

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

BRNO 2016

Vendula Mejzliková

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav technologie potravin



Reologické vlastnosti kečupu
Diplomová práce

Vedoucí práce:
Ing. Vojtěch Kumbár, Ph.D.

Vypracoval:
Bc. Vendula Mejzlíková

Brno 2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Reologické vlastnosti kečupu, vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnici o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu této diplomové práce Ing. Vojtěchu Kumbárovi, Ph.D., za výbornou spolupráci, ochotu a velmi dobré vedení. Dále bych chtěla poděkovat i mým přátelům a rodině, kteří mě při mém studiu vždy podporovali.

ABSTRAKT

MEJZLÍKOVÁ, 2016: *Reologické vlastnosti kečupu*. Diplomová práce, Brno.

V teoretické části diplomové práce se pojednává o rajčatech jako surovině pro výrobu kečupů. Je zde popsána výroba rajčatového protlaku, který je hlavní surovinou při výrobě kečupů. Je zde zahrnuta také výroba domácího kečupu. V další části jsou teoreticky zaznamenány reologické vlastnosti potravin.

Praktická část diplomové práce se zabývá reologickými vlastnostmi kečupů. Jsou vybrány vzorky komerčních kečupů a jednoho kečupu domácího. U těchto vzorků se následně stanovuje jejich hustota, viskozita a smykové napětí v závislosti na smykové rychlosti. Pomocí Ostwald-de Waeleho modelu jsou sestaveny tokové a viskozitní křivky pro jednotlivé vzorky. Pomocí tohoto modelu je zjištěno, o jaký druh tekutiny se v případě kečupu jedná. Sledována byla i časová závislost viskozity kečupů. Dále je porovnána závislost viskozity a hustoty kečupů na obsahu rajčat v každém vzorku.

Klíčová slova: kečup, reologie, viskozita, smykové napětí, toková křivka, Ostwald de Waele

ABSTRACT

MEJZLÍKOVÁ, 2016: *Rheological properties of ketchup*. Thesis, Brno.

In theoretical part of this thesis is writing about tomatoes as a raw material for production of ketchups. There is also disclosed the production of tomato puree, which is the main raw material for production of ketchup. In the next part are theoretically recorded rheological properties of foodstuffs.

The practical part of the thesis deals with rheological properties of ketchup. There were selected samples of commercial ketchup and one sample of homemade ketchup. At these samples, there were determined their viscosity, density and shear stress depending on shear rate. The Ostwald-de Waele model were used for compiled flow and viscosity curves forming of each sample. With a help of this model was determined, what type of fluid is the particular ketchup. Also was monitored the time dependence of the viscosity of ketchup. Then there is compared the relationship between viscosity and density of ketchups on the content tomatoes in each sample.

Key words: ketchup, rheology, viscosity, shear stress, flow curve, Ostwald-de Waele

Obsah

1 Úvod	8
2 Literární přehled	9
2.1 Zpracování zeleniny	9
2.2 Konzervované zeleninové výrobky	11
2.2.1 Požadavky na jakost konzervované zeleniny:	15
2.2.2 Význam jakosti pro užití zeleninových výrobků:	16
2.3 Rajčata a výrobky z nich	17
2.3.1 Výživové složení rajčat:	18
2.3.2 Výroba rajčatového protlaku	19
2.3.3 Výroba rajčatového kečupu	22
2.4 Vlastnosti potravin	25
2.4.1 Fyzikální vlastnosti potravin	26
2.4.2 Reologické a mechanické vlastnosti potravin	27
3 Cíl	35
4 Materiál a metodika zpracování	36
4.1 Vzorky kečupů	36
4.1.1 Hellmann's	36
4.1.2 Heinz	36
4.1.3 Otma	36
4.1.4 Otma	37
4.1.5 COOP Klasik	37
4.1.6 Domácí kečup	37
4.2 Měření hustoty	37
4.3 Měření viskozity	39
5 Výsledky a diskuze	42
5.1 Stanovení hustoty	42

5.2 Viskozitní křivky	42
5.2.1 Hellmann's	43
5.2.2 Heinz	43
5.2.3 Otma – kečup dětský.....	44
5.2.4 Otma – kečup Gurmán	44
5.2.5 COOP Klasik	45
5.2.6 Kečup domácí	45
5.3 Tokové křivky	46
5.3.1 Hellmann's	46
5.3.2 Heinz	47
5.3.3 Otma – kečup dětský.....	47
5.3.4 Otma – kečup Gurmán	48
5.3.5 COOP Klasik	48
5.3.6 Kečup domácí	49
5.4 Ostwald-de Waeleho model	49
5.5 Závislost viskozity na čase.....	50
5.5.1 Při rychlosti 2 s^{-1}	51
5.5.2 Při rychlosti 20 s^{-1}	52
5.6 Závislost hustoty a viskozity na obsahu rajčat v kečupech.....	52
6 Závěr	55
7 Seznam použité literatury	56
Seznam tabulek	60
Seznam obrázků	61

1 ÚVOD

Kečupy jsou výrobky z rajčat, které jsou k dostání v téměř každém obchodě. Jejich hlavní součástí jsou rajčata, jejichž obsah je rozhodující pro výchozí vzhled a chuť výrobků. Dle legislativy by měly kečupy s naměřenou refraktometrickou sušinou 25 % a více, obsahovat nejméně 7 % refraktometrické sušiny vnesené rajčatovou surovinou. Dalšími důležitými surovinami pro výrobu kečupů jsou voda, ocet, sůl, koření, cukr a jiné přísady určené například k zahuštění výrobku. Surovinou pro výrobu kečupů jsou sice rajčata, ale kečup jako takový se nevyrábí přímo z čerstvých rajčat, ale z rajčatového protlaku. Rajčatový protlak je sterilovaný zahuštěný zeleninový výrobek. Sterilizace je důležitý krok, kterým se dosahuje zakonzervování méně údržných potravin a surovin, mezi které se řadí právě i rajčata.

V obchodech můžeme narazit na mnoho druhů kečupů jako je kečup dětský, ostrý, jemný a jiné druhy, které jsou vyráběny několika různými producenty. Tyto kečupy se liší především obsahem rajčat a koření a většina z nich obsahuje stabilizátory, jako jsou modifikované škroby, pektin apod. Existuje však mnoho receptů pro výrobu domácího kečupu, který obsahuje jen přírodní suroviny a je na každém konzumentovi, jaké přísady pro výrobu použije.

Reologické vlastnosti jsou v potravinářství velice důležité. Jejich stanovení napomáhá pro zlepšování sensorických vlastností potravin. Reologické vlastnosti mají vliv na změnu tvaru a tok látek a jsou důležité pro některé technologické operace při výrobě potravin.

Při určování reologických vlastností kečupů se stanovuje především jeho viskozita, která charakterizuje tekutiny. Je mírou tření v kapalinách, díky kterému dochází k rozdílu proudění kapalin. Vyjádřením tokových vlastností kapalin jsou reologické stavové rovnice a jejich grafickou podobou jsou tokové křivky.

Kečup patří mezi neneutronovské kapaliny, jejichž viskozita se mění s rychlostí deformace a není tedy konstantní. Chování neneutronovských kapalin je komplikované. Pro charakteristiku kečupu, se používá závislost smykového napětí na rychlosti deformace, tedy toková křivka. Z tokové křivky se stanovuje zdánlivá viskozita, která závisí na rychlosti deformace.

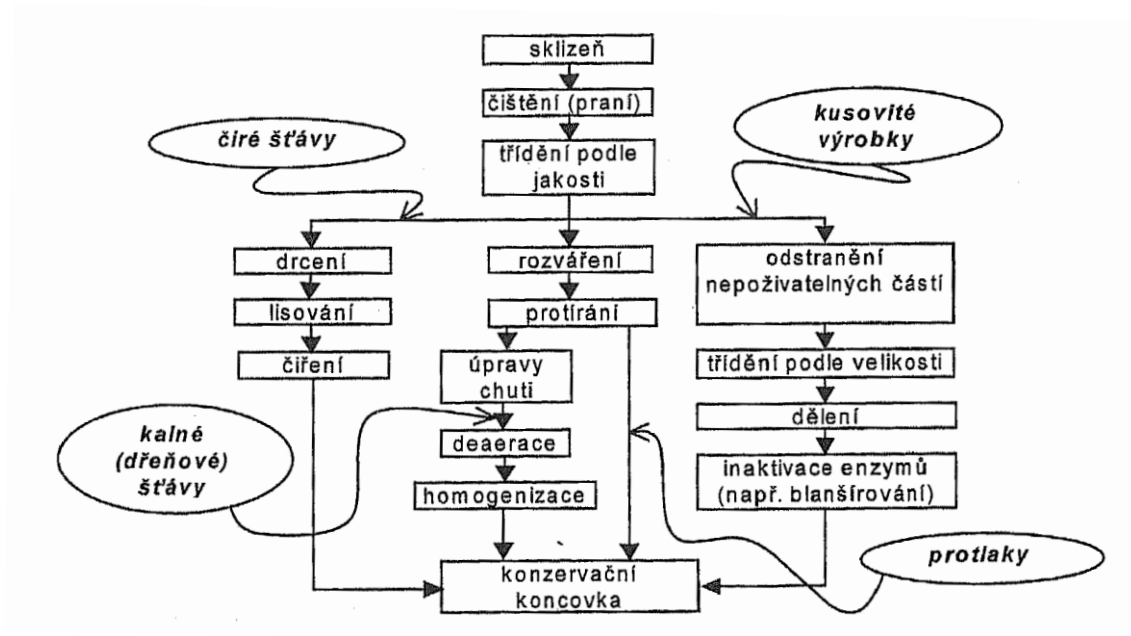
2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Zpracování zeleniny

Zelenina se řadí k rychle kazícím potravinám, proto je nutné ji rychle zpracovat. Velká část zeleniny je určena ke konzervářskému či mrazářskému zpracování. Ročně je v konzervářském průmyslu vyprodukováno 100 tisíc tun výrobků ze zeleniny. (Taufarová a kol., 2014)

Zpracování zeleniny se podle Kadlece (2002) dělí do několika odvětví:

- 1) Předběžné technologické operace
- 2) Výroba produktů zachovávajících kusovitost suroviny
- 3) Výroba rozmělněných produktů (např. protlaky)
- 4) Technologie výroby macerovaného ovoce a zeleniny
- 5) Výroba čirých ovocných šťáv
- 6) Výroba šťavných koncentrátů
- 7) Speciální výroby (např. Produkce technického pektinu)



Obrázek 1: Schéma zpracování ovoce a zeleniny (Kadlec, 2002)

Předběžné technologické operace

Sklizení – Doba sklizně je určena podle technologické zralosti, která představuje stav plodiny. Tento stav se liší podle dalšího způsobu zpracování. Zelenina na výrobu protlaků by měla být plně vyzrálá (Kadlec, 2002). Na kvalitu suroviny má dále vliv způsob sklizně a posklizňová manipulace. Nesmí docházet k mechanickému poškození surovin, které by mohlo vést ke stresové reakci a k zintenzivnění dýchání. Čímž by se mohla zhoršit kvalita. Navíc toto poškození otevírá vstup mikroorganismům a může tedy vést k šíření mikrobiálních nákaz. Sklizňové a posklizňové ztráty dosahují až 25 % (Opatová a Pazlarová, 2009). Využívá se princip hemibiózy, což je schopnost plodin si po sklizni udržet přirozenou odolnost vůči mikroorganismům (Kučerová, 2007).

U zeleniny dochází k posklizňovým změnám jako je ztráta vody, kdy se snižuje hmotnost i jakost plodin, klesá nutriční a tržní hodnota. Dále dochází k dozrávání plodů, přičemž probíhají látkové přeměny. A další posklizňové změny jako dýchání nebo vznik fyziologických poruch, které mohou být příčinou fyziologické skvrnitosti na slupkách, praskání slupky a dužiny zeleniny. (Pelikán a Sáková, 2001)

Skladování – v průběhu skladování může docházet ke ztrátám na kvalitě např. prodýcháváním cukrů, snižováním obsahu vody apod. Cílem je snížit dobu skladování před zpracováním zeleniny (Kadlec, 2002). Při krátkodobém skladování, tedy skladování na dobu nutnou před expedicí k přímému konzumu, stačí skladování v chladných stinných a vzdušných prostorech (Bajčí, 1969). V případě delší doby skladování, by zelenina měla být uložena v chlazených prostorech (Kadlec, 2002). Používají se sklady s chladicím zařízením a cirkulací vzduchu, tedy v kontrolované atmosféře (Bajčí, 1969).

Při skladování zeleniny musí být dodrženy určité podmínky, každá plodina může být jinak citlivá k určitým podmínkám skladování. Například rajčata jsou velice citlivá na teplotu skladování, na etylen ve vzduchu a na poškození chladem. Jejich limitní koncentrace pro obsah CO₂ ve vzduchu je 2 % a minimální obsah kyslíku ve vzduchu musí být alespoň 3 %. (Opatová a Pazlarová, 2009)

Čištění – Jedná se o odstranění kontaminantů na úroveň vhodnou pro následující zpracování. Potravina, která by obsahovala větší množství kontaminujících látek při zpracování než je přípustné, by nesměla být zpracována. Čištění se provádí suchým

(proudy vzduchu, oddělování nečistot na sítu, atd.) nebo mokrým způsobem. Mokrý čišťení je účinnější, umožňuje i snížení mikrobiální kontaminace. Jedná se o praní, které probíhá ve třech fázích (předmáčení, praní a oplach pitnou vodou). (Kadlec, 2002)

Třídění – jde o rozdělování surovin podle fyzikálních vlastností. Cílem třídění je dosažení kvality finálních produktů. Třídění může být ruční nebo mechanické a třídí se podle jakosti, barvy, velikosti a zralosti. Jde o vyřazení suroviny, která je pro daný technologický postup nevhodná. (Kadlec, 2002)

Odstranění nepoživatelných částí – nepoživatelnými částmi jsou rostlinná pletiva, která jsou nestravitelná nebo nežádoucí pro konečný výrobek. Jde například o obrušování trichomů, odstranění stopek, odpeckování, loupání apod. (Taufarová a kol., 2014)

Dělení – je důležité z hlediska vzhledu finálního výrobku. Velikostí kusů lze také ovlivnit průběh technologických operací. (Taufarová a kol., 2014)

2.2 Konzervované zeleninové výrobky

Dle vyhlášky se zpracovanou zeleninou rozumí výrobky, jejichž charakteristickou složkou je zelenina včetně oliv, a které byly upraveny konzervováním, s výjimkou zeleninových nealko nápojů, dresinků, studených omáček a zeleniny zmrazené.

(Hrabě a kol., 2005)

Konzervace je úprava poživatin za účelem prodloužení jejich trvanlivosti. Má význam u neúdržných potravin a surovin, které obsahují vysoký obsah vody, díky čemuž mohou snadno podléhat změnám způsobeným mikroorganismy. Tyto změny mohou vést k znehodnocení potravin. Mezi neúdržné potraviny se řadí i rajčata, lze je těžko udržet v požitelném stavu (Bulková, 2011). Pro udržení neúdržných potravin v požitelném stavu se používají konzervační opatření (Pelikán a Sáková, 2001).

Mezi změny, které mohou u rajčat probíhat, se řadí i nemikrobní změny způsobené jejich sklizní, konkrétně vnějšími faktory, které při sklizni působí. Může docházet i ke změně zbarvení způsobené tríslovinami, heteroglykosidy apod. Těmto změnám lze zabránit vyloučením faktorů, které je způsobují.

Závažnější jsou mikrobiální změny. Jsou označeny jako rozklad nebo kvašení a mohou být způsobeny různými mikroorganismy nebo enzymy, které mikroorganismy vylučují. Konzervační technologie využívá poznatků týkajících se prostředí, ve kterém mikroorganismy přežívají, aby zabránila znehodnocení produktu, ztrátám živin nebo vzniku látek škodlivých zdraví. (Bulková, 2011)

Každá skupina mikroorganismů vyžaduje pro přežití a rozmnožování jiné podmínky jako teplotu, kyslík, osmotický tlak, kyselost nebo obsah živin. Plísně a kvasinky vyžadují kyslík, hnilobné bakterie nesmí mít prostředí s pH nižším než 4 apod. (Pelikán a Sáková, 2001)

Suroviny však musí být před konzervací zdravotně nezávadné, konzervací se pouze prodlužuje jejich údržnost. (Bulková, 2011)

Někdy může dojít také ke kontaminaci po zakonzervování, nejčastěji po tepelném ošetření. K této kontaminaci dochází především při chlazení surovin vodou. Náchylné jsou většinou kovové kontejnery s nedokonalostmi v těsnění. Takovýmito problémům se předchází dekontaminací nebo chlorací chladicí vody. (Richardson, 2004)

Konzervací se rozumí prodloužení trvanlivosti potravin. Mezi principy prodloužení trvanlivosti patří:

- 1) Bióza – zahrnuje změny probíhající v potravinách a surovinách v průběhu sklizně, dozrávání a skladování. Tyto změny prodlužují a udržují jakost a údržnost potravin, jejich účinek je však krátkodobý.
- 2) Anabióza – jde o omezení a inaktivaci mikrobů včetně enzymů. Řadí se sem kryoanabióza, osmoanabióza s použitím vyšší koncentrace cukru nebo soli. Tepelné inaktivace, snížení aktivity vody, okyselení, přídavek konzervačních látek apod.
- 3) Abióza – jedná se o inaktivaci mikrobů a enzymů tepelným záhřevem o teplotách nad 100 °C.
- 4) Cenobióza – je založena na synergickém účinku jednoho mikroorganismu vůči druhému. (Hrabě a kol., 2005)

Konzervační metody se dělí do 3 skupin:

1) Vylučování mikrobů z prostředí: cílem je odstranění mikrobů ze zpracované hmoty (Pelikán a Sáková, 2001). Pokud jsou z potraviny zcela vyloučeny zárodky a není umožněna kontaminace, může vést tato metoda k trvalé konzervaci (Hrabě a kol., 2005). Takový zákrok se provádí preventivně nebo jako opatření během vlastního zpracování. Preventivní opatření zahrnuje čistotu místností, náradí, vzduchu, vody, pomocných zařízení i pracovníků. Při vlastním zpracování jsou mikrobi odstraňováni praním surovin. Úplné odstranění mikrobů se provádí baktofugací. Používá se přímá inaktivace mikrobů pomocí sterilace nebo usmrcování mikrobů, čímž se dosáhne sterility. Nejedná se o dosažení absolutní sterility, ale pouze obchodní nebo praktické sterility a tedy inaktivace mikrobů, pro které je daná potravina vhodným prostředím.

(Pelikán a Sáková, 2001)

2) Přímá inaktivace: Používá se termosterilace, kdy se doba a teplota sterilace používá podle pH suroviny. Pro suroviny s pH pod 4, což je vhodné prostředí pro kvasinky a plísně, se používají teploty 70 – 100 °C po dobu několika minut. Pro suroviny s pH 4 – 6,5, a tedy s vhodným prostředím pro sporulující bakterie, se používá teplota 115 – 125 °C po dobu 5 – 20 minut (Pelikán a Sáková, 2001).

Pro inaktivaci mikroorganismů produkujících spory, které mohou způsobovat zdravotní závadnost produktů, jsou vhodné teploty 110 – 130 °C. V případě vyšších teplot je postačující kratší doba působení. Jedny z nejvíce rezistentních sporů jsou spory pocházející od bakterie *Clostridium botulinum*, která produkuje smrtelný toxin botulin. (Richardson, 2004)

Při termosterilaci se inaktivují i některé enzymy. V případě, že se termosterilace použije před plněním do obalů, musí být zajištěno, aby při a po plnění nedošlo ke kontaminaci. Sterilace v obalech se provádí ve vodních nebo parních lázních nebo v rychle proudícím horkém vzduchu a v autoklávech (Pelikán a Sáková, 2001). Nejčastěji používané strojní zařízení pro tepelné ošetření jsou průtočné sterilátory v deskovém nebo trubkovém uspořádání (Hrabě a kol., 2005).

Pro přímou inaktivaci se může dále používat některých chemických činidel. Zvolí se dávka činidla, která vytvoří prostředí nevhodné pro množení

mikrobů. Používá se například působení aktivního kyslíku a stříbrných iontů k desinfekci vody. (Pelikán a Sáková, 2001)

3) Nepřímá inaktivace = zvýšení odolnosti prostředí:

a) Fyzikální: například konzervace **vysušením potravin**, kdy dochází k odstranění volné vody a zvýšení osmotického tlaku nad míru snesitelnou mikrobům. V zelenině je třeba snížit vlhkost pod 13 % tak aby nedošlo k oxidaci, proto je nutné teplotu řídit (Pelikán a Sáková, 2001). Sušením se dosahuje prodloužení údržnosti bez ohledu na teplotu skladování a obalový materiál (Hrabě a kol., 2005). Dalším příkladem je konzervace **snížením teploty** potravin. Počítá se s tím, že se rychlost reakcí se snížením teploty snižuje. Používá se chladiřství, které umožňuje omezené skladování potravin při teplotě 4 °C, přičemž relativní vlhkost nemá klesnout pod 80 %. Nebo mrazířství, kdy se teplota potravin snižuje na – 18 až – 30 °C. V tomto případě dojde k potlačení mikroflóry a téměř k potlačení enzymové aktivity. Dále konzervace **odnímáním kyslíku a regulací skladové atmosféry**, kdy se zajistí anaerobní atmosféra, při které se většina mikroorganismů nemnoží. Tato konzervace musí být doprovázena dalšími podmínkami jako je okyselení nebo prosycení potraviny tukem nebo sníženou teplotou, což zajistí, že se nebudou rozmnožovat ani mikroorganismy přežívající anaerobní prostředí. (Pelikán a Sáková, 2001)

b) Chemické: tento druh konzervace zajišťuje přídavek konzervujícího přípravku, kterým je rafinovaná chemikálie. Tato chemikálie musí být přidána v takovém množství, aby neškodila lidskému zdraví a zároveň potlačovala vegetaci mikroorganismů. Neměla by také ovlivnit chuť, vůni, barvu a jiné vlastnosti potravin. Pro tyto účely se používá kyselina mravenčí, benzoová, sorbová, oxid siřičitý a estery kyseliny 4-hydroxybenzoové (Pelikán a Sáková, 2001).

Kyselina benzoová může být přirozeně přítomna v mléčných kysaných výrobcích. Použity mohou být také dusitany a dusičnany, kyselina octová, citronová, mléčná, vinná apod. (Hrabě a kol., 2005)

c) Biologické: řadí se sem produkty fermentace některých druhů potravin (Hrabě a kol., 2005). Jde o mikrobiologické procesy, kdy vznikají přirozená konzervační činidla sloužící k potlačení ostatních mikrobů. Používá se **etanolové kvašení**, kdy dohází za působení kvasinek rodu *Saccharomyces* k přeměňování cukru na

etanol a oxid uhličitý. Určitá koncentrace etanolu zamezuje množení mikroorganismů, nádoba se poté uzavře, čímž se zabrání pronikání mikroorganismů, které zpracovávají alkohol. Dalším druhem biologické konzervace je **mléčné kvašení**, kdy některé druhy mikroorganismů konzervují směs složenou z kyseliny mléčné, octové, oxidu uhličitého a etanolu.

(Pelikán a Sáková, 2001)

2.2.1 Požadavky na jakost konzervované zeleniny:

- a) Konzervované zeleninové výrobky – obsah znečišťujících minerálních příměsí pocházejících z půdy nejvýše 0,08 %.
- b) Sterilované zeleninové výrobky – obsah kyseliny octové nejvýše 2 %
- c) Mléčně kvašená zelenina – pH má dosahovat nejvýše 4,1. Obsahuje nejméně 0,8 % kyseliny mléčné, nejvýše 0,6 % těkavých kyselin a nejvýše 1,5 % etanolu (neplatí pro zeleninu, kde byl použit jiný než původní nálev).
- d) Chemicky konzervovaná zeleniny – pH nejvýše 4,1.
- e) Zeleninové protlaky
 1. Protlaky sterilované a chemicky konzervované obsahují nejméně 7 % sušiny, stanovené refraktometricky.
 2. Protlaky s přídavkem soli obsahují nejméně 32 % sušiny, obsah soli nesmí překročit 28 %.
 3. Rajčatový protlak rozředěný vodou na roztok o koncentraci 8 % nesmí obsahovat víc než 60 mg/kg nerozpustných minerálních nečistot
 4. U kečupů obsahujících nejméně 25 % sušiny stanovené refraktometricky musí nejméně 7 % činit refraktometrická sušina vnesená rajčatovou surovinou
 5. U kečupů Prima, Extra, Speciál s refraktometrickou sušinou nejméně 30 %, musí činit nejméně 10 % sušiny refraktometrická sušina vnesená rajčatovou surovinou.
 6. Zahuštěné rajčatové pyré a protlak obsahují nejvýše 10 % soli.

(Bulková, 2011)

2.2.2 Význam jakosti pro užití zeleninových výrobků:

1) Technologická jakost

Jde o souhrn vlastností, které jsou důležité pro průmyslové zpracování zeleniny. Ovlivňují technologický výrobní proces i výsledek výroby, projevují se v jakosti finálního výrobku i v jeho množství.

2) Zdravotní bezpečnost

Potravinové suroviny mohou být zdrojem zdravotních rizik, čemuž musí zpracovatel zabránit. Z tohoto důvodu existuje hygienická kontrola potravního řetězce s využitím legislativy. Kontrolu zajišťuje systém HACCP.

Zelenina obsahuje větší podíl vody, čímž se řadí mezi neúdržné potraviny. Vyskytuje se zde běžná mikroflóra, která způsobuje kažení produktů. Každá rostlina navíc obsahuje zdraví škodlivé látky, kterými se brání proti hmyzu, chorobám a některým škůdcům, většinou jsou však obsaženy jen v nepatrném množství. Zelenina může rovněž obsahovat rezidua pesticidů a biologicky aktivních látek. Rezidua pesticidů jsou produkty rozkladu chemických přípravků, které se používají při zemědělské výrobě, při ošetření i skladování produktů. Některé mají dlouhou dobu odbourávání, a proto se mohou dostat i do hotového výrobku. Rezidua biologicky aktivních látek jsou zbytky z rozkladu veterinárních léčiv, antimikrobiálních látek, látek s hormonálním účinkem, přísad do krmiv a jiných látek, které jsou pro člověka škodlivými.

3) Senzorická jakost

Jedná se o souhrn smyslového vnímání nebo hodnocení potraviny našimi smyslovými orgány. Většinou se zemědělský produkt zpracuje a hodnotí se až finální výrobek.

Senzorická analýza potravin je hodnocení kvalifikovanými posuzovateli za předem stanovených podmínek s cílem dosažení co nejpřesnějších výsledků. Při sensorickém hodnocení v jednotlivých závodech se používají hodnotitelská schémata založená na slovním popisu a bodovém hodnocení jednotlivých znaků.

(Pelikán a Sáková, 2001)

U kečupů se hodnotí:

- a) Vzhled a konzistence: kašovitá, homogenní, jemná nebo s hrubšími částicemi zeleniny, bez zbytků semen, slupek a jiných částí rajčat.
- b) Barva: světle červená, červená až hnědočervená, barva přidaného koření, může být také změněná použitou technologií výroby.
- c) Vůně a chuť: po rajčatech a použitých surovinách, mírně slaná, nasládlá, nakyslá. U výrobků s označením ostrý, ostrá. Bez cizích pachů.

(Pelikán, 2011)

2.3 Rajčata a výrobky z nich

Rajčata řadíme mezi plodovou zeleninu (Bulková, 2011). Přesně patří mezi pravé bobule rostlin čeledi lilkovitých (Kadlec, 2002). Nejvíce se pěstují v USA, Číně, Turecku a Itálii. Pěstují se ve dvou typech jako tyčkový nebo keříčkový. Mohou mít různou barvu i tvar (Bulková, 2011). Rozdělují se podle zralostních stupňů barvy do šesti skupin: zelená, šedobílá, začínající růžová, růžová, červená a plně červená. Skleníková rajčata se sklízí v době, kdy 10 – 30 % povrchu ztratí zelenou barvu a začíná červenat. Rajčata ve svazku se sklízí, až poslední plod dosáhne červené barvy (Goliáš, 2014). U nás jsou pěstování, objem a kvalita sklizně některých druhů zeleniny nejisté (patří sem i rajčata), protože se pohybujeme na klimatické hranici pěstování těchto druhů zeleniny. U nás je zelenina produkována v množství 0,29 mil. t, v EU celkově je to 64 mil. t a ve světě 910 mil. t (Opatová a Pazlarová, 2002). V rajčatech je přítomen toxický glykoalkaloid solanin, jehož hlavní složkou je dehydrotomatín. Zráním se jeho obsah snižuje. Při sklizni nezralých rajčat je důležité je uložit a nechat dozrát. Limit pro obsah glykoalkaloidů v rajčatech v ČR je 200 mg/kg (Bulková, 2011).

V tepelně zpracovaných rajčatech se vyskytují některé typické aromatotvorné látky např. isovalerová kyselina, methional nebo eugenol. Na aroma protlaků mají vliv některé produkty Maillardovy reakce. Z barviv, jsou v rajčatech obsaženy především lykopen, jehož obsah vzrůstá s dozráváním rajčat, kečup obsahuje asi 102 mg/kg lykopenu, což je mnohem více než bývá obsaženo ve výchozí surovině. (Velíšek a Hajšlová, 2009)

Optimální teplota při skladování je 19 – 21 °C při relativní vlhkosti 90 – 95 %. V případě uložení rajčat při teplotách větších než je 27 °C, může docházet ke zpomalení

tvorby červené barvy a při teplotách nižších než 13 °C se může zpomalit zrání rajčat a může být vyvolán chladový stres rajčat zelených. Při skladování rajčat je také důležitá řízená atmosféra se složením 3 % kyslíku a 2 % oxidu uhličitého. (Goliáš, 2014)

V průběhu skladování probíhají u rajčat různé změny. Jde o změny fyziologické, enzymové, chemické a mikrobiologické. Je nutné se některým změnám, které by mohly být nežádoucí vyvarovat. Zejména z důvodu udržení chuti, vůně a prodloužení uchovatelnosti potravin. Je důležité dokázat odhadnout, k jakým změnám může v průběhu skladování dojít. Důležité jsou změny, které vedou ke vzniku zdravotních nebezpečí. Proto se i v tomto případě zavádí systém kritických bodů HACCP.

Důležité jsou především změny fyziologické. Tyto změny navazují na fyziologické procesy v živých rostlinných pletivech při jejich narušení podmínkami zpracování a skladování. V důsledku špatného skladování může dojít k tzv. tkáňovému dušení, jehož důsledkem jsou nežádoucí změny během dozrávání a zrychlení nástupu hniloby. Může dojít také k poškození chladem, což vyvolává změny plodů, které urychlují jejich zkázu. Minimální teploty pro skladování rajčat jsou 12 °C a projevy poškození chladem jsou: bledá barva po dozrání a nižší uchovatelnost. Takto poškozené plody by mohly být pro technologické zpracování plodů nevhodné. (Kadlec, 2002)

Zásadní mohou být i změny enzymové, které také mohou ovlivnit kvalitu produktů (Kadlec, 2002). Nastávají působením enzymů, které v rostlinách tvoří skupinu dusíkatých látek důležitých při zpracování zeleniny, umožňují totiž přeměnu látek. Enzymy mohou pracovat i po odumření rostliny, jejich činnost může být regulována teplotou a kyselostí (Půhoný, 1988).

2.3.1 Výživové složení rajčat:

Tabulka 1: Složení rajčat (Bulková, 2011)

Bílkoviny [g/kg]	9,6
Sacharidy [g/kg]	40,7
Tuky [g/kg]	2,3
Rozpustná vláknina [g/kg]	16,4
Ner rozpustná vláknina [g/kg]	5,78

Tabulka 2: Obsah některých minerálních látek v rajčatech (Bulková, 2011)

Draslík [mg/kg]	2783,8
Vápník [mg/kg]	202,2
Hořčík [mg/kg]	213,4

Tabulka 3: Obsah některých vitamínů v rajčatech (Bulková, 2011)

B₁ [mg/kg]	0,74
B₂ [mg/kg]	0,56
C [mg/kg]	249,1

Složení zeleniny je důležité z hlediska zkázy potravin a určení způsobu konzervace. Látkové složení se během zrání částečně mění. Nejdůležitější složkou je například voda, která je jednou ze základních příčin nežádoucích změn ovoce a zeleniny. Její obsah se mění v závislosti na vlhkosti prostředí, ve kterém rostlina roste. V zelenině bývá její obsah kolem 70 – 95 %. (Půhoný, 1988)

Další důležitou složkou jsou sacharidy. Nachází se zde glukosa, fruktosa, sacharosa a různé polysacharidy jako škrob, celulóza, hemicelulóza a pektiny. Barva rajčat je tvořena karotenoidy, které patří mezi rostlinné fenoly. Z vitamínů, které rajčata obsahují, jsou to především vitaminy rozpustné ve vodě, jejichž množství se v průběhu zpracování na kečupy snižuje. Avšak rajčata obsahují látky, které stabilizují vitamin C. (Kadlec, 2002)

2.3.2 Výroba rajčatového protlaku

Dle legislativy se zeleninovým protlakem rozumí výrobek řídké až kašovitě konzistence s případnými jemnými nebo hrubšími kousky použitých surovin vyrobený z požitelných částí zeleniny propasírováním a konzervovaný snížením obsahu vody, přidáním soli, sterilací nebo přidáním konzervačního prostředku, popřípadě kombinací těchto způsobů s přidáním přírodních nebo náhradních sladidel. (Hrabě a kol., 2005)

Rajčatový protlak je tradiční tuzemskou konzervou, v posledních letech však objem jeho výroby u nás klesá a je nahrazován přímo výrobou kečupu (Kadlec, 2002). Patří ke sterilizovaným zahuštěným zeleninovým výrobkům (Bajči, 1969). Rajčatový protlak by měl být vyroben ze stejnoměrně vyzrálých rajčat s vyšším obsahem sušiny

(Kadlec a kol., 2009). Hodnotí se stupeň zralosti podle vývinu plodů, vytváření typického tvaru a vybarvení (Kadlec, 2002).

2.3.2.1 Suroviny

Rajčatový protlak se vyrábí z rajčat, která mají být stejnoměrně vyžralá s vyšším obsahem sušiny. U nás mají rajčata sušinu (refraktometrickou) asi 4 – 6 %, v zahraničí může být i vyšší. (Kadlec a kol., 2009)

2.3.2.2 Praní, drcení a pasírování rajčat

Začíná plavením rajčat a pokračuje vlastním praním (Dobiáš, 2004).

Oprané plody zbavené stopek a vadných částí se nakrájí, podlijí se vodou a směs se uvede do varu. Vaří se do oddělení slupek. Rozvařená rajčata se protřou přes síto, čímž se odstraní slupky a jádérka (Půhoný, 1988). Protírání vzniklé drtě se provádí, aby došlo k homogenizaci protlaku (Kadlec a kol., 2009). Někdy se před záhřevem odstraňují semena, aby se zamezilo extrakci tuků do konečného produktu, což se provádí na odsemeňovací stanici. Prohřátí se provádí kvůli inaktivaci zejména pektolytických enzymů, které mohou v podrcených plodech způsobit rychlé odbourání pektinových látek. Při výrobě je žádoucí vyšší obsah pektinů tvořících pastovitou konzistenci protlaku. Ohřátí rajčatové drti se uskutečňuje v různých výměnících tepla za podmínek 90 °C po dobu jedné minuty (Kadlec, 2002). U homogenní směsi je nižší viskozita a var může probíhat intenzivněji (Drdák, 1989). Takto se u nás získá protlak nazýván *hot-break* (Kadlec, 2002). Tento druh má výrazně tmavší barvu a hustší konzistenci (Dobiáš, 2004). V USA se vyrábí protlak *cold-break*, kdy se rajčata drtí za studena a za nízkých teplot se ponechají. Tento protlak bývá řidší a světlejší než *hot-break* (Kadlec, 2002).

Následuje protírání drtě, protože protlak by měl být homogenní bez patrných útržků slupek. Protírání se provádí na pasírkách, pro jemné protlaky je výhodné tříčlenné uspořádání pasírek se zmenšujícím se průměrem otvorů v sítěch, poslední pasírka má průměry otvorů 0,4 mm. (Kadlec, 2002)

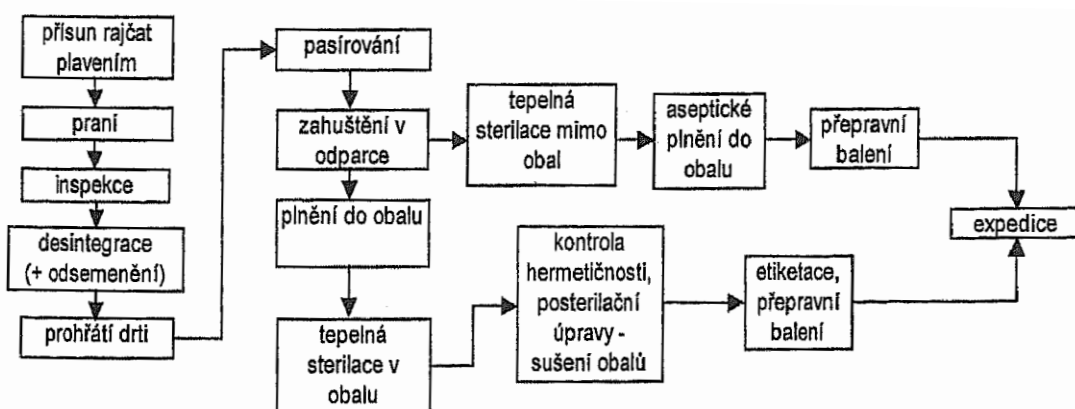
2.3.2.3 Koncentrace

Protlak je následně zahušťován na refraktometrickou sušinu minimálně 29 % (Kadlec a kol., 2009). Zahušťování se provádí na dvou až tříčlenných odparkách. Přičemž horní teploty jsou okolo 85 – 90 °C, kdy dochází k rychlému neenzymovému hnědnutí. Dolní hranicí jsou teploty kolem 45 °C. Využívány jsou vsádkové odparky s krátkými trubkami a ke konci jsou odparky s nucenou cirkulací (Kadlec, 2002).

2.3.2.4 Konzervace

Po dosažení hustě prstovité konzistence se protlak steriluje a plní asepticky do obalů (Kadlec a kol., 2009). Používá se tepelná sterilace jako druh konzervace výrobku. Výrobek má pH 4,0, proto se používá sterilace pro kyselé potraviny. Zahuštěný protlak se zahřeje průtokem tepelným výměníkem, vysteriluje se mimo obal a asepticky se plní do obalů nebo se nejprve plní do obalů a poté se v nich steriluje (Kadlec, 2002). Teploty sterilizační lázně pro kyselé výrobky se pohybují v rozsahu od 82 °C do 100 °C. Účinkem tepla v průběhu sterilace nejprve hynou vegetativní formy mikroorganismů, poté i spory. Obchodní sterilitou se rozumí stav, po kterém mohou přežívat mikrobiální formy v minimálním počtu a tak, aby nenarušily stabilitu sterilovaného výrobku (Goliáš, 2014).

Hotový výrobek má mít jasně červenou barvu a měl by mít hustě pastovitou konzistenci. Nemělo by být ve výrobku detekované vyšší množství plísňových hyf, což by naznačovalo výrobu protlaku z nevhodných surovin. Neměl by mít hořkou příchut', která by svědčila o nadměrném výskytu mikroorganismů. (Kadlec, 2002)



Obrázek 2: Schéma výroby rajčatového protlaku (Kadlec, 2002)

2.3.3 Výroba rajčatového kečupu

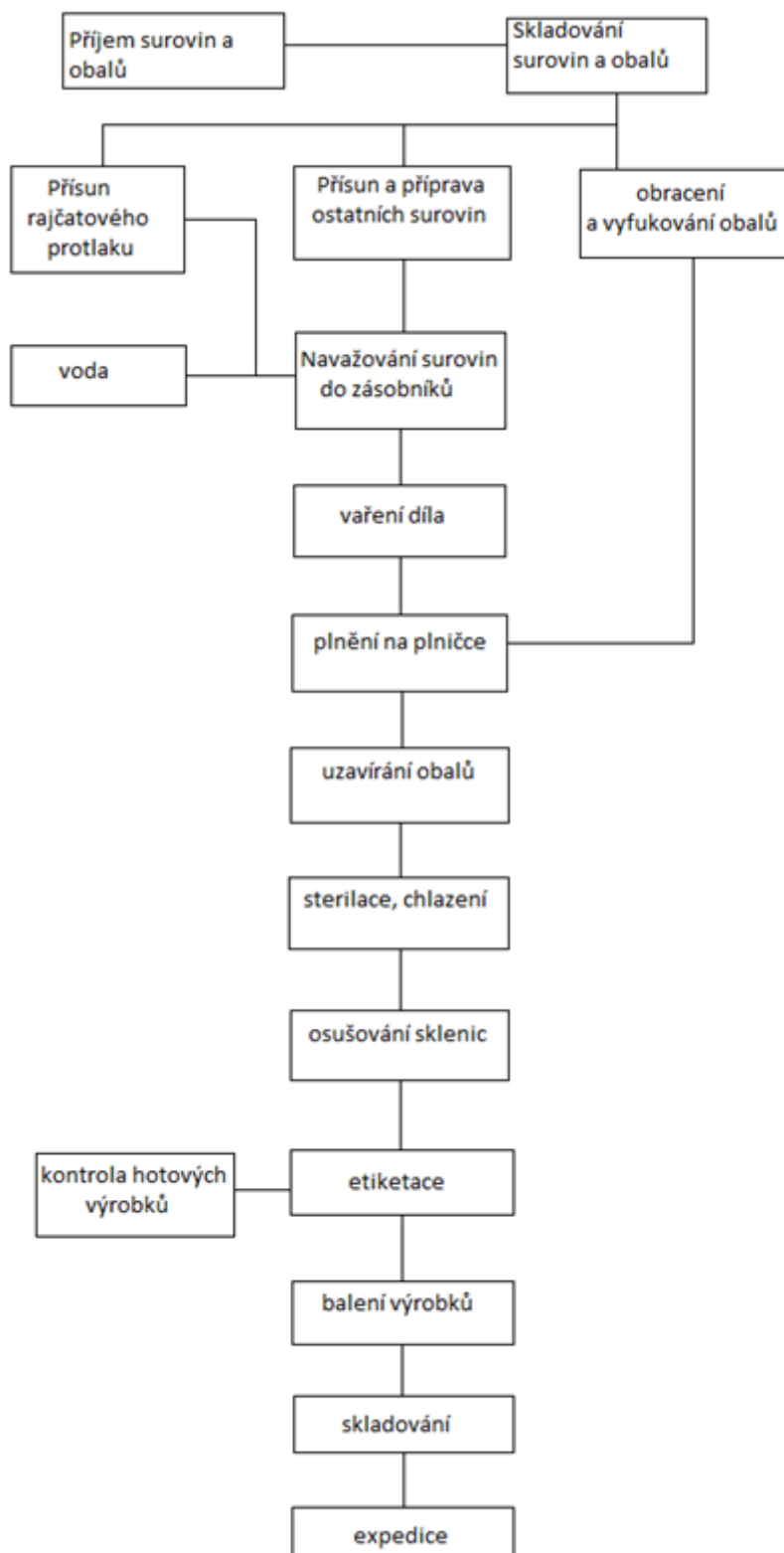
Kečup je důležitým zdrojem rajčatových antioxidantů. Navíc může být uložen na jeden nebo i více let při pokojové teplotě. (Rajchl a kol., 2010)

Principem výroby kečupu je výroba octového macerátu z koření. Jako koření se používá např. skořice, muškátový květ, nové koření, estragon a jiné. Směs koření se zahřívá v 8% octu. Do protlaku se přidává cukr, pepř, mletá paprika a směs se vaří do zhoustnutí. Ke konci varu se znovu přidává cukr a octový macerát. Směs se dále steriluje. (Půhoný, 1988)

Kečupem se rozumí dvakrát až čtyřikrát zahuštěný rajčatový protlak, nevyrábí se z čerstvých rajčat. V průmyslu se vyrábí ředěním rajčatového protlaku, kdy se rajčatový protlak ve vhodné nádobě smíchá s vodou a výše zmíněnými ochucovadly, dále se přidávají stabilizátory, jako jsou modifikované škroby, pektin a jiné, které umožňují spojení pevného a kapalného podílu a upravují tak konzistenci kečupu. Následuje kontinuální sterilace s využitím aseptického plnění.

Kečup by měl obsahovat minimálně 7 % refraktometrické sušiny pocházející z rajčat. (Kadlec, 2002)

2.3.3.1 Technologický postup výroby



Obrázek 3: Schéma výroby (Rievajová, 2012)

1) Příjem surovin a obalů

Provádí se kontrola kvality surovin a obalů.

2) Skladování surovin a obalů

Může docházet k pomnožení mikroorganismů, napadení škůdci a k jinému poškození surovin, které může vést k jejich znehodnocení nebo k zhoršení sensorických vlastností. Proto se musí přijaté obaly a suroviny pravidelně kontrolovat.

3) Přísun obalů

Jako obaly se pro výrobu kečupů používají většinou skleněné lahve. Při přísunu se proto musí se sklem šetrně zacházet. Mělo by se také pravidelně kontrolovat, zda nedošlo k poškození obalů a tím vniknutí střeptů do výrobku.

4) Obracení a vyfukování obalů

Obaly se obrací o 360° a vyfukují se teplým vzduchem kvůli možnému výskytu mechanických nečistot. Obracení je prováděno na tzv. obraceči a po vyfukování jsou další pohyby prováděny pod krytem.

5) Přísun rajčatového protlaku

Obal sloužící pro nadávkování protlaku musí být v této fázi čistý, bez poškození, bez obsahu mechanických nečistot a surovina je dávkována ručně.

6) Přísun a příprava ostatních surovin

Mezi další suroviny, které se používají při výrobě kečupů, se řadí škroby jako zahušťovadla, jodovaná sůl, glukózový sirup, cukr a koření. Dané suroviny nesmí obsahovat alergen a musí být navažovány a plněny asepticky. (Rievajová,2012)

7) Navažování surovin do zásobníků

Suroviny se naváží a přesunou do vany, kde se promíchají. Směs se poté odvádí do varného kotle (Rievajová, 2012). Smíchá se nejprve protlak s cukrem a vodou. Koření se odděleně rozmíchá s jednou částí směsi a míchá se při mírném záhřevu, aby se zde koření extrahovalo. Dále se přidává sůl, ocet a další přísady (Dobiáš, 2004).

8) Vaření díla

Provádí se var směsi na požadovanou refraktometrickou sušinu. Musí dojít k dostatečné sterilaci výrobku. Při výstupu z kotle kečup prochází mlýny, kde je upravována textura výrobku. Dále je přes síto veden k plniče.

9) Plnění na plniče

Plnička před plněním provede ofuky sklenic teplým vzduchem. Po plnění sklenice prochází detektorem kovu a automaticky se uzavírají. Teplota při plnění nesmí být nižší než 50 °C, aby došlo k dostatečné sterilaci.

10) Sterilace a chlazení

Sklenice jsou vedeny do sterilátoru, kde se sterilují při teplotě asi 98 °C po dobu jedné hodiny. Po sterilaci se výrobky ochladí na teplotu 35 °C. (Rievajová, 2012)

Je důležité dodržet čas působení dané teploty pro zajištění zdravotní nezávadnosti produktu. (Richardson, 2004)

11) Etiketace, balení a expedice

Zároveň probíhá i kontrola hotového výrobku a jeho skladování před expedicí. (Rievajová, 2012)

2.4 Vlastnosti potravin

Znalost vlastností potravin je pro potravinářský průmysl důležité zejména pro pochopení změn, které probíhají při zpracovávání materiálu (suroviny) na konečný výrobek. Tato znalost také může umožnit odstranění příčin technologických problémů při výrobě potravin. (Severa a Nedomová, 2011)

Potraviny jsou heterogenní disperzní systém tvořený nemísitelnými složkami (Severa a Nedomová, 2011). Často se jedná o vodnou a olejovou fázi, disperzi pevných látek, plynu, nebo látek majících charakter gelů. Vlastnosti systému jsou určeny vlastnostmi fáze, ve které jsou ostatní dispergovány (Štětina, 2013).

2.4.1 Fyzikální vlastnosti potravin

Potraviny mohou být klasifikovány jako pevné látky, gely, homogenní tekutiny, suspenze pevných látek v tekutinách a emulze. Potraviny, které nezachovávají svůj tvar, ale zachovávají tvar v kontejnerech, jsou tekutiny. (Norton, 2011)

2.4.1.1 Fyzikální vlastnosti rajčat:

Reologické vlastnosti rajčat jsou závislé na jejich zpracování. Tyto podmínky zpracování mají nepříznivý vliv na zdánlivou viskozitu a průtokové parametry, které jsou ovlivňovány koncentrací ve vodě nerozpustných látek. Základní mechanické vlastnosti kečupů jsou důležité při určování manipulačních vlastností i kvalitě hotových výrobků. (Severa, 2005)

Bod mrznutí: od - 0,5 do - 0,9 °C, průměrná hodnota = - 0,7 °C.

Hustota: 990 – 1020 kg/m³

Tepelná vodivost: tepelná vodivost rajčat při pokojové teplotě je od 0,55 do 0,59 W/m . K. Tepelná vodivost rajčat roste s rostoucí teplotou. (Mayer a kol., 2004)

2.4.1.2 Měření

Fyzikální vlastnosti potravin získáváme měřením potravin pomocí nejrůznějších přístrojů. Měření je definováno jako kvantitativní zkoumání vlastností předmětů (potravin) a porovnávání s obecně přijatou jednotkou. (Severa a Nedomová, 2011)

Nejdůležitějšími úkoly měření jsou zajištění správného průběhu technologického procesu, kontrola kvality surovin, provozní bilanční měření, kontrola spolehlivé funkce výrobních zařízení a shromažďování informací za účelem analýzy procesu.

(Kadlec, 2013)

Měření charakterizuje měřenou potravinu přesněji než kvalitativní popis. Je možné ho opakovat a dále pak porovnávat. Výsledky lze zpracovávat matematickými prostředky.

Při měření je velmi důležitá citlivost, přesnost a správnost.

- a) Citlivost je dána citlivostí samotné metody a konstrukcí měřicího přístroje.

- b) Přesnost (spolehlivost) metody a přístroje, je dána konstrukcí a provedením měřicího přístroje a omezením některých vlivů jako je tření, změna teploty, tlaku apod. Omezení těchto vlivů se dosahuje tím, že se měření několikrát opakuje.
- c) Správnost. Pro dosažení správnosti měření se provádí kalibrace či nařízení přístroje dle nějakého normálu měřené veličiny. (Severa a Nedomová, 2011)

Obecně se měřicí přístroj skládá ze senzoru, převodníku a vyhodnocovacího zařízení. Senzor snímá údaje odvozené od měřené veličiny, převodník převádí výstupní veličinu snímače na veličinu, která se použije pro další zpracování. Z převodníku vystupuje unifikovaný signál, který se pohybuje v určitém rozmezí a vyhodnocovací zařízení zpracovává výstupní signál z převodníku a udává jej jako zápis na registračním papíru. Přístroje mohou být analogové a číslicové. (Kadlec, 2013)

Měření lze rozdělit na základní metody:

- 1) Absolutní metoda – měřidlo ukáže rovnou hodnotu veličiny.
- 2) Relativní metoda – porovnává se příslušná vlastnost měřeného tělesa s jednotkovými tělesy.
- 3) Přímá metoda – porovnávání s měřidlem se stejnou vlastností.
- 4) Nepřímá metoda – měření důsledku dané veličiny. (Severa a Nedomová, 2011)

2.4.2 Reologické a mechanické vlastnosti potravin

Reologie je vědní obor, který se zabývá vztahy mezi napětím a deformacemi látek. Spojuje oblasti plasticity a newtonských kapalin na základě zjištění, že se oba typy materiálů pod vlivem smykových napětí trvale deformují (Fekete a kol., 2007). Reologie studuje deformaci a průtok látek (Barnes a kol., 1989).

Reologické vlastnosti jsou vlastnosti látek, které mají vliv na změnu tvaru a tok látek (Fekete a kol., 2007). Reologické vlastnosti jsou důležité pro navrhování zařízení pro přepravu, čerpání a skladování potravin. Reologie souvisí s následnou kontrolou kvality a sensorických vlastností potravin (Trávníček a kol., 2012).

Textura zahrnuje konstrukční prvky a způsoby, jakými jsou vnímány sensorické vlastnosti potravin. Všechny reologické a strukturální vlastnosti potravin jsou vnímány lidskými receptory. (Bourne, 2002)

Mechanické vlastnosti potravin jsou jedním z nejvýznamnějších ukazatelů jejich užité kvality. Pro spotřebitele představují významnou část jeho vjemu (Příhoda a Houška, 2013). Vyjadřují vztah mezi působením vnější síly a tokem, tedy deformací materiálu potravin (Burešová a Lorencová, 2013). Deformace může být viskózní tok, elastická deformace, nebo kombinace obou. Viskózní tok je nevratná deformace, což znamená, že pokud látka přestane být namáhána, materiál se již nevrátí do původního stavu (Norton, 2011). Velikost deformace závisí na vlastnostech potravin, velikosti síly, která tuto deformaci vyvolává a závisí na velikosti plochy, na kterou působí. Což lze vyjádřit pomocí vnitřního napětí dF / dA . Rozložení vnitřního napětí v potravine nebývá homogenní. Podle toho, jak potravina reaguje na působení vnější síly, může být elastická, viskózní nebo viskoelastická (Burešová a Lorencová, 2013).

- a) Elastické látky – deformace po odstranění vnější síly vymizí (v případě ideální elastické látky) (Burešová a Lorencová, 2013). Působením vnější síly na elastické látky dojde k vratné deformaci a působící napětí je přímo úměrné deformaci, ale nezávisí na rychlosti deformace (Příhoda a Houška, 2013).
- b) Viskózní látky – účinkem vnější síly hmota teče. Po odstranění síly se tok látky zastaví. Velikost deformace roste konstantně s dobou působení deformační síly. Pokud poměr dynamické viskozity není konstantní, jedná se o látku neneutonskou. (Burešová a Lorencová, 2013)

Průběhy závislosti mezi napětím a deformační rychlostí vyjadřují křivky toku. Podle průběhu těchto křivek se látky třídí na několik skupin s odlišným reologickým chováním.

Pro látky bez elastické a plastické deformace se popisuje vztah mezi smykovým napětím a deformační rychlostí následujícím vztahem, který se rovněž nazývá Ostwald-de Waele model:

$$\tau = k \cdot D^n,$$

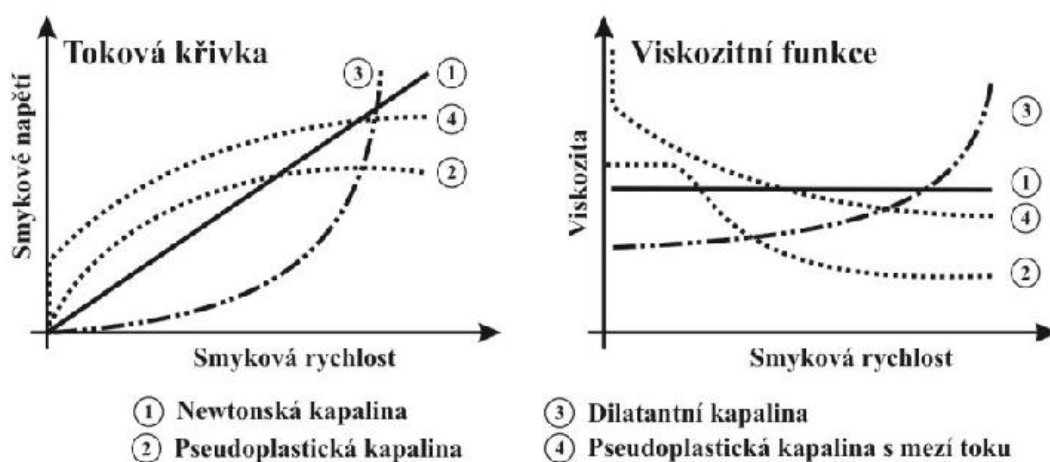
Kde τ je smykové napětí, D je deformační rychlost, k je koeficient konzistence a n index toku.

U látek, které nemají elastickou složku deformace, se při malém počátečním napětí vyvolá deformace, která se zvětšuje, dokud trvá zatížení. Pro newtonské kapaliny platí $k = \eta$ a $n = 1$ (z newtonovy rovnice, kdy na velikosti napětí závisí rychlost deformace, $\tau = \eta \cdot D$). A pro čistě viskózní neneutonské

kapaliny může být $0 < n < 1$, kdy se jedná o látky pseudoplastické. Nebo $n > 1$, kdy se jedná o látky dilatantní.

- c) Látky s plastickou složkou deformace (bez elastické složky) – pro tyto látky platí reologický Herschel-Bulkley model $\tau = \tau_0 + k \cdot D^n$. Takové látky jsou nazývány ideálně plastické nebo pseudoplastické s mezí toku.
- d) Látky s viskózní i elastickou složkou deformace – charakteristickou vlastností těchto látek je zpožděné dobíhání deformace nebo napětí do určitého konečného stavu. (Příhoda a Houška, 2013)

Kapaliny můžeme rozdělit na newtonské a neneutronské. Mezi newtonské řadíme homogenní tekutiny tvořené malými molekulami (Wichterle, 2006). Smykové napětí je lineárně úměrné rychlosti deformace v kolmém směru na rovinu smyku. Jejich viskozita je konstantní (Fekete a kol., 2007). Neneutronské kapaliny patří někam mezi polymerní roztoky a taveniny i mezi disperze, suspenze, pasty, emulze, krémy nebo pěny (Wichterle, 2006). Jejich viskozita se mění s rychlostí deformace a není tedy konstantní (Fekete a kol., 2007).



Obrázek 4: Toková křivka (závislost smykového napětí na smykové rychlosti) a viskozitní funkce (závislost viskozity na smykové rychlosti) (Janalík, 2010)

Kečup patří mezi neneutronovské kapaliny, jejichž chování je komplikované. Například když je kečup dlouhou dobu v klidu v lahvi, tak po obrácení lahve nevytéká. Kečup má tedy strukturu, kterou je třeba narušit, čehož docílíme mícháním. Mícháním se zvyšuje rychlost deformace kečupu. Pro charakteristiku kečupu se používá hodnota smykového

napětí v intervalu rychlostí deformace, tedy toková křivka. Z tokové křivky se stanovuje zdánlivá viskozita, která závisí na rychlosti deformace.

(Severa a Nedomová, 2011)

2.4.2.1 Viskozita potravin

Viskozita je míra odporu kapaliny vůči deformaci pod vlivem smykových sil a opisuje vnitřní odpor tekutin. Na viskozitu kapalin mají vliv mezimolekulární síly. Viskozita je nezávislá na tlaku a klesá s rostoucí teplotou kapaliny. (Fekete a kol., 2007)

Viskozitu mohou významně ovlivňovat některé veličiny jako je smykové napětí, teplota, tlak a čas. (Barnes a kol., 1989)

Monitorování viskozity v průběhu zpracování kečupu je velmi důležité pro získání dobré kvality finálního produktu a ke snížení produkce odpadů.

(Berta a kol., 2016)

Viskozita je stavová vlastnost, která závisí především na složení dané látky. Je dána následujícím vztahem:

$$\mu \equiv \frac{\tau}{\gamma}$$

τ znamená tečné napětí, což je absolutní hodnota tečné síly, která je spojená s uváděním kapaliny do pohybu a je vztažena na jednotku plochy.

γ znamená smykovou rychlost a je rovna absolutní hodnotě gradientu rychlosti. (Wichterle, 2006)

Viskozita je významnou charakteristikou tekutin. Uvnitř kapaliny existuje tření, které přenáší pohyb mezi vrstvami kapaliny. Mírou tření, díky němuž dochází k rozdílům v rychlosti proudění kapalin, je viskozita. Znalost viskozity v potravinářství je velmi významná. Známe díky ní rychlost proudění tekutin v potrubích.

(Severa a Nedomová, 2011)

Pro popis vztahu mezi tečným napětím a smykovou rychlostí se používá dvojparametrová interpolační formule:

$\tau = K \cdot \gamma^n$, neboli mocninový (Ostwald-de Waeleho) model, který obsahuje koeficient konzistence K a bezrozměrný index toku n , podle kterého je zdánlivá viskozita

$$\mu_{zd} = K \cdot \gamma^{n-1}$$

(Wichterle, 2006)

Zdánlivá viskozita se týká neneutonských kapalin, které nemají viskozitu konstantní. Mění se v závislosti na rychlosti deformace tekutiny, přičemž teplota tekutiny je konstantní. Pro Binghamské a pseudoplastické látky, zdánlivá viskozita klesá s rostoucí rychlostí deformace, tyto látky jsou při vyšších rychlostech deformace tekutější. (Fekete a kol., 2007)

Dalšími druhy viskozity jsou:

Dynamická viskozita [Pa·s] – je konstantní, charakterizuje newtonské kapaliny a závisí na teplotě tekutiny.

Kinematická viskozita [m²·s⁻¹] – je poměrem dynamické viskozity a hustoty.

Plastická viskozita [Pa·s] – platí pro Binghamské látky. (Fekete a kol., 2007)

Měření viskozity:

Reologické vlastnosti mohou být ovlivňovány přístroji, kterými jsou měřeny. Různé přístroje mohou naměřit odlišné výsledky. (Bourne, 2002)

Typy viskozimetrů

a) Průtokové – měření těmito přístroji je založeno na Poiseuillově rovnici pro laminární výtoku kapaliny z kolmé trubice kruhového průřezu vlastní hmotností:

$$\eta = \pi \cdot r \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot t / 8V \cdot l,$$

Kde r je poloměr trubice, l je délka trubice, h je výška sloupce kapaliny, ρ je hustota kapaliny, g je tíhové zrychlení, t doba toku a V je objem vyteklé kapaliny.

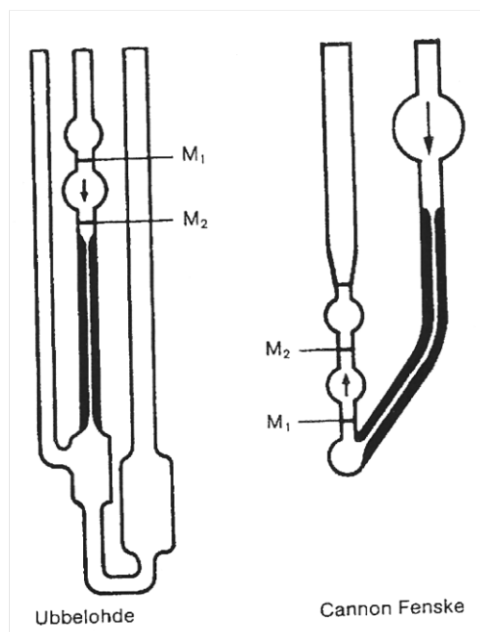
Měření se provádí relativně na základě srovnání s referenční kapalinou o známé viskozitě dle vztahu:

$$\nu = (t / t_0) \cdot \nu_0,$$

t , t_0 jsou doby výtoku kapaliny.

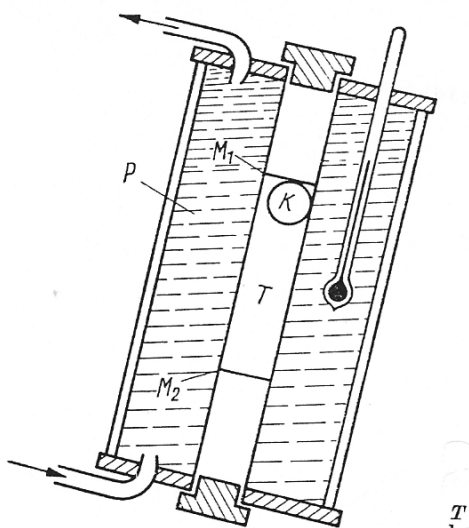
Viskozita neneutonských kapalin se měří pomocí průtokových kapilárních viskozimetrů, u kterých lze nastavit tlakový spád.

(Severa a Nedomová, 2011)



Obrázek 5: Průtokový viskozimetr (Pirkl, 2009)

b) Pádové – měří se rychlost pádu kuličky v kapalině, nejjednodušším viskozimetrem je Stokesův. Zjišťuje se, zda je kapalina newtonská a zda závisí viskozita na gradientu rychlosti (Severa a Nedomová, 2011). Dalším přístrojem této skupiny je viskozimetr Höpplerův, ve kterém padá kulička skleněnou trubicí nakloněnou o 10° (Pirkl, 2009).



Obrázek 6: Schéma Höpplerova kuličkového viskozimetru (Pirkl, 2009)

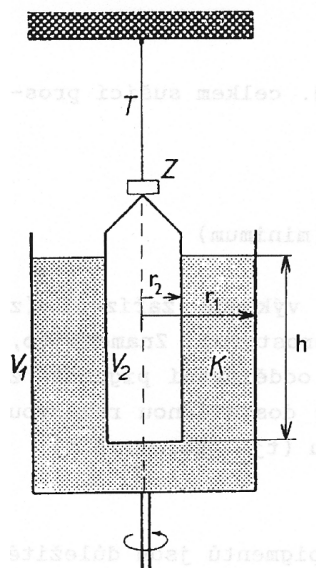
T – trubice naplněná zkoumanou kapalinou

M1, M2 – rysky

K – kulička

c) Rotační – pracují na principu měření smyku v materiálu mezi dvěma plochami. Jedna z ploch je v rotačním pohybu. Vyhodnotí se brzky účinek vzorku při různých rychlostech rotace. Nejčastěji se používá rotační viskozimetr s dvěma sousými válci, mezi kterými je měrná kapalina. Jeden z válců se uvede do rotačního pohybu stálou úhlovou rychlostí a registruje se moment síly působící na vnitřní válec.

(Severa a Nedomová, 2011)



Obrázek 7: Schéma typu uspořádání rotačního viskozimetru (Pirkl, 2009)

d) Speciální kapilární.

Pro charakteristiku tokové křivky neneutronovských kapalin se používají jen poslední dva typy.

Viskozitu roztoků, plynů nebo kapalin lze nalézt v tabulkách. Můžeme ji však stanovit měřením, pro které se vybírá správná vyhovující metoda.

(Severa a Nedomová, 2011)

Princip výpočtu viskozity:

Pro určení viskozity tekutin se využívají reogramy. Reogram je grafickým znázorněním závislosti mezi smykovým napětím a rychlostí deformace. Výsledky se dále používají při výpočtech pomocí vzorců. Reometry slouží ke studiu toku a deformaci materiálů. Konstrukce reometrů jsou různé a využívají různé principy smykového napětí látek.

Můžou být vyhřívány, což umožňuje měření reologických vlastností látek v závislosti na teplotě. (Fekete a kol., 2007)

2.4.2.2 Časově závislé a nezávislé kapaliny

Newtonské kapaliny patří mezi časově závislé, zatímco neneutonské kapaliny mohou být časově závislé i nezávislé. Viskozita časově závislých kapalin závisí na rychlosti deformace i na čase trvání deformace (Fekete a kol., 2007). Funkce viskozity časově závislých materiálů závisí na čase. Při působení napětí na viskoelastické materiály nedochází ke strukturálním změnám a časové účinky nejsou okamžité (Steffe, 1996).

Mezi neneutonské kapaliny s časově nezávislými reologickými vlastnostmi patří tekutiny pseudoplastické, binghamské a dilatantní. Jejich vlastnosti jsou neproměnné s dobou působení tečného napětí. (Groda a kol., 2002)

Neneutonské tekutiny s časově závislými reologickými vlastnostmi jsou:

Tixotropní – jejichž zdánlivá viskozita klesá s rostoucím časem působení napětí (Fekete a kol., 2007). Tixotropie může být způsobena obsahem látek s vysokou molekulovou hmotností (Trávníček a kol., 2012).

Reopektické – jejich zdánlivá viskozita roste s rostoucím časem působení smykového napětí. (Fekete a kol., 2007)

Tixotropní a reopektické materiály v uvedeném pořadí snižují a zvyšují smykové napětí. Tixotropní materiály jsou časově závislé méně než reopektické. Oba jevy mohou být ireversibilní, reversibilní nebo částečně reversibilní. Tixotropie se týká časově závislého poklesu viskozity. (Steffe, 1996)

3 CÍL

Cílem diplomové práce je sestavit a zhodnotit reologické vlastnosti kečupu. Sestavit soubor vzorků, na nichž budou reologické vlastnosti sledovány. Stanovit hustotu, viskozitu a smykové napětí při různých smykových rychlostech u těchto vzorků a výsledky zhodnotit pomocí vhodných metodik.

Dalším cílem je zjištění závislosti smykového napětí a viskozity na rychlosti deformace a na čase. Především tedy sestavení tokových křivek, proložení výsledků vhodným modelem a ze získaných indexů toku určit, o jaký typ tekutiny se v případě pozorovaných vzorků jedná. Stejně sledování bude provedeno i u domácího kečupu a výsledky budou porovnány s běžně prodávanými komerčními kečupy.

Po grafickém znázornění závislosti viskozity na čase, bude určeno, zda se jedná o tekutinu tixotropní nebo reopektivní.

4 MATERIÁL A METODIKA ZPRACOVÁNÍ

4.1 Vzorky kečupů

4.1.1 Hellmann's

Kečup jemný.

Tabulka 4: Složení kečupu Hellmann's

Obsah rajčat [g/100 g]	Energetická hodnota [kJ/100 g]	Obsah tuků [g/100 g]	Obsah sacharidů [g/100 g]	Vláknina [g/100 g]	Obsah bílkovin [g/100 g]	Obsah soli [g/100 g]
151	440	0,1	25	0,6	1	1,8

4.1.2 Heinz

Tomato ketchup.

Tabulka 5: Složení kečupu Heinz

Obsah rajčat [g/100 g]	Energetická hodnota [kJ/100 g]	Obsah tuků [g/100 g]	Obsah sacharidů [g/100 g]	Obsah bílkovin [g/100 g]	Obsah soli [g/100 g]
148	435	0,1	23,2	1,2	1,8

4.1.3 Otma

Dětský kečup.

Tabulka 6: Složení dětského kečupu Otma

Obsah rajčat [g/100 g]	Energetická hodnota [kJ/100 g]	Obsah tuků [g/100 g]	Obsah sacharidů [g/100 g]	Obsah bílkovin [g/100 g]	Obsah soli [g/100 g]
140	508	0,4	28,1	0,9	1,2

4.1.4 Otma

Kečup Gurmán.

Tabulka 7: Složení kečupu Otma - Gurmán

Obsah rajčat [g/100 g]	Energetická hodnota [kJ/100 g]	Obsah tuků [g/100 g]	Obsah sacharidů [g/100 g]	Obsah bílkovin [g/100 g]	Obsah soli [g/100 g]
240	637	0,7	34,4	1,6	1,7

4.1.5 COOP Klasik

Jemný kečup.

Tabulka 8: Složení kečupu COOP Klasik

Obsah rajčat [g/100 g]	Energetická hodnota [kJ/100 g]	Obsah tuků [g/100 g]	Obsah sacharidů [g/100 g]	Obsah bílkovin [g/100 g]	Obsah soli [g/100 g]
140	535	0,4	29,9	0,8	2,1

4.1.6 Domácí kečup

Na výrobu domácího kečupu bylo použito 3 kg rajčat, 2 kg jablek, 0,5 kg cibule, 40 g soli, 0,1 l octa, 200 g cukru a dále koření (hřebíček, skořice, pepř a nové koření).

Rajčata s jablky a cibulí se nechají rozvařit. Po rozvaření se protlačí přes sítko a přidá se v pytlíku zabalené koření. Současně se přidá sůl, cukr a ocet po částech.

Po rozmíchání všech ingrediencí a naplnění zavařovacích sklenic probíhá zavařování po dobu 15 minut. (Brehmen, 1991)

Vzniknou asi dva litry kečupu.

Tabulka 9: Obsah rajčat v domácím kečupu

Obsah rajčat [g/100g]	70,44
-----------------------	-------

4.2 Měření hustoty

Hustota byla měřena pomocí digitálního hustoměru Densito 30 PX od firmy Mettler Toledo. Tento přenosný hustoměr umožňuje během krátké doby zjistit hustotu vzorku. Přístroj používá metodu oscilující trubice v kombinaci s přesným měřením teploty.

Vzorkovací hadička se ponoří do vzorku a po nasátí se automaticky spustí měření. Výsledek se zobrazí na displeji v několika sekundách. Přístroj má automatickou teplotní kompenzaci nebo 10 teplotních kompenzačních koeficientů. Kalibrace se provádí na vzduch nebo vodu. Do interní paměti lze uložit až 1100 výsledků vzorků a přenést do osobního počítače.



Obrázek 8: Přenosný digitální hustoměr Densito 30 PX

Technické údaje použitého přístroje Densito 30 PX:

Měřicí rozsah hustoty: 0 až $2 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$

Měřicí rozsah teploty: 0 až $+60 \text{ }^\circ\text{C}$

Rozlišení: $0,0001 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$

Přesnost: $0,001 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$

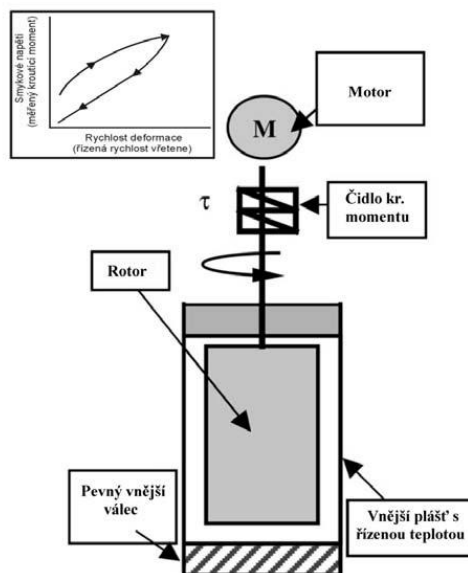
Jednotky měření: hustota, specifická hmotnost, Brix%, alkohol, $^\circ\text{Baumé}$, $^\circ\text{Plato}$, API, kyselina sírová, koncentrace.

Identifikace vzorku: datum, čas a identifikace přístroje

4.3 Měření viskozity

Měření viskozity vzorků bylo provedeno na rotačním viskozimetru DV – 3P, který měří krouticí moment rotujícího vřetena ponořeného do vzorku. Tento viskozimetr pracuje na principu měření krouticí síly, nutné k překonání odporu u rotujícího válce nebo disku ponořeného v měřeném materiálu. Rotující válec nebo vřeteno jsou propojeny přes pružinu s hřídelí motoru, který se točí definovanou rychlostí. Úhel pootočení hřídele je měřen elektronicky a poskytuje přesnou informaci o poloze hřídele, potažmo vřetene. Z měřených hodnot je na základě interních výpočtů přímo zobrazována hodnota dynamické viskozity v [mPa·s]. Pro kapaliny konstantní viskozity odpor vůči pohybu roste s velikostí vřetena. Rozsah měření pro stanovení reologických vlastností materiálu může být přizpůsoben zvolením vhodné kombinace vřetene a rychlosti otáčení. Pro získání relevantních výsledků měření je nezbytné znát nejdůležitější reologické vlastnosti vzorku. Je tedy třeba vyhodnotit, o jaký typ materiálu se jedná a správně jej klasifikovat.

Pro měření vzorků kečupů byl viskozimetr osazen adaptérem, pro měření malých objemů vzorků, a standardizovaným vřetenem TR8.



Obrázek 9: Schematické znázornění mechanismu měření



Obrázek 10: Rotační viskozimetr Anton Paar DV3-P

Technické údaje použitého přístroje:

Rozsahy měření pro standardní vřetena:

DV – 3 P L: 15*) do 2 000 000 $mPa.s$ = 15 **) do 2 000 000 $mPa.s$

DV – 3 P R: 100 *) do 13 000 000 $mPa.s$ = 100 **) do 13 000 000 $mPa.s$

DV – 3 P H: 0,16 **) do 106 000 $Pa.s$ = 1,6 *) do 1 060 000 $mPa.s$

*) omezeno vlivem turbulence, **) pro měření odpovídající 10 % plného rozsahu

Rozlišení:

pro adaptér „nízká viskozita“: 0,01

viskozita < 10 000 $mPa.s$: 0,1

viskozita > 10 000 $mPa.s$: 1

Přesnost:

+/- 1 % z plného rozsahu

Opakovatelnost:

+/- 0,2 % z plného rozsahu

Hodnoty momentu (plné zatížení):

DV – 3P L: 0,07 mNm

DV – 3P R: 0,7 mNm

DV – 3P H: 5,8 mNm

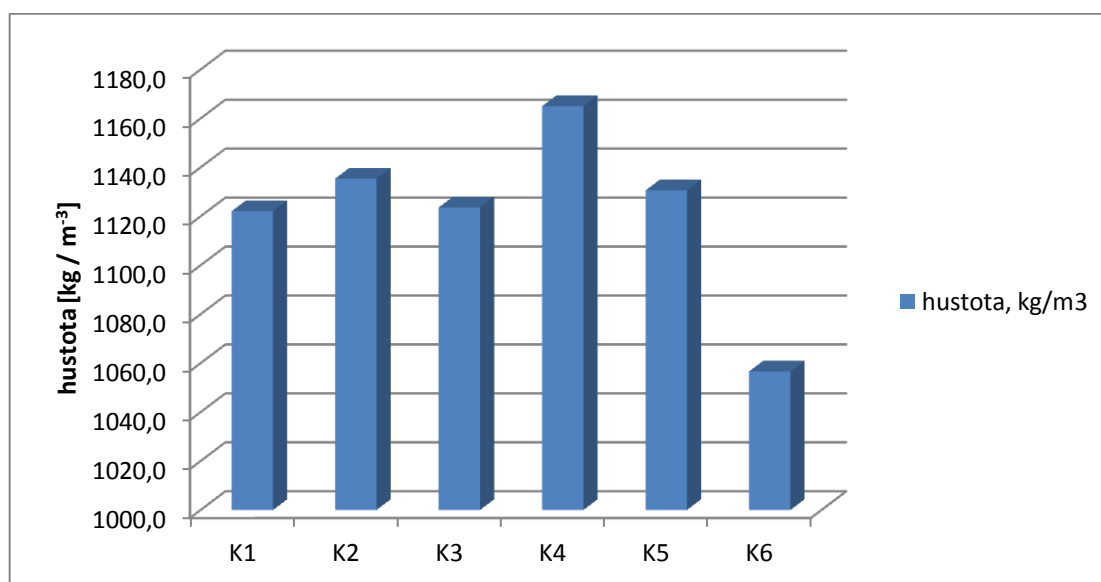
<i>Teplota místnosti:</i>	10 – 35 °C
<i>Vlhkost:</i>	max. 80 % RH do 31 °C max. 50 % RH do 40 °C
<i>Teplotní senzor Pt 100:</i>	rozsah: 0 – 100 °C rozlišení: 0,1 °C přesnost: +/- 0,25 °C opakovatelnost: +/- 0,1 °C
<i>Výstupy:</i>	RS 232 zapisovač 1 kanál 0 V do 5 V DC vstup přesnost nejméně 1 % z plného rozsahu
<i>Rozměry (d x š x v):</i>	350 x 300 x 500 mm
<i>Materiál vřeten:</i>	AISI 316 nerez ocel

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Stanovení hustoty

Tabulka 10: Naměřená hustota jednotlivých vzorků

Vzorek	Hustota [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
K1	1122,1
K2	1135,4
K3	1123,6
K4	1165,0
K5	1130,6
K6	1056,6



Obrázek 11: Porovnání hustoty jednotlivých vzorků kečupů

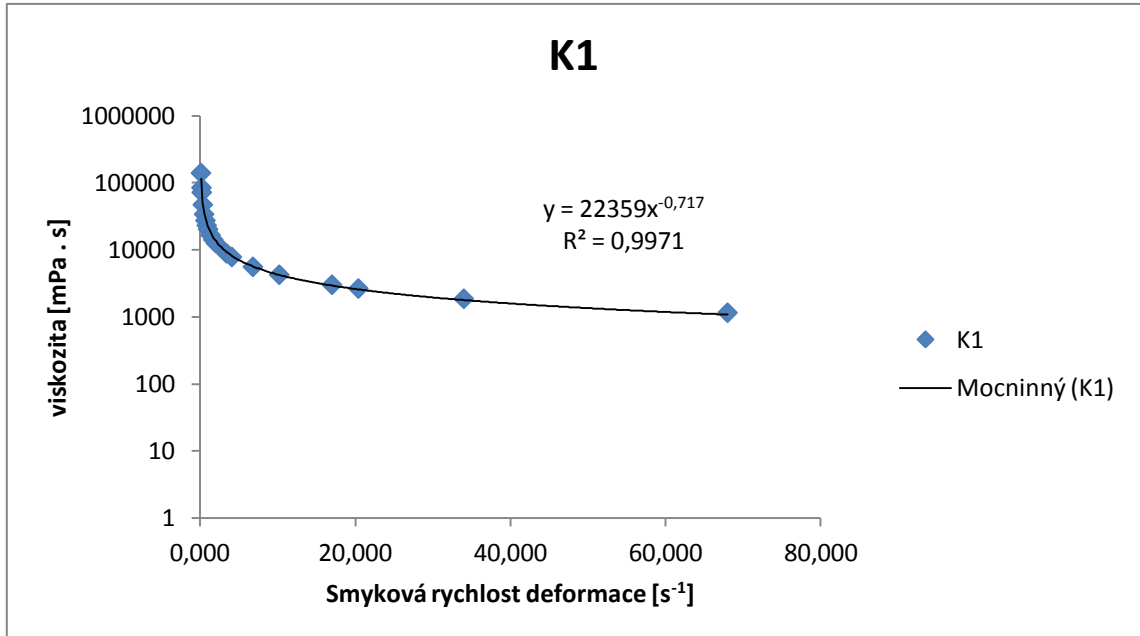
Byla naměřena hustota jednotlivých vzorků kečupů. Z grafu je viditelné, že největší hustotu měl vzorek K4 (gurmán) a nejnižší hustota byla naměřena u kečupu domácího.

5.2 Viskozitní křivky

U každého vzorku byla proměřena viskozita při zvyšujících se otáčkách. S postupným zvyšováním otáček dochází ke zvyšování smykové rychlosti deformace. Na viskozitu kečupů má významný vliv i skladování vzorku. (Panovská, 2009)

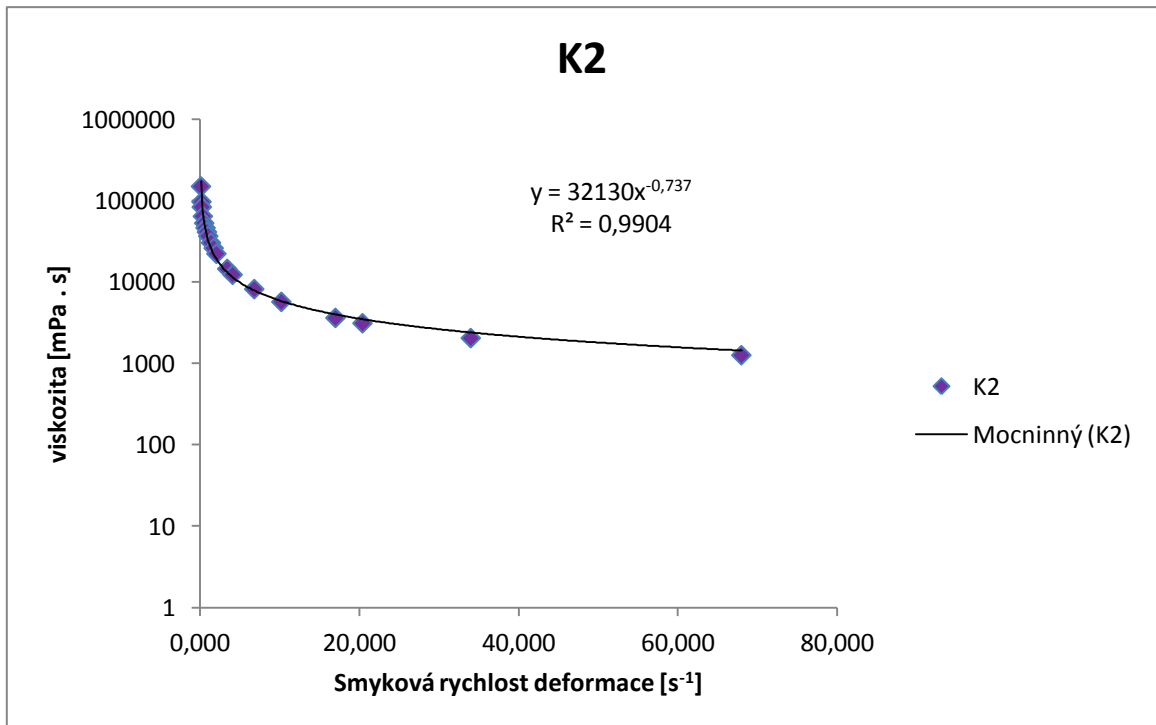
Pro přiblížení, o jakou tekutinu se u jednotlivých vzorků kečupu jedná, byly sestaveny grafy závislosti viskozity na smykové rychlosti deformace.

5.2.1 Hellmann's



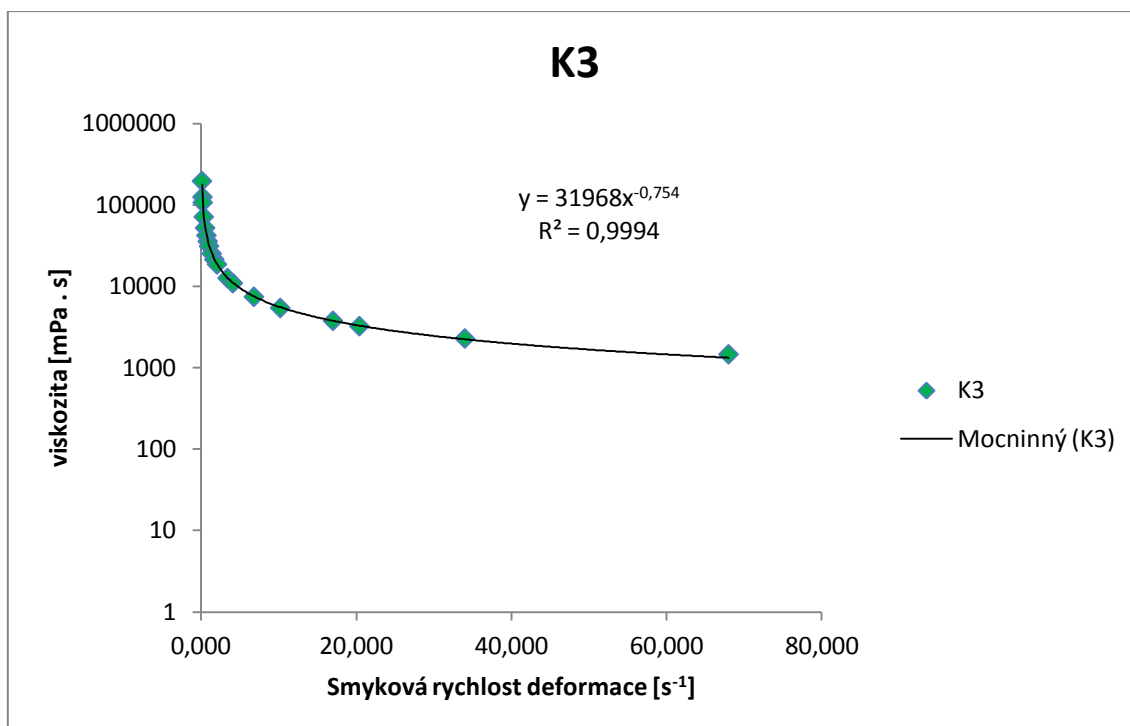
Obrázek 12: Závislost viskozity na smykové rychlosti deformace pro vzorek K1

5.2.2 Heinz



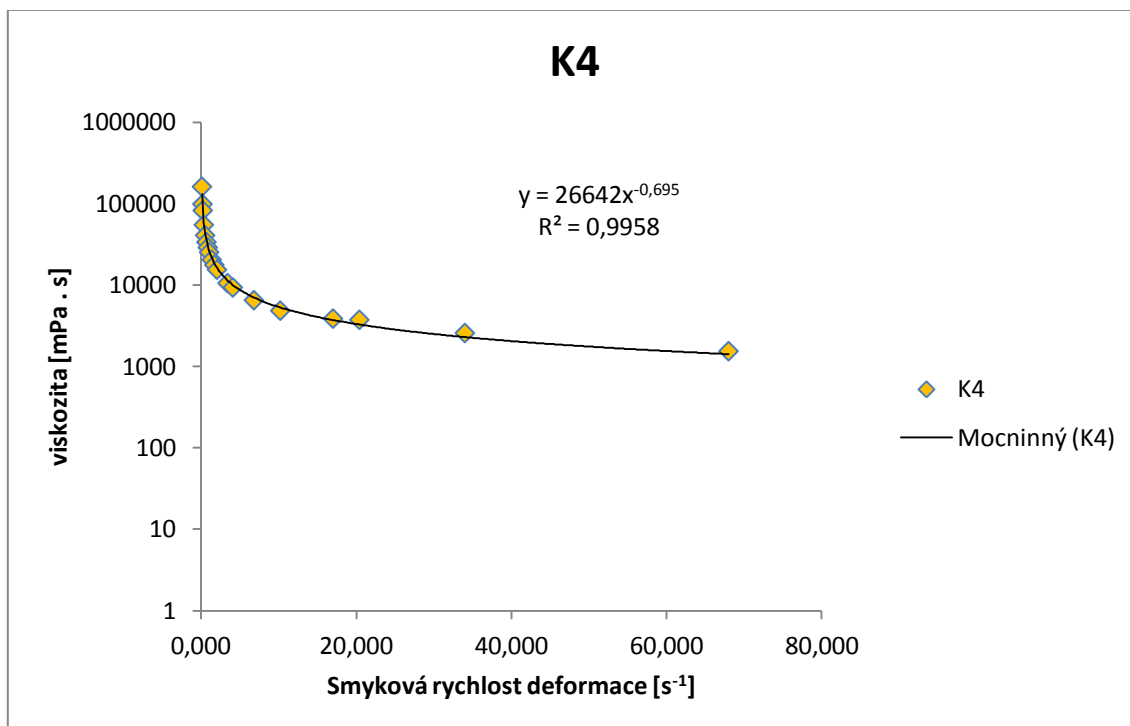
Obrázek 13: Závislost viskozity na smykové rychlosti deformace pro vzorek K2

5.2.3 Otma – kečup dětský



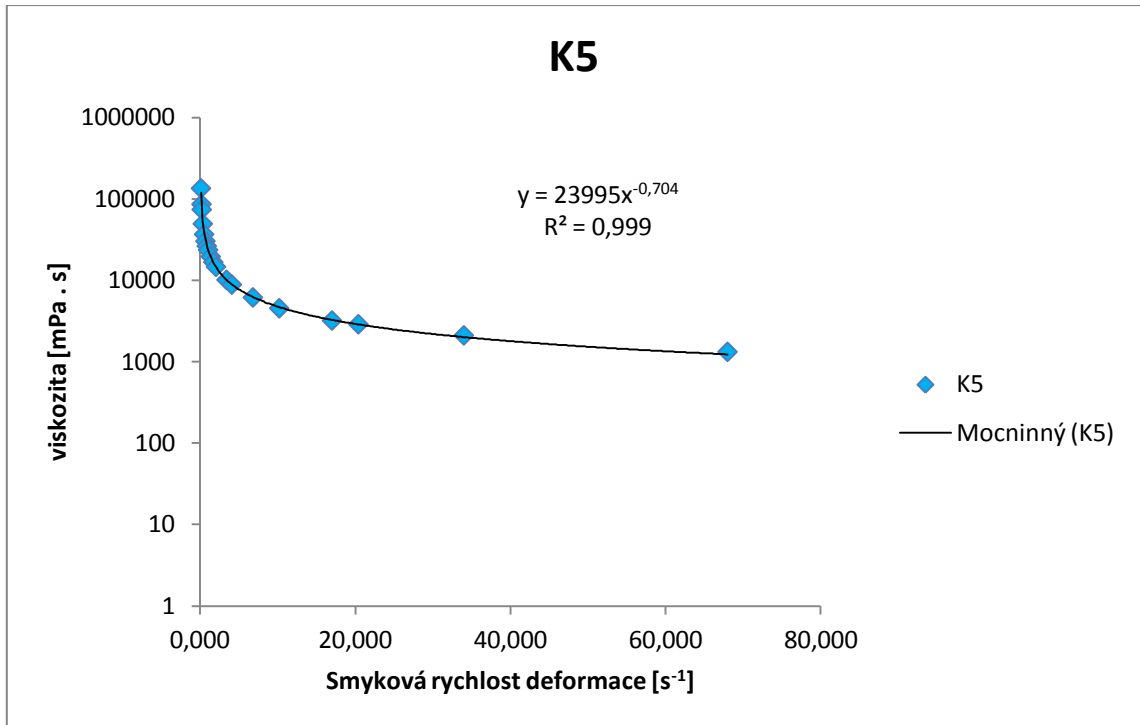
Obrázek 14: Závislost viskozity na smykové rychlosti deformace pro vzorek K3

5.2.4 Otma – kečup Gurmán



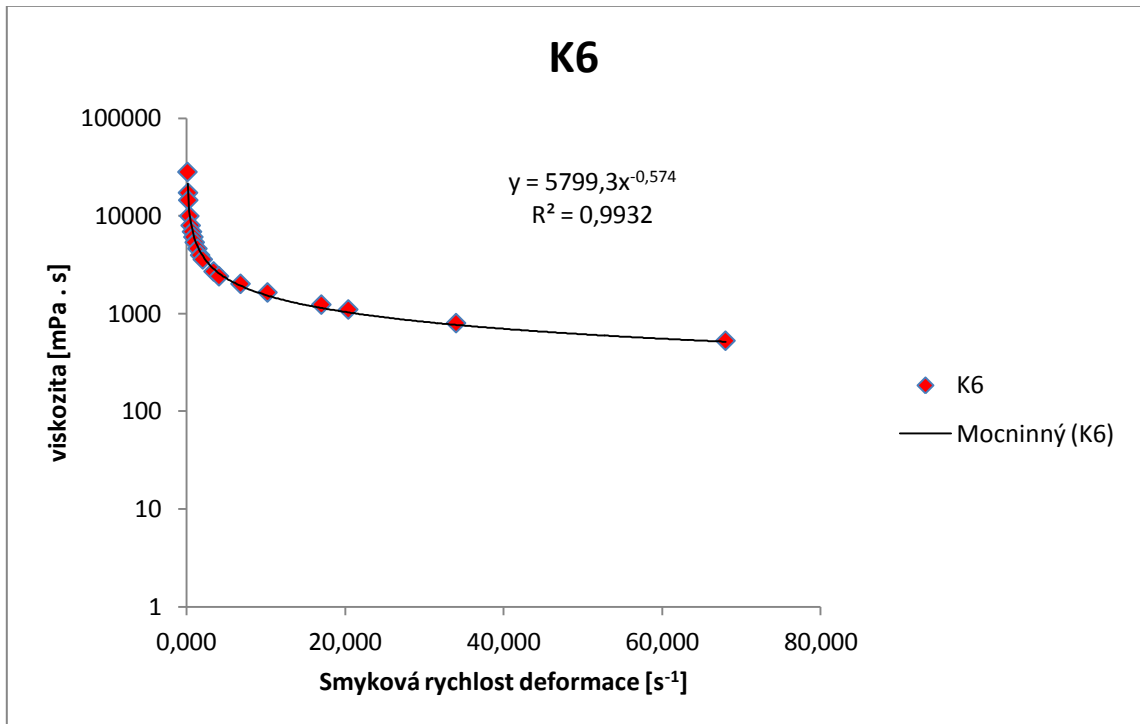
Obrázek 15: Závislost viskozity na smykové rychlosti deformace pro vzorek K4

5.2.5 COOP Klasik



Obrázek 16: Závislost viskozity na smykové rychlosti deformace pro vzorek K5

5.2.6 Kečup domácí



Obrázek 17: Závislost viskozity na smykové rychlosti deformace pro vzorek K6

Z grafů je viditelné, že ve všech případech má mocninná regresní funkce (viskozitní křivka) klesající průběh, můžeme tedy předběžně říci, že se u všech vzorků jedná o pseudoplastickou tekutinu. V každém grafu je také velmi vysoký koeficient determinace R^2 , což nám ukazuje, že proložení křivky je velmi přesné.

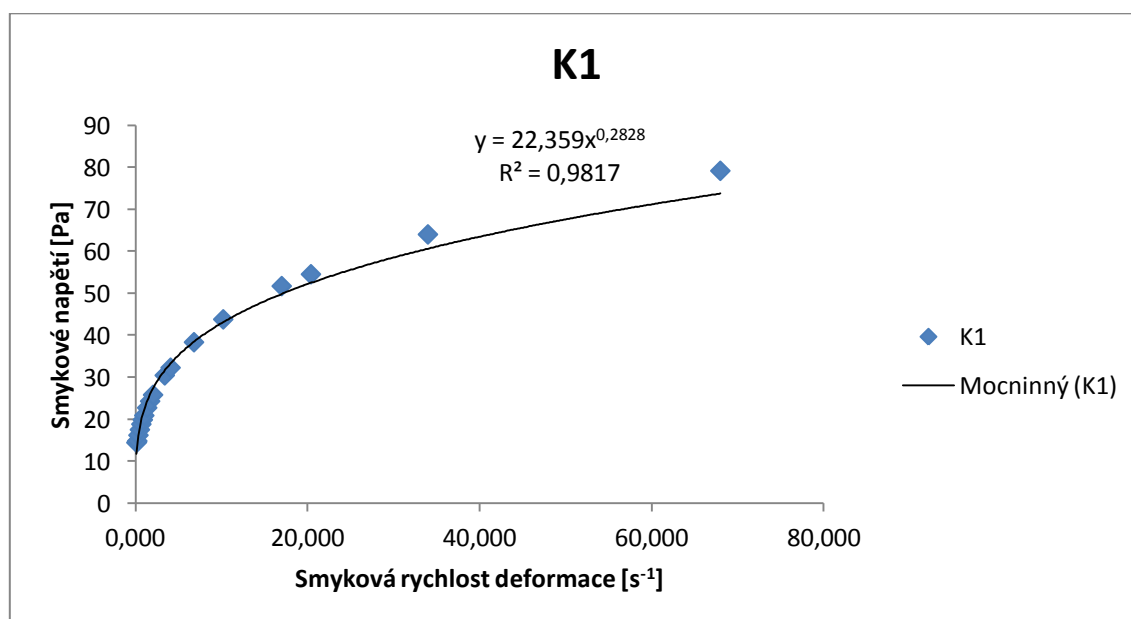
5.3 Tokové křivky

Tokové křivky neboli reogramy, popisují tokové chování neboli závislost smykového napětí na smykové rychlosti. Pro charakteristiku kečupu se používá hodnota smykového napětí v intervalu rychlostí deformace, tedy toková křivka. Z tokové křivky se stanovuje zdánlivá viskozita, která závisí na rychlosti deformace.

(Severa a Nedomová, 2011)

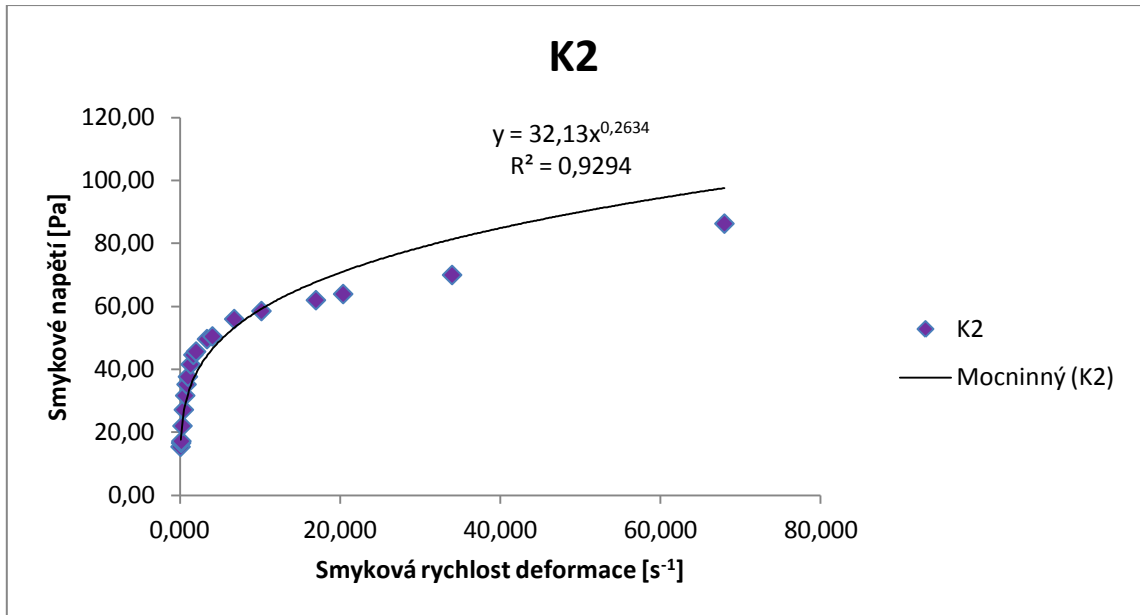
Zdánlivá viskozita se týká neneutonských kapalin, které nemají viskozitu konstantní. Mění se v závislosti na rychlosti deformace tekutiny, přičemž teplota tekutiny je konstantní. Pro Binghamské a pseudoplastické látky, zdánlivá viskozita klesá s rostoucí rychlostí deformace, tyto látky jsou při vyšších rychlostech deformace tekutější. (Fekete a kol., 2007)

5.3.1 Hellmann's



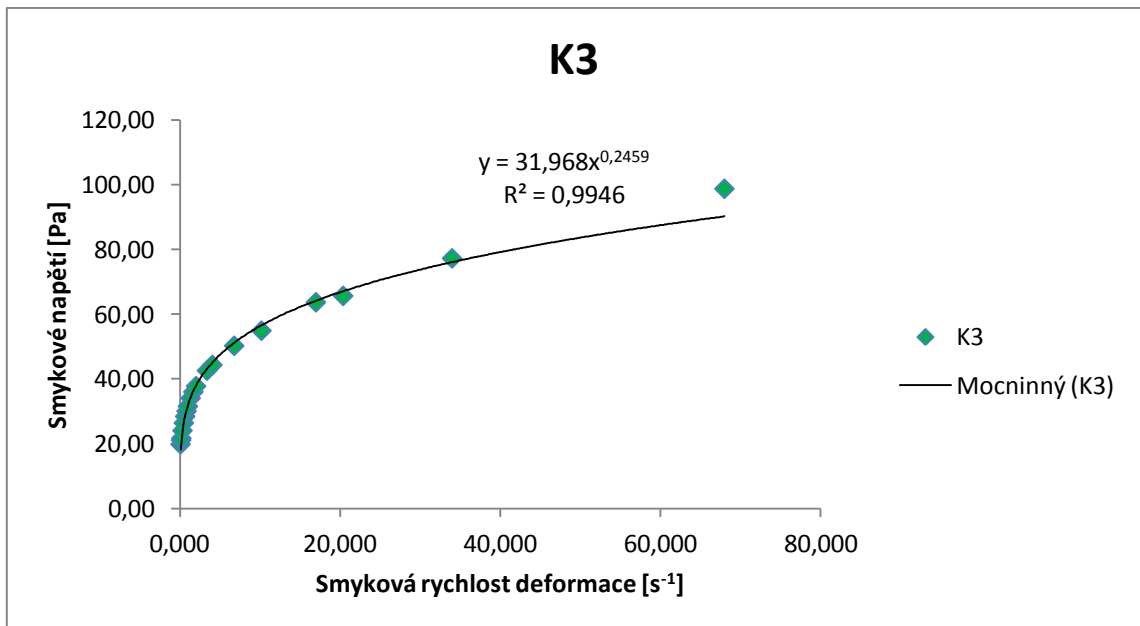
Obrázek 18: Toková křivka pro vzorek K1

5.3.2 Heinz



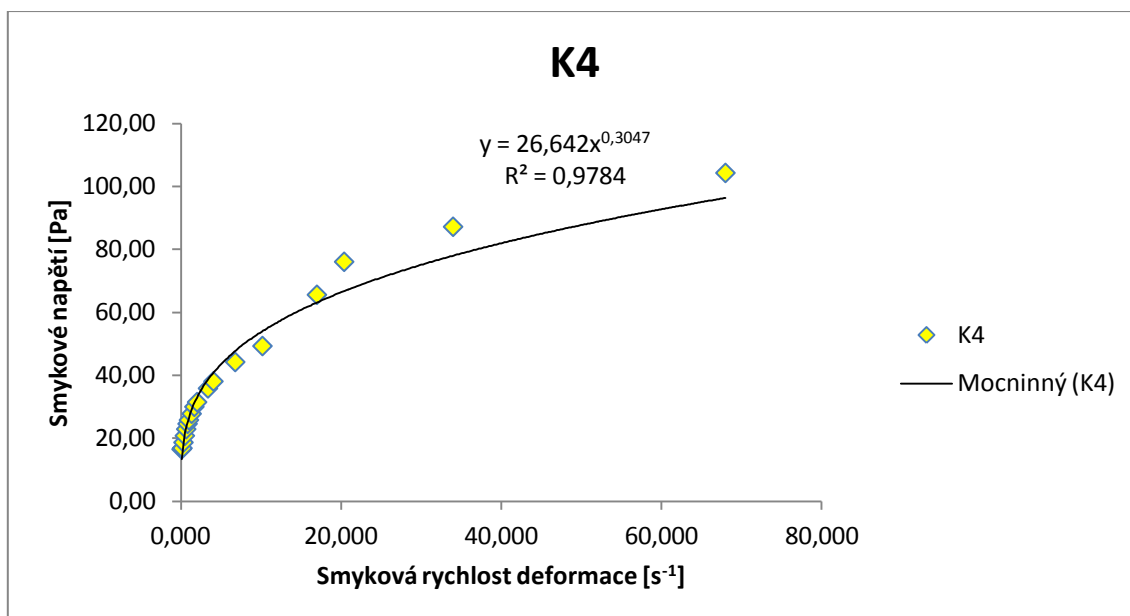
Obrázek 19: Toková křivka pro vzorek K2

5.3.3 Otma – kečup dětský



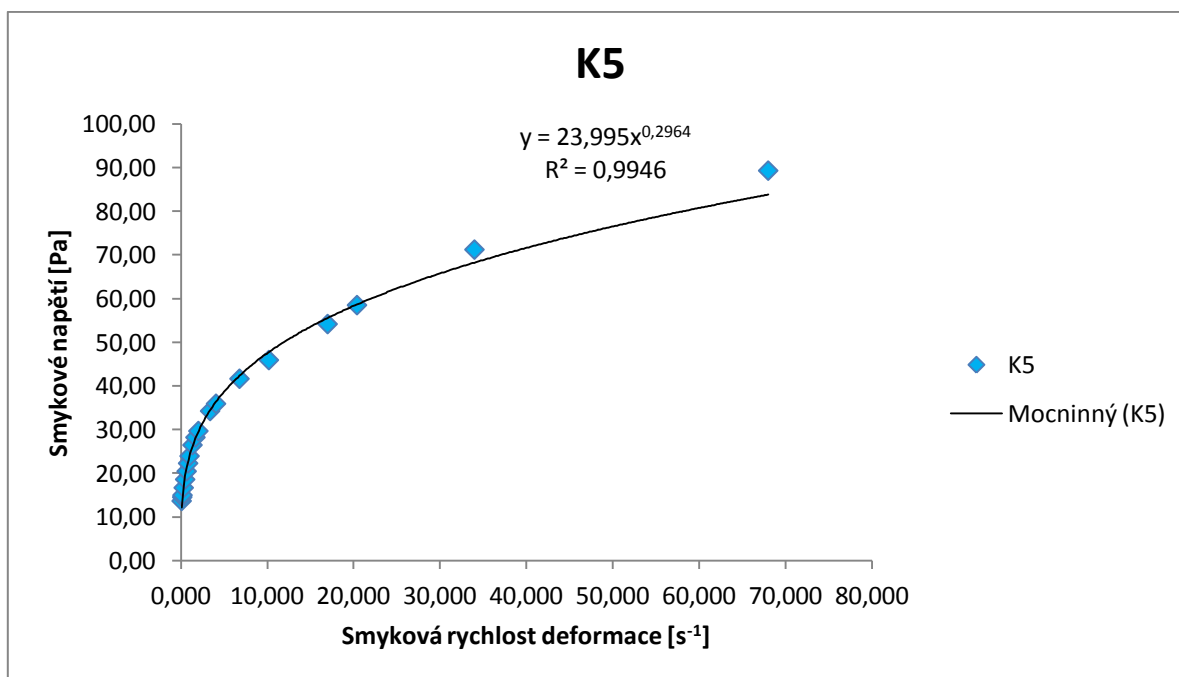
Obrázek 20: Toková křivka pro vzorek K3

5.3.4 Otma – kečup Gurmán



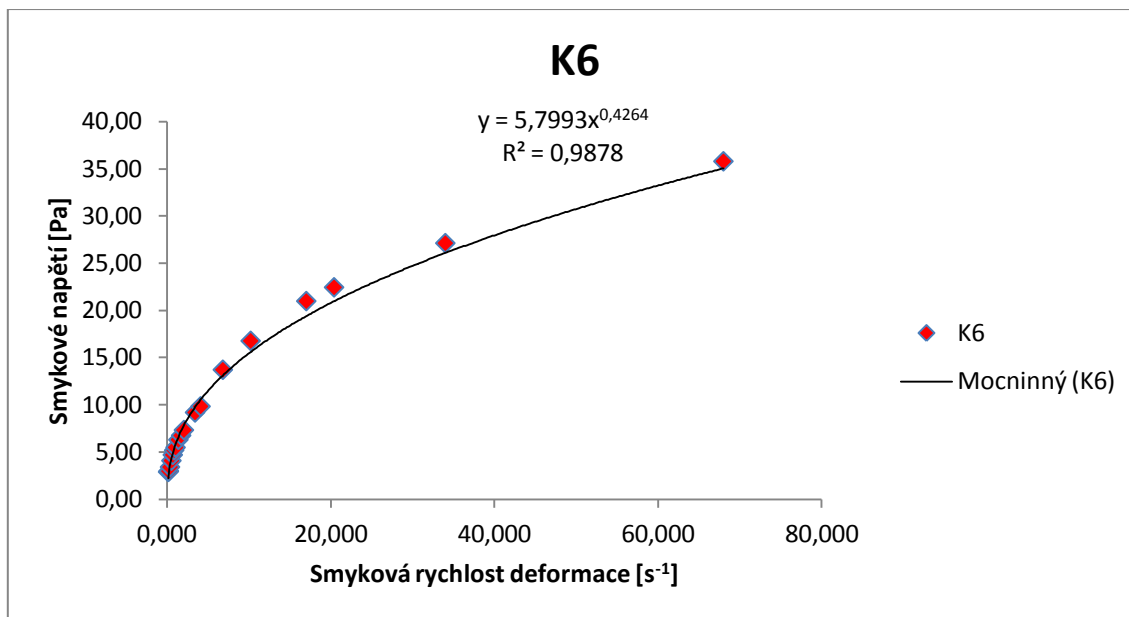
Obrázek 21: Toková křivka pro vzorek K4

5.3.5 COOP Klasik



Obrázek 22: Toková křivka pro vzorek K5

5.3.6 Kečup domácí



Obrázek 23: Toková křivka pro vzorek K6

Z grafů se opět potvrdilo, že se v případě všech vzorků kečupů jedná o pseudoplastickou kapalinu. Pro takovéto látky je typické, že smykové napětí klesá s rostoucí rychlostí deformace, tyto látky jsou při vyšších rychlostech deformace tekutější. Pseudoplastické kapaliny se řadí mezi kapaliny neneutonské, jejichž zdánlivá viskozita se mění s rychlostí deformace, a tedy není konstantní.

5.4 Ostwald-de Waeleho model

Dle výše uvedených křivek se kečup řadí mezi látky bez elastické a plastické deformace. V tomto případě se pro zjištění chování neneutonských kapalin používá vztah mezi smykovým napětím a deformační rychlostí, neboli Ostwald-de Waeleho model:

$$\tau = k \cdot D^n,$$

kde τ je smykové napětí, D je deformační rychlost, k je koeficient konzistence a n index toku.

V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty vycházející z tokových křivek jednotlivých vzorků kečupů.

Tabulka 11: Ostwald-de Waele model

Vzorek	Koeficient konzistence [Pas ⁿ]	Index toku [-]	Koeficient determinace R ²
K1	22,36	0,2828	0,9817
K2	32,13	0,2634	0,9294
K3	31,97	0,2459	0,9946
K4	26,64	0,3047	0,9784
K5	24,00	0,2964	0,9946
K6	5,7993	0,4264	0,9878

U látek, které nemají elastickou složku deformace, se při malém počátečním napětí vyvolá deformace, která se zvětšuje, dokud trvá zatížení. Pro newtonské kapaliny platí $k = \eta$ a $n = 1$ (z newtonova zákonu viskozity, kdy na velikosti napětí závisí rychlost deformace, $\tau = \eta \cdot D$). A pro čistě viskózní neneutonské kapaliny může být $0 < n < 1$, kdy se jedná o látky pseudoplastické. Nebo $n > 1$, kdy se jedná o látky dilatantní. (Příhoda a Houška, 2013)

U všech proměřených vzorků byl index toku n větší než nula a menší než jedna. U všech vzorků se jedná o neneutonské kapaliny a látky pseudoplastické. Tyto výsledky se shodují s výsledky studie Buchara a kol., z roku 2004.

5.5 Závislost viskozity na čase

Neneutonské kapaliny mohou být časově závislé nebo nezávislé. Viskozita časově závislých kapalin závisí na rychlosti deformace i na čase trvání deformace.

(Fekete a kol., 2007)

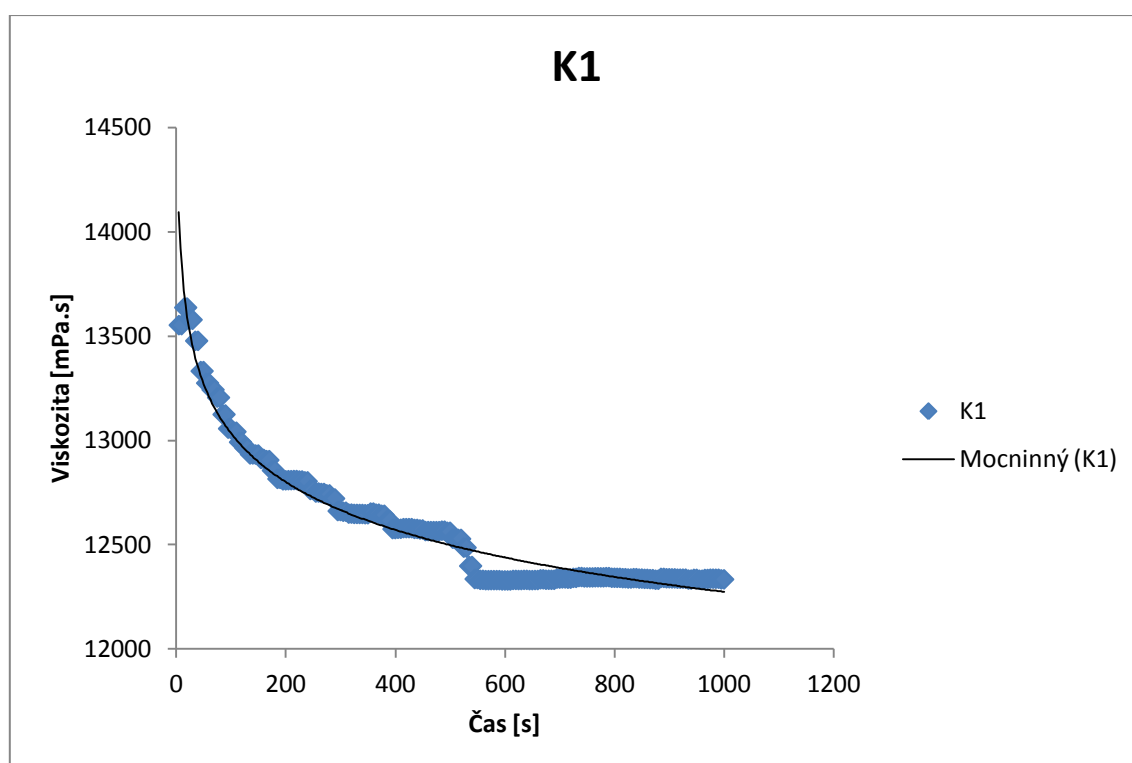
Mezi neneutonské kapaliny s časově nezávislými reologickými vlastnostmi patří tekutiny pseudoplastické, binghamské a dilatantní. (Groda a kol., 2002)

Neneutonské tekutiny s časově závislými reologickými vlastnostmi jsou tixotropní, jejichž zdánlivá viskozita klesá s rostoucím časem působení napětí. Nebo

repektické, jejichž zdánlivá viskozita roste s rostoucím časem působení smykového napětí. (Fekete a kol., 2007)

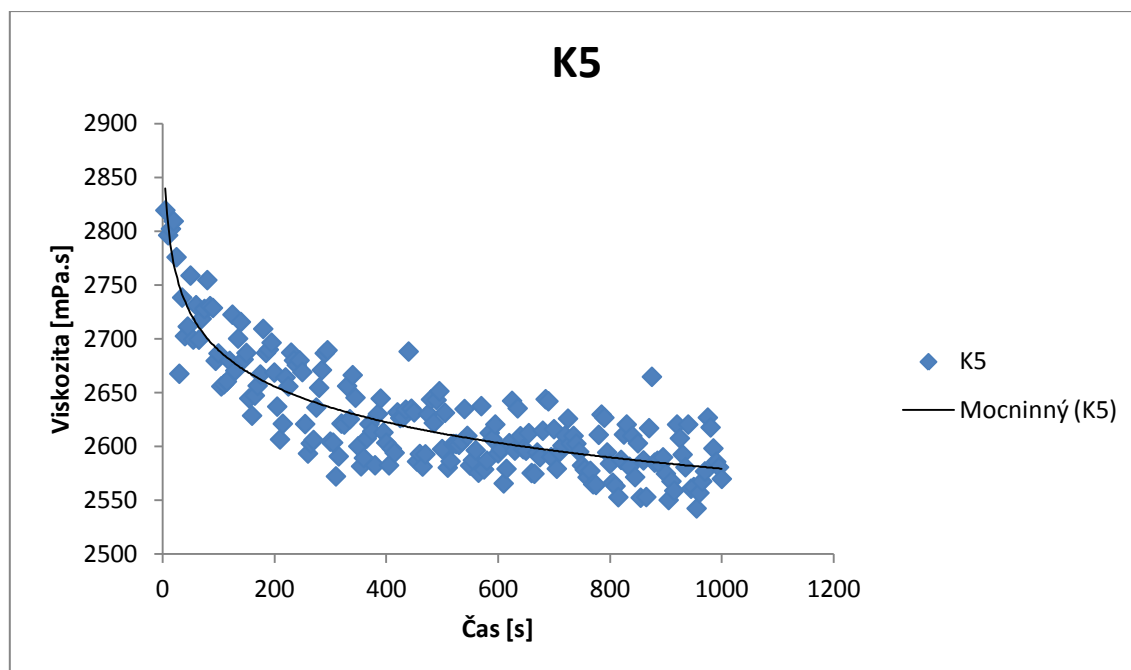
Viskozita zde byla pro všechny vzorky měřena při rychlosti deformace 2 s^{-1} a 20 s^{-1} . Změna viskozity s časem je znázorněna pro některé vzorky v následujících grafech.

5.5.1 Při rychlosti 2 s^{-1}



Obrázek 24: Závislost viskozity na čase při rychlosti 2 s^{-1}

5.5.2 Při rychlosti 20 s^{-1}



Obrázek 25: Závislost viskozity na čase při rychlosti 20 s^{-1}

V grafech jsou příklady dvou vzorků při různé rychlosti deformace. V obou případech můžeme vidět, že zdánlivá viskozita s rostoucím časem klesá. V případě kečupu se tedy jedná o tixotropní neneutonskou kapalinu.

Kečup je časově závislá tixotropní tekutina. Největší klesání probíhá během prvních 300 sekund. Viskozita se nejvíce mění při nízké smykové rychlosti.

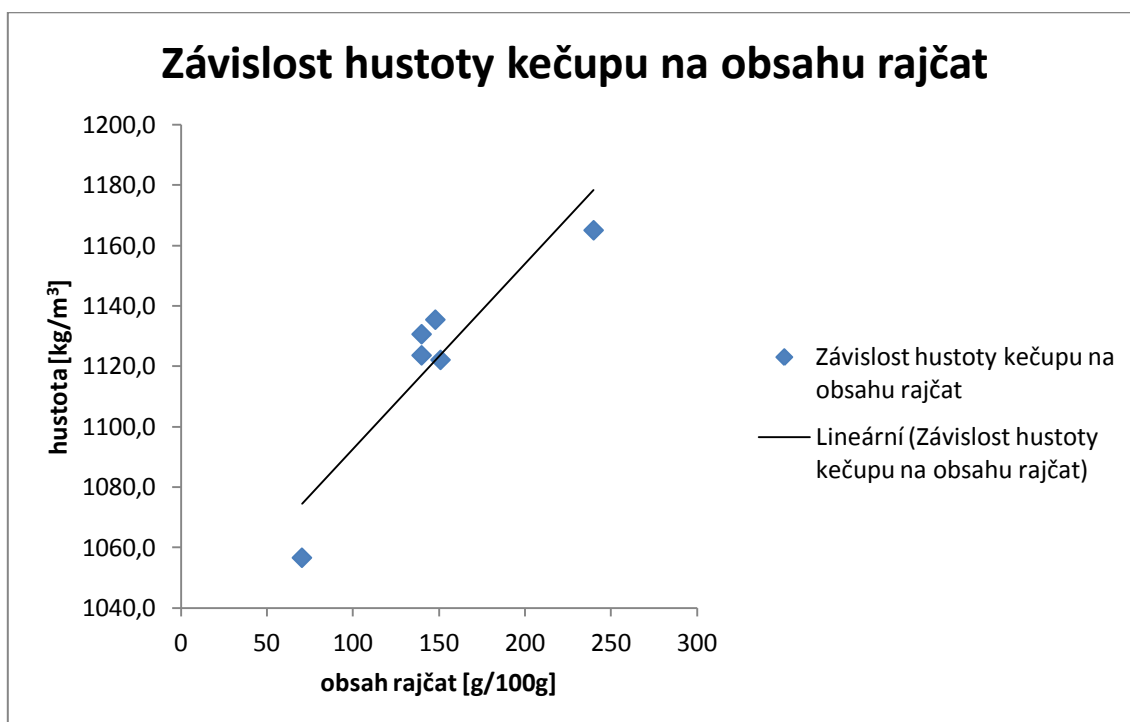
(Severa, 2005)

5.6 Závislost hustoty a viskozity na obsahu rajčat v kečupech

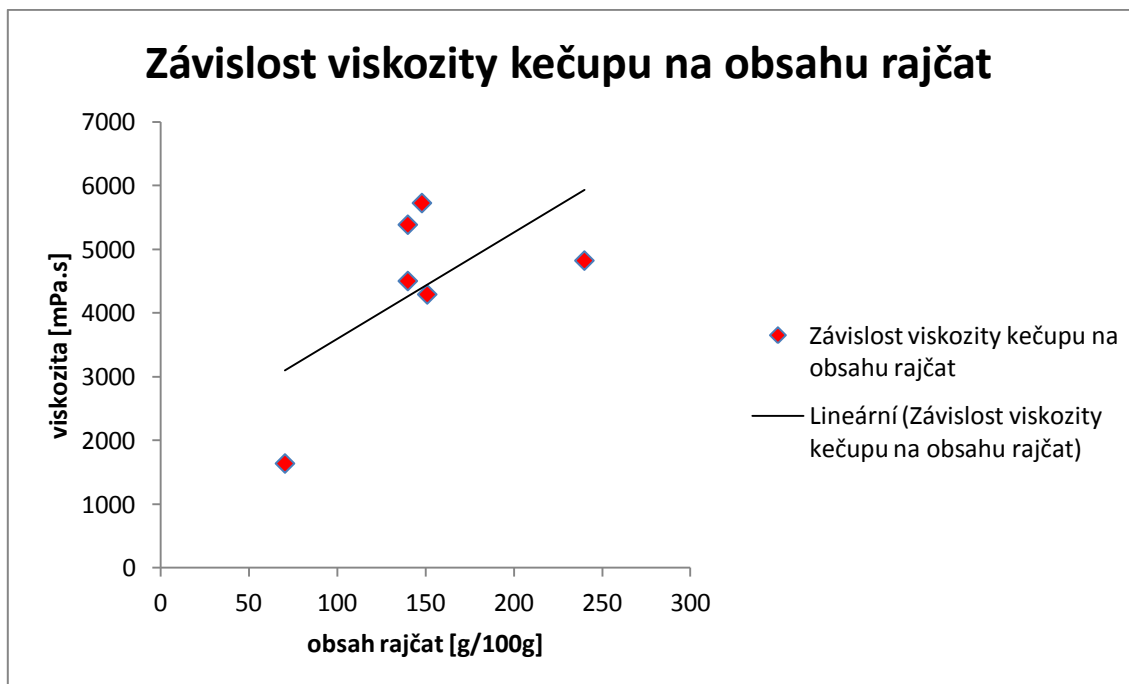
Z naměřených hodnot jsem se pokusila zjistit, zda hustota a viskozita jednotlivých vzorků může souviset s obsahem rajčat ve vzorcích kečupů. Výsledky jsou shrnuty v následující tabulce a grafech.

Tabulka 12: Obsah rajčat, hustota a viskozita jednotlivých vzorků kečupu

Vzorek	Obsah rajčat [g/100g]	Hustota [kg/m ³]	Viskozita [mPa.s]
K1	151,00	1122,1	4296
K2	148,00	1135,4	5730
K3	140,00	1123,6	5390
K4	240,00	1165,0	4827
K5	140,00	1130,6	4506
K6	70,44	1056,6	1642



Obrázek 26: Závislost hustoty kečupu na obsahu rajčat



Obrázek 27: Závislost viskozity kečupu na obsahu rajčat

Z grafů je viditelné, že hustota i viskozita lineárně rostou se zvyšujícím se obsahem rajčat. Například domácí kečup, který má nejnižší obsah rajčat má i nejnižší hustotu a viskozitu.

Na reologické vlastnosti kečupu mohou mít vliv i modifikované škroby (Juszczak, 2013). Do některých kečupů jsou přidávány zahušřovadla ve formě škrobů, aby byly výrobky pro zákazníky sensoricky přijatelnější (Panovská, 2009). Ze zkoumaných vzorků kečupů obsahuje vzorek K1 modifikovaný kukuřičný škrob, nemá však nejvyšší hustotu ani viskozitu. Vzorek K3 obsahuje modifikovaný škrob, ale jeho hustota a viskozita také není nejvyšší, nejvyšší hustotu obsahuje vzorek K4, který žádné zahušřovadlo neobsahuje. Proto nemohu prokázat, že obsah modifikovaných škrobů ve zkoumaných vzorcích měl nějaký vliv na jejich hustotu nebo viskozitu.

6 ZÁVĚR

Kečupy jsou velmi oblíbenou a rozšířenou potravinou v celém světě. K jeho výrobě se v převážné většině používají voda, rajčatový protlak, ocet, sůl, cukr, koření a v některých případech i zahušťovadla. Zmíněná zahušťovadla jako například modifikované škroby a především množství rajčat, které se pro výrobu používá má vliv na konečnou hustotu a viskozitu výrobku, které mohou být rozhodující při výběru kečupu spotřebitelem. Jelikož při výrobě domácího kečupu se nepoužívá rajčatový protlak, ale přímo rajčata, je jeho konzistence odlišná od běžných kečupů.

Z reologických vlastností se u kečupů měří především viskozita, která je mírou tření v kapalinách, díky kterému dochází k rozdílu proudění kapalin. Dále smyková rychlost v závislosti na smykovém napětí, které významně ovlivňují viskozitu. Pomocí naměřených hodnot smykového napětí při různých smykových rychlostech byly sestaveny pro všechny zkoumané vzorky tokové křivky, které nám pomohly určit, že se ve všech případech jedná o neneutonskou pseudoplastickou kapalinu, jejíž zdánlivá viskozita se s rostoucím gradientem rychlosti zmenšuje. Pro přesnější určení typu kapaliny byl použit Ostwald-de Waeleho model, především pak hodnota indexu toku.

Dále byla zjišťována změna viskozity v závislosti na čase při konstantní smykové rychlosti. V případě kečupu se jedná o časově závislou kapalinu, která má tixotropní chování, což znamená, že jeho zdánlivá viskozita s narůstajícím časem klesá. Toto chování se při měření potvrdilo.

Všechny vzorky zkoumaných kečupů jsou pseudoplastické tekutiny vykazující tixotropní chování, takže za působícího konstantního smykového napětí, se jejich zdánlivá viskozita (míra tření) snižuje. Dle zjištěných údajů se mohou odvíjet způsoby skladování a senzorické vlastnosti kečupů.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BAJČI P., DUDÁK F., POVOLNÝ M., 1969: *Skladování a zpracování rostlinných produktů: vysokoškolská učebnice*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 387 s.

BARNES H., HUTTON J., WALTERS K., 1989: *An introduction to rheology*. New York: Distributors for the U.S. and Canada, Elsevier Science Pub. Co. Rheology series, 199 s. ISBN 0444871403.

BERTA M., WIKLUND J., KOTZÉ R., STADING M., 2016 Correlation between in-line measurements of tomato ketchup shear viscosity and extensional viscosity. *Journal of Food Engineering*, 173: 8-14. ISSN 02608774.

BOURNE M. C., 2002: *Food texture and viscosity: concept and measurement*. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 306 s. ISBN 0121190625.

BREHMEN A., 1991: *Česká kuchařka bezmasá, aneb vaříme levně a zdravě*. Praha: Český literární klub, 318 s. Mimoklubová edice. ISBN 80-85337-00-2.

BUCHAR J., NEDOMOVÁ Š., KŘIVÁNEK I., 2004: Flow properties of Commercial Ketchups. *The 6th International Conference of Food Physics and Dairy Sciences*. Pecs: University of Pecs, 14 s.

BULKOVÁ V., 2011: *Rostlinné potraviny*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 162 s. ISBN 978-80-7013-532-7.

BUREŠOVÁ I., LORENCOVÁ E., 2013: *Výroba potravin rostlinného původu: zpracování obilovin*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 302 s. ISBN 978-80-7454-278-7.

DOBIÁŠ J., 2004: *Technologie zpracování ovoce a zeleniny*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 152 s.

FEKETE R., GUŽELA Š., 2007: *Procesné strojnictvo*. Bratislava: Slovenská technická univerzita, 197 s. ISBN 9788022727662.

GOLIÁŠ J., 2014: *Skladování a zpracování ovoce a zeleniny*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 131 s. ISBN 978-80-7509-195-6.

GRODA B., 2002: *Mechanika tekutin a suspenzí*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 51 s. ISBN 80-7157-576-3.

HRABĚ J., ROP O., HOZA I., 2005: *Technologie výroby potravin rostlinného původu: bakalářský stupeň*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 178 s. ISBN 80-7318-372-2.

JANALÍK J., 2010: *Viskozita tekutin a její měření*. Ostrava: Vysoká škola Báňská, technická univerzita, Ostrava, 66 s.

JUSZCZAK L., OCZADŁY Z., GAŁKOWSKA D., 2013: Effect of Modified Starches on Rheological Properties of Ketchup. *Food and Bioprocess Technology*, 6 (5), 1251-1260.

KADLEC P., 2002: *Technologie potravin*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 300 s. ISBN 80-7080-509-9.

KADLEC P., MALZUCH K., VOLDŘICH M., 2013: *Procesy a zařízení v potravinářství a biotechnologiích*. Ostrava: Key Publishing, 496 s. ISBN 978-80-7418-163-4.

KADLEC P., MALZUCH K., VOLDŘICH M., 2009: *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing, 536 s. ISBN 978-80-7418-051-4.

KUČEROVÁ J., PELIKÁN M., HŘIVNA L., 2007: *Zpracování a zbožiznalství rostlinných produktů*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 122 s. ISBN 978-80-7375-088-6.

MAYER Z., 2004: *Selected fruits and vegetables*. Prague: Food Research Institute, 92 s. ISBN 80-902671-7-3.

NORTON I. T., SPYROPOULOS F. a COX P., 2011: *Practical food rheology: an interpretive approach*. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell. Functional food science and technology series. ISBN 1405199784.

OPATOVÁ H., PAZLAROVÁ J., 2002: Suroviny a jejich uskladnění, s. 9 – 16. In: KADLEC P., *Technologie potravin*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 300 s.

PANOVSKÁ Z., ŠTERN P., VÁCHOVÁ A., LUKEŠOVÁ D., POKORNÝ J., 2009: Textural and Flavour Characteristics of Commercial Tomato Ketchups. *Czech J. Food Sci.*, 27 (3), 165 – 170.

PELIKÁN M., SÁKOVÁ L., 2001: *Jakost a zpracování rostlinných produktů*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 233 s. ISBN 80-7040-502-3.

PIRKL, S., 2009: *Základy reologie a reometrie kapalin*. Databáze online [cit. 2016-02-20]. Dostupné na: http://kf.upce.cz/st_literatura.html

PŘÍHODA J., HOUŠKA M., 2013: Mechanické a reologické vlastnosti potravin, s. 79 – 99. In: KADLEC P., *Procesy a zařízení v potravinářství a biotechnologiích*. Ostrava: Key Publishing, 496 s.

PŮHONÝ K., 1988: *Konzervace a ukládání potravin v domácnosti*. Vyd. 6. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 319 s.

RAJCHL A., VOLDŘICH M., ČÍŽKOVÁ H., HRONOVÁ M., ŠEVČÍK R., DOBIÁŠ J. a PIVOŇKA J., 2010: Stability of nutritionally important compounds and shelf life prediction of tomato ketchup. *Journal of Food Engineering*, 99 (4), 465-470, ISSN 02608774.

RIEVAJOVÁ S., 2012: *Technologie výroby kečupu se zaměřením na kečup sterilovaný*. Zlín. Bakalářská práce (Nepubl.) .Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, Ústav analýzy a chemie potravin. Vedoucí práce Ing. Marie Rumíšková.

RICHARDSON P., 2004: *Improving the thermal processing of food*. Cambridge: Woodhead Publishing, 507 s. ISBN 1-85573-730-2.

SEVERA L., NEDOMOVÁ Š., 2011: *Fyzikální a mechanické vlastnosti potravin*. Brno: Mendelova univerzita, 116 s. ISBN 978-80-7375-521-8.

SEVERA L., SIMEONOVÁ J., KŘIVÁNEK I., BUCHAR J., 2005: On the selected rheological properties of commercial ketchups. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 53(2), 7-18.

STEFFE J. F., 1996: *Rheological methods in food process engineering*. 2 ed. East Lansing, MI: Freeman Press, 418 s. ISBN 0963203614.

ŠTĚTINA J., 2013: Fyzikálně chemické základy disperzních potravinářských soustav, s. 67 – 73. In: KADLEC P., *Procesy a zařízení v potravinářství a biotechnologiích*. Ostrava: Key Publishing, 496 s.

TAUFEROVÁ A., 2014: *Technologie a hygiena potravin rostlinného původu I., II*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 168 s. ISBN 978-80-7305-692-6.

TRÁVNÍČEK P., VÍTĚZ T., PŘIDAL A., 2012: Rheological properties of honey. *Scientia Agriculturae Bohemica*. sv. 43, č. 4, s. 160-165. ISSN 1211-3174.

VELÍŠEK J., HAJŠLOVÁ J., 2009: *Chemie potravin*. Vyd. 3, Tábor: OSSIS, 580 s., ISBN 978-80-86659-17-6.

WICHTERLE K., 2006: Neneutonské kapaliny a disperze v hydrodynamických procesech. Databáze online [cit. 2016-01-18]. Dostupné z: <http://homen.vsb.cz/~wih15/Publikace/KWMix06.pdf>

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Složení rajčat (Bulková, 2011)	18
Tabulka 2: Obsah některých minerálních látek v rajčatech (Bulková, 2011).....	19
Tabulka 3: Obsah některých vitamínů v rajčatech (Bulková, 2011).....	19
Tabulka 4: Složení kečupu Hellmann´s.....	36
Tabulka 5: Složení kečupu Heinz	36
Tabulka 6: Složení dětského kečupu Otma	36
Tabulka 7: Složení kečupu Otma - Gurmán	37
Tabulka 8: Složení kečupu COOP Klasik	37
Tabulka 9: Obsah rajčat v domácím kečupu.....	37
Tabulka 10: Naměřená hustota jednotlivých vzorků.....	42
Tabulka 11: Ostwald-de Waele model	50
Tabulka 12: Obsah rajčat, hustota a viskozita jednotlivých vzorků kečupu	53

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Schéma zpracování ovoce a zeleniny (Kadlec, 2002).....	9
Obrázek 2: Schéma výroby rajčatového protlaku (Kadlec, 2002).....	21
Obrázek 3: <i>Schéma výroby (Rievajová, 2012)</i>	23
Obrázek 4: Toková křivka (závislost smykového napětí na smykové rychlosti) a viskozitní funkce (závislost viskozity na smykové rychlosti) (Janalík, 2010)	29
Obrázek 5: Průtokový viskozimetr (Pirkl, 2009).....	32
Obrázek 6: Schéma Höpplerova kuličkového viskozimetru (Pirkl, 2009).....	32
Obrázek 7: Schéma typu uspořádání rotačního viskozimetru (Pirkl, 2009).....	33
Obrázek 8: Přenosný digitální hustoměr Densito 30 PX.....	38
Obrázek 9: Schematické znázornění mechanismu měření	39
Obrázek 10: Rotační viskozimetr Anton Paar DV3-P.....	40
Obrázek 11: Porovnání hustoty jednotlivých vzorků kečupů.....	42
Obrázek 12: Závislost viskozity na smykové rychlosti deformace pro vzorek K1	43
Obrázek 13: Závislost viskozity na smykové rychlosti deformace pro vzorek K2	43
Obrázek 14: Závislost viskozity na smykové rychlosti deformace pro vzorek K3	44
Obrázek 15: Závislost viskozity na smykové rychlosti deformace pro vzorek K4	44
Obrázek 16: Závislost viskozity na smykové rychlosti deformace pro vzorek K5	45
Obrázek 17: Závislost viskozity na smykové rychlosti deformace pro vzorek K6	45
Obrázek 18: Toková křivka pro vzorek K1	46
Obrázek 19: Toková křivka pro vzorek K2	47
Obrázek 20: Toková křivka pro vzorek K3	47
Obrázek 21: Toková křivka pro vzorek K4	48
Obrázek 22: Toková křivka pro vzorek K5	48
Obrázek 23: Toková křivka pro vzorek K6	49
Obrázek 24: Závislost viskozity na čase při rychlosti 2 s^{-1}	51
Obrázek 25: Závislost viskozity na čase při rychlosti 20 s^{-1}	52
Obrázek 26: Závislost hustoty kečupu na obsahu rajčat	53
Obrázek 27: Závislost viskozity kečupu na obsahu rajčat.....	54