

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



**Výskyt a aktivita patogenní *Escherichia coli* v potravinách
živočišného původu**

Bakalářská práce

Martina Kučerová

Kvalita produkce

Ing. Eva Popelářová, Ph. D.

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Výskyt a aktivita patogenní *Escherichia coli* v potravinách živočišného původu" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 16. 7. 2020

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Evě Popelářové, Ph.D. za cenné rady, čas a připomínky, které mé práci věnovala.

Výskyt a aktivita patogenní *Escherichia coli* v potravinách živočišného původu

Souhrn

Escherichia coli je bakterie nacházející se jako neškodný obyvatel střevní mikroflóry u lidí a zvířat. Některé typy *Escherichia coli* jsou však patogenní a způsobují řadu onemocnění od průjemových až po hemolyticko-uremický syndrom. *Escherichia coli* se řadí do čeledi Enterobacteriaceae. Jedná se o krátké, gram negativní tyčinky ve velikosti kolem 1,3 – 5 mikro metrů. Jejich tělo je pokryto peritrichálními bičíky. Daří se jim ve vlhkém prostředí a teplotní optimum je 37 °C.

Escherichia coli se také nachází ve vodě, kde je významným indikátorem fekálního znečištění, ve hnojivech, ale také v rostlinných a zejména živočišných produktech. Přenáší se především orální cestou. Zdrojem nákazy jsou hlavně kontaminované potraviny, které mohou být pro člověka nebezpečné. K předejití nákazy je nutná tepelná úprava potravin, ale také správné hygienické podmínky při přípravě pokrmů. Nejobvyklejší přenos *Escherichia coli* je díky konzumaci nedostatečně upraveného masa, vajec a mléka.

Nejčastější možnost eliminace bakterie je dostatečná tepelná úprava potravin. Důležitá je také správná hygiena při potravinářské výrobě, především dodržení hygienických pravidel pracovníku pracujících v potravinářském odvětví či konzumentů v domácnosti. Těmito pravidly je míněno dostatečné mytí rukou, používání nezávadné vody a dostatečná sanitace pomůcek. Dle konkrétního produktu je možné zvolit i specifický způsob eliminace, jako například u vajec ozařování pomocí UV záření, u masa zabalením do aktivních obalů a u mléka pasterizací.

Klíčová slova: *Escherichia coli*, eliminace patogenů, živočišné produkty, hygienické limity

Occurrence and activity of pathogenic *Escherichia coli* in food of animal origin

Summary

Escherichia coli is a bacterium found as a harmless population of intestinal microflora in humans and animals. Some types of *Escherichia coli* are not pathogenic and cause a number of diseases from diarrhea to hemolytic-uremic syndrome. *Escherichia coli* is used in the family Enterobacteriaceae. There is information on weights, sticks about 1.3-5 micrometers in size. Your body is covered with peritriched flagella. The optimum temperature is 37 °C.

Escherichia coli is found in water, where it is possible to identify faecal pollution, in fertilizers, but also in plant and especially animal products. It is transmitted mainly by the oral route. The source of the infection is important foods that can be popular for humans. To prevent the remedy, heat treatment of food is necessary, but hygienic conditions during food preparation. The most common transmissible *Escherichia coli* is due to the consumption of insufficiently prepared meat, eggs and milk.

The most common way to eliminate bacteria is sufficient heat treatment of food. Proper hygiene of food machinery is important, especially compliance with hygiene regulations in the workplace in the food industry or household consumers. By these means is meant sufficient hand washing, the use of safe water and sufficient sanitation of aids. The specific product can also be used as a specific method of elimination, such as in the case of eggs by irradiation with UV radiation, massage by wrapping in active packaging and milk pasteurization.

Keywords: *Escherichia coli*, Elimination of pathogens, Animal products, Hygienic limits

Obsah

1	Úvod	9
2	Cíl práce	10
3	Literární rešerše	11
3.1	Základní charakteristika <i>Escherichia coli</i>	11
3.2	Působení, patogenita	14
3.2.1	Kategorie patogenní <i>Escherichia coli</i>	15
3.2.1.1	Enterohemoragická <i>Escherichia coli</i> (EHEC).....	15
3.2.1.2	Enteropatogenní <i>Escherichia coli</i> (EPEC).....	16
3.2.1.3	Enterotoxická <i>Escherichia coli</i> (ETEC).....	16
3.2.1.4	Enteroinvazivní <i>Escherichia coli</i> (EIEC)	16
3.2.2	Sérotypy <i>Escherichia coli</i>	16
3.2.2.1	<i>Escherichia coli</i> Nissle.....	16
3.2.2.2	<i>Escherichia coli</i> O157: H7	17
3.3	Způsoby kontaminace	19
3.3.1	Proniknutí <i>Escherichia coli</i> do lidského organismu.....	19
3.3.2	Způsob nákazy – konzumace potravin.....	19
3.4	Nežádoucí účinky na lidský organismus	21
3.4.1	Průjmové onemocnění	21
3.4.2	Hemolyticko-uremický syndrom (HUS).....	22
3.5	<i>Escherichia coli</i> a její výskyt v prostředí	24
3.5.1	<i>Escherichia coli</i> ve hnojivech	24
3.5.2	<i>Escherichia coli</i> ve vodě	24
3.5.3	<i>Escherichia coli</i> v živočišných produktech	26
3.5.3.1	Mléko	26
3.5.3.2	Vejce.....	28
3.5.3.3	Maso.....	29
3.6	Další způsoby eliminace <i>Escherichia coli</i>	31
3.6.1	Antibiotika	31
3.6.2	Biologická léčba	32
3.6.3	Hygiena	33
3.6.4	Technologie dekontaminace mikroorganismů	34
3.7	Hygienické limity	35
4	Závěr	38

5 Seznam literatury	39
---------------------------	----

1 Úvod

Escherichia coli je běžná bakterie trávicího traktu, patogenní kmeny této bakterie však mohou způsobovat závažná onemocnění. Proto je důležité eliminovat výskyt patogenní *Escherichia coli*, a zejména předejít jejímu výskytu v potravinách. *Escherichia coli* je bakterie vyskytující se v tlustém střevě teplokrevných živočichů včetně člověka. V trávicím traktu člověka se nachází již od narození.

Jde o prospěšnou bakterii, která produkuje užitečné látky pro člověka a zamezuje šíření negativních bakterií. Existují ale i patogenní kmeny této bakterie, které působí na člověka velmi negativně. Největší problém s touto bakterií nastává u malých dětí, ale negativní vliv má i u dospělého člověka, protože způsobuje řadu onemocnění, která se právě u dětí obtížně léčí a může mít vážnější následky. Bakterie *Escherichia coli* způsobuje onemocnění, jako jsou průjem, krvavý průjem a hemolyticko-uremický syndrom. Tyto nemoci mohou vést až k dehydrataci či poškození ledvin.

Bakterie *Escherichia coli* se může vyskytovat v různých potravinách, nejčastěji v živočišných produktech. Nachází se však také v prostředí jako je voda, či v ovoci a zelenině. V některých případech se jedná o sekundární kontaminaci přenosem člověka.

2 Cíl práce

Escherichia coli je běžná bakterie trávicího traktu, patogenní kmeny této bakterie však mohou způsobovat závažná onemocnění. Proto je důležité eliminovat výskyt patogenní *Escherichia coli* a zejména předejít jejímu výskytu v potravinách.

Cílem práce bylo popsat výskyt a aktivitu patogenních kmenů *Escherichia coli* v potravinách živočišného původu a dále způsoby jejich eliminace.

3 Literární rešerše

3.1 Základní charakteristika *Escherichia coli*

Escherichia coli byla poprvé objevena v roce 1885. Německo-rakouský lékař Theodor von Escherich se zaměřením na pediatrii, se zabýval novorozeneckou úplavicí, při které byla poprvé odhalena. Byla nazvána jako *Bacterium coli* a později v roce 1919 přejmenována podle jejího objevitele na *Escherichia coli*.

Escherichia coli, známá jako *E. coli* se vyskytuje jako jedna z neškodných složek mikrobiomu u lidí a zvířat (Méric et al. 2016). *Escherichia coli* je jedna z nejvíce významných a obecně známých bakterií. Byla prostudována v několika tisících laboratořích (Schindler 2008). Slouží jako modelový mikroorganismus pro různé výzkumy v genetice (Kalhotka 2014).

Escherichia coli se klasifikuje do rodu *Escherichia*, čeledi Enterobacteriaceae, řád Enterobacteriales, třída Gammaproteobacteria, kmen Proteobacteria (Liu 2019). Čeleď Enterobacteriaceae zahrnuje i další známé patogeny, jako jsou *Salmonella* a *Shigella* (Feng et al. 2002). Již od narození člověka se nachází ve střevech a je zde po celý jeho život. Mezi pozitivní *Escherichia coli* patří například to, že ve střevech je producentem vitamínů. Jedním z nich je vitamín rozpustný v tucích (vitamín K) a druhý vitamín rozpustný ve vodě (vitamín B12). Jako další pozitivum této bakterie je, že v některých případech dokáže vytlačit jiné bakterie, protože sama zaplňuje dané receptory v tlustém střevě (Schindler 2008).

Obr. 1 *Escherichia coli*



https://vesmir.cz/images/gallery/archiv/2011/9/dobry-sluha-ale-zly-pan/page/2011_484_01.jpg

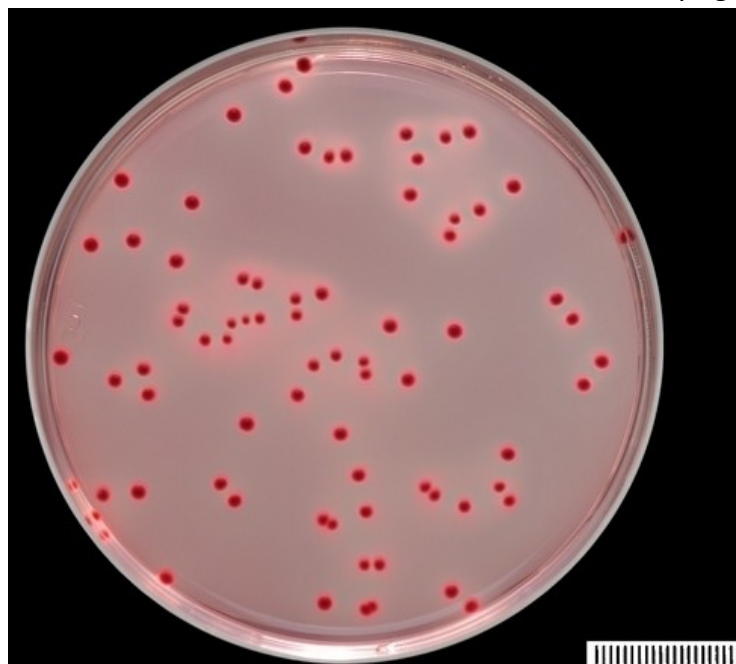
Enterobacteriaceae využívají k pohybu peritrichální bičíky nebo jsou nepohyblivé (Rosypal 1981). U *Escherichia coli* jsou bičíky rozprostřeny po celém těle bakterie (viz obr. 1), je jich asi 5 – 10 a jsou 5-10 mm dlouhé (Liu 2019). Až 18 000 otočení za minutu vyvinou bičíky u *Escherichia coli* a tím posunou bakterii až o 30 μm . Na poměr velikosti bakterie a pohybu, je tato rychlost kvalitní (Schindler 2008). Energií získávají kvašením či aerobním dýcháním (Rosypal et al. 1981).

Jedná se o krátké tyčinky ve velikosti 1,1-1,5 x 2-6 μm (Kalhotka 2014), gram negativní a fakultativně anaerobní (Rosypal et al. 1981). Jsou chemoorganotrofní, takže zužitkovávají jako zdroj energie a živin organické látky (Ambrožová 2007). Rostou v teplotním intervalu mezi 7-46 °C. Anaerobní proces přeměny cukrů jako je laktóza nebo glukóza způsobuje vznik organických kyselin a plynů. Například vzniká kyselina mléčná, octová a mravenčí (Kalhotka 2014).

Z jednou charakteristik *Escherichia coli* je, že může redukovat dusičnany na dusitany (Pitout 2011). Gastrointestinální trakt se osidluje bakterií *Escherichia coli* v období po narození, a hlavně po ukončení kojení (Schindler 2008).

Escherichia coli se vyskytuje v koloniích. Při vyvíjení bakteriálních kolonií se tvoří filmy na povrchu, které slouží k odlišení od externího prostředí. Tyto filmy mají složité složení struktury a mění se s věkem dané kolonie. Navíc jsou velice podstatné pro kolonii, jelikož dokazují její samostatný a integrální charakter (Tetz et al. 1993).

Obr. 2 Kolonie *Escherichia coli* na MacConkey agaru



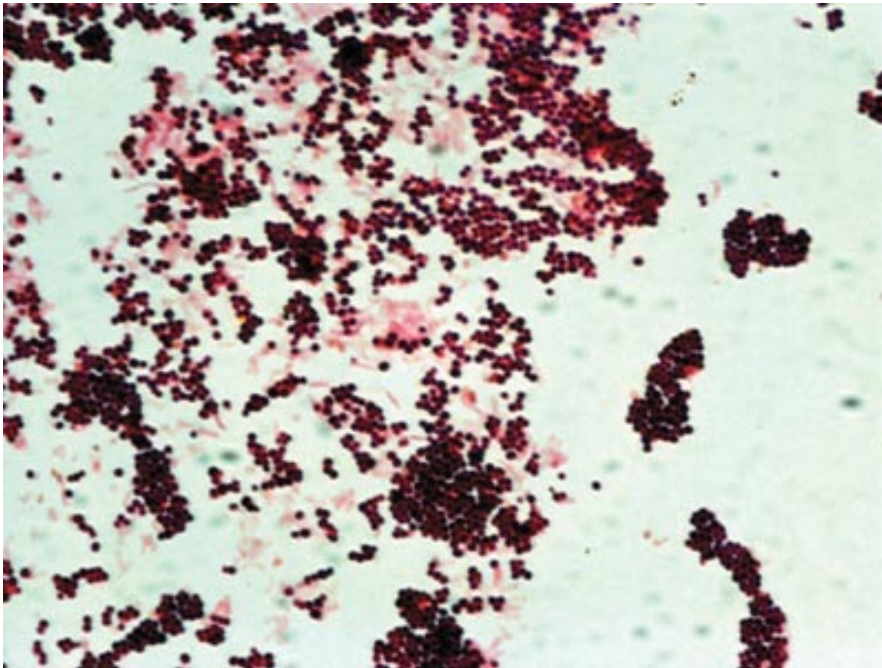
<http://www.bacteriaiphotos.com/escherichia-coli.html>

Kolonie nacházející se na MacConkey agaru jsou hladké, průsvitné a růžově – červeně zbarvené (viz obr. 2).

Kolonie *Escherichia coli* rostoucí v optimálních podmínkách jsou po 1 dni pravidelné. Uspořádání a podoba dané kolonie souvisí s časem. Dendrický morfortyp vzniká po delší kultivaci *Escherichia coli* (Schindler 2014).

V laboratorním prostředí je možné díky barvení podle Grama dobře rozlišit bakterie *Escherichia coli*. Na obrázku č. 3 je toto zbarvení zobrazeno. Jde o kombinaci kultur, gram pozitivní *Staphylococcus epidermidis* a gramnegativní *Escherichia coli* (růžovo červená) (Moyes et al. 2009). Obrázek zobrazuje kombinaci kultur, viditelná je *Escherichia coli* podle růžovo červeného zbarvení.

Obr. 3 Zobrazení kultur bakterií



<https://sci-hub.tw/10.1002/9780471729259.mca03cs15>

3.2 Působení, patogenita

Všeobecně je známo, že potravinové patogeny mají rády prostředí s vyšším obsahem vlhkosti. (Ballom et al. 2020). Závážnost a rozvoj infekce záleží na obranném mechanismu hostitele a na úrovni patogenity bakterií (Pitout 2011).

Escherichia coli se dělí na patogenní a nepatogenní skupiny. I když se nepatogenní *Escherichia coli* vyskytuje ve střevech jako komenzál, může se účastnit jiných oportunních infekcí. Patogenní forma *Escherichia coli* je odpovědná zejména za následující tři infekční onemocnění u člověka. Jedná se o nemoci močových cest, které mohou způsobovat hemolyticko-uremický syndrom, krevní infekce a trávicí onemocnění (Liu 2019).

3.2.1 Kategorie patogenní *Escherichia coli*

Všechny patotypy vyvolávají onemocnění. Průjmové patotypy označovány DEC zahrnují další zmíněné kmeny, kterými jsou enteropatogenní *Escherichia coli* (EPEC), enterohemoragické (produkující shiga toxin) *Escherichia coli* (EHEC/STEC), enteroagregativní *Escherichia coli* (EAEC), enterotoxigenní *Escherichia coli* (ETEC) a enteroinvazivní *Escherichia coli* (EIEC). Ty se od sebe odlišují místem osídlení, symptomy a následky. DAEC neboli difuzně adherentní obsahuje kmeny zachycující se na krycích tkáních. Další kmeny byly zařazeny jako adherentní invazivní AIEC, které mohou být jako jeden z možných faktorů Crohnovy choroby (Gomes et al. 2016).

Verotoxiny nebo Shiga-like toxiny jsou velice příbuzné toxiny produkované některými kmeny *Escherichia coli*. Tyto termíny se nyní používají synonymně, stejným označením jako Shiga toxin (STx) (Ferreira et al. 1997).

Mezi kmeny *Escherichia coli* můžeme zařadit ty, které způsobují onemocnění v gastrointestinálním traktu *Escherichia coli* (DEC) a extraintestinální *Escherichia coli* (ExPEC), které způsobují onemocnění v močových cestách *Escherichia coli* (UPEC). Dále onemocnění spojené s bakteriemi jako je septikémie a meningitida (Aijuka & Buys 2019). Jestliže se *Escherichia coli* nachází jinde než ve střevě, je příčinou stálého nebo náhlého onemocnění (Schindler 2008). Díky zánětům nebo jiným infekcím jsou sliznice, které jsou tím pádem poškozené, vhodné pro obsazení (Schindler 2008). Nejmenší množství nakažlivých buněk je u každého typu odlišné. Je to v rozmezí u EPEC 10^6 – 10^{10} , ETEC 10^8 – 10^{10} , EIEC 10^6 – 10^8 , EHEC 10^2 – 10^3 , avšak k podnícení nákazy u STEC postačuje pouze deset buněk (Kalhotka 2014).

3.2.1.1 Enterohemoragická *Escherichia coli* (EHEC)

Tato kategorie *Escherichia coli* má společné označení pro kmen *Escherichia coli* produkující Shiga toxin STEC, který má na svědomí vysokou úmrtnost lidí. Je příčinou velkého spektra nemocí. Od mírného průjmu po další závažnější onemocnění jako je hemolyticko - uremický syndrom nebo hemoragická kolitida (Tokunaga et al. 2007). Hlavní produkt, který přenáší tento patogen je nedostatečně tepelně upravené hovězí maso (Nguyen & Sperandio 2012).

Shiga toxin uvolněný z EHEC se ve střevě vstřebává přes epitel a dále je přenášen díky tělnímu oběhu do cílových orgánů zejména ledvin a mozku (Marejková et al. 2013).

Onemocnění postihuje malé děti a starší osoby. Běžným zásobníkem STEC je hovězí. Přenáší se z člověka na člověka z důvodu nedostatečné hygieny (špatně umyté ruce) nebo kontaminací potravin. Způsobuje také průjmová onemocnění u zvířat, jako jsou telata a prasata (Kuhnert et al. 2000).

3.2.1.2 Enteropatogenní *Escherichia coli* (EPEC)

EPEC byl jako první typ *Escherichia coli*, který byl popsán (Kaper et al., 2004). Způsobuje průjemové onemocnění u dětí, hlavně v rozvojových zemích. Dochází k nakažení pozřením kontaminovaného jídla či vody (Dávila-Aviña et al. 2020).

Escherichia coli mohou být tříděny jako typické kmeny EPEC a atypické kmeny EPEC. V rozvojových zemích se atypické EPEC vyskytují častěji než typické EPEC. Atypická EPEC má sklony přebývat ve střevě delší čas než ostatní *Escherichia coli* způsobující průjem. EPEC se přichytí k epiteliálním buňkám a narušuje buněčný cyklus (Ochoa et al. 2008).

3.2.1.3 Enterotoxická *Escherichia coli* (ETEC)

Typ *Escherichia coli*, který vytváří enterotoxin (Schindler 2008). ETEC osidluje tenké střevo a uchytí se na sliznici. Nezpůsobuje zde pozorovatelné modifikace, ale nefunkčnost pohybu vody. Typické příznaky jsou zvýšená teplota, bolesti břicha, průjem a zvracení (Kuhnert et al. 2000).

Způsobují až těžký průjem hlavně u dětí do 1 roka, ale také u lidí cestujících po celém světě. Opět se vyskytují po konzumaci kontaminovaných potravin nebo z člověka na člověka (Dávila-Aviña et al. 2020). Tento patogenní kmen je viníkem také průjemového onemocnění u novorozených hospodářských zvířat, jako jsou jehňata, telata a selata (Kuhnert et al. 2000). Gyles & Fairbrother (2010) uvádějí, že enterotoxická *Escherichia coli* je hlavní důvod průjmů hospodářských zvířat. Zvířata stejně jako lidé přijmou ETEC orální cestou, pokud je v hojném počtu, začne obývat tenké střevo.

3.2.1.4 Enteroinvazivní *Escherichia coli* (EIEC)

Vliv tohoto kmenu se nachází na celém světě, ale je častější v zemích s omezenou hygienou (Farajzadeh-Sheikh et al. 2020). EIEC je typ kmene *Escherichia coli*, který proniká do sliznice buněk (Schindler 2008). Tento kmen je podobný *Shigella* a je schopný zavinit úplavici (Van Den Beld & Reubsaet 2012). Ta se projevuje vysokými teplotami, bolestmi břicha, průjmem a zvracením (Farajzadeh-Sheikh et al. 2020).

3.2.2 Sérotypy *Escherichia coli*

3.2.2.1 *Escherichia coli* Nissle

Escherichia coli Nissle (EcN) je probiotický kmen *Escherichia coli*, který byl poprvé izolován v roce 1917. Kromě lactobacilů je to nejprozkoumanější probiotický kmen (Schultz

2008). Je používán jako léčivo na různé nemoci včetně průjmu. Probiotika mají řadu funkcí například dokáží zneškodnit patogenní bakterie, pomáhají při trávení a zpracovávání potravy (Yu et al., 2019).

3.2.2.2 *Escherichia coli* O157: H7

Escherichia coli O157: H7 je jeden z hlavních střevních patogenů, který umí vyvolat lokalizované onemocnění. Častý je přenos z osoby na osobu nebo nákaza z pitné vody (Scheutz 2014).

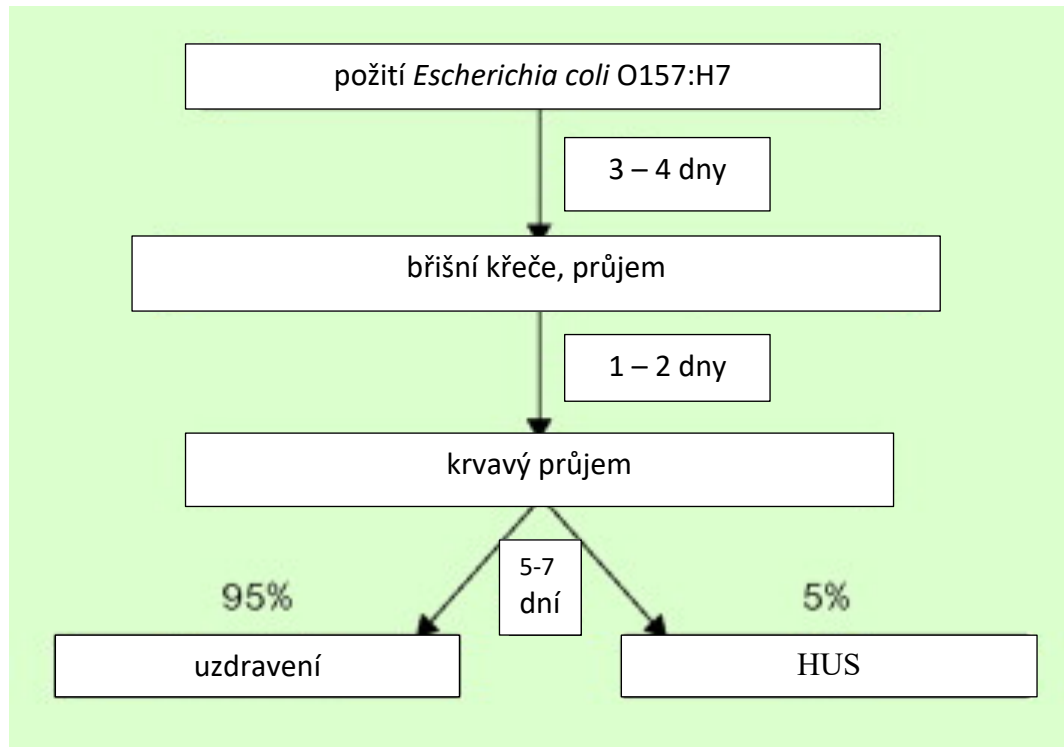
Tento sérotyp byl izolován v roce 1982 a na rozdíl od EcN je označován jako lidský patogen (Mead & Griffin 1998). Pro zvířata je tato bakterie bez příznaková neboli asymptomatická (Pryor Williams et al., 2006). Nachází se ve výkalech skotu, který je hlavním rezervoárem a na člověka se přenáší potravou, vodou a kontaktem s již nakaženými lidmi či zvířaty.

Patří do kmene enterohemoragická *Escherichia coli* (EHEC), které jsou s nejvyšším procentem příčinou hemolyticko-uremického syndromu (HUS). Jedna z vlastností *E. coli* O157 je způsobnost vytvářet jeden nebo více shiga toxinů (Mead & Griffin 1998). Velký zájem je o bezpečnost potravin, hlavně kvůli rozsáhlým případům nákazy *Escherichia coli* O157: H7. Na druhou stranu veřejnost projevuje větší zájem o syrová a nepasterizovaná jídla, jelikož jsou brána jako přírodní a zdravá (Balter 2006).

Příznaky po požití *Escherichia coli* O157: H7 se mohou lišit, inkubační doba je v rozmezí 1 až 8 dní. Onemocnění má nejprve příznaky jako jsou bolesti břicha a průjem. Následuje krvavý průjem, u další většiny pacientů se objevuje i zvracení. Avšak horečka není tak častým příznakem. HUS se většinou stanoví po 6 dnech přetrvávajícího průjmu (viz obr. 5).

U nakažených je důležité sledovat dehydrataci, změny hmotnosti a další příznaky HUS. Sporná je antimikrobiální léčba, neboť je možné, že zvyšuje produkci Shiga toxinů a tím hrozbu HUS (Mead & Griffin 1998).

Obr. 5 Průběh nakažení *Escherichia coli* O157:H7



<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673698012677>

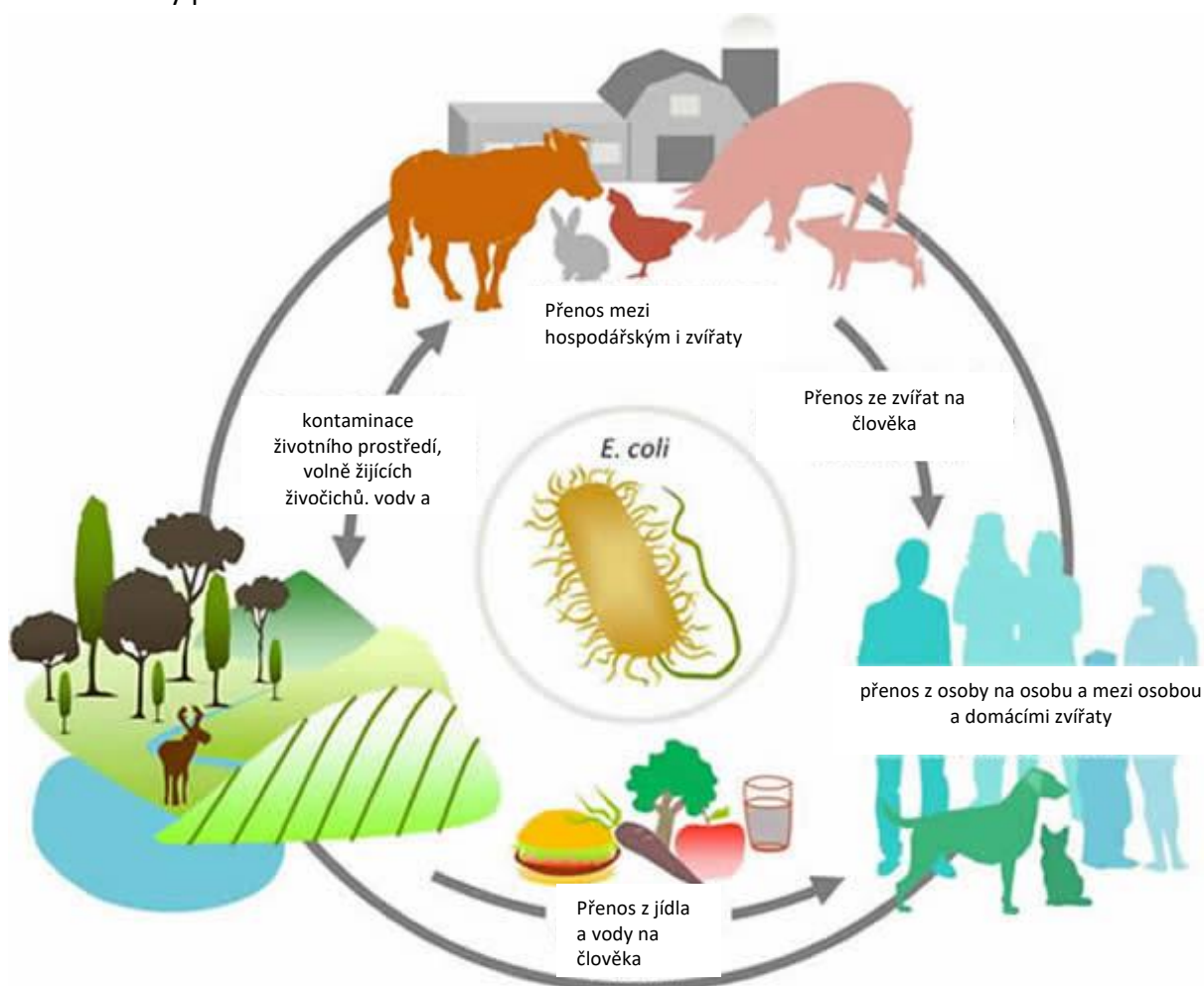
Výskyt *Escherichia coli* O157 ovlivňuje i klima, v teplejších měsících se objevuje častěji. Bakterie umí přežít na farmách v různém prostředí jako je hnůj, vodní žlab či jiná místa. Nachází se nejen u skotu, ale i u koz, ovcí, koní, ptáků, ale třeba i u mouchy. Větší nebezpečí je pro lidi žijících na venkově, díky vyššímu výskytu hospodářských zvířat. Hovězí dobytek je největším rizikem, jelikož produkty z něj jako je mléko a maso jsou hlavními zdroji patogenních bakterií. Masné produkty jsou nejspíše kontaminovány při porážce a následnému zpracování jatečně upraveného těla. Problém nastává u mletého masa, kdy se patogen nachází ve středu masa a pro toto místo je obtížnější tepelná úprava (Mead & Griffin 1998).

3.3 Způsoby kontaminace

3.3.1 Proniknutí *Escherichia coli* do lidského organismu

Přenašečem *Escherichia coli* jsou hlavně hospodářská zvířata, jako je skot, prasata, drůbež atd., kdy zdrojem infekce jsou nejen samostatná zvířata a jejich produkty (např. vejce), Rozšíření EC může nastat i použitím kontaminovaných hnojiv. Současně se EC dostává i z volně žijících živočichů do okolního prostředí, tzn. do vody, půdy a následně do potravin. Požitím infikovaných potravin je přenášena dále do lidského organismu. Tam je možný přenos mezi osobami navzájem, či mezi osobou a domácími zvířaty.

Obr. 4 Možný přenos *Escherichia coli*



http://old-biomikro.vscht.cz/vyuka/znp/Escherichia_coli.pdf

3.3.2 Způsob nákazy – konzumace potravin

U onemocnění způsobené bakterií *Escherichia coli* je velice těžké zjistit zdroj nákazy. Nejvíce se však přisuzuje nákaze živočišným produktům (Bartošová & Hanulíková 2014).

Nákaza bakteriemi je způsobená pozřením potravin, které byly kontaminovány patogenními bakteriemi. Může se jednat zejména o potraviny živočišného původu jako je maso, mléko a vejce. Zdrojem může být i kontaminovaná zelenina a ovoce, které přichází do kontaktu se znečištěnou vodou či organickými hnojivy z půdy. Způsobené nemoci vážně ohrožují lidského zdraví.

Nakažení bakterií *Escherichia coli* může vést i k následné hospitalizaci, neléčená forma může mít i fatální důsledky. Kontroly potravin a zajištění jejich kvality a bezpečnosti jsou v tomto ohledu velice důležité pro lidské zdraví (Zhang et al. 2020).

3.4 Nežádoucí účinky na lidský organismus

Život člověka ohrožuje řada závažných civilizačních onemocnění nebo virových nákaz. Avšak nemoci způsobené potravinovými patogeny by neměly být brány jako bezvýznamné. Na světě způsobují ročně několik milionů úmrtí. I ve vyspělých státech, kde je úmrtnost v důsledku těchto onemocnění nižší, je nemocnost z potravinových patogenů stále vysoká (Fratamico et al. 2005).

Onemocnění, která se přenáší potravinami, jsou hlavním důvodem nemocnosti a mortality na celém světě. Díky tomu je bezpečnost potravin podstatným faktorem v oblasti veřejného zdraví. *Escherichia coli* se dostává do potravin všelijakými způsoby. Mezi ty patří produkce, úprava, prodej, manipulace a také vliv konečného spotřebitel (Arslan & Eyi 2011). Vybrané kmeny *Escherichia coli* mohou napadat a negativně působit na lidské orgány, včetně trávicí soustavy, močového měchýře, ale také nervového systému.

Escherichia coli můžeme rozčlenit do několika skupin, které mají různé nežádoucí účinky na lidský organismus. Tyto bakterie jsou nejběžnějším důvodem nakažení dětí průjmem (Nataro & Kaper 1998). Parvez et al. (2015) uvádějí, že děti do 2 let nemají dobře vyvinutý imunitní systém, jelikož se stále vyvíjí, proto jsou děti a kojenci zvláště náchylní na onemocnění střevními patogeny. Pro malé děti je kontaminovaná potrava obzvláště nebezpečná. Střevní patogeny přispívají k podvýživě a také průjmovému onemocnění.

V Evropě v roce 2011 došlo ve Velké Británii, v Německu a Francii k epidemiím zapříčiněnými bakterií *Escherichia coli*. Ve všech případech epidemie převažovalo vyšší procento onemocnění u žen. Největší epidemie byla zaznamenána v Německu, které byla způsobená EHEC. Pacienti, kteří epidemii vyvolanou *Escherichia coli* přežili, se potýkají nadále s následky, jako je špatná funkce ledvin. Za zdroj, který mohl epidemie způsobit jsou označována semena, výhonky rostlin a zelenina (Bartošová & Hanulíková 2014).

3.4.1 Průjmové onemocnění

Průjmové choroby jsou způsobené přenosem mikroorganismů z potravy. Na první pohled není na jídle znát, že může obsahovat bakterie jako jsou *Campylobacter*, *Salmonella* či *Escherichia coli*, nemá ani charakteristickou vůni (Dao & Yen 2006).

Bakterie *Escherichia coli*, která přiléhající ke střevnímu epitelu, produkuje enterotoxiny. Ty povzbuzují vylučování vody a elektrolytů do vnitřních částí cév střeva. To je příčinou průjmu, jelikož přebývající tekutina není pohlcována z tenkého střeva do tlustého (Gyles & Fairbrother 2010).

K vážnému průjmovému onemocnění, které může někdy vést až k hemolyticko-uremickému syndromu, stačí malé množství patogenu 10^2 – 10^3 (Baudišová 2017).

Příčiny, které podporují vývoj průjmového onemocnění se řadí nedostatečná hygiena a sanitace, teplota prostředí nižší než 25 °C nebo enormní proudění vzduchu. U zvířat to může zapříčinit také průběh porodu (Gyles & Fairbrother 2010).

Jako hlavní příčina smrti dětí v celém světě je průjmové onemocnění. Na celém světě tato nemoc způsobí 2 miliony úmrtí dětí za rok. Díky pokročilejší léčbě není tak časté úmrtí na akutní průjem, nýbrž na dlouhotrvající, který vede k dehydrataci. Mnoho patogenů způsobuje tuto nemoc. Jsou mezi nimi viry, bakterie a parazité. Známými patogeny jsou *Escherichia coli* (EAEC, EPEC), ale také *Cryptosporidium* a *Giardia* (Ochoa et al. 2008). Průjmové onemocnění způsobené patogenem klesá s věkem, nakažených dospělých je velmi málo. Tato odolnost vůči patogenům je důsledkem vývoje imunity a ztrátě určitých receptorů.

Nejvíce zasažené oblasti průjmového onemocnění jsou Afrika, Asie a Latinská Amerika. Zejména díky nevyhovujícím životním podmínkám, nedostačující hygieně a zásobování vodou (Gomes et al. 2016).

Při léčbě průjmu jsou dobrá probiotika, která dokáží zničit nebo potlačit patogen. Potlačují patogen při přilnutí na stěnu střeva, při tvorbě toxinu a berou mu živiny (Bavaro 2009).

Přenos kontaminovaných výkalů k močové trubici může způsobovat také Infekce močových cest (Xu et al. 2019).

3.4.2 Hemolyticko-uremický syndrom (HUS)

Prvně byl HUS charakterizován v roce 1955 ve Švýcarsku. Od tohoto roku byla přítomnost HUS pozorována na celém světě. (Beneš & Machala 2011).

Mezi tři definované příznaky patří nedostatek krevních destiček, ledviny neplní svoji funkci kvůli poškození glomerulů nebo tubulů a mikroangiopatická hemolytická anémie (Scheutz 2014).

Jedná se o akutní selhání ledvin u dětí. Naštěstí se většina dětí z nich uzdraví. Bakterie *Escherichia coli* O157: H7 produkující Shiga toxin způsobují nejvíce případů hemolyticko-uremického syndromu. Jak už bylo zmíněno výše u *Escherichia coli* O157: H7 (viz obr. 5). Spoustu potravin může přenášet tento patogen, který produkuje Shiga toxin a způsobuje HUS. Na toto onemocnění nejsou pacientům běžně podávána antibiotika, ale je doporučena hospitalizace a podávání tekutin intravenózní cestou.

Začátek tohoto onemocnění se projevuje průjmem, který má v obsahu také krev. Dětský pacient je oslabený a bledne. Z vyšetření je patrné snižující se množství trombocytů, rozpad erytrocytů a selhávání ledvin. U vyléčených pacientů však zůstávají trvalé následky, ti mohou trpět nadále s problémy ledvin. Důvodem tohoto onemocnění jsou patogenní kmeny *Escherichia coli*, avšak jiné bakterie mohou způsobovat podobné nemoci. Bakterie samotná není pronikající, na rozdíl od Shiga toxinu, který vytváří. Toxin se spojuje s buňkami střevní výstelky a ničí je. Toto zodpovídá za původ průjmového onemocnění. Nachází se toxin v oběhové soustavě, ničí erytrocyty, cévy a ledvinové kanálky. Příčinou může být poškození dodávky krve do dalších orgánů (Beneš & Machala 2011).

3.5 *Escherichia coli* a její výskyt v prostředí

Velká část kmenů *Escherichia coli* se bezproblémově vyskytuje ve střevech lidí a teplokrevných živočichů a nemá žádné negativní účinky (Gomes et al. 2016). *Escherichia coli* je obyvatelem střev lidí a zvířat, tudíž se nachází i ve stolici. Nazývá se jako indikátor fekálního znečištění. V gastrointestinálním traktu se kmeny *Escherichia coli* nachází v konečném úseku trávicí trubice, čímž je myšleno tlusté a slepé střevo (Tenaillon et al. 2010). Obsah v horní části tenkého střeva je velice nízký (Gyles & Fairbrother 2010). Větší počet kmenů *Escherichia coli* je pro jedince neškodný, ale jsou i kmeny, které jsou pro člověka patogenní (Dávila-Aviña et al. 2020).

Stejný názor mají i Kuhnert et al. (2000), přestože bakterie *Escherichia coli* ze střev jsou pro hostitele neškodné, v ojedinělých chvílích se mohou stát špatnými, hlavně u lidí se sníženou imunitou, či po chirurgickém zákroku. Patogen *Escherichia coli* má schopnost přežít delší dobu v trusu zvířat a nadále i v půdě (Bukhari et al. 2007).

3.5.1 *Escherichia coli* ve hnojivech

V zemědělství při používání různých hnojiv včetně kompostu je možná kontaminace potravin různými bakteriemi jako je *Escherichia coli* nebo *Salmonella* (Gong et al. 2005).

Kontaminovaná půda či hnojivo znamená určité riziko. Na této půdě vypěstovaná zelenina může bez důkladného omytí či tepelné úpravy obsahovat *Escherichia coli*. Bakterie na ní může přežít a dále růst (Prysor Williams et al. 2006). Podle výzkumu Lopez-Galvez et al. (2016) byl v roztocích hnojiv jistý obsah *Escherichia coli*, avšak v roztocích bohatším na mikroživiny byla hladina obsahu *Escherichia coli* vyšší. Maximální hodnota, kterou výzkum ukázal nepřekročila hodnotu nad 2 log cfu / 100 ml.

V případech termofilního kompostu je díky vyšším teplotám 50–70 °C, možnost zničení nežádoucích mikroorganismů včetně *Escherichia coli*. Nicméně teplota musí působit delší čas, aby ke zničení došlo a nenásledovalo přežití a následný růst bakterií (Prysor Williams et al. 2006).

3.5.2 *Escherichia coli* ve vodě

Vodní plochy jsou zdrojem potravy pro lidi a zvířata. Ryby, které se nacházejí v akvakulturách, jsou výborným zdrojem bílkovin, avšak mohou být kontaminované patogenními mikroorganismy a přenášet nemoci. Patogenní organismy se dostávají do ryb přímou kontaminací z vody. Bakterie patřící do čeledi Enterobacteriaceae se nachází ve vodách a na rybách je lze nalézt ve střevech, žábrách, ale i na kůži. Naštěstí dle Ribeiro et al. (2016) přítomnost *Escherichia coli* v rybách není příliš obvyklá.

Výskyt *Escherichia coli* na rybím mase může způsobit kontaminace střečním obsahem během zpracování. Infikované rybí maso mohou být při nedostatečné tepelné úpravě příčinou přenosu nebo další kontaminace.

Nebezpečí představuje pitná a užitková voda, v poslední době je brán ohled i na vodu v lesních studánkách a pramenech, které mohou být také kontaminované (Baudišová 2017).

Escherichia coli dokáže přežít v pitné vodě a v akvakulturách několik týdnů. Díky tomu může tato kontaminace vody přivodit průjmové onemocnění, či přenos (Ribeiro et al. 2016).

Kontaminace vody znamená nebezpečí pro veřejné zdraví, postihuje také ekonomiku a ohrožuje životní prostředí na celém světě. Výkaly skotu jsou vysoce rizikovým faktorem přenosu. Dešťové vody splachující výkaly z pastvin nebo míst se zvířaty do vod jsou jednou z příčin kontaminace. Kanalizace, dešťová voda a odtoky z jatek mohou kontaminovat povrchové i podzemní vody. Následně infikují vodní živočichy i zdroje pitné vody. Voda ze studny může být zdrojem šíření infekce mezi lidmi (Bukhari et al. 2007).

Množství *Escherichia coli* ve vodě je také zvýšeno díky množství odtoků z čističek odpadních vod. Hustota obyvatel dané oblasti a dokonalost čištění odpadních vod ovlivňuje míru fekální kontaminace (Baudišová 2017).

Mikrobiologický limit *Escherichia coli* pro pitnou vodu uvádí tabulka č. 1

Escherichia coli nacházející se v pitné vodě je indikátorem fekálního nebezpečí. Při zjištění výskytu musí dojít k okamžitému prošetření a nalezení zdrojů znečištění (Baudišová 2017).

Tab. 1 Mikrobiologický limit *Escherichia coli* dle vyhlášky č. 252/2004 Sb.

Ukazatele	Jednotka	Limit	Typ limitu
<i>Escherichia coli</i>	KTJ/100 ml	0	Nejvyšší mezní hodnota

KTJ = kolonie tvořící jednotka

<https://www.vhs-dobris.cz/voda/slozeni-vody/rozbior-vody/>

3.5.3 *Escherichia coli* v živočišných produktech

Potraviny, které jsou kontaminovány bakteriemi, jsou velkým problémem. Mimo způsobená onemocnění přináší i ekonomické problémy (Ouyang et al. 2019). Patogenní kmeny *Escherichia coli* se mohou nacházet v drůbežích produktech, jako je maso a vejce (Mellata et al. 2018). Dále se vyskytuje a je opětovně identifikován v potravinách, jako je mléko a mléčné výrobky. Výskyt *Escherichia coli* v těchto produktech je známkou fekální kontaminace, ta je umožněna špatným hygienickým zacházením pracovníků s potravinami nebo špatnou manipulací a skladováním (El-Sharoud et al. 2015).

3.5.3.1 Mléko

Mléko je z hlediska obsahu bohatého na bílkoviny, minerály a vitamíny bráno jako velice výživné jídlo. Látky z mléka jsou snadno stravitelné (Li et al. 2019). Mléko a mléčné produkty jsou velice oblíbené potraviny, které jsou spotřebovávány lidmi. Jsou oblíbené díky vysokému obsahu živin a energie (El-Sharoud et al. 2015).

Mléko produkují všechny druhy savců. Důležité je pro mláďata hlavně kvůli výživě a tvorbě imunity. Lidé konzumují mléko svého druhu do batolecího věku. Dále pro lidskou populaci je využíváno mléko kravské, buvolí, kozí a ovčí. Mléko se skládá z vody a sušiny. Hlavní složka je voda a dále lipidy, bílkoviny, laktóza a vitamíny (Jeness 1988). Tuk v mléce je ve formě tukových kuliček ve velikosti v jednotkách mikrometru.

Mléko je jedna z hlavních složek lidské výživy. Složení mléka a správná hygiena ovlivňuje jeho kvalitu. Díky tomuto složení a vysokému obsahu volné vody, je mléko skvělé jako médium pro růst a množení různých druhů mikroorganismů. Lidským faktorem a špatnými hygienickými podmínkami může být způsobena kontaminace mléčných výrobků i samotného mléka. *Escherichia coli* je jednotkou, která ukazuje na fekální znečištění. Hlavní výskyt může být v syrovém mléce (Soomro et al. 2002).

Na celém světě je *Escherichia coli* nalézána v mléce a mléčných produktech. Tím pádem je mléko a výrobky z něj považováno za vysoce rizikovou potravinu. Veškeré firmy, mlékařské, obchodní a potravinářské mají podrobnou kontrolu kvality mléka a jejich výrobků (Liu et al. 2019).

Patogeny nacházející se v sýrech jsou např. *Listeria monocytogenes* či *Staphylococcus aureus*. *Escherichia coli* se nachází v různých mléčných výrobcích, v sušeném mléce je to *Cronobacter* (El-Sharoud et al. 2015). Konzumace mléka, zmrzliny, kefírů, sýrů a dalších mléčných produktů jsou spojena s nemocemi způsobené bakterií *Escherichia coli*. Jelikož *Escherichia coli* dokáže přežít navzdory překážkám způsobených bakteriemi mléčného kvašení (Feresu et Nyati 1990).

Aby se předešlo konzumaci mléka s patogeny, je důležité ošetření syrového mléka. Velkou nevýhodou jsou při postupech ošetření mléka a mléčných výrobků změny vzhledové, či chemické. Mezi změny můžeme zařadit: změnu barvy a chuti, díky možné krystalizaci cukru, změnu struktury bílkovin a úbytek některých vitamínů. Další nevýhodou tepelného ošetření je nemožnost dalšího vyrábění mléčných produktů jako je sýr a jogurt, z mléka ošetřeného vysokoteplotní úpravou neboli UHT. Mléko je díky svému složení velice citlivé na různá zpracovávání, proto je velký zájem o technologie, které používají nižších teplot (Guroi et al. 2012).

Patogeny jako je *Salmonella*, *Listeria* a *Escherichia coli* jsou někdy schopné přežít v procesu výroby sušeného mléka, kdy dochází k rozprašovacímu sušení. Nebo je také možná kontaminace při výrobě a následnému zpracování s produktem (Ballom et al. 2020).

Dalším z problémů je, že patogenní kmeny *Escherichia coli* mohou přecházet do sýrů při jejich výrobě, zvláště při použití nepasterovaného mléka jako suroviny (Quinto & Cepeda 1997).

Eliminace *Escherichia coli* v mléce

Před použitím mlékárenských přístrojů a jiného vybavení je důležité sterilizace. Dále je důležité správné očištění vemene zvířete, dostatečná hygiena při mytí rukou personálu a vyřazení nemocných zvířat. Důležité je následné dostatečné ošetření mléka, jako je chlazení či pasterizace (Soomro et al. 2002).

Existuje několik druhů pasterizací. Pasterizace při nízké teplotě 63 °C po dobu 30 minut, při vyšší teplotě 72 °C po dobu 15 s a vysoké teplotě 138 °C po dobu 3 s. Pasterizace má ale i nežádoucí účinky, ošetření může ovlivnit vlastnosti mléka, zapříčinit nepříjemné pachutě a zhoršit nutriční vlastnosti. Kvůli nežádoucím vlastnostem po pasteraci se využívá také jiných sterilačních technologií, jako je ultrazvuk, vysoký tlak oxidu uhličitého nebo pulzní elektrické pole a ultrafialové záření. Tyto způsoby slouží k maximalizaci kvality potravin a mikrobiologické bezpečnosti (Li et al. 2019).

Ultrazvukové záření je technologie, která má pozitiva v zanechání většiny nutričních látek, lepší homogenitu a je šetrná k životnímu prostředí. Je využívána zvuková vlna s frekvencí 20-100 kHz a intenzitou 10-1 000 W/cm². Dochází k narušení buněk, díky vznikající kavitaci. To jsou hlavní účinky ultrazvukové technologie a zlepšuje se díky ní i homogenizace. Avšak je ověřeno, že použití ultrazvuku k ošetření mléka proti mikroorganismům není až tak účinné. Jiné účinky mají použití ultrazvuku v kombinaci s teplem (Li et al. 2019).

V potravinách, vodě, na lékařských pomůckách a oděvech je zkoumána také účinnost plazmy. Tvoří se UV světlo, ozon či atomový kyslík, které mají dostatek energie k rozbití kovalentních vazeb a startu chemických reakcí. Po ukončení systému plazmy se vytratí tyto

látky bleskovou rychlostí. S využitím plazmy souvisí také různé mechanismy, jako je zničení DNA a narušení buněčného povrchu.

Podle Gurol et al. (2012) účinek plazmy výrazně zmenšil počet bakterií v mléce a neměl zároveň negativní vliv na fyziologické a chemické vlastnosti.

3.5.3.2 Vejce

Vejce se dělí na tři hlavní části, kterými jsou skořápka, žloutek a bílek. Všechny tyto části mají specifické vlastnosti, které se od sebe navzájem oddělují a neporušují. Vaječný žloutek má na povrchu vitellinovou membránu, kterou je oddělený od bílku. Vaječný bílek se skládá z vnějších a vnitřních vrstev. Vnitřní řídký, vnitřní tuhý, vnější řídký a vnější tuhý bílek. Vnější tuhý bílek se nachází blíže ke skořápce a vnitřní tuhý je u žloutku (Bergquist 2007).

Vejce patří mezi důležité potraviny a patří mezi základní složku potravin. Má vynikající nutriční hodnoty, velký obsah bílkovin, ale i tuku, vitamínů a minerálních látek. Pro vyšší mikrobiální bezpečnost a jednoduššímu používání se využívá více tekutý vaječný produkt než samotné skořápkové vejce (Uysal et al. 2019).

Vejce a produkty z nich jsou základním pokrmem. Zpracovává se obsah ze skořápky, může se používat celý obsah nebo jen části jako je, žloutek, či bílek. Vejce je využíváno v různých formách, v kapalné, zmrzlé či usušené (Ouyang et al. 2019). Vejce mají několik specifických vlastností jako je šlehání či emulgace, které je možné využívat u různých druhů potravin (Bergquist 2007).

Celkově je povrch vajec znečištěný mikroorganismy díky výkalům, které se na vejcích mohou objevit, avšak vnitřek vajec bývá čistý. Kontaminací vaječného obsahu dochází díky špatnému zacházení, kde může dojít k přenosu mikroorganismů, které jsou na skořápce do vnitřních částí vajec (Martín-Belloso et al. 1997).

Eliminace *Escherichia coli* ve vejcích

Vaječný obsah ve skořápce je vhodným růstovým médiem pro bakterie, které jsou pro nás ohružující. Tepelná úprava jako je vaření, smažení či pečení může zneškodnit, či částečně omezit bakterie nacházející ve vejci. Záleží na délce tepelné úpravy, když jsou vejce lehce nedovařená nemusí být zneškodněny všechny mikroorganismy (Chousalkar et al. 2010).

Při produkci kapalných hmot z vajec se bílky a žloutky automaticky separují po vyčištění vaječného obalu a následuje pasterizace. Díky tomuto procesu se mohou vaječné produkty spolehlivě jíst.

Při pasteraci vajec je důležitý správný poměr času ku teplotě, při nižší teplotě nebo času je možné, že asterizace nebude dostatečně účinná a však nadměrná teplota může

způsobit poškození vlastností pasterizovaných vajec. Při pasteraci vajec je využíváno zahřívání na 60 – 62 °C po dobu 3,5 – 4 minut.

Po použití ošetření pomocí UV záření se nemění šlehatelnost nebo pevnost pěny tekutého bílku. Nicméně u změny barvy bílku, zákalu a pH to je v korelaci s intenzitou pulzního UV světla (Ouyang et al. 2019).

Schopnost proniknutí bakterií do skořápky závisí také na struktuře a membránách skořápky. Větší množství pórů se nachází na tupější straně vejce.

Rychlost pronikání kontaminace do skořápky závisí na teplotě. Nejvyšší rychlost průniku je při teplotách od 25 až do 32 °C. Na druhou stranu pod 10 °C byla rychlost pronikání do obsahu značně snížena (Al-Natour et al. 2012).

V bílku se nachází bílkoviny, které mají schopnost bránit před mikrobiologickým růstem, také vysoké pH snižuje schopnost růstu některých bakterií (Bergquist 2007).

3.5.3.3 Maso

Maso řadíme mezi základní potravinu, obsahující bílkoviny, tuky, minerální látky a vitamíny. Masná produkce se za poslední roky zvýšila a očekává se, že produkce bude čím dál tím vyšší (Ahmed et al. 2018). Obzvláště poroste produkce a následná konzumace masa drůbežního, které se stává čím dál tím více oblíbené (Pesciaroli et al. 2020). Maso je však velice náchylné k mikrobiální nákaze (Ahmed et al. 2018). Nemoci přenášené potravinami jsou nejčastěji přikládány masu a masným výrobkům. Zejména u nejčastěji konzumovaného produktu jako jsou hamburgery z hovězího nebo drůbežního masa, kde dochází k problémům při výrobních a zpracovatelských postupech (Casarin et al. 2009). Hovězí maso patří mezi jeden z hlavních přenašečů této bakterie. Jde o nedostatečně tepelně upravené maso (Ahmed et al. 1995).

Mezi důležité kontaminanty mimo *Escherichia coli* patří *Campylobacter* a *Salmonella*. Kontaminující zdroje jsou syrová nebo nedostatečně tepelně upravená drůbež a červené maso (Zhao et al. 2001). Zvyšuje se produkce drůbežích hamburgerů, díky menšímu obsahu tuku, nízkým nákladům, ale také kratší době při přípravě. I přes vysoké kontroly kvality je přítomnost bakterií v kuřecím mase velkým problémem pro dodavatele a konzumenty.

Kuřecí hamburgery jsou zamrazovány na –18 °C, není to však spolehlivý krok k eliminaci patogenů v potravinách (Casarin et al. 2009). Jak uvádí také Kalhotka (2014) *Escherichia coli* má vysokou odolnost v dlouhodobě zmraženém mase, v hovězím dokáže přežít teploty –20 °C po dobu třičtvrtě roku.

Jatečně upravená těla drůbežího masa jsou často kontaminována při zpracování a manipulaci. Tím pádem jde o zdroj možných patogenů pro člověka (Kegode et al. 2008). Patogeny z drůbežího masa byly zkoumány na drobných hlodavcích. Bylo zjištěno, že mohou způsobovat jedno či více onemocnění. Důležité je zjišťovat přítomnost v potravě, a také jaké nebezpečí představují pro člověka (Mellata et al. 2018).

Zhao et al. (2001) testovali maso v Americe z 59 obchodů s kuřaty, krůtami, vepřovým masem a hovězím masem. Nejvíce bylo zjištěno bakterie *Campylobacter*. Bakterie *Campylobacter* byla kontaminující hlavně u kuřecího masa ze 70,7 %, na druhém místě bylo krůtí maso (14,5 %). Tato bakterie měla nejnižší kontaminaci ve srovnání s drůbežím v červeném mase a to okolo 1 %. Na druhém místě byla *Escherichia coli*. Tato bakterie byla obsažena nejvíce v kuřecím mase (38,7 %). Zajímavostí je, že na druhém místě nebylo krůtí maso, to obsahovalo pouze 11,9 %. Ale za kuřecím masem bylo hovězí maso z 19 % a vepřové maso 16,3 %. Oproti tomu byl výskyt salmonel pouze ze 3 % a nejvíce byl výskyt potvrzen u kuřecího masa. Většina vzorků masa byla kontaminována dvojicí těchto bakterií: *Campylobacter* a *Escherichia coli* nebo *Campylobacter* a *Salmonella*. Kromě hovězího masa, které neobsahovalo nikdy více než jednu z těchto tří bakterií.

Eliminace *Escherichia coli* v mase

Jednou z možných variant, jak zvyšovat mikrobiologickou kvalitu potravin je ozáření. Dochází ke zneškodnění patogenních bakterií a snížení kazících organismů v potravinách. U různých druhů masa jsou doporučovány jiné dávky ozáření, ale například u drůbežích jatečně upravených těl je doporučováno dodržovat hodnoty od 2,5–5 kCy. Má to za následek prodloužení uchovatelnosti a snížení počtu nežádoucích patogenů, které způsobují různé nemoci. Dávka však nezaručuje úplné zničení všech mikroorganismů. Maso se pak nadále může kazit nebo znamenat možné zdravotní riziko díky mikroorganismům, které ozáření přežily.

Další možnost je kombinace některých léčebných prostředků. Ta zahrnuje nepatrné dávky ozáření a malou antimikrobiální léčbu (Bánáti et al. 1993).

Také aktivní obalové systémy by mohly mít velký vliv na délku trvanlivosti a bezpečnost masných produktů a masa. Vlastnosti těchto obalů přinášejí pozitiva, které u běžných obalů nejsou. Mezi tyto výhody patří pohlcování kyslíku, vlhkosti, vyzařování etanolu a pachutí, ale také podporuje antimikrobiální aktivitu. Před mikrobiálním růstem ale mohou bránit i různé metody zpracování (Quintavalla & Vicini 2002).

3.6 Další způsoby eliminace *Escherichia coli*

Zachování zdravotní nezávadnosti potravin spočívá v chlazení potravin, přidavku různých chemických složek a využití modifikované atmosféry.

Předcházet nemocem způsobenými bakterií *Escherichia coli* lze hlavně informovaností konzumentů. Jaká jsou nebezpečí konzumace nedostatečně tepelně upraveného masa, obzvláště mletého hovězího, nepasterizovaných mléčných výrobků a ovocných šťáv. Jestliže je identifikován možný patogen jako je *Escherichia coli* O157, měl by být informován příslušný orgán (Mead & Griffin, 1998).

3.6.1 Antibiotika

K potlačení růstu mikroorganismů a v medicíně jsou využívána antibiotika (Červinka et al. 1982).

Většina v současnosti používaných léků nezmění svůj účinek ani v průběhu několika let. To samé ale neplatí pro antibiotika, kvůli zvyšující se rezistenci bakterií na antibiotika bude třeba vyvinout nová a účinná antibiotika. Podstatné bude především vyvinutí nových antibiotických tříd. (Fischbach & Walsh 2009).

Rezistence bakterií je problémem v lékařství, ale i v ekonomickém odvětví. Jelikož dochází k selhání léčby. Způsobuje to také vyšší náklady na léčení (Gallo et Puglia 2013).

Větší počet nemocí a úmrtí je důvodem rezistence bakterií na léky. Díky tomu jsou zvyšovány náklady na ošetření. Odolnost rodu *Enterobacteriaceae* se rapidně zvýšila v posledních letech (Overdevest et al. 2011).

Vývin nových antibiotik proti gramnegativním bakteriím nemá slibnou budoucnost. Důvodem je vysoká rezistence na běžně používaná antibiotika. Zejména gramnegativní patogeny mají vnější membránu, která blokuje průnik antibiotik (Fischbach & Walsh 2009).

Enormní používání antibiotik v živočišné výrobě podporuje vznik rezistence. Antibiotické látky, které jsou aplikovány zvířatům chovaným mimo Evropskou unii, podporují vznik rezistentních bakterií. Ty žijí ve střevech živočichů, dostávají se díky výkalům do hnojiv a z hnojiv následně do životního prostředí (Xie et al. 2018).

Časté užívání antibiotik je důvodem, který způsobuje šíření rezistentních mikroorganismů. Antibiotika se podávají zvířatům ze stejného důvodu jako u lidské populace k zamezení vzniku a rozvoje bakteriální infekce. V intenzivních chovech jsou ale tyto léky podávané celé skupině zvířat nikoliv jen jednotlivcům (Van den Bogaard 2001).

Bakterie odolné na antibiotika se pak dostávají do životního prostředí díky výkalům zvířat, které se následně využívají jako hnůj. Ve výkalech zdravých osob se mohou také vyskytovat odolné bakterie na antibiotika, jejich obranný štít působí jako výborné prostředí pro bakterie. Bylo zjištěno, že se tyto bakterie nacházeli v 80,5 % výkalů zdravých osob. Z nichž obsahovalo 98 % *Escherichia coli* (Reinthal et al. 2003).

Infekce, které způsobuje *Escherichia coli*, mohou být rezistentní na β -laktamová antibiotika. Nicméně rezistentní bakterie na tyto antibiotika jsou rezistentní i na ostatní antibiotické látky jako jsou fluorchinolony, aminoglykosidy a trimethoprim – sulfamethoxazol. Tato rezistence je náročná z hlediska delší hospitalizace, vyšší počet nemocných, ale také vyšší počet úmrtí (Pehlivanlar Önen et al. 2015).

Drůbeží maso je velice výhodné z hlediska rychlé produkce. V poslední době mají zdravotnické orgány i konzumenti starosti s výskytem antibiotik a bakterií odolných vůči nim. Je nutné proto produkovat drůbeží maso s menším obsahem antibiotik, nebo se jich úplně vyvarovat a zaměřit se na ekologickou produkci.

Zbytky antibiotik se mohou nacházet i v živočišných produktech jako jsou vejce. Antibiotika mohou mít vedlejší účinky pro konzumenty, například alergické reakce nebo způsobit rezistenci (Adesiyun et al. 2020).

Konzumenti odmítají kupovat maso nebo produkty, které jsou ze zvířat léčených antibiotiky, nebo díky tomu omezují konzumaci masa. Spotřebitelé mají strach, že rezidua antibiotik by mohl snížit účinek v jejich léčbě (Pesciaroli et al. 2020). Avšak pozůstatky z antibiotik se vyskytují v produktech jen málokdy.

3.6.2 Biologická léčba

Při biologické léčbě v čerstvém mase bylo k potlačení nepříznivých mikroorganismů podrobně prověřováno využití bakteriofágů, bakteriocinů a také parazitické bakterie skupiny *Bdellovibrio* (Ottaviani et al. 2019)

Bdellovibrio bacteriovorus jsou gramnegativní, aerobní, působí jako dravé proti jiným gramnegativním bakteriím. *Bdellovibrio* je rezistentní vůči antibiotikům. *B. bacteriovorus* je predátor, který působí na mnoho mikroorganismů. Hlavním mikroorganismem, proti kterému působí je *Escherichia coli*. V eukaryotických buňkách neroste, což znamená, že nepředstavuje nebezpečí pro člověka. Nachází se ve střevní flóře zdravých jedinců. *B. bacteriovorus* dokáže parazitovat ostatní patogeny ve společenstvech. Efektivita predátora závisela na mnoha faktorech jako pH, poměr predátora a kořisti, ale také na teplotě.

B. bakteriovorus by mohl být vhodný díky svým biologickým kvalitám, pro vyvíjení nových biologických postupů. Mohl by být uplatněn k detekci patogenů v mase (Ottaviani et al. 2019).

3.6.3 Hygiena

K eliminaci bakterií je důležité dodržování správné hygieny, zvláště při přípravě potravin. Základem je umytí rukou čistou vodou a mýdlem, používání nezávadné vody při dalším pracování, jako je mytí nádobí či omývání potravin. Následně je nutné dodržet optimální teplotu a délku varu jídla (Parvez et al. 2017). I při správném a důkladném desinfikování mohou bakterie přežít na povrchu přístrojů (Ottaviani et al. 2019).

Hlavním problémem je riziko počáteční kontaminace syrových potravin, díky špatnému zacházení a hygieně. Nedodržování hygieny před přípravou potravin či před krmením malých dětí, tím dochází k možným přenosům potravinových patogenů.

Prvotním předejitím šíření nákazy je důležitá eliminace bakterií již na farmách, zabránění šíření patogenů a celkovému výskytu. Problémy způsobuje používání organických hnojiv z farem, které patogeny mohou obsahovat. Ty se používají při pěstování ovoce a zeleniny a ta je v přímém kontaktu s hnojenou půdou. Proto je důležité zeleninu i ovoce před konzumací, umýt pitnou vodou (Bartošová & Hanulíková 2014).

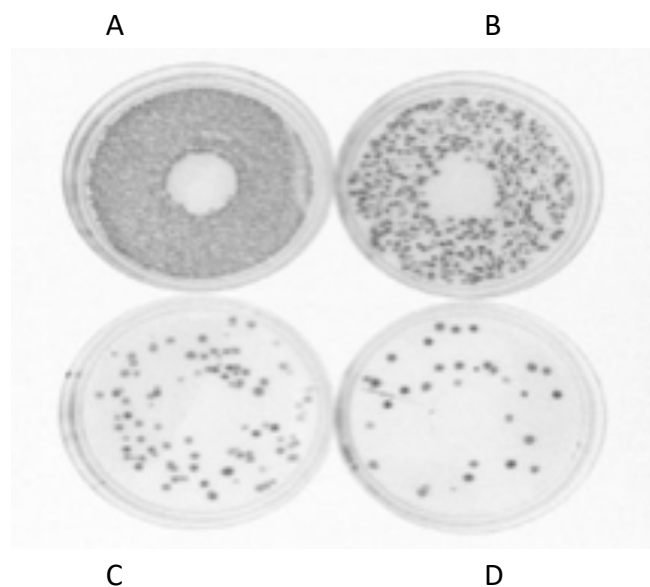
Podle Ajuka & Buys (2019) je důležitá důsledná hygiena v potravinářských podnicích a domácím prostředí. Důvodem je riziko orálně fekálního přenosu. Méně rozvinuté země mají horší zjišťování správných hygienických podmínek v potravinářství, proto je procento onemocnění v těchto zemích vyšší.

Také zaměstnanci v potravinářském odvětví jsou informováni o hygieně a postupu při manipulaci s potravinami. Důležitá je správná hygiena, mytí rukou v časových intervalech, správný způsob při umývání nebo nošení ochranných rukavic. To slouží k snížení nákazy spotřebitelů a zaměstnanců a udržení bezpečnosti potravin.

Nesprávná manipulace pracovníků s živočišnými produkty, kontaminovaná voda, kontaminované vybavení jsou možné příčiny kontaminace potravin bakteriemi. Bakterie mohou být přítomny v samotném produktu nebo v prostředí pro přípravu. Fekálně orální přenos je největším rizikem šíření *Escherichia coli* u pracovníků v potravinářském průmyslu. Toto je možné redukovat správným mytím rukou a dalšími hygienickými opatřeními (Courtenay et al. 2005).

Jak ukazuje obrázek č. 6, fluorescenční buňky *Escherichia coli* jsou vidět pod UV světlem získaným z masa (A), neopláchnutých rukou, (B) opláchnutých rukou studenou vodou, (C) opláchnutých rukou teplou vodou, (D) ve stejném ředění.

Obr. 6 UV světlo ukazující *Escherichia coli*



<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1471-5740.2005.00114.x>

3.6.4 Technologie dekontaminace mikroorganismů

Dalším způsobem eliminace bakterií může být použití pulsního ultrafialového světla. Je to technologie, která byla vyvinuta v posledních letech. Využívá se při ní krátkých pulzů širokého spektra světla k zabezpečení dekontaminace mikrobů při zpracování potravin. Ošetření potravin metodou pulzního UV světla je výhodné z důvodu rychlé deaktivace mikroorganismů, které jsou na povrchu produktů. Během této metody nejsou aplikovány žádné chemikálie, tím pádem se v potravinách nevyskytují žádné zbytky (Ouyang et al. 2019).

Odhalování patogenních bakterií je důležité pro lidské zdraví. Je to zásadní kvůli celkové bezpečnosti v potravinářství, životnímu prostředí a kvalitě vody. Postupy odhalování patogenů jsou založené na kultivaci, počítání kolonií, polymerázové řetězcové reakci a imunologických testech. I přesto, že mají patogeny vysokou citlivost na jejich odhalování, je nutné přípravné obohacení bakterií ve vzorcích. Tyto detekce bývají časově i finančně velice náročné, ale přesto jsou nezbytné pro ochranu lidského zdraví (Mathelié-Guinlet et al. 2016).

3.7 Hygienické limity

Potraviny musí splňovat požadavky uvedené v NAŘÍZENÍ KOMISE (ES) č. 2073/2005 ze dne 15. listopadu 2005 o mikrobiologických kritériích pro potraviny ve znění pozdějších předpisů.

Hlavní riziko v potravinách způsobují v určitých množstvích mikroorganismy či jejich toxiny. Mohly by znamenat určité nebezpečí pro člověka a ohrožení jeho zdraví.

Instrukce vedoucí ke snížení fekální kontaminace potravin, jsou důležité pro veřejné zdraví. Vědecký výbor označil různé skupiny potravin, které představují určité riziko pro člověka. Mezi nimi se nachází potraviny živočišného původu jako je syrové maso, mleté maso či maso, které je nedostatečně tepelně upravené a další produkty z něj vyráběné. Surové mléko a jeho výrobky jsou další kategorií, představující riziko. Avšak byly určeny i produkty rostlinného původu, jako jsou semena, zeleninové a ovocné šťávy.

Limity dle NAŘÍZENÍ KOMISE (ES) č. 2073/2005

Escherichia coli v živočišných produktech

	LIMITY	FÁZE MĚŘÍTKA
Živí mlži a živí ostnokožci, pláštěnci a plži	při použití techniky nejvýše pravděpodobného počtu 230/100 g svaloviny a tekutiny mezi lasturami	produkty uvedené na trh během doby údržnosti

	LIMITY		FÁZE MĚŘÍTKA	POSTUPY V PŘÍPADĚ NEVYHOVUJÍCÍCH VÝSLEDKŮ
	m	M		
Mleté maso	50 KTJ/g	500 KTJ/g	konec výrobního procesu	zlepšení hygieny výroby a zlepšení v oblasti výběru a původu surovin

	LIMITY		FÁZE MĚŘÍTKA	POSTUPY V PŘÍPADĚ NEVYHOVUJÍCÍCH VÝSLEDKŮ
	m	M		
Mechanicky oddělované maso	50 KTJ/g	500 KTJ/g	konec výrobního procesu	zlepšení hygieny výroby a zlepšení v oblasti výběru a původu surovin

	LIMITY		FÁZE MĚŘÍTKA	POSTUPY V PŘÍPADĚ NEVYHOVUJÍCÍCH VÝSLEDKŮ
	m	M		
Masné polotovary	500 KTJ/g nebo cm ² -	5 000 KTJ/g nebo cm ²	konec výrobního procesu	zlepšení hygieny výroby a zlepšení v oblasti výběru a původu surovin

Limity (m a M) se vztahují jen na vzorky odebrané destruktivní metodou. Denní průměrná logaritmická hodnota se vypočítá tak, že se nejprve zjistí logaritmická hodnota každého jednotlivého výsledku vyšetření, a poté se vypočítá průměr těchto logaritmických hodnot.

KTJ = kolonie tvořící jednotka

Hodnoty *Escherichia coli* v mase a masných polotovarech jsou nepřijatelné, jsou-li získané výsledky větší než hodnota M. Za přijatelné jsou považovány, když se nacházejí v intervalu mezi hodnotami m a M. Vyhovující vzorky mají hodnoty menší nebo rovny hodnotě m.

	LIMITY		FÁZE MĚŘÍTKA	POSTUPY V PŘÍPADĚ NEVYHOVUJÍCÍCH VÝSLEDKŮ
	m	M		
Sýry vyrobené z tepelně ošetřeného mléka či tepelně ošetřené syrovátky	100 KTJ/g	1 000 KTJ/g	v ten moment, kdy se očekává nejvyšší počet bakterií <i>E. coli</i>	zlepšení hygieny výroby a výběru surovin

	LIMITY		FÁZE MĚŘÍTKA	POSTUPY V PŘÍPADĚ NEVYHOVUJÍCÍCH VÝSLEDKŮ
	m	M		
Máslo a smetana vyrobené ze syrového mléka nebo z mléka, které bylo podrobena nižšímu tepelnému ošetření než pasterizaci	10 KTJ/g	100 KTJ/g	konec výrobního procesu	zlepšení hygieny výroby a výběru surovin

Hodnoty *Escherichia coli* v mléčných výrobcích jsou nepřijatelné, jsou-li získané výsledky větší než hodnota M. Za přijatelné jsou považovány, když se nacházejí v intervalu mezi hodnotami m a M. Vyhovující vzorky mají hodnoty menší nebo rovny hodnotě m.

4 Závěr

Tato bakalářská práce se zabývala různými aspekty výskytu bakterie *Escherichia coli* a jejím vlivem na lidské zdraví. Cílem práce bylo popsat výskyt a aktivitu patogenních kmenů *Escherichia coli* v potravinách živočišného původu a dále způsoby jejich eliminace.

Escherichia coli je důležitou součástí trávicího traktu určitých živočišných druhů. Nelze však podceňovat její negativní vlivy při kontaminaci živočišných produktů, které jsou využívány při výživě člověka.

Escherichia coli se běžně vyskytuje ve střevech obratlovců včetně člověka, nachází se z tohoto důvodu i ve výkalech. *Escherichia coli* je možné také vlivem kontaminace detekovat v živočišných produktech (maso, vejce, mléko), dále ve vodě a ve hnojivech. Živočišné produkty, voda a hnojiva s výskytem *Escherichia coli* mohou dále přenášet tuto bakterii do dalších produktů. Důsledkem požití kontaminovaných potravin bakterií *Escherichia coli* mohou být i vážná onemocnění, proto je důležitá včasná zahájení léčby. Dále je zásadní předcházet požití kontaminovaných produktů správným zpracováním, jako jsou dostatečná tepelná úprava či vhodné skladování. Pro zmírnění rizika přenosu je podstatná i řádná hygiena.

Aby nedocházelo k nakažení bakterií *Escherichia coli* je důležité dodržovat správná hygienická opatření. Těmi je myšleno správné mytí rukou v průběhu dne, po návštěvě toalety a také před konzumací potravin. K zamezení šíření bakterií je nutné dodržovat i pravidla při skladování, přípravě jídla a následné distribuci.

Správné postupy při výrobě zemědělských produktů a jejich potravinářského zpracování zajišťují kvalitní a pro člověka bezpečné potraviny.

5 Seznam literatury

Adesiyun, A. A., Nkuna, C., Mokgoatheng-Mamogobo, M., Malepe, K., Simanda, L. 2020. Food safety risk posed to consumers of table eggs from layer farms in Gauteng Province, South Africa: Prevalence of Salmonella species and Escherichia coli, antimicrobial residues, and antimicrobial resistant bacteria. *Journal of Food Safety*. Available from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jfs.12783?casa_token=JxH5ZRIB-2wAAAAA:hsQorak9bG0uN0OhaCH67xrgLH32cLfRU-36dXOg29ImfeOoHPmHYNxWH4xU-xaekjqv0853Ak1X9Q (accessed April 2020).

Ahmed, I., Lin, H., Zou, L., Li, Z., Brody, A. L., Qazi, I. M., Lv, L., Pavase, T. R., Khan, M. U., Khan, S., Sun, L. 2018. An overview of smart packaging technologies for monitoring safety and quality of meat and meat products. *Packaging Technology and Science*. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/pts.2380> (accessed April 2020).

Ahmed, N. M., Conner, D. E., Huffman, D. L. 1995. Heat-Resistance of Escherichia Coli O157:H7 in Meat and Poultry as Affected by Product Composition. *Journal of Food Science*. doi: 10.1111/j.1365-2621.1995.tb09838.x. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2621.1995.tb09838.x> (accessed March 2020).

Aijuka, M., Buys, E. M. 2019. Persistence of foodborne diarrheagenic Escherichia coli in the agricultural and food production environment: Implications for food safety and public health. *Food Microbiology*. **82**: 363–370. Available from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31027795/> (accessed March 2020).

Al-Natour, M. Q., Alaboudi, A. R., Al-Hatamelh, N. A., Osaili, T. M. 2012. Escherichia coli O157:H7 facilitates the penetration of Staphylococcus aureus into table eggs. *Journal of Food Science*. *Journal of Food Science*. Available from <https://europepmc.org/article/med/22132995> (accessed June 2020).

Ambrožová Říhová, J. Chemoorganotrofní organismy. From *Encyklopedie hydrobiologie : výkladový slovník* [online]. Praha: VŠCHT Praha, 2007 [cit. 2020-03-12]. Available from http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-006/ebook.html?p=C005 (accessed March 2020).

Arslan, S., Eyi, A. 2011. Antimicrobial resistance and esbl prevalence in escherichia coli from retail meats. *Journal of Food Safety*. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1745-4565.2010.00295.x> (accessed March 2020).

Ballom, K. F., Tsai, H. C., Taylor, M., Tang, J., Zhu, M. J. 2020. Stability of Listeria monocytogenes in non-fat dry milk powder during isothermal treatment and storage. *Food Microbiology*. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740002019309864> (accessed June 2020).

Balter, S. 2006. Foodborne Pathogens: Microbiology and Molecular Biology. Emerging Infectious Diseases.

Available from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3291377/> (accessed March 2020).

Bánáti, D., Fielding, L. M., Grandison, A. S., Cook, P. E. 1993. The effect of combinations of irradiation and pH on the survival of *Escherichia coli* on chicken meat. Letters in Applied Microbiology.

Available from <https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1472-765X.1993.tb01408.x> (accessed March 2020).

Baudišová D. 2017. Metody mikrobiologického rozboru vody (příručka pro hydroanalytické laboratoře), Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, Praha. 124 ISBN 978-80-87402-61-0

Bavaro, M. F. 2009. *Escherichia coli* O157: What every internist and gastroenterologist should know. Current Gastroenterology Reports, **11(4)**: 301–306. Available from <https://link.springer.com/article/10.1007/s11894-009-0044-0> (accessed March 2020).

Beneš, J., Machala, L. 2011. Dobrý sluha, ale zlý pán. Vesmír. **9**: 484. Available from <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2011/cislo-9/dobry-sluha-zly-pan.html> (accessed March 2020).

Bergquist, D. H. 2007. Eggs. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/0471238961.0507071902051807.a01.pub2> (accessed March 2020).

Bukhari, Z., Weihe, J. R., LeChevallier, M. 2007. Rapid detection of *Escherichia coli* O157:H7 in water. Journal / American Water Works Association. Available from <https://awwa.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/j.1551-8833.2007.tb08037.x> (accessed March 2020).

Casarin, L. S., Tondo, E. C., Klein, M. P., Brandelli, A. 2009. Survival of *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Salmonella enteritidis* in frozen chicken hamburger. Journal of Muscle Foods. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1745-4573.2009.00162.x> (accessed March 2020).

Chousalkar, K. K., Flynn, P., Sutherland, M., Roberts, J. R., Cheetham, B. F. 2010. Recovery of *Salmonella* and *Escherichia coli* from commercial egg shells and effect of translucency on bacterial penetration in eggs. International Journal of Food Microbiology. Available from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20663580/> (accessed March 2020).

Červinka O, Dědek V, Ferles M. 1982. Organická chemie. Státní nakladatelství technické literatury. Praha

Dao, H. T. A., Yen, P. T. (2006). Study of Salmonella, Campylobacter, and Escherichia coli Contamination in Raw Food Available in Factories, Schools, and Hospital Canteens in Hanoi, Vietnam. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **1081**. **1**: 262–265. Available from <https://nyaspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1196/annals.1373.033> (accessed March 2020).

Dávila-Aviña, J., Gil-Solís, C., Merino-Mascorro, J., García, S., Heredia, N. 2020. Phenolics with Bactericidal Activity Alter Motility and Biofilm Formation in Enterotoxigenic, Enteropathogenic, and Enterohemorrhagic Escherichia coli. *Foodborne Pathogens and Disease*. Available from <https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/fpd.2019.2766> (accessed June 2020).

El-Sharoud, W. M., Yassin, M. A., Ahmed, S. F. 2015. Molecular characterisation and stress tolerance of Escherichia coli isolated from dairy and dried milk-related products. *International Journal of Food Science and Technology*. Available from <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ijfs.12646> (accessed March 2020).

Farajzadeh-Sheikh, A., Savari, M., Ahmadi, K., Hosseini Nave, H., Shahin, M., Afzali, M. 2020. Distribution of genes encoding virulence factors and the genetic diversity of enteroinvasive escherichia coli (Eiec) isolates from patients with diarrhea in ahvaz, iran. *Infection and Drug Resistance*. Available from <https://www.dovepress.com/distribution-of-genes-encoding-virulence-factors-and-the-genetic-diver-peer-reviewed-fulltext-article-IDR> (accessed May 2020).

Feng, P., Weagant, S. D., Grant, M. A., Burkhardt, W. 2002. BAM Chapter 4: Enumeration of Escherichia coli and the Coliform Bacteria. Available from <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-4-enumeration-escherichia-coli-and-coliform-bacteria> (accessed April 2020).

Ferreira, A. J. P., Elias, W. P., Pelayo, J. S., Giralardi, R., Pedroso, M. Z., & Scaletsky, I. C. A. (1997). Culture supernatant of Shiga toxin-producing Escherichia coli strains provoke fluid accumulation in rabbit ileal loops. *FEMS Immunology & Medical Microbiology*, **19** **4**: 285–288. Available from <https://academic.oup.com/femspd/article/19/4/285/478317> (accessed May 2020).

Feresu, S., Nyati, H. 1990. Fate of pathogenic and non-pathogenic Escherichia coli strains in two fermented milk products. *Journal of Applied Bacteriology*. **69**: 814–821 Available from <https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2672.1990.tb01578.x> (accessed May 2020).

Fischbach, M. A., Walsh, C. T. (2009). Antibiotics for Emerging Pathogens. *Science*, **325**. **5944**: 1089–1093. Available from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2802854/> (accessed March 2020).

Fratamico PM, Bhunia AK, Smith JL. 2005. Foodborne Pathogens: Microbiology and Molecular Biology. Caister Academic Press, Norfolk. Available from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3291377/> (accessed April 2020).

Gomes, T. A. T., Elias, W. P., Scaletsky, I. C. A., Guth, B. E. C., Rodrigues, J. F., Piazza, R. M. F., Martinez, M. B. (2016). Diarrheagenic Escherichia coli. Brazilian Journal of Microbiology, **47**: 3–30. Available from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5156508/> (accessed May 2020).

Gong, C. M., Inoue, K., Inanaga, S., Someya, T. 2005. Survival of pathogenic bacteria in compost with special reference to Escherichia coli. Journal of Environmental Sciences. **17.5**: 770-774. Available from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16313000/> (accessed March 2020).

Guroi, C., Ekin, F. Y., Aslan, N., Korachi, M. 2012. Low Temperature Plasma for decontamination of E. coli in milk. International Journal of Food Microbiology. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168160512001092> (accessed March 2020).

Gyles, C. L., Fairbrother, J. M. 2010. Escherichia Coli. In: Pathogenesis of Bacterial Infections in Animals: Fourth Edition. ISBN: 9780813812373. (accessed May 2020).

Jenness, R. 1988. Composition of Milk. In: Fundamentals of Dairy Chemistry.

Kalhotka. 2014. Potravinářská mikrobiologie pro zahradnickou fakultu. Brno.

Kaper, J. B., Nataro, J. P., Mobley, H. L. T. 2004. Pathogenic Escherichia coli. Nature Reviews Microbiology. **2.2**: 123-140. doi: 10.1038/nrmicro818. Available from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15040260/> (accessed March 2020).

Kegode, R. B., Doetkott, D. K., Khaita, M. L., Wesley, I. V. 2008. Occurrence of Campylobacter species, Salmonella species and generic Escherichia coli in meat products from retail outlets in the Fargo metropolitan area. Journal of Food Safety. Available from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1745-4565.2007.00099.x?casa_token=JoNjyLH_G2AAAAAA:bspp4vjeZU9Y8_6Qfnil2EgUaG3iDn8pt hpCKm0QSS95tTHn91fcit8dUqz33AMrX33274527zRGog (accessed May 2020).

Kuhnert P, Boerlin P, Frey J. 2000 Target genes for virulence assessment of Escherichia coli isolates from water, food and the environment. FEMS Microbiol Rev. **24(1)**:107-117. Available from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10640601/> (accessed March 2020).

Li, J., Wang, J., Zhao, X., Wang, W., Liu, D., Chen, S., Ye, X., Ding, T. 2019. Inactivation of Staphylococcus aureus and Escherichia coli in milk by different processing sequences of ultrasound and heat. Journal of Food Safety. Available from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jfs.12614?casa_token=4ht_st8kc74AAAAA:J745xWkV1FGZq83kZKYP8zMv7M9kMCPyUBIEbmN2362IkMftRI30Y0j-b4f5IykOeV8OF1jRTSggyg (accessed May 2020).

Liu, D. 2019. *Escherichia coli*. In: Encyclopedia of Microbiology. ISBN: 9780128117378.

Liu, S., Sui, Z., Lin, J., Huo, N., Yang, J., Wang, B., Gu, S. 2019. Rapid detection of single viable *Escherichia coli* O157:H7 cells in milk by flow cytometry. *Journal of Food Safety*. Available from

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jfs.12657?casa_token=nEH5MacRFYgAAAAA:J656XZtZ_sk0qx-vE2dZaOh0Dyw8IrbQtekL4PkVHAP52U71rvjTPy-etthHpj8AJcAfn7BTyQPGHg (accessed March 2020).

Lopez-Galvez, F., Gil, M. I., Pedrero-Salcedo, F., Alarcón, J. J., Allende, A. 2016. Monitoring generic *Escherichia coli* in reclaimed and surface water used in hydroponically cultivated greenhouse peppers and the influence of fertilizer solutions. *Food Control*. Available from https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713516300834?casa_token=3ud3Uh1CDuEAAAAA:iAOAGi4rgV1XPtuP6FZNFa_A0_qhGQDcAEH55rxycTzNpz0SP4k5gzEnl01sVXmlQ5ipXkTkCA (accessed June 2020).

Marejková, M., Bláhová, K., Janda, J., Fruth, A., Petráš, P. 2013. Enterohemorrhagic *Escherichia coli* as Causes of Hemolytic Uremic Syndrome in the Czech Republic. *PLoS ONE*. Available from <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0073927> (May 2020).

Marrs, C. F., Zhang, L., & Foxman, B. (2005). *Escherichia coli* mediated urinary tract infections: Are there distinct uropathogenic *E. coli* (UPEC) pathotypes? *FEMS Microbiology Letters*, **252(2)**, 183–190. Available from <https://academic.oup.com/femsle/article/252/2/183/528405> (accessed May 2020).

Martín-Belloso, O., Vega-Mercado, H., Qin, B. L., Chang, F. J., Barbosa-Canovas, G. V., & Swanson, B. C. (1997). Inactivation of *Escherichia coli* suspended in liquid egg using pulsed electric fields. *Journal of Food Processing and Preservation*, **21(3)**: 193–208. Available from <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1745-4549.1997.tb00776.x> (accessed March 2020).

Mathelié-Guinlet, M., Gammoudi, I., Beven, L., Moroté, F., Delville, M. H., Grauby-Heywang, C., Cohen-Bouhacina, T. 2016. Silica Nanoparticles Assisted Electrochemical Biosensor for the Detection and Degradation of *Escherichia coli* Bacteria. *Procedia Engineering*. **168**: 1048-1051. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816336517> (accessed March 2020).

Mead, P. S., & Griffin, P. M. 1998. *Escherichia coli* O157:H7. *The Lancet*, **352 (9135)**: 1207–1212.

Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140673698012677> (accessed May 2020).

Mellata, M., Johnson, J. R., Curtiss, R. 2018. Escherichia coli isolates from commercial chicken meat and eggs cause sepsis, meningitis and urinary tract infection in rodent models of human infections. *Zoonoses and Public Health*. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/zph.12376> (accessed May 2020).

Méric, G., Hitchings, M. D., Pascoe, B., Sheppard, S. K. 2016. From Escherich to the Escherichia coli genome. *The Lancet Infectious Diseases*, **16 (6)**: 634–636. Available from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27301915/> (accessed March 2020).

Moyes, R. B., Reynolds, J., Breakwell, D. P. 2009. Differential Staining of Bacteria: Gram Stain. *Current Protocols in Microbiology*. Available from <https://currentprotocols.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9780471729259.mca03cs15> (accessed May 2020).

Nataro, J. P., Kaper, J. B. 1998. Diarrheagenic Escherichia coli. *Clinical Microbiology Reviews*, **11(1)**: 142–201. Available at <https://cmr.asm.org/content/11/1/142.short> (accessed March 2020).

Nguyen, Y., Sperandio, V. 2012. Enterohemorrhagic E. coli (EHEC) pathogenesis. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, **2**. Available from <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fcimb.2012.00090/full> (accessed May 2020).

Ochoa, T. J., Barletta, F., Contreras, C., & Mercado, E. 2008. New insights into the epidemiology of enteropathogenic Escherichia coli infection. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, **102(9)**: 852–856. Available from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2575077/> (accessed May 2020).

Ottaviani, D., Perialisi, S., Angelico, G., Mosca, F., Tiscar, P. G., Rocchegiani, E., Scuota, S., Petruzzelli, A., Fisichella, S., Blasi, G., DiRaimo, E., Leoni, F., Latini, M., Altissimi, S., Haouet, N. 2019. Bdellovibrio bacteriovorus to control Escherichia coli on meat matrices. *International Journal of Food Science and Technology*. Available from https://www.researchgate.net/publication/335355366_Bdellovibrio_bacteriovorus_to_control_E_Coli_on_meat_matrices (accessed March 2020).

Ouyang, B., Demirci, A., Patterson, P. H. 2019. Inactivation of Escherichia coli and Salmonella in liquid egg white by pulsed UV light and its effects on quality. *Journal of Food Process Engineering*. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jfpe.13243> (accessed June 2020).

Overdeest, I. 2011. Extended-Spectrum B-Lactamase Genes of Escherichia coli in Chicken Meat and Humans, the Netherlands. *Emerging Infectious Diseases*, **17(7)**: 1216–1222. Available at <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3381403/> (accessed June 2020).

Parvez, S M, Kwong, L., Ercumen, A., Pickering, A. J., Ghosh, P. K., Rahman, M. J., Unicomb, L., Luby, S. 2015. Escherichia coli contamination of complementary foods and association with domestic hygiene in rural Bangladesh. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. **22(5)**: 547-557. Available from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28164415/> (accessed March 2020).

Parvez, S. M., Kwong, L., Rahman, M. J., Ercumen, A., Pickering, A. J., Ghosh, P. K., Rahman, M. Z., Das, K. K., Luby, S. P., Unicomb, L. 2017. Escherichia coli contamination of child complementary foods and association with domestic hygiene in rural Bangladesh. *Tropical Medicine and International Health*. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/tmi.12849> (accessed June 2020).

Pehlivanlar Önen, S., Aslantaş, Ö., Şebnem Yılmaz, E., Kürekci, C. 2015. Prevalence of β -Lactamase Producing Escherichia coli from Retail Meat in Turkey. *Journal of Food Science* Available from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1750-3841.12984?casa_token=AUs7mnkZ6_4AAAAA%3AsMK2pz5tfWP-smIIIz3AMl0AxuR45hA4F0sQSZDgsPd67DS6kl0tgkZyXSGlo5CjoHsGyO80otfGTFQ (accessed June 2020).

Peirano, G., Asensi, M. D., Pitondo-Silva, A., Pitout, J. D. D. 2011. Molecular characteristics of extended-spectrum β -lactamase-producing Escherichia coli from Rio de Janeiro, Brazil. *Clinical Microbiology and Infection*. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1469-0691.2010.03440.x> (accessed March 2020).

Pesciaroli, M., Magistrali, C. F., Filippini, G., Epifanio, E. M., Lovito, C., Marchi, L., Maresca, C., Massacci, F. R., Orsini, S., Scoccia, E., Tofani, S., Pezzotti, G. 2020. Antibiotic-resistant commensal Escherichia coli are less frequently isolated from poultry raised using non-conventional management systems than from conventional broiler. *International Journal of Food Microbiology*. Available from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31689613/> (accessed June 2020).

Pitout, J. D. D. 2011. Escherichia Coli. *Molecular Techniques for the Study of Hospital-Acquired Infection*, 179–192 Available from <https://scihub.tw/10.1002/9781118063842.ch11> (accessed March 2020).

Pryor Williams, A., Roberts, P., Avery, L. M., Killham, K., Jones, D. L. 2006. Earthworms as vectors of Escherichia coli O157:H7 in soil and vermicomposts. *FEMS Microbiology Ecology*. Available from <https://academic.oup.com/femsec/article/58/1/54/470144> (accessed March 2020).

Quintavalla, S., Vicini, L. 2002. Antimicrobial food packaging in meat industry. *Meat Science*. **62 (3)**: 373–380. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174002001213> (accessed March 2020).

Quinto, E. J., Cepeda, A. 1997. Incidence of toxigenic *Escherichia coli* in soft cheese made with raw or pasteurized milk. *Letters in Applied Microbiology*. Available from <https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1472-765X.1997.00072.x> (accessed March 2020).

Reinthal, F. F., Posch, J., Feierl, G., Wüst, G., Haas, D., Ruckebauer, G., Mascher, F., Marth, E. 2003. Antibiotic resistance of *E. coli* in sewage and sludge. *Water Research*. **37(8)**: 1685-90 Available from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12697213/> (accessed June 2020)

Ribeiro, L. F., Barbosa, M. M. C., de Rezende Pinto, F., Guariz, C. S. L., Maluta, R. P., Rossi, J. R., Rossi, G. A. M., Lemos, M. V. F., do Amaral, L. A. 2016. Shiga toxin-producing and enteropathogenic *Escherichia coli* in water and fish from pay-to-fish ponds. *Letters in Applied Microbiology*. Available from <https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/lam.12536> (accessed March 2020).

Rosypal. 1981. SPN - Státní pedagogické nakladatelství. Praha.

Scheutz, F. 2014. Taxonomy Meets Public Health: The Case of Shiga Toxin-Producing *Escherichia coli*. *Microbiology Spectrum*. Available from <https://www.asmscience.org/content/book/10.1128/9781555818791.chap2> (accessed March 2020).

Schindler J. 2008. Ze života bakterií. Academia. Praha. ISBN 978-80-200-1666-9.

Schultz, M. 2008. Clinical use of *E. coli* Nissle. 1917 in inflammatory bowel disease. *Inflammatory Bowel Diseases*. **7**: 1012–1018 Available from <https://academic.oup.com/ibdjournal/article/14/7/1012/4654559> (accessed March 2020).

Soomro, A. H., Arain, M. A., Khaskheli M., Bhutto B. 2002. Isolation of *Escherichia coli* from raw milk and milk products in relation to public health sold under market conditions at Tandojam. *Pakistan Journal of Nutrition*, **1.3**: 151-152. Available from https://www.researchgate.net/profile/Aijaz_Hussain_Soomro/publication/46032372_Isolation_of_Escherichia_Coli_from_Raw_Milk_and_Milk_Products_in_Relation_to_Public_Health_Sold_under_Market_Conditions_at_Tandojam_Pakistan/links/00463531956b78434c00000.pdf (accessed March 2020).

Tenaillon, O., Skurnik, D., Picard, B., Denamur, E. 2010. The population genetics of commensal *Escherichia coli*. *Nature Reviews Microbiology*. **8**: 207–217. Available from <https://www.nature.com/articles/nrmicro2298?proof=true> (accessed March 2020).

Tetz, V. V., Rybalchenko, O. V., Savkova, G. A. 1993. Surface films of *Escherichia coli* colonies. *FEMS Microbiology Letters*. **3**: 231–239 Available from <https://academic.oup.com/femsle/article/107/2-3/231/493492> (accessed March 2020).

Tokunaga, A., Kawano, M., Okura, M., Iyoda, S., Watanabe, H., Osawa, R. 2007. Identification of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157-specific DNA sequence obtained from amplified fragment length polymorphism analysis. *Microbiology and Immunology*. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1348-0421.2007.tb03970.x> (accessed March 2020).

Uysal, R. S., Montes Yilmaz, O., Boyaci, I. H. 2019. Determination of liquid egg composition using attenuated total reflectance Fourier transform infrared spectroscopy and chemometrics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Available from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jsfa.9578?casa_token=plI2Wizl4M4AAAAA%3ACEglQhijJaex49NUNP6TDASsPEb6-qGd1wyLdKSsO4_PrOrGTR- (accessed March 2020).

Van Den Beld, M. J. C., Reubsaet, F. A. G. 2012. Differentiation between *Shigella*, enteroinvasive *Escherichia coli* (EIEC) and noninvasive *Escherichia coli*. *European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*. **31**: 899–904. Available from <https://link.springer.com/article/10.1007/s10096-011-1395-7> (accessed March 2020).

Van den Bogaard, A. E. 2001. Antibiotic resistance of faecal *Escherichia coli* in poultry, poultry farmers and poultry slaughterers. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, **47(6)**: 763–771. Available from <https://academic.oup.com/jac/article/47/6/763/756186> (accessed May 2020).

Xie, W. Y., Shen, Q., Zhao, F. J. 2018. Antibiotics and antibiotic resistance from animal manures to soil: a review. *European Journal of Soil Science*. Available from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ejss.12494?casa_token=Kx-YW2JBpVwAAAAA:J1cUoUuMn6wHCaXXiaSqOWHtp2Y0dokUGDr4eNXafa5LZQB9RXwd6p1toLBx9fEFFHzSlu1UNr34_Q (accessed March 2020).

Xu, A., Chuang, S., Scullen, O. J., Huang, L., Sheen, S., Sheen, L. Y., Johnson, J. R., Sommers, C. H. 2019. Thermal inactivation of extraintestinal pathogenic *Escherichia coli* suspended in ground chicken meat. *Food Control*. Available from https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713519302099?casa_token=7tPHkffGCwMAAAAA:GBpzq0_-N9sXjWc77_K6uWmZATcYkfEI_Uc0v-EWgKKXCeUTRn-Htz9mrRhNXuLhqOrcVuPuAw (accessed May 2020).

Yu, X., Lin, C., Yu, J., Qi, Q., & Wang, Q. 2019. Bioengineered *Escherichia coli* Nissle 1917 for tumour-targeting therapy. *Microbial Biotechnology*. Available from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31863567/> (accessed May 2020).

Wang Q, Long MY, Lv CY, Xin SP, Han XG, Jiang W. 2020. Lanthanide-labeled fluorescent-nanoparticle immunochromatographic strips enable rapid and quantitative detection of *Escherichia coli* O157: H7 in food samples. *Food Control* **109**. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956713519304839> (accessed July 2020).

Zhao, C., Ge, B., De Villena, J., Sudler, R., Yeh, E., Zhao, S., ... Meng, J. 2001. Prevalence of *Campylobacter* spp., *Escherichia coli*, and *Salmonella* Serovars in Retail Chicken, Turkey, Pork, and Beef from the Greater Washington, D.C., Area. *Applied and Environmental Microbiology*, **67(12)**: 5431–5436. Available from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11722889/> (accessed March 2020).

