a tvarů
- Ohřátí / vaření suroviny pro zvýšení stravitelnosti škrobu, deaktivace toxinů nebo anti-nutričních komponentů jako je trypsinový inhibitor v sóje, a také dojde k pasterizaci produktu
- Produkování nových textur výsledného produktu, zahrnujících extrudované sojové maso, které má podobnou strukturu jako maso a vlhkých krmiv pro domácí mazlíčky
- Sjednocování suroviny do jednotného produktu
- Úprava hutnosti u plovavých a potápivých rybích krmiv
- Příprava předvařených a instantních ingrediencí a produktů
- Redukce vlhkosti v surovině
- Redukce spotřeby energie vůči klasickým technologickým operacím
- Lze použít jako reaktor pro deaktivaci aflatoxinů v burských oříšcích, destrukci alergenů a toxických sloučenin v zrnitých surovinách
- Zvýšení lisovatelnosti olejářských surovin [8]

2 Obecné dělení extruze

Extruze suchá

Je proces, při kterém na materiál působí pouze teplo a tlak. Do suroviny není aditivována voda. Tento proces je vhodný pro materiály obsahující více než 15% oleje, jako je například sója, řepkové výlisky a podobné olejnaté suroviny.

Extruze mokrá

Liší se od suché extruze aditivací vodou, napařováním, či přímou injektáží suroviny v extrudéru. Tento proces má daleko širší využití. Zpracovávaná surovina nemusí obsahovat žádný tuk. Používá se pro zpracování obilovin, luštěnin, kukuřice atd. [21]

3 Obecné dělení extrudérů

Dělení dle termodynamiky:

- **Adiabatické nebo autogenní** – teplo se vyvíjí na účet vlastní mechanické energie. Ohřívání nebo chlazení produktu není nutné. Těmto podmínkám odpovídají extrudéry na výrobu křupek.
- **Izotermické** extrudéry jsou ty, kde se konstantní teplota udržuje chlazením a odváděním tepla vytvořeného přeměnou mechanické energie v tepelnou.
- **Polytropní** extrudéry pracují mezi autogenními a izotermickými extrémními podmínkami. Všechny extrudéry v potravinářství by měly patřit do této skupiny. Je nutno poznamenat, že některé extrudéry pracují na hranicích platných pro adiabatické, či izotermické extrudéry.

Dělení dle pracovního tlaku:

- **Nízkotlaké** – většinou se používají pro předvařené směsi a pro výrobu těstovin. Na výstupu z dýz se produkt krájí, upravuje sušením, smažením, dochucováním. Pracovní tlak by neměl přesáhnout 8 MPa.
- **Středotlaké** – skládají ze z varné a extruzní části. Výchozí materiál se po přidavku vody předvaří a protlačuje se extrudérem za tlaku 8 – 13 MPa. Tento typ poskytuje největší variabilitu zpracované suroviny.

- **Vysokotlaké** – materiál je zahříván přeměnou mechanické energie šneku. Do tohoto typu se dávkuje pouze suché suroviny odpovídajících jakostních znaků, jelikož průběh extruze odpovídá těmto ukazatelům. Pracovní tlaky jsou v rozmezí 12 – 290 MPa. V těchto extrudérech lze dosáhnout až 180 °C.

Dělení dle pracovní teploty:

- **Studené** – pracují při teplotě do 40 °C, vlhkost vstupní suroviny se doporučuje v rozmezí 30 – 60 % podle druhu a kvality suroviny. Příkladem jsou extrudéry na výrobu těstovin, žvýkaček, cukrovinek atd.
- **Teplé** – pracují v teplotním rozmezí 40 – 100 °C. Vlhkost suroviny je doporučena mezi 20 – 30 % dle kvality suroviny. Příkladem jsou extrudéry na výrobu pelet, snacků, instantních mouk a sušených polévek.
- **Varné** – pracují při teplotách nad 100 °C až do 200 °C. Doporučená vlhkost suroviny je 10 – 20 %, ale minimální požadovaná je 5 % dle kvality suroviny. Příklady použití: výroba křupek a křehkého chleba.

Dle způsobu expanze:

- **Přímo expanzní** - expanze produktu se děje ihned po opuštění dýzy.
- **Nepřímo expanzní** - produkt je na dýze řezán nebo peletován, expanzní proces je prováděn pomocí teplého vzduchu nebo horkých olejových lázní.

Dle konstrukce:

- **Jednošnekové**
- **Dvoušnekové**

Toto rozdělení bude dopodrobna popsáno v dalších kapitolách této práce.[13]

4 Základní teorie dopravy suroviny pomocí šneku

Pro dopravu práškové suroviny směrem dopředu musí být tření na válci (obalu šneku) vyšší než na šneku, tzn. vnitřní povrch válce musí být drsný, zatímco povrch šneku hladký. Budeme-li uvažovat šroub a tuhou matici (v našem případě sypkou surovinu), která se bude při otáčení šneku pohybovat v axiálním směru pouze tehdy, nebude-li se protáčet. Z toho vyplývá, že bez dostatečného tření na válci nebude existovat dopředný pohyb suroviny.

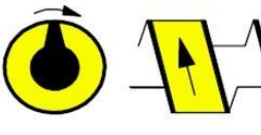
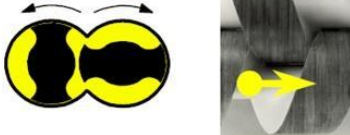
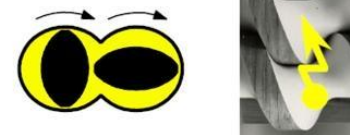
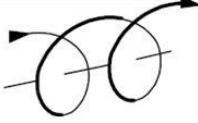



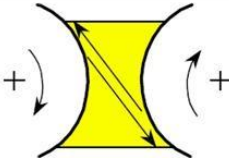
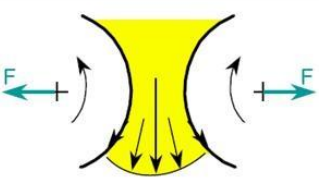
Proto jsou šneky leštěny pro získání nižšího koeficientu tření. Jelikož u válců je potřeba vyššího koeficientu tření, tak nikdy nejsou leštěny, právě naopak, u násypek jsou záměrně drážkovány. Tuto teorii lze aplikovat na všechny způsoby dopravování materiálu pomocí šneků.

4.1 Jednošnekový extrudér

Jednošnekový extrudér využívá dopravního efektu šnekovnice. Dopravní schopnost jednošnekové extrudéry závisí na tření mezi surovinou a stěnou pláště. Trajektorii dopravované suroviny je spirála. Nedochozí zde k většímu promíchávání suroviny, proto se jednošnekové extrudéry používají spíše pro tepelné zpracování homogenních surovin, či pouze pro formování suroviny do požadovaného tvaru.

4.2 Dvoušnekový extrudér

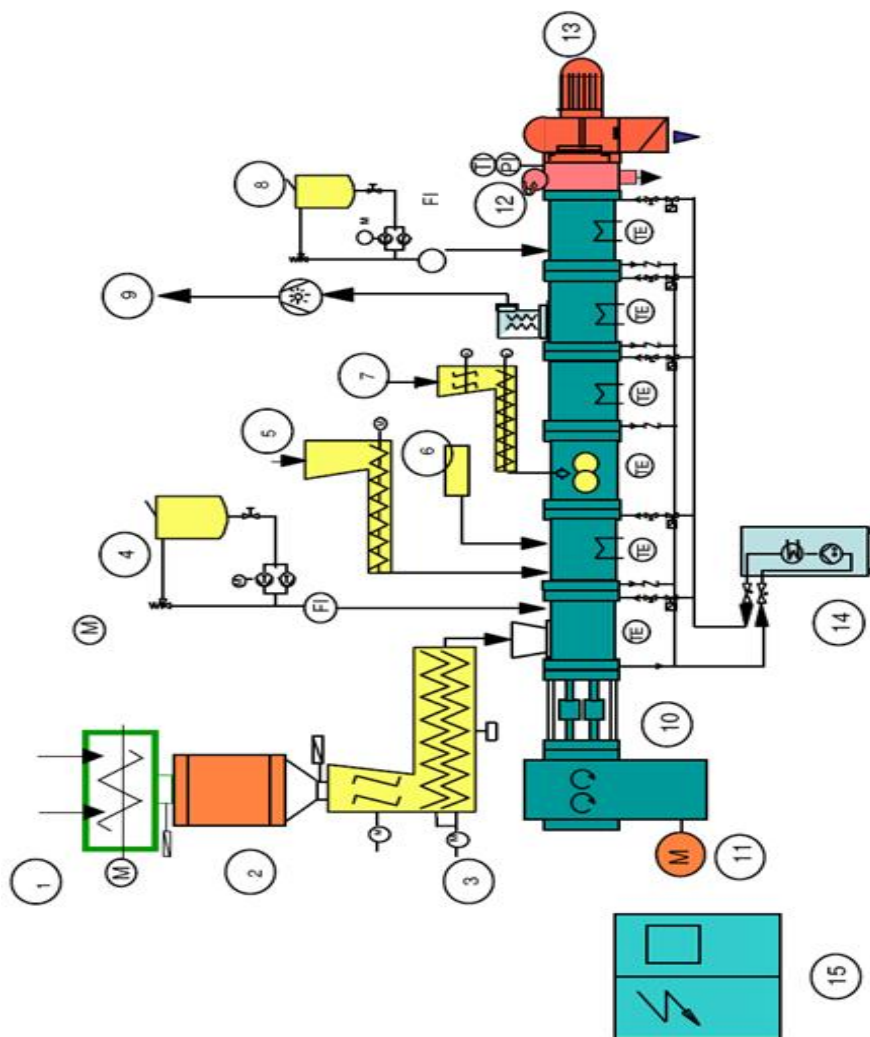
Využívá dopravního efektu šnekovnice a interakce mezi dvěma šneky k mísení zpracovávané suroviny. Toto mísení vede ke vzniku smykového napětí v surovině, což zajišťuje velice dobré promísení suroviny a k případnému rozpadu větších frakcí suroviny. Pohyb suroviny mezi dvěma šneky je závislý na směru otáčení šneků, zda jsou otáčky šneků orientovány souhlasně, či různě. Tyto pohyby jsou popsány v následné tabulce porovnání. [2]

Jednošnekový extrudér	Porovnání dráhy toku suroviny	
	Nesouhlasný směr otáčení	Souhlasný směr otáčení
Axial open system 	Axial closed system 	Axial open system 
		
		

Tab. č. 1: Porovnání dráhy toku suroviny

4.3 Popis plně osazeného extrudéru

Na obrázku č. 1 je vyobrazen extrudér osazený kompletním možným periferním zařízením firmy Coperion GmbH. Toto příslušenství se může u různých výrobců mírně lišit.

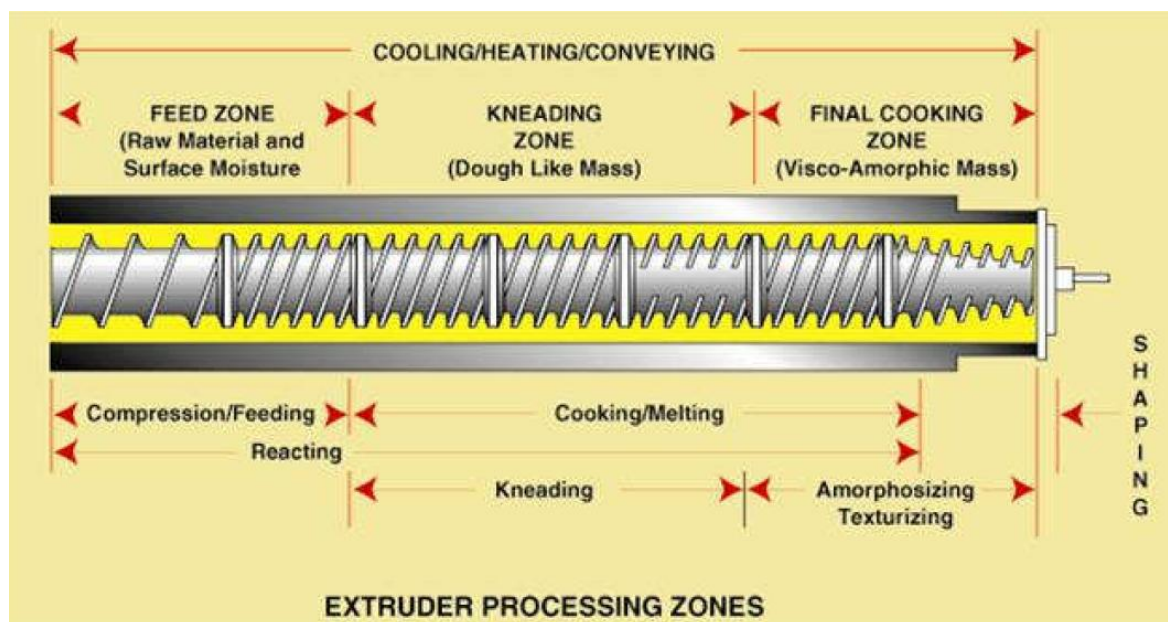


- 1 Míchačka pro přípravu směsi
- 2 Vyrovnávací zásobník
- 3 Dávkovač sypkých surovin
- 4 Dávkovač tekutých surovin
- 5 Dávkovač kašovitých surovin
- 6 Přímá injektáž páry
- 7 Boční dávkovač
- 8 Dávkování tuků, barviv, dochucovadel
- 9 Odplyňovací zařízení
- 10 Dvoušnekový extrudér
- 11 Hlavní motor
- 12 Ventil – startovací
- 13 Dýza a peletizér
- 14 Elektrický ohřev / vodní chlazení
- 15 PLC – počítačový ovládací systém

Obr. č. 1 – Popis extrudéru [7]

5 Jednošnekové extrudéry

5.1 Popis procesních zón



Obr. č. 2: Procesní zóny jednošnekového extrudéru

Cooling/heating/conveying = chlazení/ohřev/doprava suroviny

Feed zone = vstupní zóna pro dávkování suroviny

Kneading zone = míchací zóna

Final cooking zone = finální varná zóna

Compression/feeding = stlačení/vstup suroviny

Cooking/melting = vaření/rozpouštění škrobů

Amorphosizing, texturizing = amorfizace, texturace

Shaping = tvarování

5.2 Extrudéry určené pro těstoviny – studené tvarování

Jedná se o nízkotlaké extrudéry s hladkým povrchem válců, vysokým profilem šneku a nízkými otáčkami. Primárně jsou určeny pro zpracování vlhčené krupice s nízkou teplotou varu. Podobné konfigurace se používají též pro pekárenské účely, zpracování masa a některé druhy cukrovinek.

5.3 Vysokotlaké formovací extrudéry

Extrudéry s nízkým poměrem mísení, drážkovaným válcem a dlouhou kompresní zónou. Typické použití je pro předem zgelovatělé cereálie, výrobu těsta a pelet. Výstupní teplota produktu se udržuje na co nejnižší úrovni, aby nedošlo k nežádoucímu efektu expanze.

5.4 Varné extrudéry s nízkým poměrem mísení

Mají nízký poměr mísení, ale dosahují vysokých tlaků. Varné zóny jsou zahřívány pomocí válce. V extrudéru dochází dle suroviny k pasterizaci, inaktivaci enzymů, zgelovatění škrobu a denaturaci proteinů. Na konci dýzy je vyžadován efekt expanze. Příkladem použití jsou mírně vlhké potraviny a texturované sójové proteiny.

5.5 Kleštinové extrudéry

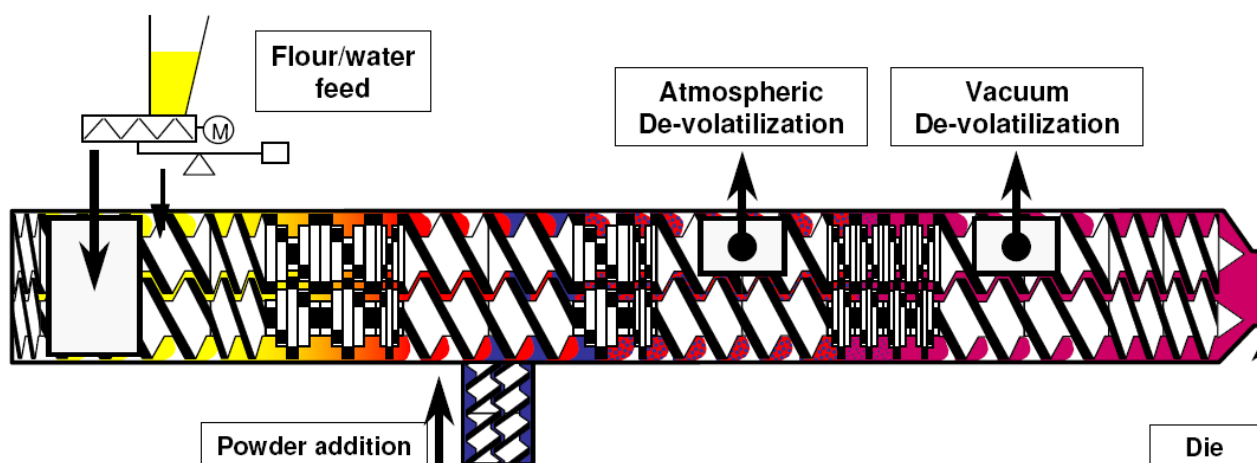
Stroje s vysokým poměrem mísení a drážkovaným válcem. Šnek je mělký s nízkým stoupáním. Surovina je rychle zahřívána až na 175°C, kdy dojde k denaturaci škrobu a částečnému zgelovatění. Produkt následně prochází dýzou a dochází k velice silnému expanznímu efektu. Klasické použití tohoto extrudéru je pro kukuřičné krupice.

5.6 Varné extrudéry s vysokým poměrem mísení

Jedná se o stroje, které byly převzaty z plastikářského průmyslu. Mají šnek s proměnným stoupáním a různou výškou profilu šneku. Jsou schopny dosahovat vysokých teplot, tlaků. To navozuje jejich schopnost dosahovat různých hladin efektu expanze. Tento způsob extruze bývá občas označován jako „thermoplastická extruze“.

6 Dvoušnekové extrudéry

6.1 Popis procesních zón



Processing zones:

Feed, Conveying	Plastifying	Conveying Intake	Mixing	Venting	Homo- geni- zation	De- volatilization	Dis- charge Pressure build-up
--------------------	-------------	---------------------	--------	---------	--------------------------	-----------------------	--

Obr. č. 3: Popis procesních zón dvoušnekové extrudéry [2]

Flour/water feed = dávkování mouky/vody

Atmospheric De-volatilization – atmosférické odvzdušnění

Vacuum De-volatilization – vakuové odvzdušnění

Processing zones = procesní zóny

Feed, Conveying = vstupní a dopravní zóna

Plastifying = plastifikace suroviny

Conveying intake = dodatečné dávkování suroviny (pro teplotně náchylné suroviny)

Mixing = míchání

Venting = odvzdušnění

Homogenization = homogenizace suroviny

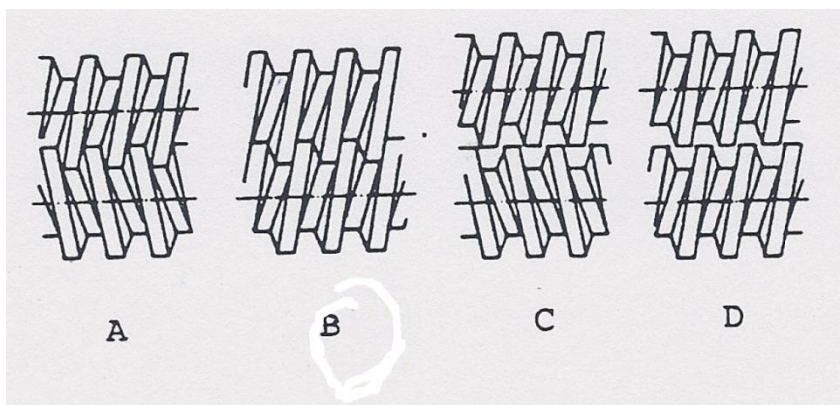
De-volatilization = odplynění

Discharge, pressure build-up – vyprazdňovací zúžená zóna

Die = dýza

Rozdělení dvoušnekových extrudérů:

- Neprolínající, se souhlasnou rotací šneků (Obr. č. D)
- Neprolínající, s opačnou rotací šneků (Obr. č. C)
- Prolínající, se souhlasnou rotací šneků (Obr. č. B)
- Prolínající, s opačnou rotací šneků (Obr. č. A)



Obr. č. 4: Rozdělení dvoušnekových konstrukcí [10]

Všechny tyto varianty se standardně používají v praxi. Bylo zjištěno, že neprolínající se dvoušnekový systém se chová jako dva separátní šneky po celé délce. Nejpopulárnější modifikací je prolínající se souhlasně točící systém, který využívá samočisticího efektu šnekovnic. Avšak v posledních letech roste využití prolínajících se šneků s opačnou rotací z důvodu jejich dobré schopnosti vyvinout velký tlak.

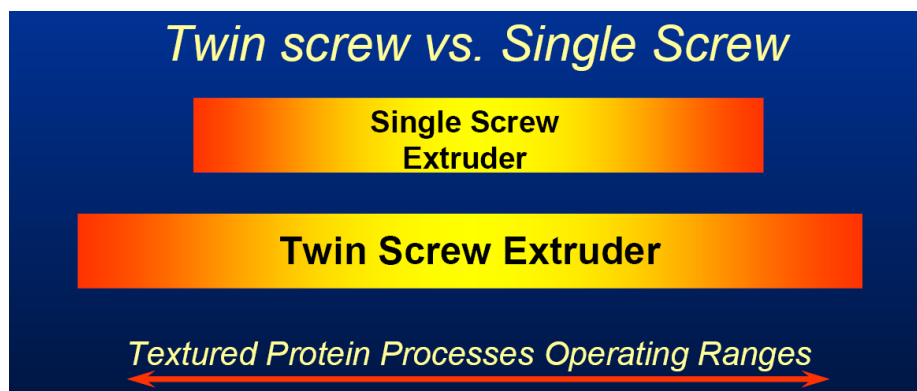
Systém prolínajících se šneků je oproti jednošnekovým extrudérům velice nákladný - až o 50 – 150% pořizovací ceny při stejném výkonu. Výhody těchto extrudérů ale převažují.

Výhody dvoušnekových extrudérů oproti jednošnekovým:

- 1) Velice silný dopravní efekt a s tím spojené pulzování na dýze
- 2) Jednodušší proces přechodu z laboratorních podmínek do praxe
- 3) Velice dobrý mísící poměr a lepší termodynamika celého procesu

6.2 Porovnání jednošnekových a dvoušnekových extrudérů z hlediska možností

Společnost Wenger porovnávala a následně vydala toto srovnání extrudérů:



Obr. č. 5: Pracovní rozsahy extrudérů [11]

Single screw extruder = jednošnekový extrudér

Twin screw extruder = dvoušnekový extrudér

Textured protein processes operating ranges = pracovní rozpětí pro texturované proteiny

V úvahu byli brány tyto vlastnosti:

- Výsledná vlhkost produktu
- Obsah lipidů v surovině
- Výsledný index PID produktu
- Rozpětí struktur výsledného produktu
- Životnost šnekovnic

Porovnání z dalších hledisek:

Systém	Jednošnekový extrudér	Dvoušnekový extrudér
Pořizovací cena	1	1,75 – 2,5
Provozní cena	1	1,75
Flexibilita surovin	Dobrá	Výborná
Potřeba změny konfigurace šneku při jiném produktu	Ano	Ano
Složitost systému	Střední	Vysoká

Tab. č. 2: Porovnání extrudérů z různých hledisek [11]

7 Popis průběhu extruze podle zón v extrudérech

7.1 Dávkovací – přijmová zóna

Zde je do extrudéru dodávána surovina. Tato část musí být schopna zabezpečit dopravu do dalších částí šnekovnice a zamezit možnému zpětnému toku suroviny v případě ucpání dalších zón. Šnekovnice zde mají vysoký profil a vysoké stoupání.



Obr. č. 6: Šnekové dopravní segmenty dvoušnekového extrudéru

7.2 Plastifikační a mísící zóna

Tyto zóny lze libovolně řadit i spojit. Dojde v nich k promísení suroviny, jejímu zahřátí, čímž dochází k částečnému zgelovatění škrobů a k hydrataci proteinů. Tímto se vytvoří kompaktní hmota – tavenina, která pokračuje do další zóny. Šnekovnice zde má malý profil a malé stoupání, v případě některých konfigurací žádné.



Obr. č. 7: Mísící segmenty dvoušnekového extrudéru

7.3 Varná zóna

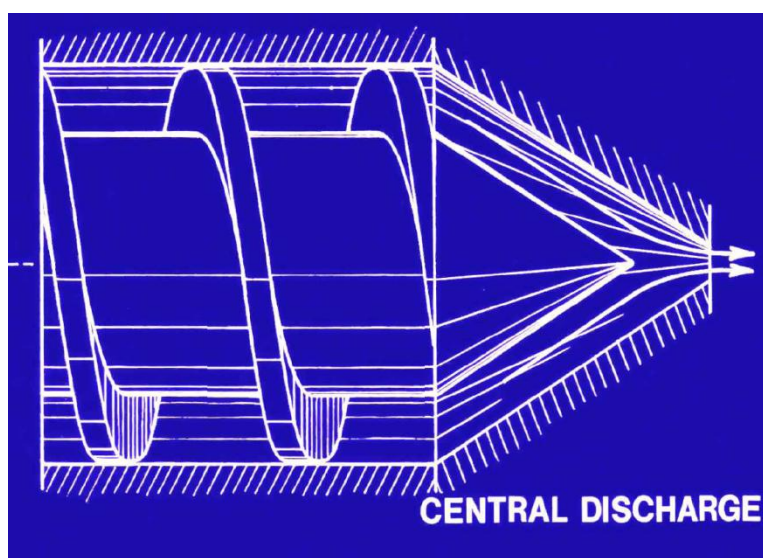
V této zóně probíhá finální zgelovatění škrobů a denaturizace proteinů díky přítomnosti vysokých teplot a tlaků. Zde také dochází ke stlačení vodních par, které následně působí jako původce expanzního efektu.



Obr. č. 8: Šnekové segmenty pro varnou část dvoušnekového extrudéru

7.4 Dýza

Jedná se nejdůležitější součást extrudéru. Dýza redukuje průtok suroviny extrudérem a tvaruje taveninu do požadovaného tvaru. Na konci dýzy dochází k expanznímu efektu. Problematika ohledně tvarování dýz je velice složitá a je zde nutno zohlednit mnoho faktorů.



Obr. č. 9: Základní tvar dýzy jednošnekového extrudéru s vyznačeným tokem taveniny [12]



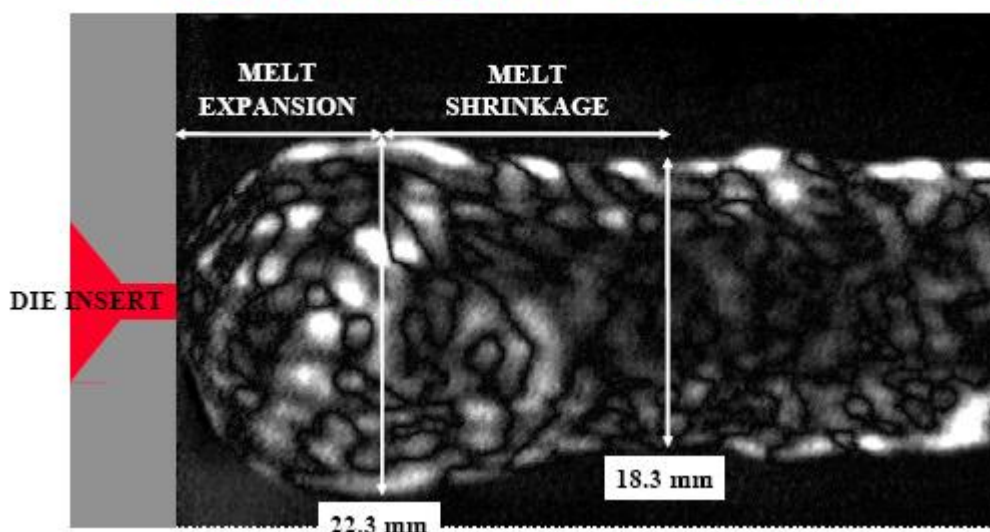
Obr. č. 10: Různě tvarované dýzy [12]

7.5 Expanzní efekt suroviny po opuštění dýzy při termomechanickém vaření biopolymeru

Proces expanze velice ovlivňuje tvar a strukturu výsledného produktu. Proto je důležité tento proces sledovat a analyzovat pro výrobu kvalitních produktů.

Během průtoku suroviny extrudérem je voda obsažená v surovině ohřívána (150 – 180 °C) a stlačována (40 – 120 barů). V takovýchto podmínkách je voda v tekutém stavu a dokonale promísena se škrobovou taveninou. Při opuštění dýzy se voda dostává do atmosférického tlaku, mění se na páru a mohutným způsobem expanduje, přičemž vytváří bubliny v tavenině.

MELT EXPANSION AT THE DIE EXIT



Obr. č. 11: Expanze taveniny na výstupu z dýzy

die insert = vstupní dýza

melt expansion = expanze taveniny

melt shrinkage = smrštění taveniny

Expanzní proces lze rozdělit do dvou částí:

1) Fáze rozvoje

Expanzi páry v této fázi lze popsat jako kvazi-adiabatický děj. Skládá se z nukleace vodních bublin uvnitř produktu, bublina se zvětšuje a následně dojde k prasknutí bubliny z důvodu nesoudržnosti buněčné stěny produktu. Takto uvolněná pára proniká celým průřezem produktu do okolí a vytváří pěnovou strukturu produktu. Tímto pochodem ztrácí produkt vlhkost a teplotu. Tento děj trvá maximálně 1s.

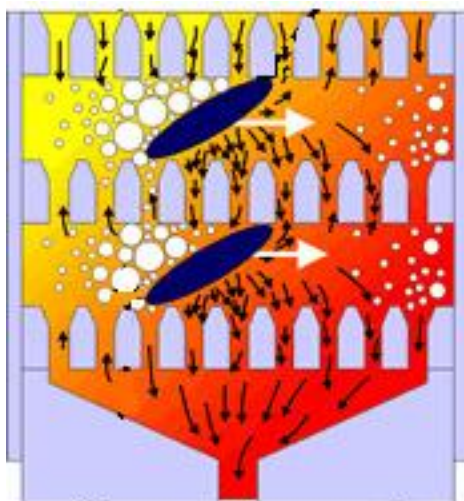
2) Fáze smrštění

Během této fáze tavenina tuhne a dochází zde ke konveční výměně tepla mezi taveninou a okolím. Díky ochlazení se pěnová struktura začne zatahovat, smršťovat a tuhnout a vzniká finální produkt extruze.

8 Technologie přímo související s extruzním procesem

8.1 Turbo technologie firmy Schaaf Technologie GmbH

Turbo přístroj je velice jednoduchý proces řazený do jednošnekových extrudérů firmy Schaaf. Princip zařízení je založen na prerušení pravidelného toku suroviny pomocí děrovaných kotoučových segmentů zařazených za koncem šneku. Díky tomu se zastaví pohyb suroviny ve směru šroubovice, čímž vznikne silně turbulentní proudění suroviny. Turbulentní proudění pomáhá promísení materiálu, lepšímu tepelnému toku mezi stěnou obalu a surovinou a druhotnému zvýšení tlaku na šnek. Toto vše má velice silný vliv na průběh extruze. Tyto vlivy jsou nejvíce patrné v grafech vydaných společností Schaaf.

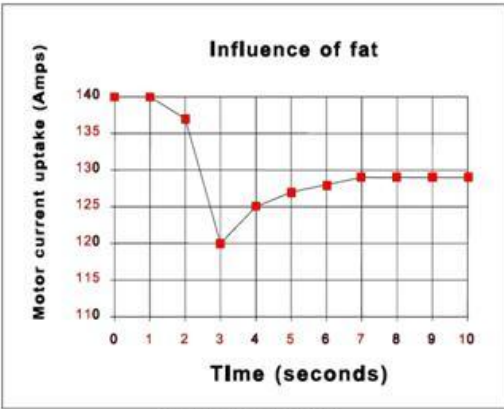
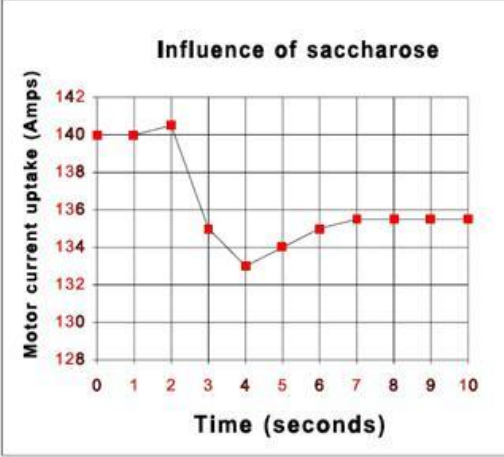
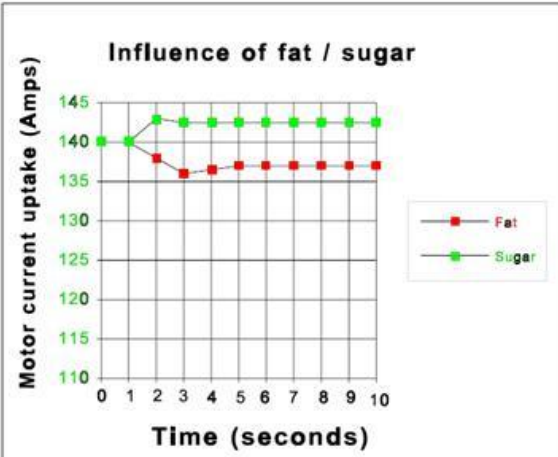


Obr. č. 12: Řez turbem

Tab. č. 3: Zatížení motoru extrudéru při konstantním dávkování

<p style="text-align: center;">Figure 1: without TURBO</p>	<p style="text-align: center;">Figure 7 with TURBO</p>
Graf zatížení bez turba	Graf zatížení s turbem
<p>Current uptake at constatn dosing = aktuální příkon motoru ex. při konstatním příjmu suroviny 200kg/h Current uptake (Amps)= aktuální vytižení [As^{-1}] Screw speed (rpm) = otáčky šneku [ot/min] Zelená plocha - aktuální zatížení motoru Červená plocha - krouticí moment na šneku</p>	
Tab. č. 4: Grafy závislosti vstupní energie / extruzní teploty	
<p style="text-align: center;">Energy input / Extrusion temperature</p> <p style="text-align: center;">Screw speed (rpm)</p>	<p style="text-align: center;">Energy input / Extrusion temperature</p> <p style="text-align: center;">Screw speed (rpm)</p>
Graf zatížení bez turba	Graf zatížení s turbem
<p>Energy input = vstupní energie Extrusion temperature = extruzní teplota</p>	

Tab. č. 5: Vliv tuků a sacharózy na zatížení motoru

 <p style="text-align: center;">Figure 3: without TURBO</p>	<p>Graf vlivu tuku je uveden společně s grafem vlivu cukru.</p>
 <p style="text-align: center;">Figure 4: without TURBO</p>	 <p style="text-align: center;">Figure 9</p>
<p>Graf zatížení bez turba</p>	<p>Graf zatížení s turbem</p>
<p>Motor current uptake (Amps)= aktuální vytížení motoru [As^{-1}] Time (seconds) = čas [s] (čas zdržení suroviny v extrudéru) Fat = tuk (graf je pro 3% obsah tuku v surovině) Saccharose = cukry (graf je pro 10% cukru v surovině)</p>	

Z grafů přímo vyplývají tyto body:

- vložené turbo nemění zásadně charakteristiku zatížení motoru - Tab. č. 3
- regulace extruzního procesu je s turbem jednodušší - Tab. č. 4
- přítomnost turba příznivě ovlivňuje zatížení motoru při přítomnosti tuků a cukrů - Tab. č. 5

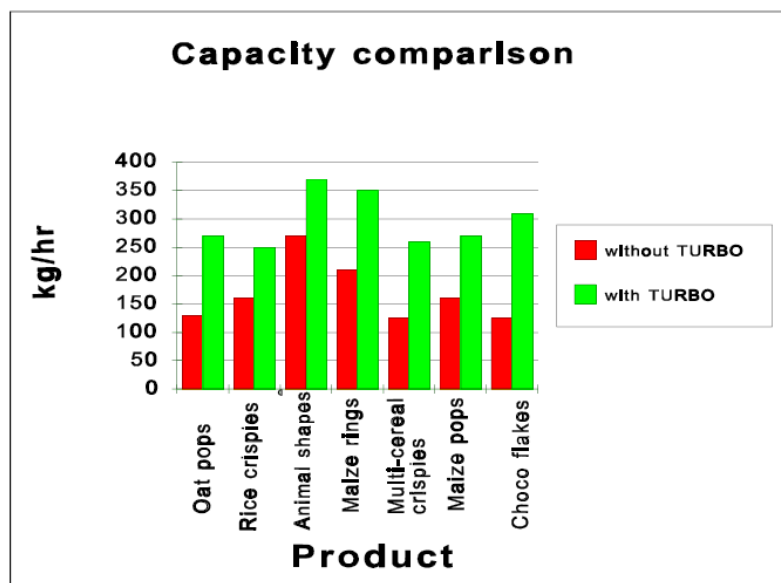


Figure 6

Graf. č. 1: Porovnání kapacity extrudéru s technologií a bez technologie Turbo

Oat pops = ovesné produkty

Rice crispies = rýžové crispies

Animal shapes = zvířecí krmiva

Maize rings = kukuřičné kroužky

Multi-cereal crispies = multicereální crispies

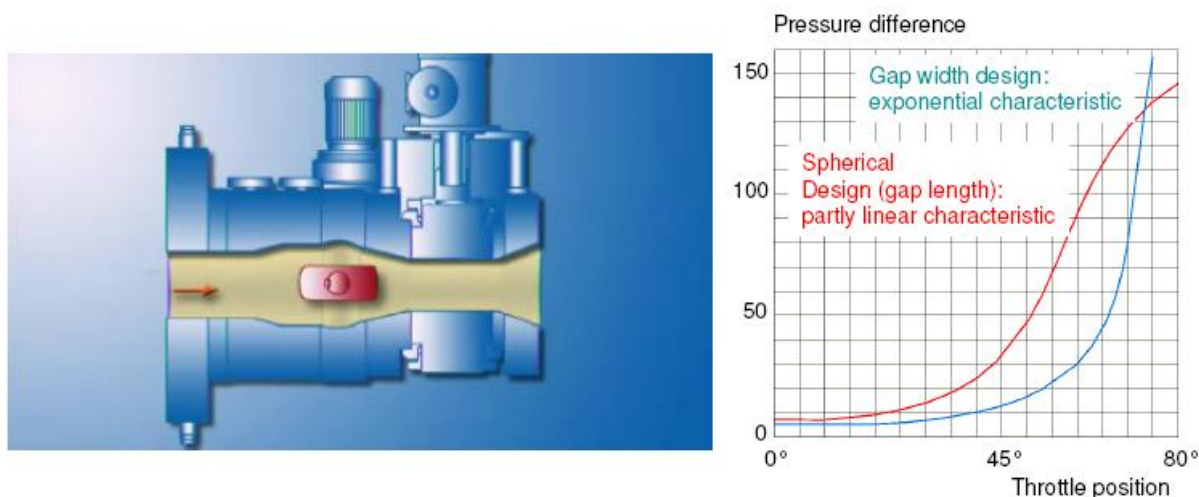
Maize pops = kukuřičné produkty

Choco flakes = čokoládové lupínky

Dle uvedených grafů vyplývá, že při použití Turbo technologie lze navýšit, při zachování stávajícího extrudéru, jeho vlastní jmenovitý výkon. U některých surovin lze tento hrubý výkon zvýšit až na dvojnásobek jmenovitého výkonu. Přibližné hodnoty jsou uvedeny v grafu č. 1.[4]

8.2 Technologie Butterfly throttle firmy Coperion

Tato technologie je také jednoduchá a její využití není omezeno na jednošnekové extrudéry. Účelem zařízení je plynulá regulace tlaku uvnitř extrudéru. Toto zařízení se skládá ze škrtkové klapky umístěné v tubusu šneku a elektromotoru napojeného na řízení extrudéru. Schématické provedení je na obrázku č. 13. [5]



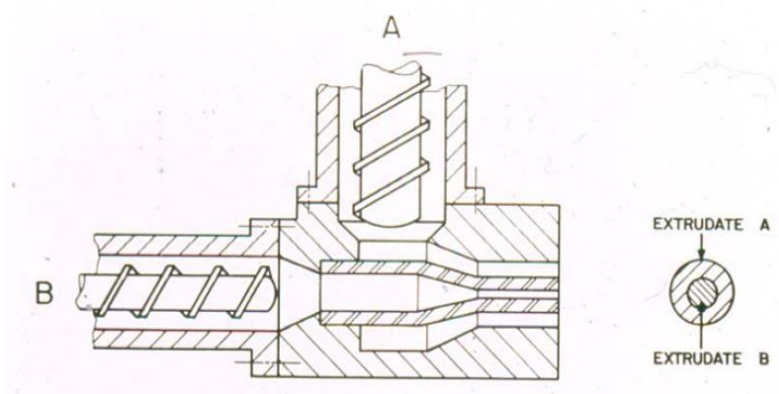
Obr. č. 13: Technologie Butterfly throttle

8.3 Koextruzní technologie

V případě požadavku na výrobky složené ze dvou rozdílných surovin, které nemají být promíchány, a kdy jedna surovina funguje jako výplň, je nutno použít tzv. koextruzní technologii.

Princip technologie

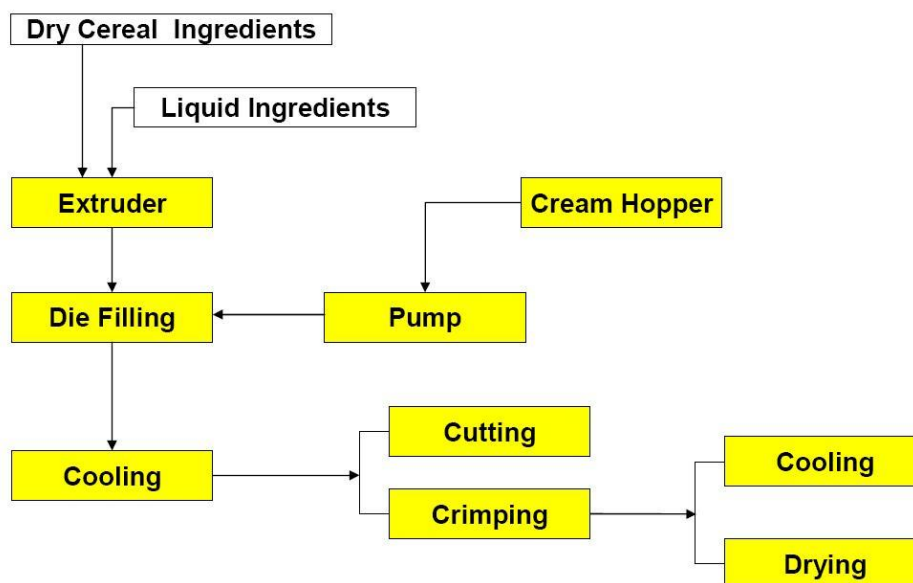
Pro tuto technologii je nutno spojit dva extrudéry, nebo extrudér a čerpadlo na dávkování vnitřní výplně. Aby došlo ke správnému spojení obou materiálů je nutno tento proces provádět v dýze extrudéru. Proto se musí tyto koextruzní dýzy konstrukčně uzpůsobit (viz. obr. č. 14)



Obr. č. 14: Nejjednodušší koextruzní dýza

V tomto případě jsou spojeny dva extrudéry, kdy z extrudéru A je extrudován obal výrobku, z extrudéru B výplň výrobku. Výplně bývají na bázi olejových emulzí, gelů, masokostních mouček atd. [14]

Technologické schéma koextruze pro plnění krémy [15]



Tech. schéma č. 1: Koextruze - krémy

Dry cereal ingredients = suché cereální suroviny

Liquid ingredients = tekuté suroviny

Cream hopper = zásobník krému

pump = pumpa na krém

die filling = plnění

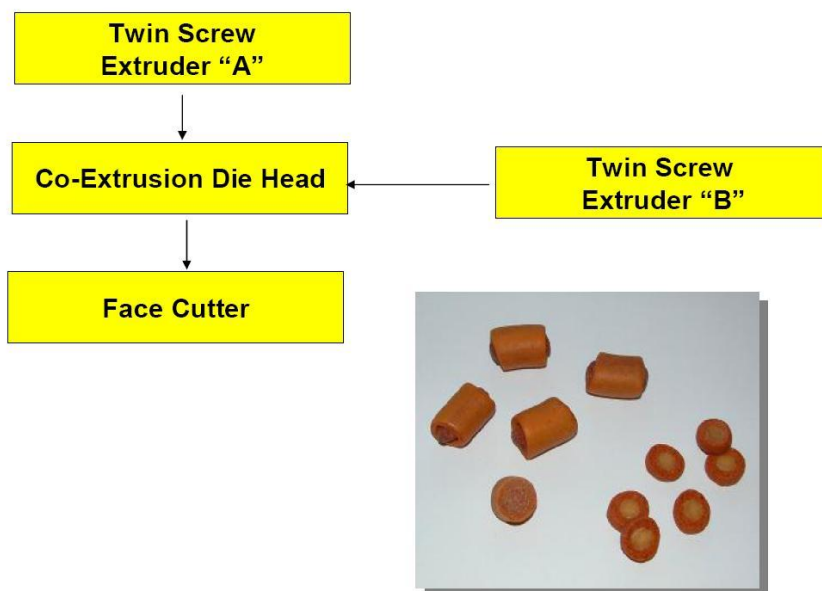
cooling = chlazení produktu

cutting = řezání produktu

crimping = lemování, skládání

drying = sušení

Technologické schéma koextruze při použití extrudérů [15]



Tech. schéma č. 2: Koextruze - 2x extrudér

Twin screw extruder = dvoušnekový extrudér

Co-Extrusion Die Head = hlava extrudéru s koextruzními dýzami

face cutter = nožová hlava

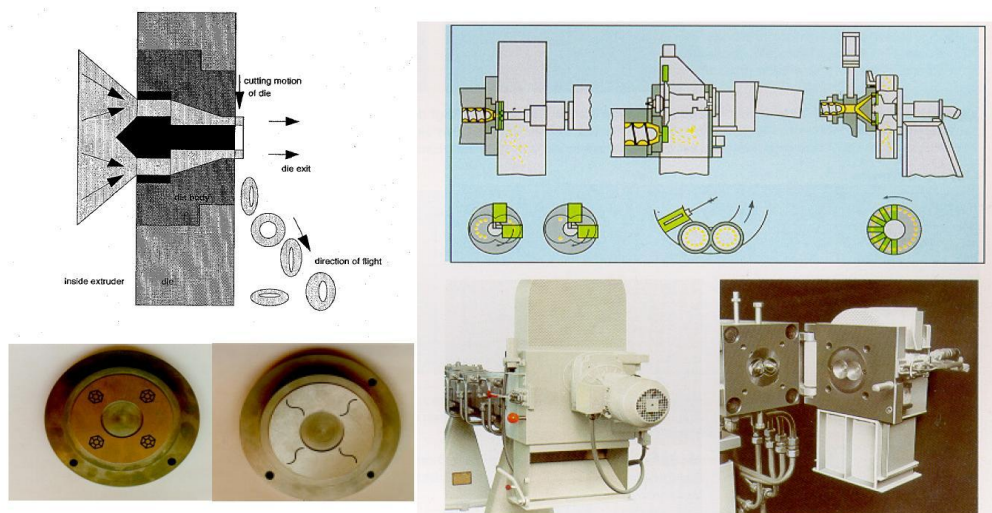
Co-Extruded Products



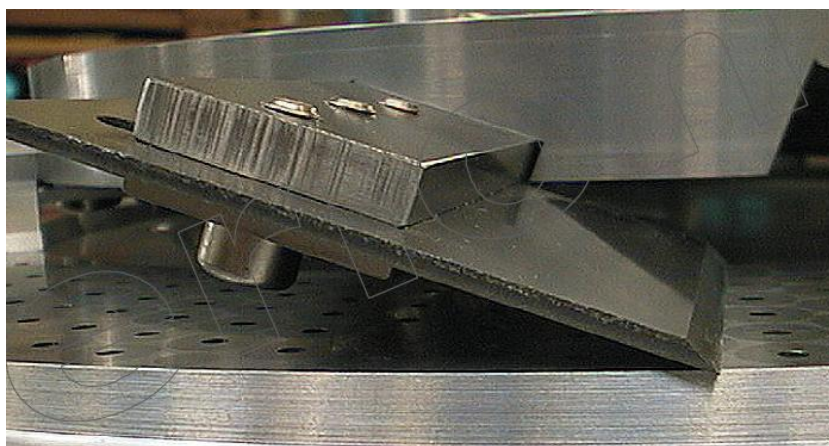
Obr. č. 15: Příklad koextruzních výrobků [15]

8.4 Nožové a peletovací hlavy extrudérů

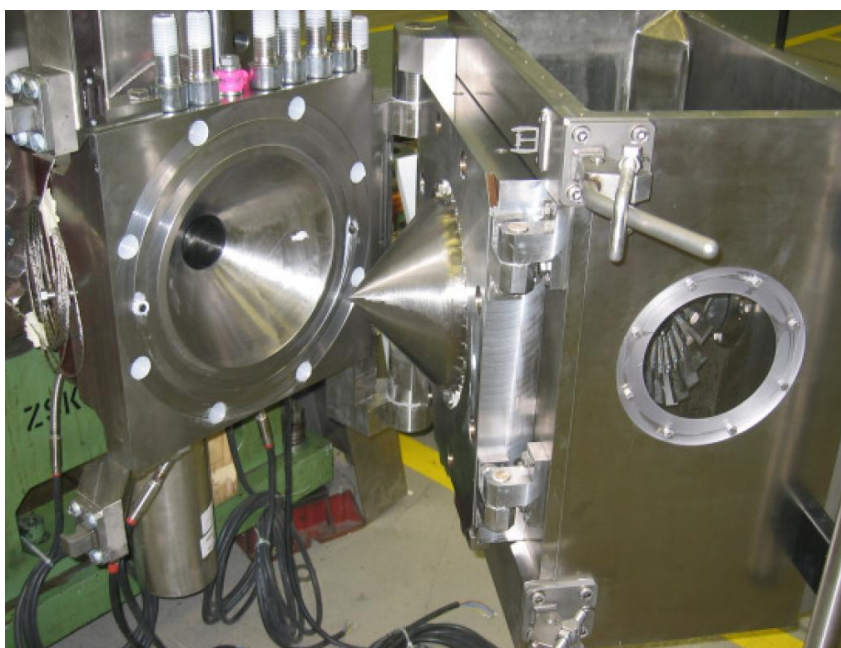
Po výstupu z dýzy je možno produkt odebírat buď v celku jako nekonečné provazce, nebo produkt řezat na různou délku, či peletizovat. Pro řezání se používají rotační nože. Nože mají různý tvar a počet, který záleží na požadovaném tvaru produktu.



Obr. č. 16: Základní druhy řezání na extruzní hlavě [5]



Obr. č. 17: Detail nože [5]



Obr. č. 18: Sestava peletizační hlavy [5]

9 Předextruzní technologie

9.1 Dávkování surovin do extrudéru

Pro správný průběh extruzního procesu je nutno zajistit správné dávkování jak hlavních zpracovávaných surovin (mouky), tak vedlejších surovin a aditiv (lecitin, pára atd). Pro tento účel bylo vyvinuto mnoho zařízení využívajících různých fyzikálních principů.

9.2 Objemový princip

Surovina je z násypky propouštěna tak, aby byl konstantní objem na jednotku času. Objem je nutno určit kalibrací zařízení. Tato kalibrace se musí provádět na každou surovinu zvlášť, jelikož každá surovina má svou specifickou sypnost a objemovou hmotnost. Jedná se většinou o jednoduché a ekonomické řešení.

9.3 Loss-in-weight

Metoda loss-in-weight (ztráta hmotnosti). Násypka i dávkovač jsou umístěny na tenzometrech. Celková hmotnost suroviny je uložena v tzv. regulátoru. Měření

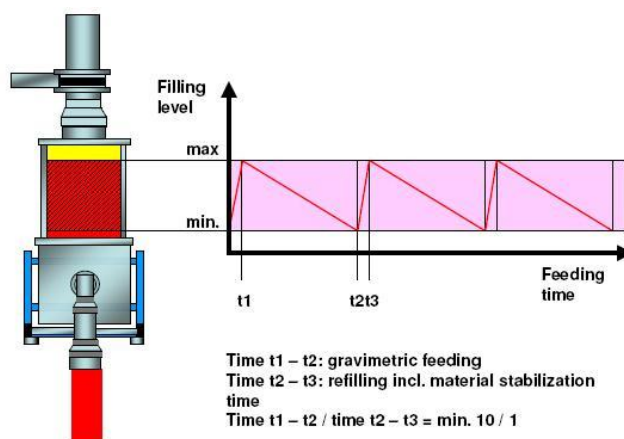
hmotnosti se provádí v každém okamžiku, je vztaženo na jednotku času. Rychlost podávání je řízena změnou absolutní rychlosti podávání. Při dosažení minimální zásoby v násypce, je vážení krátce přerušeno a násypka je doplňována. Jedná se o nejpřesnější způsob dávkování, jelikož je vztažen na aktuální hmotnost suroviny.



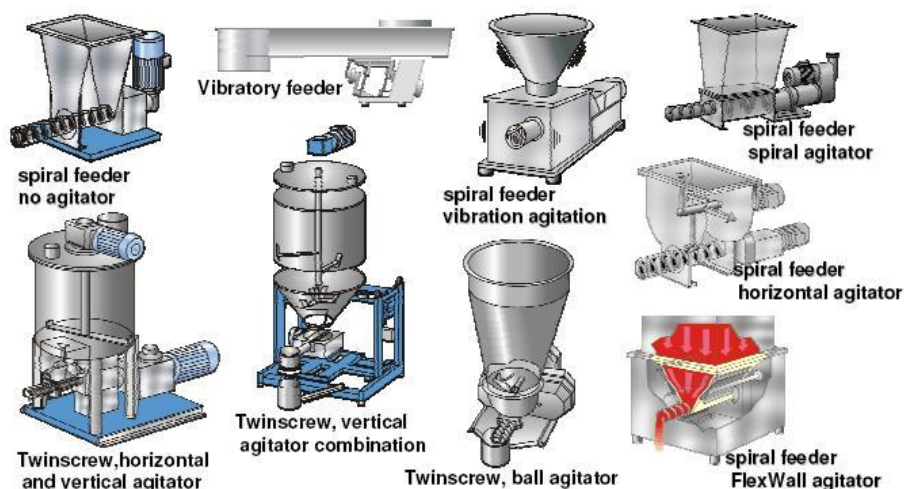
Obr. č. 19: Dávkovač Loss-in-weight firmy Coperion

9.4 Gravimetrický princip

Tento princip funguje jako gravitační dávkování. Výhodou jsou velmi nízké pořizovací náklady. Velkou nevýhodou je však nestabilita toku suroviny viz. graf u obr. č. 18.



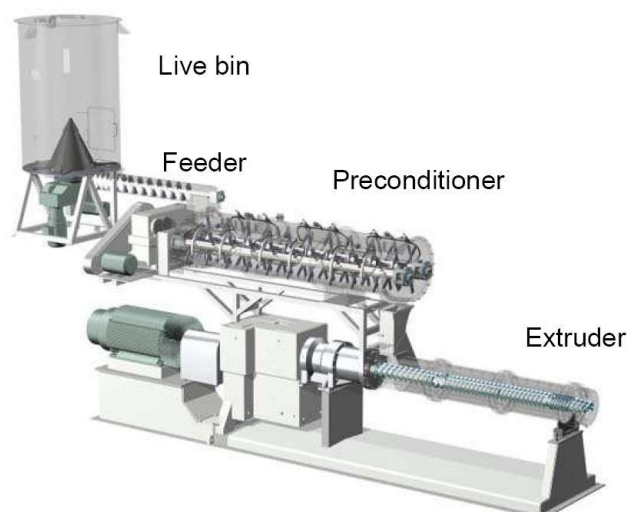
Obr. č. 20: Schéma gravimetrického plnění [5]



Obr. č. 21: Konstrukční příklady dávkovačů firmy Coperion

9.5 Předvaření / napařování vstupní suroviny

Pro tento technologický postup se používají zařízení "předkondicionéry". Jedná se o přímou injektáž páry do suroviny během intenzivního mísení. Tento proces se předřazuje před extruzí, pokud extrudovaná surovina obsahuje škroby s vyšší teplotou zgelovatění, je technologicky důležité extrudovat surovinu o větší vlhkosti a v posledním případě pro zvýšení výkonu extrudéru.



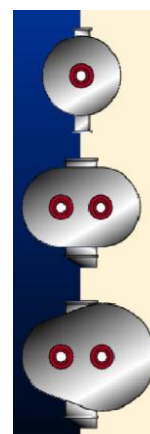
Obr. č. 22: Extrudér osazený předkondicionérem

Rozdělení předkondicionérů dle určení:

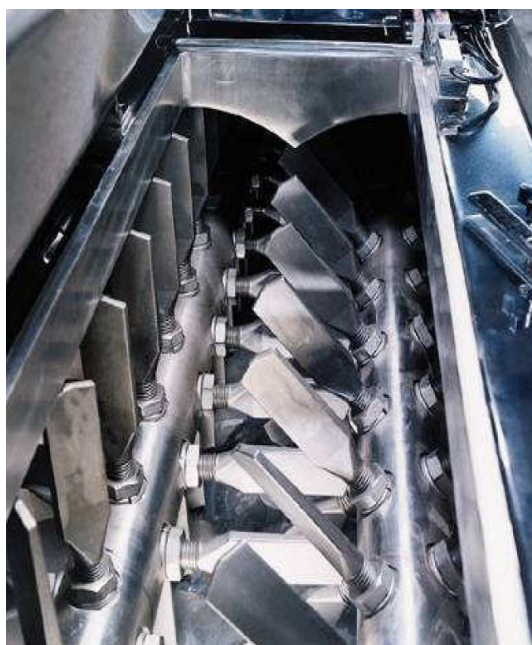
- **tlakové** - složitá konstrukce, dochází k nutričním ztrátám v surovině, tlak 0,8 - 1Atm
- **atmosférické** - jednoduchá konstrukce, méně nutričních ztrát než v tlakovém provedení
- **prstencové, šroubové** - složitá konstrukce, vysoké nároky na údržbu, vysoké energetické nároky, nutriční ztráty v surovině

Rozdělení z kosntrukčního hlediska:

- **jednohřídelový** předkondicionér
- **dvouhřídelový** předkondicionér
- **dvouhřídelový** předkondicionér s různými průměry lopatek



Obr. č. 23: Rozdělení předkondicionérů



Obr. č. 24: Pohled do dvouhřídelového předkondicionéru [16]

10 Extrudéry v potravinářském a krmivářském oboru

Výrobou extrudéru pro potravinářské účely se ve světě zabývá početný zástup firem. Nejznámější firmy v tomto oboru jsou Schaaf Technologie GmbH (DE), Clestral (FR), Bühler AG (CH), Fudex (IT), z ČR je nejzajímavějším výrobcem firma Farnet a.s. Nejčastěji používaným typem jsou varné extrudéry pro výrobu cereálních produktů a nízkotlaké studené pro výrobu těstovin.

10.1 Extrudéry firmy Schaaf Technologie GmbH

Tato firma se zaměřuje na výrobu jednošnekových extrudérů v celé škále výkonů a dalších technologií pro cereální extruzi. V současné době dodává extrudéry ve třech typových řadách. Všechny jsou vybaveny technologií turba a jsou určeny pouze pro potravinářský a krmivářský průmysl.

Řada 640

Nejméně výkonné extrudéry s pracovním rozpětím 150 – 175 kg/h. Výrobce tuto řadu doporučuje pro malosériové výroby a laboratorní účely.

Řada 9250

Střední výkonová třída extrudérů s 15ti letou tradicí. Tyto stroje nabízí optimální kombinaci kapacity, produktové flexibility a výkonu. Jejich pracovní rozpětí se pohybuje okolo 300 kg/h.

Řada 1200

Nejvýkonnější řada extrudérů firmy Schaaf. Jsou doporučovány do velkokapacitních linek určených pro výrobu jednoho produktu. Jsou speciálně konstruovány pro řízení pomocí počítače. Pracovní rozpětí této řady se pohybuje okolo 500 kg/h.



Obr. č. 25: Příklad klasické konstrukce extrudéru firmy Schaaf [17]

10.2 Extrudéry firmy Bühler AG

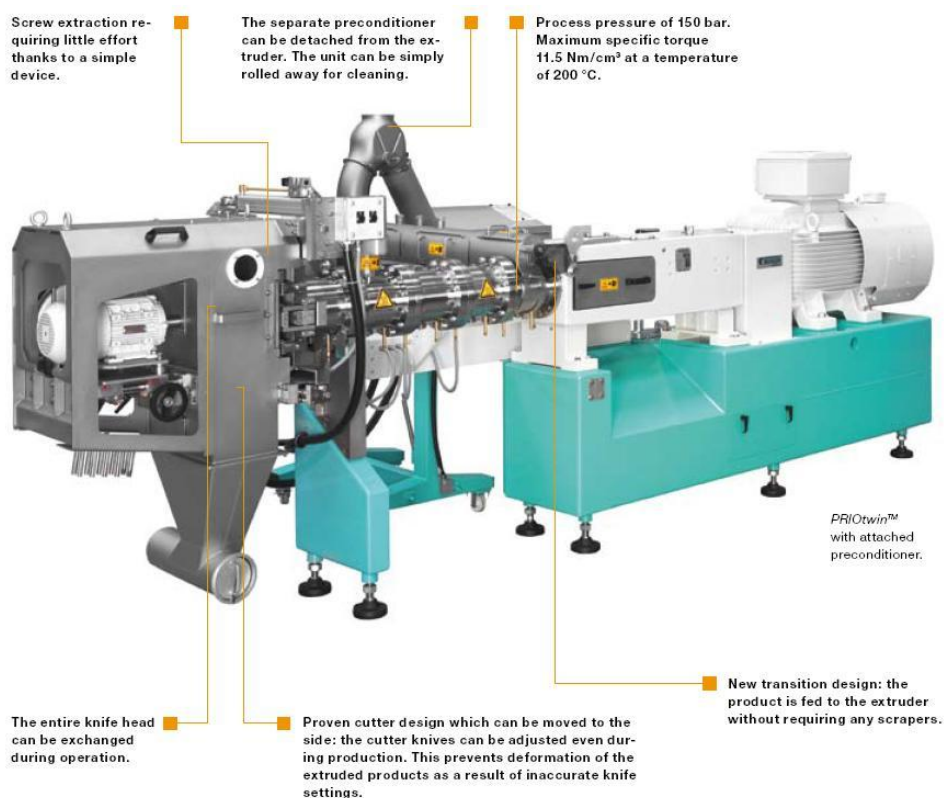
Firma Bühler vyrábí kompletní sortiment strojů pro potravinářský, krmivářský, plastikářský průmysl. Jedná se o velice kvalitní stroje, velkou nevýhodou je jejich cena. Výrobní program extrudérů zahrnuje všechna odvětví, kde se extruzní technologie používá.

Řada PRIotwin

Jedná se o "ekonomickou" řadu dvoušnekových extrudérů. Vyrábí se ve dvou základních velikostech průměrů šneků a to 62 mm při maximálním výkonu 1000 kg/h, 93 mm při maximálním výkonu 4000 kg/h. Maximální procesní teplota 200 °C a tlaku 150 barů. Extrudéry mají modulární koncepci, kdy je možno pomocí modulů navyšovat délku extruzní části. Specifikem extrudérů firmy Bühler je upínací systém šnekovnic, který je řešen pomocí hydraulických kleštín umožňujících velice rychlou výměnu šneků.[18]

Doporučené určení:

- corn flakes
- multigrahamové cereálie
- přímo expandové obiloviny
- strouhanka
- modifikace mouk a škrobů
- texturované sojové bílkoviny
- granule pro psy a kočky
- středně vlhká krmiva
- krmiva pro ryby plovoucí i potápivé



Obr. č. 26: Extrudér PRIOtwin

Řada POLYtwin

Střední výkonová řada dvoušnekových extrudérů, která má ojedinělé rozpětí výkonu, a to od 50 kg/h, až po 18 000 kg/h. Průměry šnekovnic jsou dodávány od rozměru 42 mm po 175 mm. Obal extruzní části je koncipován na zatížení 300 barů a teplotu

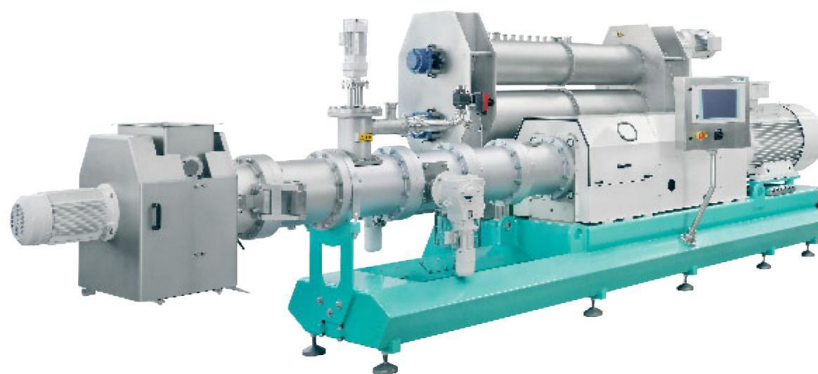
300 °C. Toto rozpětí umožňuje používat extrudér i v plastikářském průmyslu. Samozřejmostí je počítačové řízení a kleštinový systém upínání hřídelů.[19]



Obr. č. 27: *Extrudér POLYtwin*

Řada ECOTwin

Nejvýkonnější řada. Aktuálně se vyrábí pouze dva typy, a to s výkonem 10 t/h a 20 t/h při maximální povolené teplotě 150 °C. V základním provedení obsahují dvoustupňový předkondicionér a všechny vlastnosti již uvedené u předchozích řad. [20]



Obr. č. 28: *Extrudér ECOTwin*

10.3 Extrudéry firmy Farmet a. s.

Jedná se o českého výrobce zaměřujícího se na výrobu strojů pro zemědělství. Ve svém programu má dvě řady extrudérů vhodných pro extruzi krmiv a olejnatých zrnin.

Řada E

Jedná se o řadu určenou do mícháren krmiv. Tato řada obsahuje 3 typy extrudérů s výkonovým rozpětím 250 až 1500 kg/h. Jelikož je tato řada určena pro krmivářský průmysl, tak se jedná o zjednodušené konstrukce, kde nelze počítat s možností modulárnosti a různých přídatných zařízení.[22] Dle osobních zkušeností mohu říct, že to jsou stroje ideální pro zpracování krmivářské sóji.

Řada FE

Tyto extrudéry jsou určeny pro malé a střední farmáře. Tím odpovídá i jejich výkon a provedení. Řada obsahuje dva stroje o výkonech 100 kg/h a 250 kg/h. [23]



Obr. č. 29: Extrudér Farmet E



Obr. č. 30: Extrudér Farmet FE

11 Extrudéry v ostatních průmyslových oborech

11.1 Plastikářský průmysl

Obvykle se zpracovávají termoplasty, PE, PVC, PC, ABS a v gumárenství i pryže. Extrudéry se zde používají pro roztavení, smísení suroviny a následné vytlačování. Pomocí extruze se vyrábí hlavně tyto výrobky:

- fólie
- trubky
- profily
- plněné profily - vypěňování
- orientované materiály
- vlákna
- granule

11.2 Stavební průmysl

Ve stavebním průmyslu se používá extruze při výrobě cihel. Pomocí šnekových extrudérů se vytlačuje odplyněná směs "těsta" přes dýzu. Po výstupu se produkt dělí pomocí řezacích nití.[24]



Obr. č. 31: Výroba cihel protlačováním Foto M. Vavro 2004 (cihelna Hrachovec)

12 Suroviny pro potravinářskou a krmivářskou extruzi

12.1 Pšenice

Hlavním produktem zpracovávaným pro potravinářství je pšeničná mouka pro pekařství a pšeničná krupice používaná na výrobu těstovin. Nejdůležitější složkou ovlivňující vlastnosti při zpracování jsou škroby. Výskyt škrobu v obilovinách lze rozdělit dle granulace a typu. Obsah amylosy a amylopektinu se v obilninách vyskytuje v rozmezí 20 – 25 %. Granulace těchto složek je rozdělena do dvou skupin a to 1-10 μm a 20-40 μm .

Pšenice má relativně vysoký obsah proteinů cca od 8 do 15 %. Tento obsah lze regulovat výběrem zpracování mouky. Proteiny jsou převážně zastoupeny ve vodě nerozpustným gluteninem a gliadinem. Dále je zde malý obsah albuminů a globulinů.

Ve vodě se z těchto složek začne vytvářet elastická hmota, kterou lze zpracovávat v extrudéru pomocí hnětacích sekcí na menší granulaci. Lepek, který při vyšších teplotách prochází denaturací, a různé složky aminokyselin mohou podstoupit při zpracování různé chemické reakce v interakci s ostatními surovinami, jako je třeba snížení cukru v Maillardově reakci. Takovéto reakce mohou vést ke ztrátě základních aminokyselin. Přesný průběh chemických reakcí nelze popsat, protože suroviny nemají vždy stejné složení, a proto je velmi obtížné přesně definovat chemické děje při extruzi.

12.2 Kukuřice

Kukuřice se vyskytuje v mnoha variantách, které lze rozlišovat dle jejich morfologie, geografického původu a barvy. Hlavním rysem kukuřičného zrna je existence dvou typů endospermu v každém zrně. Ve vnější vrstvě endospermu, která je tvrdá a sklovitá, jsou škroby a proteiny od sebe odděleny a obsaženy ve vysoké koncentraci. Toto uspořádání vede škroby k polygonální granulaci. V centrální měkké části zrna, je škrob přítomný ve své globulární podobě a je volně vázaný s proteinovými fázemi a vzdušnými dutinami. Tento endosperm lze snadno rozemlít na mouky s malou granulací.

Velikost škrobových zrn se v endospermu pohybuje 5 - 20 μm . Bežný obsah škrobu je kukuřičném zrně je cca 23 - 35 %. Tento škrob má ale velmi vysokou teplotu gelování nad 120 °C.

V zrně je také obsažen podíl proteinů v rozmezí 6 - 10 %, kde převažuje nerozpustný glutenin a gliadin. Z těchto důvodů je extruze kukuřice velice energeticky náročná.

12.3 Rýže

Má mnoho odrůd lišících se jak morfologií, tak geografickým původem. Většina rýže má tvrdý endosperm. Velikost škrobových zrn se pohybuje v rozmezí 2-8 μm a má polygonální tvar. Škrobová zrna mají tendenci se shlukovat k sobě v počtu 5 až 8. Obsah amylosy v zrně bývá mezi 15-27 %. Voskové odrůdy rýže mívají až 100 % obsah amylopektinu. Obsah proteinů je relativně nízký cca 6-8% a dominuje zde glutenin a gliadin. V praxi se rýže při extruzi chová podobně jako kukuřice a výzkumy potvrzují, že i chemické reakce při extruzi jsou podobné.

12.4 Oves

Je méně pěstovaný než předcházející suroviny, ale i tak existuje škála odrůd. Oves je mlet speciální technologií zahrnující napařování parou pro deaktivaci enzymů nacházejících se na vnější vrstvě jádra, následně je sušen na 6 - 8 % vlhkosti. Struktura endospermu je podobná měkké pšenici, což zaručuje jednoduché oddělení škrobu. Škrob se v ovse nachází ve formě clusterů, přičemž jejich maximální velikost je 60 μm . Velikost jednotlivých zrn se pohybuje mezi 2 – 12 μm . Zrna jsou ale s proteiny ve volnější vazbě než u měkké pšenice. Obsah amylozy v zrně je 16 - 27 %, je porovnatelný s pšeničným škrobem, ale nejsou zde přítomny vyšší formy amylopektinu. Oves má neobvyklé složení vůči hlavním obilovinám. Jako ovesné vločky obsahuje vysoký podíl vlákniny a oleje. Obsah proteinů se blíží k vysokoproteinovým odrůdám pšenice.

Obsah olejů v ovsu je vysoký 7 - 9 % v porovnání s ostatními obilovinami, které mívají okolo 2 %. Převážně jsou zastoupeny mononenasycenými a polynenasycenými oleji linolového typu. Oleje tohoto typu jsou dobré po nutriční stránce, ale mohou působit problémy s oxidační žluklostí. Při extruzi taktéž mohou způsobovat problémy a to hlavně při nízkotlaké extruzi, protože fungují jako lubrikant a narušují funkci šneku.

12.5 Ostatní obiloviny

Další typy obilovin jsou taktéž využívány pro extruzi a jejich chování při extruzním procesu lze odvodit z chování podobných, zde uvedených surovin a z jejich chemických rozborů.

12.6 Brambory

Brambory jsou používány v extruzním procesu ve formě granulí, plátků, mouky a škrobu. Nejvýznamnější použití je ve formě bramborového škrobu, kdy je tento škrob přimícháván do směsí surovin, které mají problém s expanzí po extruzi. Škrob může být přidáván ve formě vypraného škrobu, nebo frakčních produktů bohatých na amilopectin, případně ve formě již předželatinované.

Bramborový škrob má velký granulační rozptyl 60 – 100 μm s obsahem cca 20-25 % amylosy a velmi nízkým obsahem lipidů.

12.7 Sója

Sójové boby jsou primárně zpracovávány na výrobu oleje. Výsledným produktem pro rafinaci oleje je suchý koláč, který se dále zpracovává na mouky pro potravinářské a krmivářské potřeby, nebo vylisky ve formě vloček. Při zpracování je třeba mouku zahřát na vysokou teplotu, aby došlo k denaturaci škodlivých bílkovin. Z tohoto důvodu se při zpracování celých bobů často předřazuje proces stabilizace pomocí páry (doba napařování 3 - 5 min). Sójové boby obsahují přibližně 20 % oleje, a proto je extruze neodtučněných bobů problémová z hlediska kvality výsledného produktu. Proto jsou nejpoužívanější surovinou pro krmivářskou extruzi vylisované vločky, které obsahují cca 50 % bílkoviny s proměnným indexem PID o rozsahu 50 – 90 % v závislosti na tepelném

zpracování. Pro potravinářskou extruzi se nejvíce hodí mouky s vysokým indexem PID. U potravinářské extruze se využívá tzv. zvláknění sóji. Sójové bílkoviny mohou být totiž tvarovány pomocí tepla, tlaku a dýzy. Experimentálně byla zjištěna nutnost ohřátí globulinu na denaturační teplotu před vlastním procesem zvláknění. Ohřev suroviny je nutno realizovat přímo v extrudéru pomocí vyhřívaných stěn obalu. Po zahřátí a promíchání se surovina začne chovat jako tavenina a proudit přes dýzu. V dýze dochází k zachycování řetězců bílkoviny na stěny dýzy a k jejich narovnávání. Tím se docílí, že původní struktura bílkoviny ve formě neorganizovaných shluků se narovná ve směru toku suroviny na podélná vlákna. Po té co surovina opustí dýzu, dojde k uvolnění par obsažených v surovině do okolí a struktura se změní na houbovitou. Kontinuální proteinová fáze je zde oslabena přítomností plniva, jako jsou škrobové částice, a proto správně extrudovaná sójová mouka má analogickou strukturu jako maso.

13 Látky sloužící jako pojivo

13.1 Proteiny

Nejzajímavější suroviny tohoto typu jsou obilné proteiny a další ve vodě rozpustné bílkoviny. To může zahrnovat řepkové proteiny, oddělené obilné bílkoviny a další bílkoviny rostlinného původu, které mohou být přidány do suroviny. Proteiny hydratují během mísící fáze a měknou do podoby viskozního těsta. Pod vlivem posouvajících sil a tlaku se mění jejich tvar na zhruba válcové a kulové tvary. Při nízkých koncentracích 5 – 15 % mají tendenci snižovat bobtnání škrobových polymerů, což způsobuje změny ve tvaru extrudátu. Dále také snižují expanzní efekt suroviny po výstupu z dýzy.

13.2 Škroby

Škroby, které nejsou tak snadno rozpustné, nebo mají rozdílné struktury než hlavní škrobové složky, mohou být přidány do suroviny jako aditivum, nebo už mohou být obsaženy v surovině. Pro příklad: amyloza škrobu, která má vyšší teplotu gelovatění než běžné škroby obsažené v obilovinách, zůstane v surovině během ohřívání a míchání v nezgelovatělé formě. Zde bude působit jako výplň stejně jako částice proteinů a bude zvyšovat nukleaci vzdušných bublin při extruzi, čímž dojde k zjemnění finálního produktu.

13.3 Vlákna

Vlákna z vnějších obalových vrstev obilí jako jsou otruby, může být přítomna ve formě velkých tuhých částic, které jsou tvořeny z celulózy buněk. Tuto vlákninu nelze přepracovat do jiné podoby pomocí extruze a během celého procesu zůstává ve stejné formě, čímž významně ovlivňuje výsledný produkt.

14 Látky sloužící jako lubrikanty a plastifikátory

14.1 Voda

Kompresi a deformaci přírodních polymerů jako je škrob nebo bílkoviny vykazuje velký rozptyl spotřebované mechanické energie vlivem viskozity a tření. Voda, která působí jako změkčovadlo pro polymery, snižuje jejich interakci a způsobuje exponenciální pokles energetických vstupů. Voda funguje jako rozpouštědlo pro škroby a polymery. V oblastech s tvrdou vodou je nutná úprava, aby se do produktů nepromítaly stopy minerálů.

14.2 Oleje a tuky

Oleje a tuky mají dvě funkce u extruzních procesů. Poskytují silný mazací účinek u stlačené polymerní směsi a také upravují dietetické vlastnosti extrudovaných výrobků. Všechny lipidy se přemění na oleje, jakmile teplota přesáhne jejich bod tání, což bývá pod 40 °C. Díky šnekovým segmentům se z nich stane velice dobře promísená směs, kdy střední průměr kapiček nepřesahuje 1 μm. Jejich role lze zkoumat při extruzi surovin s nízkým obsahem tuku, jako je bramborový a hrachový škrob. Při nízkých vlhkostech (<25 %) se tyto škroby začnou přehřívat na kovovém povrchu, dojde k jejich dehydrataci a následnému přilepení k povrchu. Na přilepené části se mohou nabalovat další částice, což může vést k úplnému zablokování šneku extrudéru. Přídavek 0,5 až 1,0 % rostlinného oleje inklinuje k zabránění degradaci karbohydrátů a zajišťuje normální průběh zgelování škrobů. Pokud se olej přidá do směsi obsahující mouku, projeví se to nárůstem vlhkosti o 0,5 - 1,0 % při zachování stávajících parametrů extruze. Další projevem

přídavku oleje při stejné hodnotě SME je pokles vnitřní teploty suroviny a nárůst tlaku na dýze.

Další vlastností olejů přítomných v surovině je zabránění rozptýlení škrobových zrn. Při nízkých vlhkostech suroviny je škrob pouze mechanicky namáhán na stříh, a proto je méně degradován, což způsobí vyšší viskozitu. Toto také redukuje množství škrobu rozptýleného v kontinuální fázi a snižuje schopnost suroviny expandovat po opuštění dýzy. Pokud zvýšíme obsah oleje ještě více, stane se škrob velice špatně rozmísitelný a schopnost suroviny expandovat po opuštění dýzy se stane velice sníží. Začne vznikat struktura připomínající spíše sušenku, namísto pěnové struktury.

Výběr olejů a tuků může být založen na jejich funkčních účincích, chemické stabilitě a výsledném senzoričtém projevu v produktu. Existuje jen málo důkazů o rozdílech výkonnosti jednotlivých druhů olejů a tuků během extruze. Největší vliv, který se dá pozorovat, je samotný typ. Nenasycené oleje degradují při zvýšené teplotě extruze, lipidy zase oxidují za přítomnosti vzduchu. Lipidy lze chránit pomocí škrobů, ale tento způsob není moc spolehlivý, proto je nutno provádět veškeré transformace při co nejnižší teplotě.

Existují určité materiály, které jsou schopny absorbovat olej a snížit jeho mazací účinek. Tyto materiály jsou velice užitečné v potravinách a případně krmivech, kde je požadován vysoký obsah oleje, či tuku ve výsledném produktu. Příkladem může být masokostní moučka.

14.3 Emulgátory

Emulgátory jsou speciální formou lipidů, které mají vyšší bod tání než triglyceridy, ale během extruzního procesu se chovají jako lubrikanty. Například destilovaný monoglycerid, lecitin. Tyto emulgátory reagují s rozpuštěnými škrobovými zrny, chrání je při vyšších teplotách a nedovolí amylose, aby se za vyšších teplot rozložila. Emulgátory slouží hlavně ke snížení lepivosti teplých extruzních směsí. Příkladem je použití lecitinu při výrobě corn flakes. Výroba corn flakes probíhá ve dvou stupních. První stupeň je dvoušnekový extrudér, kde se extrudát zahřívá na 120°C. Druhý stupeň je chlazení extrudátu na jednošnekovém extrudéru. Bez přídavku lecitinu by došlo k zalepení jednošnekového extrudéru.

15 Látky pro zvýšení mohutnosti expanze

Pro manipulaci s texturou extrudátu od hrubší po jemnější texturu lze přidat nukleační činidla. Ideální typy jsou jemné práškové suroviny, které jsou během celého procesu nerozpustné a poskytují povrch pro uvolňování páry při výstupu extrudátu z dýzy. Materiálem, který může napomoci tvorbě bublin, je například klasický prášek do pečiva, jenž tvoří rozpustné soli kyseliny fosforečné, vápník, nebo jedlá soda.

16 Dochucovací suroviny

16.1 Sůl

Sůl se přidává do směsi jako aromatická látka v množství 1 - 1,5 % hmotnosti produktu. O přesném dávkování musí být rozhodnuto na základě sensorické vnímavosti ostatních surovin tak, aby byly tyto vlastnosti v rovnováze. Sůl se během procesu rozpouští ve vodě a má velmi malý vliv, až skoro žádný, na průběh procesu. Sůl lze považovat za ředidlo škrobové koncentrace v surovině. Za ředidlo lze považovat jakoukoliv látku, která neobsahuje škrob. Přídavkem soli vyvoláme pouze minimální změny ve viskozitě extrudátu, ale toto lze vyvážit poměrným přídavkem vody.

16.2 Cukr

Sacharóza může být přidána do směsi surovin do cca 10 % hmotnosti, aniž by to mělo vliv na průběh extruze. Chuť sacharózy se stává patrnou na úrovni cca 5 % hmotnosti. Za účelem vytvoření sladkého produktu se hmotnostní podíl pohybuje mezi 10 – 15 %. Sacharózu lze přimíchávat ve formě krystalového, moučkového cukru, nebo jako sirup. Při procesech s vysokým obsahem cukru dojde k projevení na mechanické a tepelné aspekty procesu.

Při vyšších koncentracích pozorujeme pokles SME a teploty, což nám v důsledku sníží expandační schopnost suroviny. I když můžeme navýšit nahřívací teplotu, a tím zvýšit úroveň energie k roztavení krystalických struktur cukru, stále zde zůstává vliv při expandaci, kde se krystalické struktury vážou na škroby.

Za některých podmínek zpracování může dojít k uvolnění redukujících cukrů glukózy a fruktózy. Tyto redukující cukry můžeme kombinovat s aminoskupinami proteinů a peptidů do různých barev a chutí pomocí Maillardovi reakce.

Redukující cukry ve formě glukózy, fruktózy a laktózy mohou být rovněž použity jako příchutě, ale v případě vysokých teplot a přítomnosti proteinů a peptidů zde vznikne Maillardova reakce. Tyto reakce povedou na změnu barev a mohou též produkovat různé chutě, a to jak sladké, tak slané dle vyvážení reaktantů.

Přítomnost vyšších dextrinů jako jsou maltodextriny, nepřispívá ke sladčí chuti, protože mají pouze omezený počet redukčních skupin a jsou poměrně inertní k Maillardově reakci. V extruzních procesech působí jako ředidlo (při porovnání se škroby).

17 Směsi surovin

Pro extruzní proces se nejvíce používají různé směsi surovin. Tyto směsi mají různé složení dle dietetických a senzorických vlastností, tak aby se dosáhlo optimálních vlastností výsledného produktu. Prakticky lze použít jakékoliv směsi výše uvedených surovin. Vývoj směsí je zdlouhavá záležitost, kde velice záleží na chemickém složení surovin. Velký vliv má třeba i jen původ suroviny. Z praxe je odzkoušeno, že nelze extrudovat za stejných parametrů procesu např. kukuřičné krupice z Polska a Maďarska, byť se stejným chemickým složením. Dále hraje velkou roli typ a stav extrudéru, na kterém je směs extrudovaná.

18 Extruze a hygienické požadavky

Mikroorganismy (bakterie a viry) jsou nezbytnou součástí životního prostředí, potravin a krmiv. Potravin a krmiva obsahují živiny, které mikroorganismům umožňují získávat látky potřebné pro svůj růst a tvorbu nových buněk. Složitější živiny rozkládají na jednodušší látky a tato metabolická aktivita je doprovázená změnou (kažením) potravin a krmiv. Jako všechny živé organismy potřebují ke své plné životní aktivitě vhodné prostředí. Mikroorganismy (mikroby) mají schopnost rychle se přizpůsobovat novým podmínkám prostředí a jsou schopny odolávat jeho změnám. Pro svoji nepatrnou velikost, která se pohybuje kolem jednoho mikrometru (0,000 001 m), jsou pouhým okem neviditelné. Mezi hlavní činitele zevního prostředí ovlivňující možnost a intenzitu života mikroorganismů, patří z fyzikálních faktorů prostředí: obsah vody, teplota, pH a osmotický tlak.

Obsah vody v prostředí má rozhodující vliv na vývoj mikrobů. Živiny přístupné buňkám se ve vodě rozpouští a s vodou se odstraňují z buňky zplodiny životní činnosti mikroorganismů. Vysušením prostředí se zastaví životní činnost mikrobů, ale mikroby se úplně nezničí, neboť jsou schopny si po určitou dobu podržet životaschopnost.

Teplota prostředí podmiňuje intenzitu aktivity množení mikrobů. Tepelné rozmezí jejich růstu se pohybuje v širokém rozpětí od -10 po + 50 °C. Teploty v intervalu tohoto rozpětí nevedou ke zničení mikrobů. Teprve teplota nad + 70 °C působící v delším časovém intervalu vede k jejich usmrcení.[25]

Během extruze dochází k rychlému zvýšení teplot, u některých výrobků až na 120 °C, a také k velkému nárůstu tlaku. Tímto postupem se zničí většina škodlivých mikroorganismů obsažených v surovině. Výsledné produkty mají po správném provedení extruze vlhkost v rozpětí 3 – 11 %. (pokud se nejedná mokrá typ extruze).

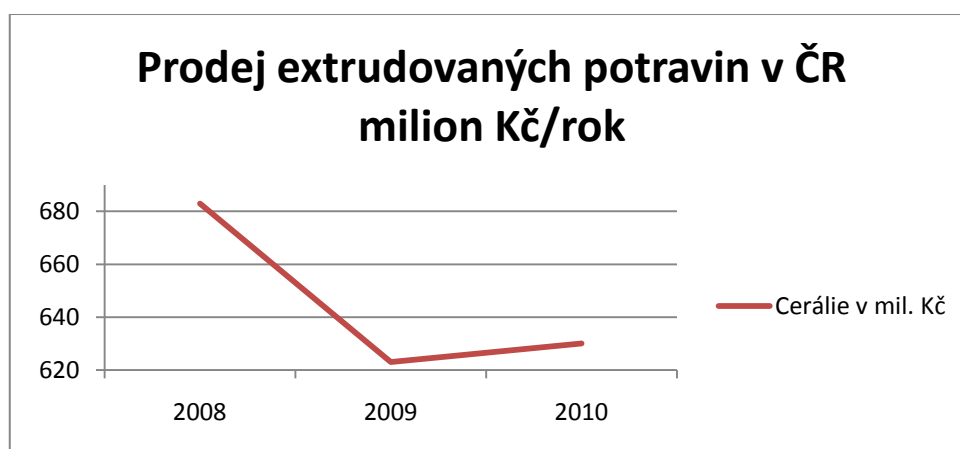
Je zde ale riziko nesprávného postupu během výroby, a proto je nutné provádět pravidelné laboratorní rozbor produktu hned po výrobě, po uplynutí spotřební lhůty, a dále také stěry z výrobních zařízení. Ve firmě Pragojoja spol s r.o. se provádí laboratorní rozbor produktů již od roku 1991 a za tuto dobu nebyl ve výsledném produktu zaznamenán vyšší výskyt škodlivých mikroorganismů, než povolují normy. Toto lze použít jako důkaz hygienické nezávadnosti technologie extruze při dodržení správných technologických

podmínek. Příklady reálných výsledků mikrobiologických rozborů jsou umístěny v příloze č. 4.

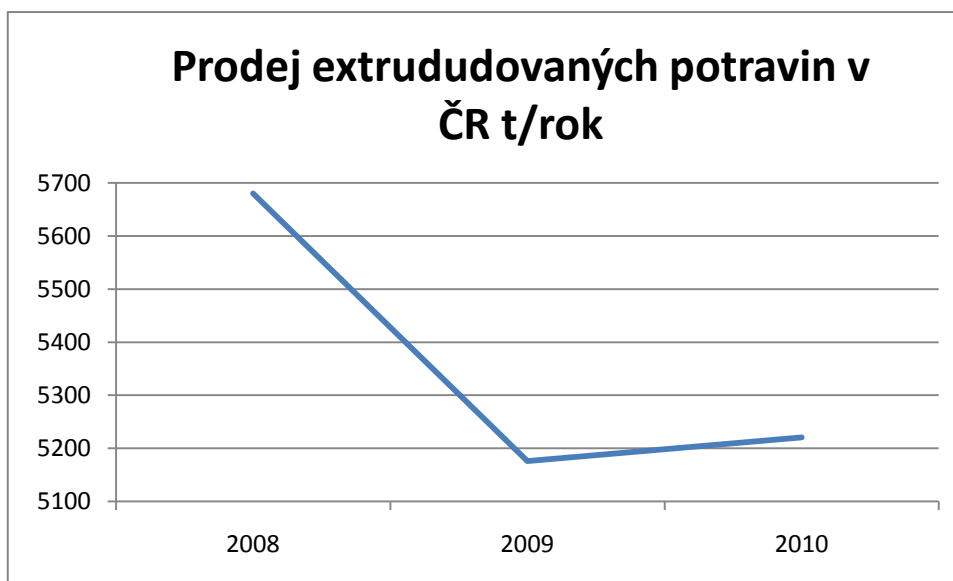
19 Perspektivy extruze v krmivářství a potravinářství

Od 90tých let dochází k velkému rozvoji technologií v oblasti extruze. Největší vývoj a výzkum probíhá v USA na Texaské univerzitě A&M, kde je umístěno velké výzkumné centrum podporované firmou Wenger. Díky vývoji proniká extruzní technologie do dalších odvětví potravinářského a krmivářského průmyslu.

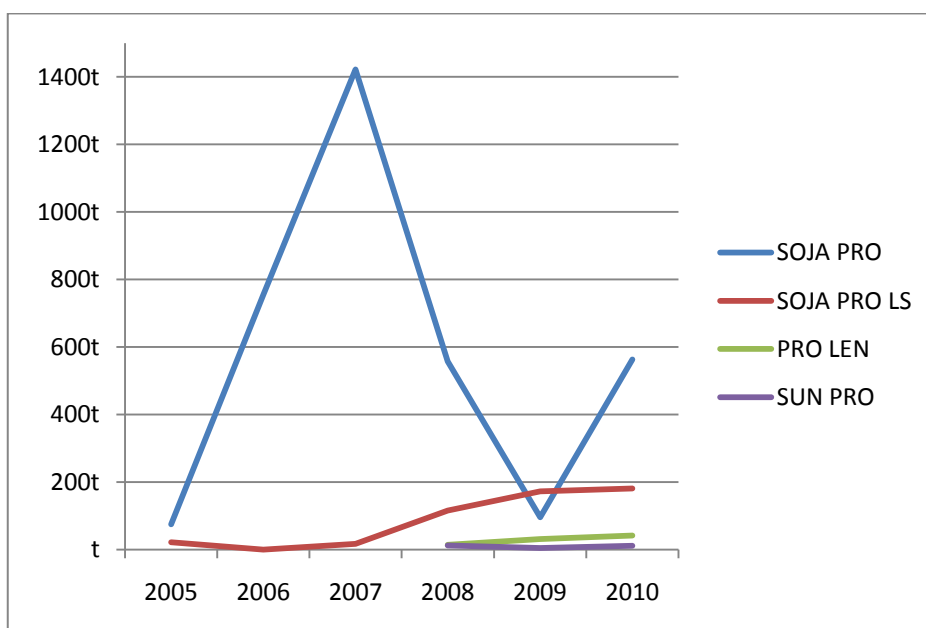
Díky extruzi lze velice efektivním a hlavně levným způsobem zpracovávat široké spektrum surovin a vytvářet ještě širší paletu produktů v potravinářství i krmivářství. Dle statistických průzkumů v USA se spotřebuje ročně 11 kg cereálních výrobků na osobu, Spojené Království 9 kg/osoba a v České republice je stav 0.5 kg/osoba. Z těchto údajů lze předpokládat postupný nárůst spotřeby cereálních výrobků v ČR. Vývoj v posledních 3 letech ukazují grafy prodeje cereálních potravin v ČR. V posledních třech letech byl trh v ČR velice ovlivněn hospodářskou stagnací, jelikož cereální potraviny jsou brány jako doplňková potravina. V roce 2010 se začal objem prodeje zdvihát, ale objevil se zde vliv celosvětového nedostatku surovin. V roce 2011 se předvídá zdražení extrudovaných výrobků v návaznosti na zdražení surovin. Aktuální ceny se drží jen díky neochotě obchodních řetězců navyšovat ceny.



Graf č. 2: Vývoj prodeje cereálních potravin v ČR - zdroj AC Nielsen [milion Kč/rok]



Graf č. 3: Vývoj prodejů cereálních potravin v ČR - zdroj AC Nielsen [t/rok]



Graf č. 4: Prodej extrudovaných krmiv firmou Pragosoja spol. s r.o. za roky 2005 - 2010

SOJA PRO - extrudovaná sója

SOJA PRO LS - extrudovaná směs lupiny a sóji

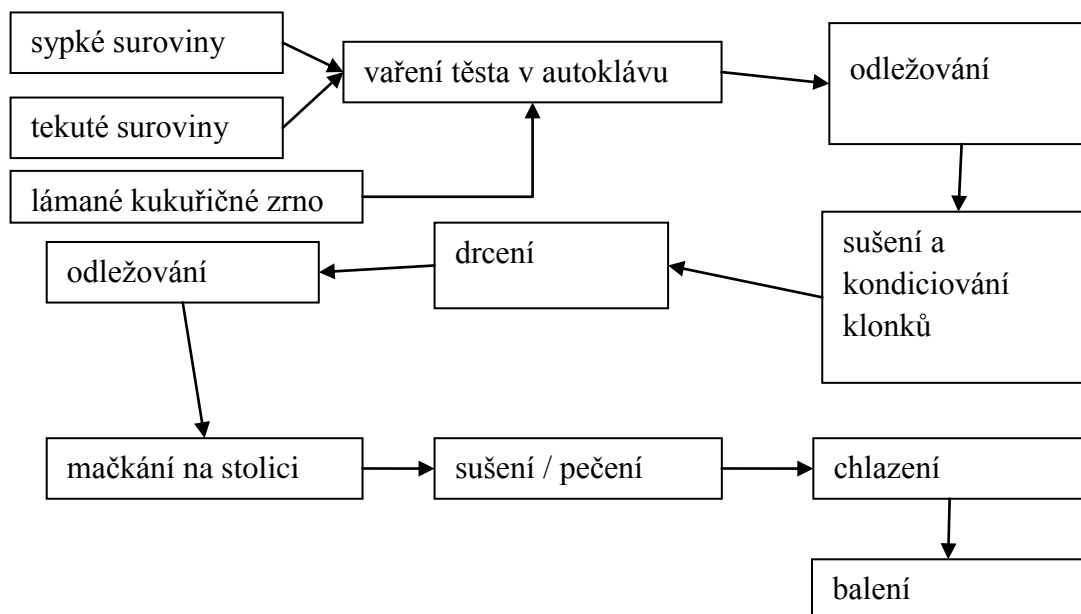
PRO LEN - extrudovaná směs lnu a pšeničných otrub

SUN PRO - extrudovaná směs slunečnice a otrub

V krmivářství je situace odlišná od potravinářství, a to hlavně cenovým vývojem suroviny, na který se navazuje odbyt. V případě navýšení ceny produktu rapidně klesá odbyt (ve větší míře než v potravinářství, není zde vliv velký obchodních řetězců). Na vyobrazeném grafu č. 4 je tento vliv patrný na křivce prodeje extrudované sóji. Ostatní extrudovaná krmiva, která se přidávají jako aditiva do krmných směsí, mají vývoj stabilně stoupající i přes cenové výkyvy. V aktuální době zabírá firma Prago-soja spol. s r.o. na českém trhu zhruba 10 % podíl.

20 Porovnání klasické varné technologie vůči extruzní při výrobě corn flakes a její vliv na výrobek

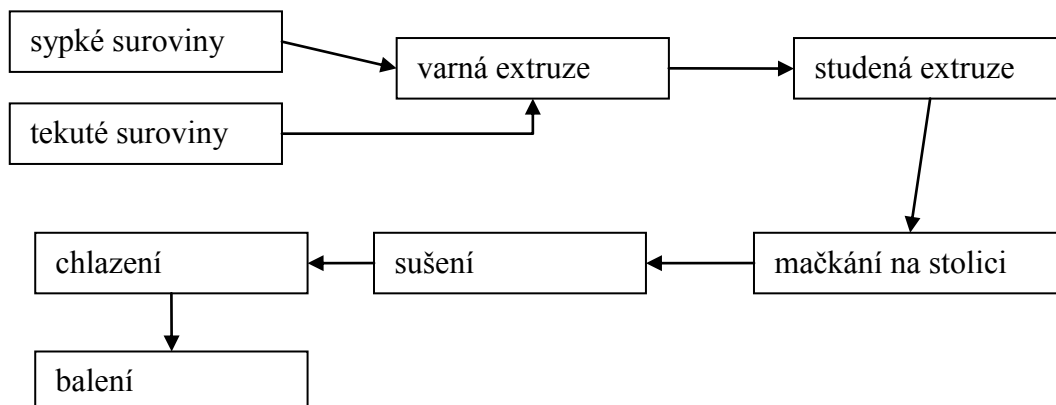
Technologické schéma klasické varné technologie



Tech. schéma č. 3: Corn flakes - varná technologie

Tento proces je poměrně složitý a jeho největším problémem je nespojitost počáteční fáze vaření. Dále je zde velký vliv technologie na podobu výrobku. Výrobek je zbarven do zlatavé barvy, málo sladký, s částečnou příchutí po spálení - způsobeno technologií sušení.

Technologické schéma extruzní technologie



Tech. schéma č. 4: Corn flakes - extruzní technologie

Tento proces je jednodušší, spojitý a není náročný na obsluhu. Energeticky je částečně méně náročný než klasické technologie. Další výhodou je velká kapacita linek při stejném obsazení prostoru jako při klasické technologii. Problém nastává u podoby výsledného produktu. Pokud bude jako etalon vzat cornflake vyrobený klasickou technologií, tak jsou zde velice patrné rozdíly, které u zákazníku zejména v Anglii a USA, tuto technologii výroby znevýhodňují (země, kde byly cornflakes vyráběny klasickou metodou již před prvním použitím extruzní metody). U ostatních zemí už převažuje výroba cornflakes extruzní metodou.

Vlastnost	Klasická technologie	Extruzní technologie
Barva	Do zlatova	Do žluta
Chuť	Kuřičná se specifickou příchutí	Kukuřičná sladká
Tvar	Různé tvary s potrhanými okraji	Protáhlejší, oválnější
Přítomnost bublin v corn flakes	S velmi mnoho a malými bublinami	S malým počtem a tendencí tvorby velkých bublin

Tab. č. 6: Porovnání vlastností cornflakes



Obr. č. 32: Vlevo cornflakes vyrobeny klasickou technologií, vpravo extruzní technologií

Cílem výrobců je přiblížit se s vizuálními vlastnostmi klasické technologii a chuťovými k extruzní technologii.

21 Závěr

Tato práce se zabývá hlavně základy potravinářské extruze a aspekty s tím souvisejícími. Jsou zde popsány základní možnosti potravinářské a krmivářské extruze. Dopodrobna je probrána tematika rozdělení extruzních pochodů, teorie dopravy suroviny jednošnekovým, dvoušnekovým extrudérem, rozdělení extrudérů, jejich popis, vlastnosti a děje v nich probíhající. V práci je též uveden přehled před-extruzních, extruzních a po-extruzních technologií, na něž navazuje popis moderních extrudérů aktuálně dostupných na trhu. Nejobsáhlejší část se zabývá surovinami a jejich základními vlastnostmi pro extruzní proces. V poslední části je uveden lehký nástin perspektiv extruze v ČR, na což navazuje porovnání výroby corn flakes klasickou varnou technologií a extruzí.

Práce obsahuje pouze základy, jelikož problematika extruze je velice složitá a komplexní. Zaměření práce na potravinářskou extruzi byla zvolena z toho důvodu, že zasahuje do všech aspektů extruze, jak z hlediska složitosti zařízení, tak z pohledu surovin. Krmivářská extruze při srovnání s potravinářskou je částečně jednodušší a nejsou na ni kladeny takové nároky na kvalitu a provedení výsledného produktu jako u extruze potravinářské. Pokud se nebudeme zabývat krmivářskými linkami zpracovávajícími masokostní moučku, kde jsou kladeny extrémní nároky na hygienu a teplotní zpracování produktu.

Při tvorbě této práce jsem vycházel ze svých osobních zkušeností, absolvovaných školení a dostupné literatury. Nejvíce poznatků bylo předáno ústní formou od pana Ing. Přemysla Procházky, který se zabývá extruzní technologií v potravinářství a krmivářství od roku 1991.

Tuto práci lze použít jako úvod do problematiky extruze v potravinářství a krmivářství.

Seznam použité literatury a použitých zdrojů

- [1] Coperion Werner & Pfleiderer. 50th Anniversary of Co-rotating screws. *Kunststoffe international* [online]. 2007, 10, [cit. 2011-03-24]. Dostupný z WWW: <http://217.111.110.69/up_doc/Veroeffentlichungen/2007/CWP/CWP_200710_50%20Jahre%20ZSK_%20englisch.pdf>.
- [2] Coperion Werner & Pfleiderer. Multi - Screw Extruder Design. *AACC Food Extrusion Short Course*. 2008
- [3] MALOUN, CSC., Doc. Ing. Josef. *Technologická zařízení a hlavní procesy při výrobě krmiv*. první, 2001. Praha 6 : PowerPrint, 2001. 201 s. ISBN 80-213-0783-8.
- [4] Schaaf Technologie GmbH. The TURBO – A new cooking-extrusion principle. [online]. 2010, [cit. 2011-03-24]. Dostupný z WWW: <http://www.schaaf-technologie.de/images/stories/pdfs/en_turbo.pdf>.
- [5] Coperion Werner & Pfleiderer. Extrusion system options. *AACC Food Extrusion Short Course*. 2008
- [6] FRAME, N.D. *The Technology of extrusion cooking*. Peterborough : Blackie Academic & Professional, 1992. 250 s. ISBN 0-7514-0090-4.
- [8] RIAZ, M.N.; BARRON, M.E. *Practical short course series*. Texas : Texas A&M University, 1999. 423 s. TX 77843.
- [10] JANSSEN, *Twin screw extrusion*. New York : Elsevier, 1978.
- [11] SWIERS, Jan; WENGER, Mfg., Inc. Development of Physical and Functional Properties in Cooking Extruders : AACC Food extrusion course. 2008.
- [12] MILLER, Robert C. Principles of die and cutter design. *AACC International : Auburn, NY*. 2008
- [13] ING. FIALA, Jaroslav. Studie způsobu zpracování obilí extruzní technologií. *Výzkumný ústav mlýnského a pekárenského průmyslu, Praha*. 1989.
- [14] LEVIN, Leon. Introduction to extrusion : AACC international. 2008.
- [15] Baker Perkins. Product development case studies. *Baker Perkins - školení*. 2008.
- [16] Wenger Mfg, Inc. Preconditioning. *AACC international*. 2008.
- [17] Schaaf Technologie GmbH. Product info. [online]. 2010, [cit. 2011-03-24]. Dostupný z WWW: <http://www.schaaf-technologie.de/index.php?option=com_content&view=article&id=74&Itemid=85>.

- [18] Buhler AG. PRIOtwin. *Product info* [online]. 2010 [cit. 2011-03-24]. Dostupný z WWW: <http://www.buhlergroup.com/global/downloads/BUZ_PRIOtwin_2_EN.pdf>.
- [19] Buhler AG. POLYtwin. *Product info* [online]. 2010 [cit. 2011-03-24]. Dostupný z WWW: <http://www.buhlergroup.com/global/downloads/Eagab_BUH_EPES_polytwin_en_20090220_low.pdf>.
- [20] Buhler AG. ECOtwin. *Product info* [online]. 2010 [cit. 2011-03-24]. Dostupný z WWW: <http://www.buhlergroup.com/global/downloads/per4m_partner_en_internet.pdf>.
- [21] Farmet a.s. Extruze krmiv. *Produktové informace* [online]. 2011 [cit. 2011-03-24]. Dostupný z WWW: <<http://www.farmet.cz/technologie-zpracovani-olejnin/extruze-krmiv.html>>.
- [22] Propagační leták firmy Farmet a.s., Extruze, 2005
- [23] Propagační leták firmy Farmet a.s., FE 100, 2010
- [24] Doc. Ing. Petr Duchek, CSc., Přednáška: Výroba cihel, ZČU
- [25] KOŠÍKOVÁ, Jitka ; NOVOTNÝ, Zdeněk; WASSERBAUER, Stanislav. *Hygienické minimum pro pracovníky v potravinářství*. druhé. Jihlava : Ekon, 2000. 40 s.

Seznam obrázků

Obr. č. 1: Popis extrudéru	10
Obr. č. 2: Procesní zóny jednošnekového extrudéru	11
Obr. č. 3: Popis procesních zón dvoušnekového extrudéru	13
Obr. č. 4: Rozdělení dvoušnekových konstrukcí	14
Obr. č. 5: Pracovní rozsahy extrudérů	15
Obr. č. 6: Šnekové dopravní segmenty dvoušnekových extrudérů	16
Obr. č. 7: Mísící segmenty dvoušnekových extrudérů	16
Obr. č. 8: Šnekové segmenty pro varnou část extrudéru	17
Obr. č. 9: Základní tvar dýzy jednošnekového extrudéru s vyznačeným tokem taveniny	17
Obr. č. 10: Různě tvarované dýzy	18
Obr. č. 11: Expanze taveniny na výstupu z dýzy	19
Obr. č. 12: Řez turbem	20
Obr. č. 13: Technologie Butterfly throttle	24
Obr. č. 14: Nejjednodušší koextruzní dýza	25
Obr. č. 15: Příklad koextruzních výrobků	26
Obr. č. 16: Základní druhy řezání na extruzní hlavě	27
Obr. č. 17: Detail nože	27
Obr. č. 18: Sestava peletizační hlavy	28
Obr. č. 19: Dávkovač Loss-in-weight firmy Coperion	29
Obr. č. 20: Schéma gravimetrického plnění	29
Obr. č. 21: Konstrukční příklady dávkovačů firmy Coperion	30
Obr. č. 22: Extrudér osazený předkondicionérem	30
Obr. č. 23: Rozdělení předkondicionérů	31
Obr. č. 24: Pohled do dvouhřídelového předkondicionéru	31
Obr. č. 25: Příklad klasické konstrukce extrudéru firmy Schaaf	33
Obr. č. 26: Extrudér PRIOtwin	34
Obr. č. 27: Extrudér POLYtwin	35
Obr. č. 28: Extrudér ECOtwin	35
Obr. č. 29: Extrudér Farmet E	36
Obr. č. 30: Extrudér Farmet FE	36
Obr. č. 31: Výroba cihel protlačováním Foto M. Vavro 2004 (cihelna Hrachovec)	37
Obr. č. 32: Vlevo corn flakes vyrobeny klasickou technologií, vpravo extruzní technologií	52

Seznam tabulek

Tab.č.1: Porovnání dráhy toku suroviny	9
Tab.č.2: Porovnání extrudéru z různých hledisek	15
Tab.č.3: Zatížení motoru extrudéru při konstantním dávkování	21
Tab.č.4: Grafy závislosti vstupní energie / extruzní teploty	21
Tab.č.5: Vliv tuků a sacharózy na zatížení motoru	22

Seznam grafů

Graf č.1: Porovnání kapacity extrudérů s technologií a bez technologie Turba	23
Graf č.2: Vývoj prodejů cereálních potravin v ČR - zdroj AC Nielsen	47
Graf č.3: Vývoj prodejů cereálních potravin v ČR - zdroj AC Nielsen	48
Graf č.4: Prodej extrudovaných krmiv firmou Pragosoja spol. s r.o. 2005-2010	48

Seznam technologických schémat

Tech. schéma č. 1: Koextruze - krémy	25
Tech. schéma č. 2: Koextruze - 2x extrudér	26
Tech. schéma č. 3: Corn flakes - varná technologie	50
Tech. schéma č. 4: Corn flakes - extruzní technologie	51

Seznam příloh

Příloha číslo 1: Foto příklad extruzní linky na výrobu corn flakes	I
Příloha číslo 2: Řídicí systém přípravy suroviny	VIII
Příloha číslo 3: Krmivářská extruze	IX
Příloha číslo 4: Protokoly mikrobiologického rozboru	X

Seznam použitých zkratek a pojmů

PID - index dispergovatelnosti (rozpustnosti) proteinů

$$PID = \frac{\% \text{ ve vodě dispergovaných proteinů } \times 100}{\text{celkové \% proteinů}}$$

SME - specific mechanical energy, mechanická energie předaná pomocí motoru a šneku surovině.

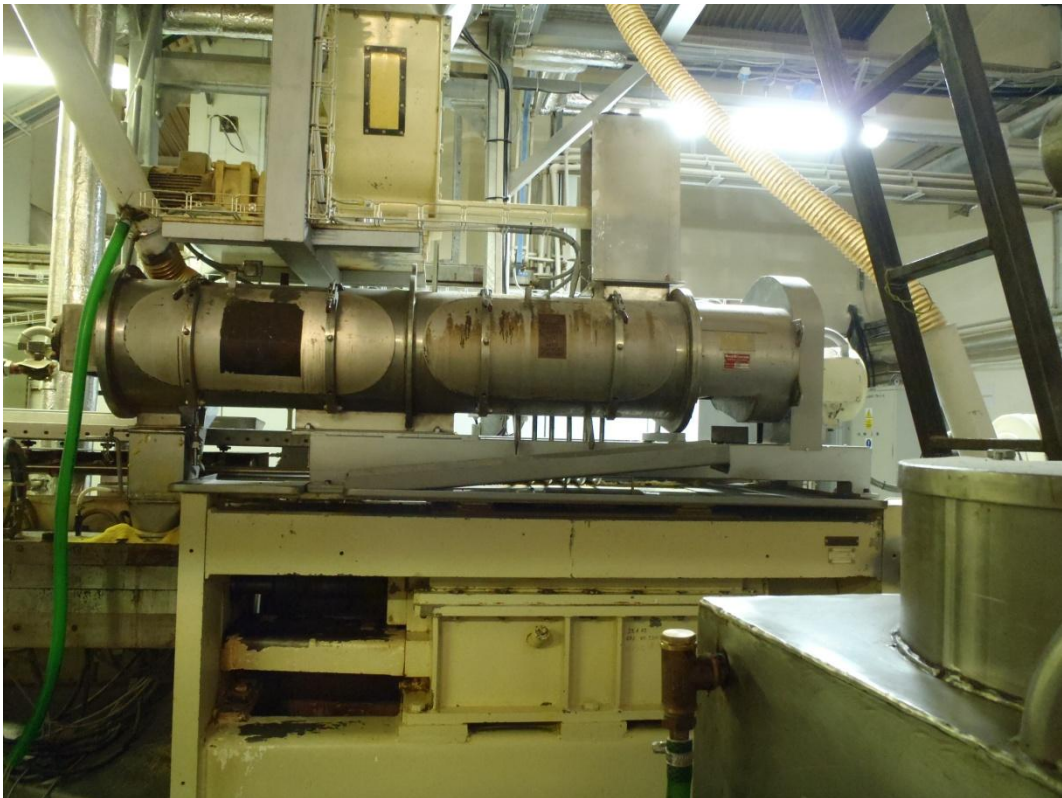
Maillardova reakce - jedná se o redukční chemickou reakci mezi aminokyselinami a cukry, která má vliv na sensorické vlastnosti výsledného produktu. Nejznámějším příkladem je karamelizace.

Příloha č. 1: Foto příklad extruzní linky na výrobu cornflakes

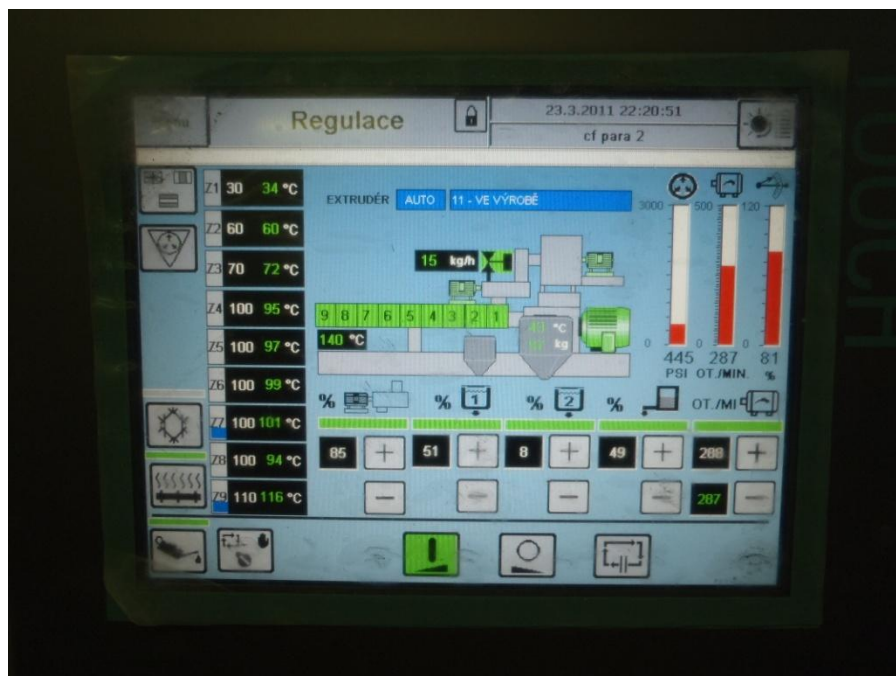
Obr. č. 1P Automatická přípravná surovin - moukárna



Obr. č. 2P Pohled na sestavu extrudéru, od shora: přijímová míchačka, prosévačka, dvoušnekový dávkovač, předkondicionér



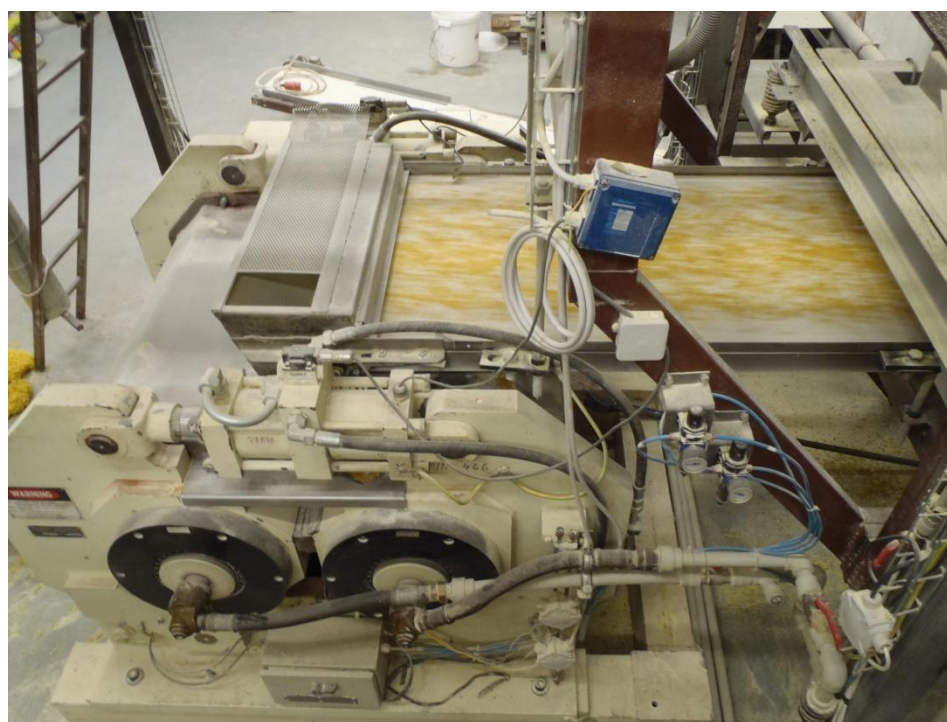
Obr. č. 3P Boční pohled na předkondicionér



Obr. č. 4P Řídící panel extrudéru



Obr. č. 5P Pohled na sestavu extruderů, od zadu: teplá extruze, studená extruze



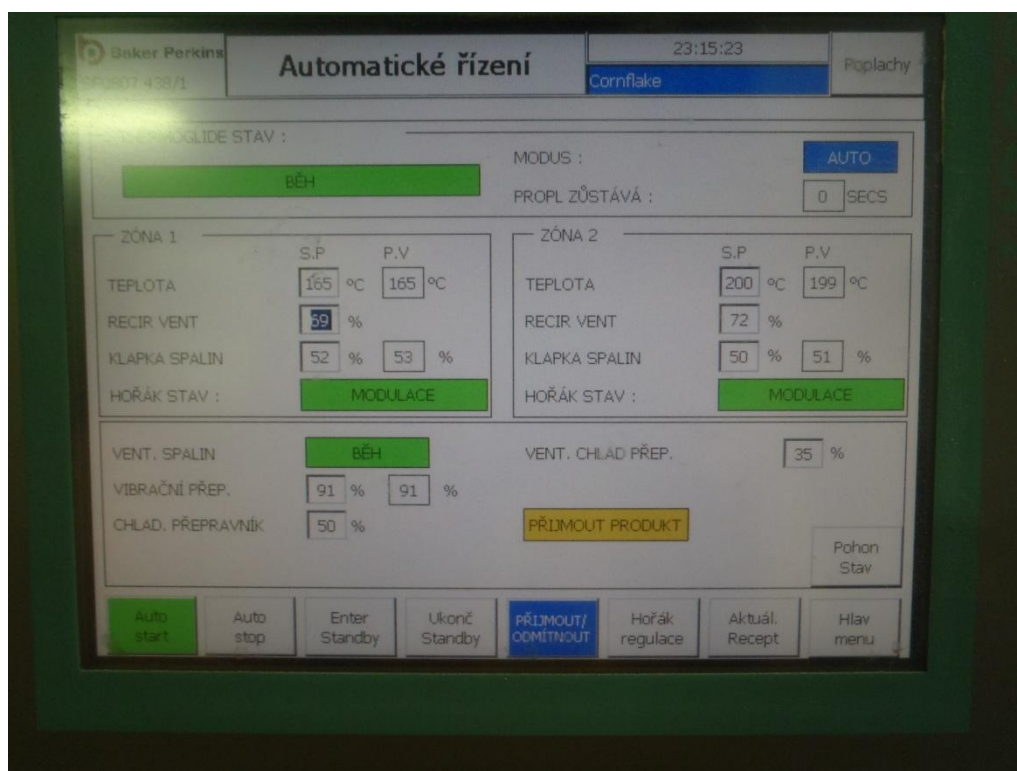
Obr. č. 6P Pohled na stolič s příjmem klonků



Obr. č.7P Pohled na fluidní sušárnu Baker Perkins



Obr. č. 8P Pohled na výstup z fluidní sušárny



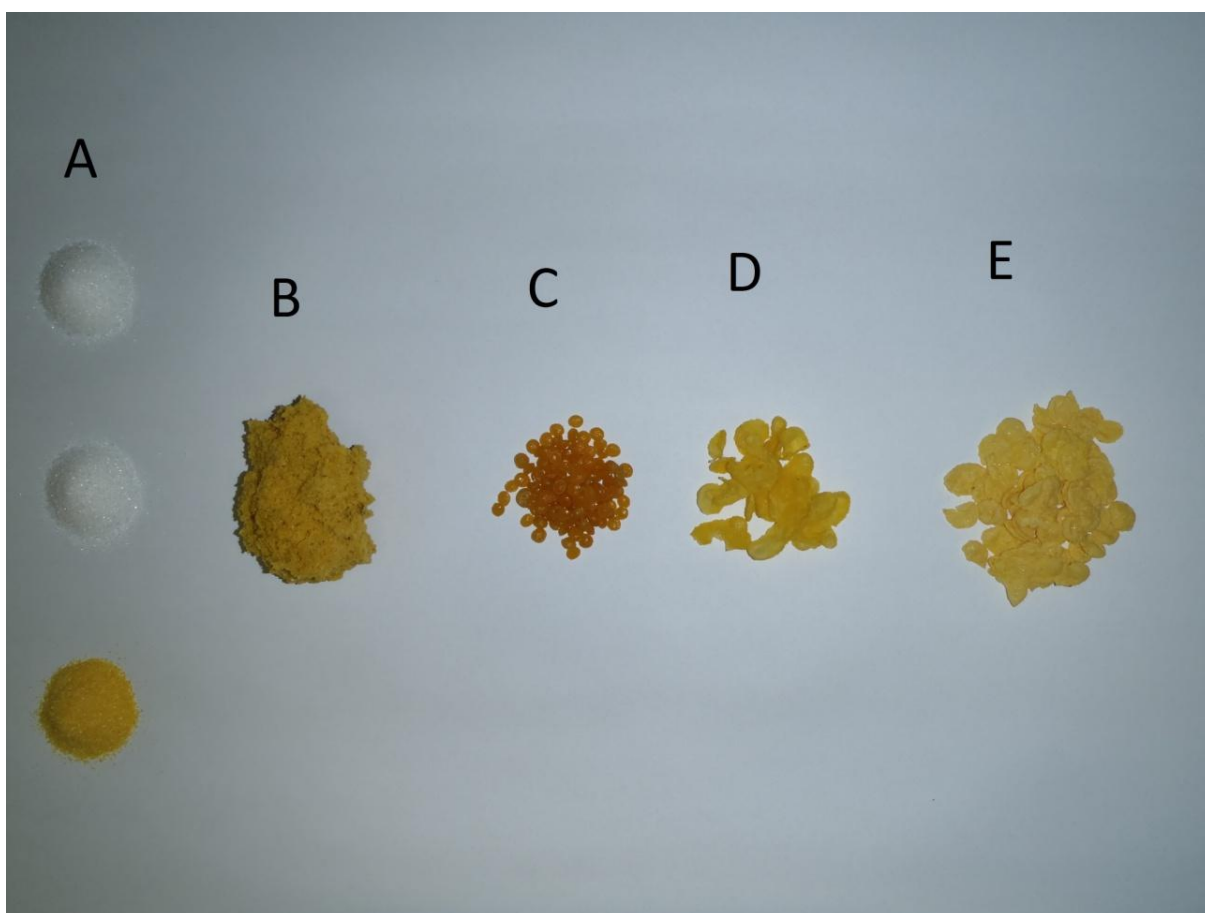
Obr. č. 9P Řídící panel sušárny Baker Perkins



Obr. č. 10P Chladící pás



Obr. č. 11P Výstup z chladícího pásu a doprava cornflakes na balení



Obr. č. 12P Pohled na proměnu suroviny v produkt během procesu

A - suroviny v základní formě: kukuřičná krupice, cukr, sůl

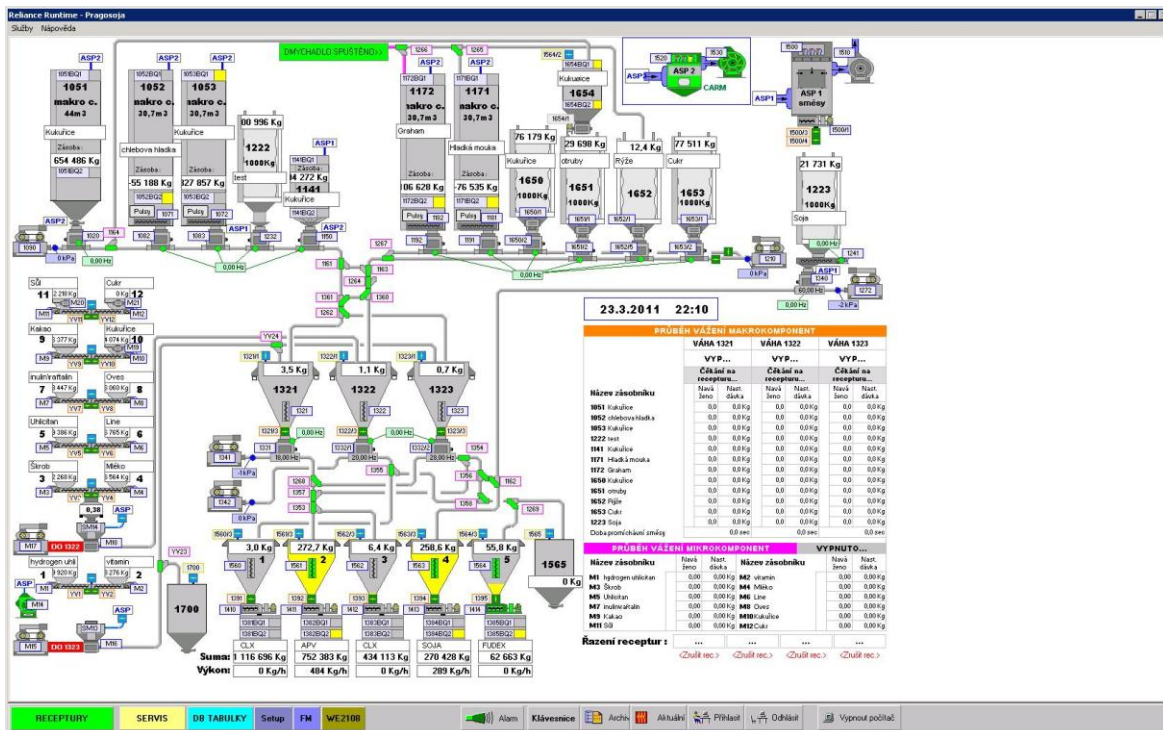
B - těsto vycházející z teplé extruze (ztuhnuté)

C - těsto ve formě klonků - produkt studené extruze

D - rozválcované klonky před usušením

E - finalní produkt - corn flakes

Příloha č. 2: Řídicí systém přípravy suroviny




Obr. č. 13P Pohled na počítačový řídicí panel přípravy suroviny ve firmě Pragosoja spol. s r.o.

Příloha č. 3: Krmivářská extruze

Obr. č. 14P Pohled na dýzu při extruzi krmivářské sóji (extrudér Farmet umístěný ve firmě Pragosoja)

Příloha č. 4: Protokoly mikrobiologického rozboru

	PROTOKOL				Protokol č. : 2/2011	
	VÝSLEDKY MIKROBIOLOGICKÉHO ROZBORU				Měsíc ÚNOR	

TRVANLIVÉ PEČIVO – EXTRUDOVANÉ VÝROBKY


Název výrobku	zjištěná hodnota koli	max. hodnota koli**	zjištěná hodnota a plísně	max. hodnota plísně**	Datum spotřeby	vyhovuje*
Vankuše jogurt	0	max. 50KTJ	0	max. 500KTJ	24.2.12	A
Bio křeh.pl. graham	0	max. 100KTJ	0	max. 5000KTJ	8.2.12	A
BB merunka	0	max. 50KTJ	0	max. 500KTJ	19.11.11	A
BB ostružina	0	max. 50KTJ	0	max. 500KTJ	10.11.12	A
Line tyramisu	0	max. 50KTJ	0	max. 500KTJ	10.11.11	A
Line mléčná	0	max. 50KTJ	0	max. 500KTJ	21.11.11	A
Line čoko oříšek	0	max. 50KTJ	0	max. 500KTJ	10.11.11	A
CF med a arašidy	0	max. 50KTJ	0	max. 500KTJ	12.11.11	A
CF S-budget	0	max. 100KTJ	0	max. 5000KTJ	10.2.12	A
Choco Balls	0	max. 100KTJ	0	max. 5000KTJ	9.2.12	A
Křeh.pl. sýrový	0	max. 100KTJ	0	max. 5000KTJ	9.2.12	A
Puf rýže čoko.	0	max. 50KTJ	0	max. 500KTJ	24.2.12	A
Puf pš.jogurt	0	max. 50KTJ	0	max. 500KTJ	16.2.12	A
Cerealní tyčinky	0	max. 50KTJ	0	max. 500KTJ	16.2.12	A

**dle vyhlášky 294/1997
*A – Ano, N – ne

SOJOVÉ VÝROBKY

Název výrobku	zjištěná hodnota koli**	max. hodnota koli	zjištěná hodnota CPM	max. hodnota CPM**	datum	vyhovuje*
Sojové kostky	0	10 KTJ	10	100 000 KTJ	9.2.13	A

**dle vyhlášky 132/2004

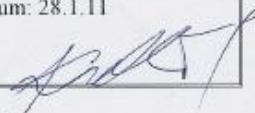
Zpracoval: M. Válková	Schválil:  ved. ORJ Ing. Lucie Kadlčíková	Datum: 15.3.2011
-----------------------	---	------------------

	PROTOKOL	0/2011
	VÝSLEDKY MIKROBIOLOGICKÉHO ROZBORU BIO suroviny po skončení trvanlivosti	Měsíc: leden

Název výrobku	zjištěná hodnota koli	max. hodnota koli**	zjištěná hodnota plísňe	max. hodnota plísňe**	vyhovuje *
Bio rozinky	0	max. 1000KTJ	0	max. 10 000KTJ	A
Bio třtinový cukr	0	max. 1000KTJ	0	max. 10 000KTJ	A
Bio kokos plátky	0	max. 1000KTJ	0	max. 10 000KTJ	A
Bio jablka	0	max. 1000KTJ	0	max. 10 000KTJ	A
Bio lyofiliz. višně	0	max. 1000KTJ	0	max. 10 000KTJ	A
Bio ořišky	0	max. 500KTJ	0	max. 100 000KTJ	A
Bio sladový výtazek	0	max. 1000KTJ	0	max. 10 000KTJ	A
Bio kmín	0	max. 1000KTJ	0	max. 5 000KTJ	A
Bio kukuř krupice	0	max. 1000KTJ	0	max. 10 000KTJ	A

**dle vyhlášky 132/2004

- *A – ANO
- *N- Ne

Zpracoval: M. Válková	Schválil: ved. OŘJ Ing. Lucie Kadlčíková	Datum: 28.1.11 
-----------------------	---	---

	PROTOKOL	Protokol č.: 02/ 11
	VÝSLEDKY MIKROBIOLOGICKÝCH ROZBORŮ STĚRŮ ZE STROJŮ A ZAŘÍZENÍ	Měsíc: leden


linka č. 3

zařízení	zjištěná hodnota koli	max. hodnota koli	zjištěná hodnota CPM	max. hodnota CPM	vyhovuje*
Nádržka na vodu	0	10 KTJ	50	102 KTJ	A
Vibrační žlab	0	10 KTJ	10	102 KTJ	A
zásobník V.	0	10 KTJ	30	102 KTJ	A
zásobník VI.	0	10 KTJ	20	102 KTJ	A
zásobník VII.	0	10 KTJ	20	102 KTJ	A
zásobník VIII.	0	10 KTJ	0	102 KTJ	A
Doprav. na bal.č.5	0	10 KTJ	10	102 KTJ	A
Násypka bal.č.5	0	10 KTJ	80	102 KTJ	A
tubus bal.č.5	0	10 KTJ	20	102 KTJ	A
Doprav. na bal.č.6	0	10 KTJ	60	102 KTJ	A
Tubus bal.č.6	0	10 KTJ	10	102 KTJ	A
Násypka bal.č.6	0	10 KTJ	10	102 KTJ	A

* A – ANO
 N – NE

** výsledky se hodnotí dle vyhlášky 294/1997, ve znění vyhlášky 91/1999, zákona Sb.č.451/2002

Vyjádření VPV o nápravách při nevyhovujících výsledcích :

Zpracoval: M. Válková	Schválil: ved. OŘJ Ing. Lucie Kadlčíková	datum, podpis 31.1.2011 
-----------------------	---	--